

打合せ. 12/22(月) 18:00~ 於: 局長室.
広瀬事務局長. 水向課長. 黒村管理官. 坂内補佐
今野参与. 奥村調査官. 松田参与. 名倉参与. 松野. 真野

(案)

原子力安全基準専門部会 耐震指針検討分科会 第7回会合

議 事 次 第

1. 日 時 平成15年12月26日(金) 10時30分~12時30分

2. 場 所 原子力安全委員会第1、2会議室(虎ノ門三井ビル2階)

3. 議 題 (1) 発電用原子炉施設に関する耐震設計について

(2) その他

4. 配付資料

震分第7-1号 原子力安全基準専門部会 耐震指針検討分科会 構成員

震分第7-2号 地震・地震動ワーキンググループにおける検討状況等の整理(案) ^{トル}

震分第7-3号 耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループにおける検討状況(案) ^{トル}

震分第7-4号 各ワーキンググループの検討状況のとりまとめ ^{概要と主要な論点(案)}

震分第7-5号 「第四紀層地盤立地」及び「免震構造・制振構造」の改定耐震設計審査
指針への採用の可否に関する検討について(案) ₆

震分第7-5号 耐震指針検討分科会の今後の審議の進め方(案)

- ・ 12/26 まで、議事内容及び議事のすまいの方針について、打合せを行っておくこと。
- ・ 「免震構造・制振構造」に関する注釈の記載内容については、青山注査の了解を得ること。
(震分第7-4号・7-5号)
- ・ 配付資料の内容について、保安院の確認を得ること。

原子力安全基準専門部会 耐震指針検討分科会構成員

氏名	所属
青山 博之	東京大学名誉教授
秋山 宏	日本大学総合科学研究所 教授
石田 瑞穂	独立行政法人 防災科学技術研究所 研究主監
石橋 克彦	神戸大学都市安全研究センター 教授
伊部 幸美	財団法人 原子力発電技術機構 技術顧問
入倉孝次郎	京都大学防災研究所 教授
大竹 政和	東北大学名誉教授
亀田 弘行	独立行政法人 防災科学技術研究所 地震防災フロンティア研究センター センター長
神田 順	東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
衣笠 善博	東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授
小島 圭二	地圏空間研究所 代表
近藤 駿介	東京大学大学院工学系研究科 教授
柴田 碧	独立行政法人 防災科学技術研究所 客員研究員
佃 榮吉	独立行政法人 産業技術総合研究所 研究コーディネータ
濱田 政則	早稲田大学理工学部 教授
原 文雄	東京理科大学工学部 教授
平野 光將	独立行政法人 原子力安全基盤機構 総括参事
藤田 隆史	東京大学生産技術研究所 教授
翠川 三郎	東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授
山内 喜明	山内喜明法律事務所 弁護士

地震・地震動ワーキンググループにおける検討状況等の整理 ^{トル}(案)

区分	WGにおける検討項目 （「震震W第1-2号」参照） と関連資料	検討状況等の概要	検討事項の整理	今後とも WGで 検討する 項目	備考
地震	<p>19 設計用地震の区分と想定すべき地震</p> <p>震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）</p> <p>震震W第2-3号 震源が特定できない地震の地震規模と活断層評価手法について</p> <p>震震W第3-2号 過去の地震の評価法-評価方法の整理</p> <p>震震W第3-3号 基準地震動に関する議論のまとめ</p> <p>震震W第3-4号 現行指針における基準地震動の評価法と許容限界の考え方</p> <p>震震W第4-2号 活断層調査の調査範囲と調査内容</p> <p>震震W第4-3号 海域の地質調査手法</p> <p>震震W第4-4号 活断層の評価法</p> <p>震震W第4-5号 地震地体構造</p> <p>震震W第4-6号 日本のスラブ内地震</p> <p>震震W第7-4号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について</p> <p>震震W第8-2号 設計用地震の区分と想定すべき地震について</p> <p>震震W第8-3号 他機関における設計規準等について</p> <p>震震W第9-3号 鳥取県西部地震に関連する調査等について</p> <p>震震W第10-2号 震源を事前に特定できない地震の考え方と地震動の策定について</p> <p>震震W第11-2号 コメント回答</p>	<p>震源を想定するにあたっては、「現在の地震学の知見で言うと、歴史地震と活断層だけでは不十分で、プラスアルファを考える必要がある。」との意見があった。</p> <p>また、「活断層と歴史地震の資料は、独立に違った精度で集めて、最後に勘案するもの。」</p> <p>地震カタログを適用するにあたっては、「歴史地震からそのサイトに影響を及ぼす地震を選び出す際には、震源を点と見なさず広がりがある程度考慮して評価する必要がある。」</p> <p>また、「江戸時代より前では、地震被害記録の資料がないからといって、そこに地震がなかったとは限らない。」との意見があった。一方で、「歴史地震の調査は、将来の地震を予測する上ではあまり意味がない。」との意見があった。</p> <p>さらに、地震地体構造については、「地震地体構造という概念が、現在の地震学に受け入れられるか、また、信頼における活断層図や歴史地震カタログが整備されている現在の状況を勘案し、地震地体構造の果たす役割を考慮すべきではないか。」との意見があった。</p> <p>活断層の評価にあたっては、「基準地震動 S1、S2 の策定における現行指針の、1 万年前以降活動、5 万年前以降活動の条件に入らないものでも現実に大きな地震は起きている。」「活断層を認識できる現状のレベルはどこまでかということ、それをこの現状レベルでどこまで基準に盛り込めるかということについて検討する必要がある。」「活断層の長さは過去に発生した地震によって累積された値である。」との意見があった。</p> <p>また、「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8 以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」</p> <p>震源を事前に特定しにくい地震を想定するにあたっては、「直下地震の地震動をどうやって決めていくかについては、基本ワーキンググループと一緒に考えていかなければならない。」「震源を事前に特定できない地震を全国一律で考えるのか、ローカリティーを入れるのかの判断のために、震源断層の幅 W のばらつきから検討した資料を加えるべき。」との意見があった。</p> <p>一方、松田式に対して、「地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することは可能である。」との意見もあった。</p> <p>さらに、「活断層の評価期間における工学的判断に関する従来の考え方について、イメージを作っていく必要がある。」との意見があった。</p> <p>これに関しては「『震震W第10-2号』は、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」としているものではない」との説明があった。</p>	<p>○スラブ内地震の特性と評価方法</p> <p>○地震地体構造の定義と適用方法</p> <p>○活断層の評価期間の妥当性</p> <p>○地下の震源断層と地表の活断層あるいは地震断層との関係</p> <p>○鳥取県西部地震の震源地域を対象とした調査結果の整理 ・最新の調査手法とそれによって解明できたこととの関係 ・産総研等他機関の調査結果も参照</p>	<p>○</p> <p>○</p> <p>○</p> <p>○</p>	<p>分科会で審議</p>

区分	WGにおける検討項目 （「震震W第1-2号」参照） と関連資料	検討状況等の概要	検討事項の整理	今後とも WGで 検討する 項目	備考
地震 (つづき)		<p>また、「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」「観測データの裏づけもまだ不十分ではないか。」等の意見があった。</p> <p>これに関しては、「データベースとした既往の20地震について、地表地震断層と地震の規模の相違等について整理を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められた。一部、活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、文献調査のみでは評価できないものもあるが、これらは原子力発電所の立地の際に行う詳細な調査により、その延長部を適切に評価することとなる。」との説明があった。</p>			
	<p>20 地震発生の確率論的評価</p> <p>震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）</p> <p>震震W第3-3号 基準地震動に関する議論のまとめ</p> <p>震震W第7-4号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について</p> <p>震震W第8-2号 設計用地震の区分と想定すべき地震について</p>	<ul style="list-style-type: none"> 地震発生の確率論的評価にあたり、切迫性については、現行の耐震指針では考慮されていないし、他の施設の基準類でも考慮されていない。 	(p.4 基準地震動 と共通)		
	<p>22 地質調査に関する基本的要求事項</p> <p>震震W第2-3号 震源が特定できない地震の地震規模と活断層評価手法について</p> <p>震震W第3-1号 鳥取県西部地震に関連する調査等について</p> <p>震震W第4-2号 活断層調査の調査範囲と調査内容</p> <p>震震W第4-3号 海域の地質調査手法</p> <p>震震W第9-3号 鳥取県西部地震に関連する調査等について</p>	<ul style="list-style-type: none"> 最近の調査法の進歩により従来に比べ明確に解明できるようになってきたことを整理することが必要。 活断層調査の方法がどの程度確実なのかについて評価が必要。 	(p.1 地震 と共通)		
基準地震動	<p>17 基準地震動の考え方</p> <p>震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）</p> <p>震震W第3-3号 基準地震動に関する議論のまとめ</p> <p>震震W第3-4号</p>	<ul style="list-style-type: none"> 設計用地震動の設定にあたっては、最終的な目標が大衆の被ばく線量をいかに小さくするかということであるならば、S_1とS_2とに分けずに、唯一の地震動を設定すればよい。 S_3地震動というものを考える必要はない。 基準地震動の考え方については、S_1、S_2の概念を明確化させ、その概念を変える必要があるかどうかを、最新の知見を踏まえて検討する必要がある。 解放基盤表面の用語は、国際的には通用しない。国際的に十分理解が得られるような言葉で指針を作るべきである。 	<p>○基準地震動の数</p> <ul style="list-style-type: none"> ・現行のS_1、S_2の概念 <p>○基準地震動の設定位置の整理</p>		<p>分科会で審議</p> <p>分科会で審議</p>

区分	WGにおける検討項目 （「震震W第1-2号」参照） と関連資料	検討状況等の概要	検討事項の整理	今後とも WGで 検討する 項目	備考
基準地震動 (つづき)	<p>現行指針における基準地震動の評価法と許容 限界の考え方 震震W第8-3号 他機関における設計基準等について</p>				
	<p>18 基準地震動の算定法</p> <p>震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキ ワード(案)</p> <p>震震W第5-1号 基準地震動の評価法</p> <p>震震W第5-2号 最新の地震動評価法</p> <p>震震W第5-3号 断層モデルによる地震動評価法</p> <p>震震W第7-1号 コメント回答</p> <p>震震W第10-2号 震源を事前に特定できない地震の考え方と地 震動の策定について</p> <p>震震W第11-1号 震源を特定しにくい地震による地震動の確率 論的評価について</p> <p>震震W第12-2号 第11回地震・地震動ワーキンググループにお ける資料「震震W第11-1号」に関する意 見及び回答内容等</p>	<p>S2地震動の概念については、「現在の地震学の知見で言うと、S2にもっとい いる盛り込む余地がある。」</p> <p>経験式が持つばらつきの考慮にあたっては、「地震動のばらつきをどこまで 考慮すれば安全上問題がないかを、施設の方まで含めて考えるべき。」</p> <p>地震動の評価の方法については、「大崎の方法で安全性が確保されるのであ れば、古い方法であっても問題はない。」一方、これに対して、「大崎の方法に 問題はないと結論づけるのは早急に過ぎる。」等の意見があった。</p> <p>震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価については、「地表地震 断層の出現率の設定は、まだ検討の余地があるのではないか。」</p> <p>断層モデルによる地震動の解析については、「断層パラメータのバラツキを考 慮するにあたり、破壊開始点については、ユニラテラル (unilateral) なケー スも計算した方がより適切ではないのか。」</p> <p>地震動評価の対象領域選定については、「領域の大きさが、評価結果に影響を 与えるのではないか。」</p> <p>地震発生頻度の想定については、G-R式の近似化に問題があるのではないか。」 との意見があり。</p> <p>これに関しては、震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う 地表地震断層の出現率の設定については、「既往の地震による地表地震断層の 出現率を参照し、地表の最大変位及び地表のひずみについて検討を行った上で 設定しており、観測値の下限に近い値となっていることから、出現率としては 小さめの(出現しにくい安全側の)評価をしていることになる。」</p> <p>断層モデルによる地震動の解析については、「断層パラメータのバラツキを考 慮するにあたり、破壊開始点の変化が評価に大きな影響を与えないことを確認 している。」</p> <p>地震動評価の対象領域選定については、「計算領域の最外周部で生じている最 大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であ り、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の 大きさに影響なく評価されている。」</p> <p>地震発生頻度の想定にあたり、Mmax については、本検討では地表地震断層出 現率を考慮している (Mj7.4 以上は全て出現するとしている) ので、影響はほ</p>	<p>(p.1 地震 と共通)</p> <p>(p.4 基準地震動と共通)</p> <p>○上下方向設計用地震動の応答スペクトルの 評価法</p> <p>保安院からのコメントを反映の事</p>	○	

区分	WGにおける検討項目 （「震震W第1-2号」参照） と関連資料	検討状況等の概要	検討事項の整理	今後とも WGで 検討する 項目	備考
基準地震動 （つづき）	21 地震動の確率論的評価 震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案） 震震W第3-3号 基準地震動に関する議論のまとめ 震震W第7-4号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について	とんどないと考えられる。」ことが紹介された。 ・ 地震調査研究推進本部地震調査委員会の確率論的地震動予測地図とある地点の地震動を評価することとは、目的が異なるものである。 ・ あるレベル以上の地震については、地震動のレベルの大小が発生確率の大小に必ずしも対応しない。 ・ ハザードを表現するとき、超過確率で表現する場合とあるレベルの地震動が起きる確率で定義する場合と両方可能であるが、レベルの高い地震動の超過確率は必ず小さくなる。	○震源を予め特定できる地震による地震動の想定に関する確率論的な考え方の検討 ○震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的評価	○	基本WGからの提案 分科会で審議 （WG資料に対してコメントが出れば、WGで引き続き検討）
	9 設計用地震力の考え方 震震W第9-1号 現行の耐震設計審査指針における静的地震力の考え方 震震W第9-2号 上下地震動を考慮した耐震性評価法の検討	・ 水平地震力と上下地震力の組合せ法については、SRS法を適用するためには、非常に震源に近いところで水平と上下の位相の相関が高いような記録があるかないかを検証することが必要である。	○水平地震力と上下地震力の組合せ法に関する検討		分科会で審議
新構造様式 新立地様式 等	15 第四紀層地盤立地 震震W第7-3号 第四紀層地盤立地に関する知見の整理 震震W第8-1号 コメント回答	・ 新しい指針に地下立地や人工島立地を入れるのであれば、基本ワーキンググループだけではなく、地震・地震動ワーキンググループでも審議すべきである。	○第四紀層地盤立地の採用可否の検討 ※地下立地や人工島立地の検討までは地震・地震動WGで審議しない。		分科会で審議
	16 免震構造、制振構造 震震W第7-2号 免震・制振に関する知見の整理 震震W第8-1号 コメント回答	・ 免震・制振を指針に取り入れる場合、その基本的考え方が正確にわかるものにすべき。	○免震構造・制振構造の採用可否の検討		分科会で審議
	23 地震随件事象 震震W第6-1号 地震随件事象 津波に対する安全性評価 震震W第6-2号 地震随件事象 基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価 震震W第7-1号 コメント回答	・ 津波の影響は高さだけではなく、砂移動による影響等も考慮すべきであることから、最新の知見について整理を行った。 ・ 現在行われている原子力発電所の安全性に対する津波の影響評価が十分であるかどうか、津波に関して今後検討する課題である。 ・ 津波を地震随件事象として含めるかどうか、含める場合にはどう扱うべきかを議論すべき。 ・ 津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなく、行政庁に任せて詳細設計の中でみてくれればよいのであれば、急いでやる必要はない。」との意見があった。 ・ また、基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価にあたっては、「地盤の安定性評価において、解析断面に直行する方向において解析結果に大きく影響を与えるような、地形や地質構造の不連続がある場合には、今後は3次元での検討を行うべき時期に来ている。」との意見があった。	○津波に関する検討 ○基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価に関する検討		分科会で審議 分科会で審議

耐震指針検討分科会
地震・地震動ワーキンググループ
における検討状況

~~(案)~~
トル

平成15年12月26日

目 次

はじめに.....	1
1. 検討方針.....	2
2. 検討状況.....	3
(1) 設計用地震力の考え方.....	3
(2) 第四紀層地盤立地.....	3
(3) 免震構造、制振構造.....	3
(4) 基準地震動の考え方.....	3
(5) 基準地震動の算定法.....	4
(6) 設計用地震の区分と想定すべき地震.....	5
(7) 地震発生の確率論的評価.....	7
(8) 地震動の確率論的評価.....	7
(9) 地質調査に関する基本的要求事項.....	7
(10) 地震随件事象.....	7
3. 検討状況のまとめ.....	8
耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ構成員.....	9
耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ検討経緯.....	10
添付参考資料 1	
地震・地震動ワーキンググループの作業項目とこれまでの意見について.....	11
添付参考資料 2	
基本ワーキンググループから地震・地震動ワーキンググループへの提言.....	46

はじめに

原子力安全基準専門部会は、原子力安全委員会から指示を受け、平成 13 年 7 月 3 日に各分野の専門家からなる耐震指針検討分科会を設置し、「耐震安全性に係る安全審査指針類について」のうち、「発電用原子炉施設の耐震設計審査指針」（昭和 56 年 7 月 20 日決定）及び「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」（昭和 53 年 8 月 23 日決定）について、最新知見等を反映し、より適切な指針とするために必要な調査審議を実施することとした。

これを受け、耐震指針検討分科会では、調査審議にあたり検討すべき項目の抽出を行い、第 3 回会合において、分科会における検討にあたって必要な各種知見等の整理作業を行うため、基本、施設、地震・地震動の 3 つのワーキンググループを設置するとともに、第 4 回会合において、各ワーキンググループにおいて検討すべき項目の整理・分類を行った。

以来、地震・地震動ワーキンググループでは、12 回の会合を開催し、これらの検討項目に沿って、分科会の検討に必要となる各種知見等の整理作業を進めてきた。

本検討状況は、これまでの作業内容を要約し、今後の耐震指針検討分科会における調査審議に資することを目的としてとりまとめたものである。

1. 検討方針

地震・地震動ワーキンググループでは、ワーキンググループの設置にあたり、本ワーキンググループにおける作業内容とされた「地震動評価法及び設計用地震の想定に関する最近の知見の反映、並びに地震発生・地震動の確率論的評価法の導入等の検討に必要な各種知見等の整理作業」を中心に検討を行った。

具体的作業は、分科会において示された、次に掲げる検討項目に沿って、関係する最新の知見の紹介などを行うとともに検討を行った。

<本ワーキンググループにおける検討項目>

- ・ 設計用地震力の考え方
- ・ 第四紀層地盤立地
- ・ 免震構造、制振構造
- ・ 基準地震動の考え方
- ・ 基準地震動の算定法
- ・ 設計用地震の区分と想定すべき地震
- ・ 地震発生の確率論的評価
- ・ 地震動の確率論的評価
- ・ 地質調査に関する基本的要求事項
- ・ 地震随件事象

また、本ワーキンググループと並行して行われた基本ワーキンググループの検討においても、地震・地震動ワーキンググループにおける検討項目に踏み込んで検討されるものがあり、この提言内容については、本検討において地震・地震動ワーキンググループとして参考とすることとした。

2. 検討状況

以下に、「1. 検討方針」に基づき行った作業内容及び各委員からいただいた主な意見などを検討項目ごとに示す。

(1) 設計用地震力の考え方

静的地震力の取扱い、上下地震力の動的解析、上下地震力と水平地震力との関係等について、指針に反映すべき項目に関する最近の技術的知見及び関連する基準類の動向について整理を行った。

その際、水平と上下地震力の組合せ法については、「S R S S法を適用するためには、非常に震源に近いところで水平と上下の位相の相関が高いような記録があるかないかを検証することが必要である。」との意見等があった。

(2) 第四紀層地盤立地

関連する最近の地質評価法を踏まえ、第四紀層地盤に対する考え方とその適用性について整理を行った。

その際、「新しい指針に地下立地や人工島立地を入れるのであれば、基本WGだけでなく、地震・地震動WGでも審議すべきである。」との意見等があった。

(3) 免震構造、制振構造

関連する知見や技術基準等を踏まえ、免震構造・制振構造の適用性について整理を行った。さらに、床免震や機器免震を採用している事例等について知見の整理を行った。

その際、免震・制振を指針に取り入れる場合にあっては、「その基本的考え方が正確にわかるものにすべき。」との意見等があった。

(4) 基準地震動の考え方

現行の耐震設計審査指針の基準地震動に関連する最近の知見及び他分野における基準地震動の考え方を踏まえ、発電用原子炉施設の耐震安全性確保に必要な基準地震動の考え方の整理を行った。

その際、設計用地震動の設定にあたっては、「最終的な目標が大衆の被ばく線量を

いかに小さくするかということであるならば、S1 と S2 とに分けずに、唯一の地震動を設定すればよい。」との意見があった。

また、リスクに関する議論もあり、一方、「S3 地震動というものを考える必要はない。」との意見もあった。

これらの意見を踏まえ、基準地震動の考え方については、「S1、S2 の概念を明確化させ、その概念を変える必要があるかどうかを、最新の知見を踏まえて議論したい。」との意見があった。

さらに、解放基盤表面の用語については、「解放基盤表面というのは、国際的には通用しない。国際的に十分理解が得られるような言葉で指針を作るべき。」との意見があった。

(5) 基準地震動の算定法

国の機関等で行われている地震動評価の状況を踏まえ、基準地震動の算定法を評価するにあたって考慮すべき事項について整理を行った。さらに、断層モデル等による地震動評価法については、断層モデルの各手法の特徴をまとめた比較の整理を行った。

その際、S2 地震動の概念については、「現在の地震学の知見で言うと、S2 にもっといろいろ盛り込む余地がある。」

経験式が持つばらつきの考慮にあたっては、「地震動のばらつきをどこまで考慮すれば安全上問題がないかを、施設の方まで含めて考えるべき。」

地震動の評価の方法については、「大崎の方法で安全性が確保されるのであれば、古い方法であっても問題はない。」一方、これに対して、「大崎の方法に問題はないと結論づけるのは早急に過ぎる。」等の意見があった。

また、震源を予め特定できない地震による地震動の評価について、国内外の岩盤での観測記録を用いた地震動レベルの検討に関する知見の整理を行うとともに、経験的なデータを活用して断層モデルで評価した結果を確率論的に検討した知見の整理も行った。

その際、震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価については、「地表地震断層の出現率の設定は、まだ検討の余地があるのではないか。」

断層モデルによる地震動の解析については、「断層パラメータのバラツキを考慮するにあたり、破壊開始点については、ユニラテラル (unilateral) なケースも計算した方がより適切ではないのか。」

地震動評価の対象領域選定については、「領域の大きさが、評価結果に影響を与えるのではないか。」

地震発生頻度の想定については、G-R式の近似化に問題があるのではないか。」との意見があり。

これに関しては、震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地表地震断層の出現率の設定については、「既往の地震による地表地震断層の出現率を参照し、地表の最大変位及び地表のひずみについて検討を行った上で設定しており、観測値の下限に近い値となっていることから、出現率としては小さめの（出現しにくい安全側の）評価をしていることになる。」

断層モデルによる地震動の解析については、「断層パラメータのバラツキを考慮するにあたり、破壊開始点の変化が評価に大きな影響を与えないことを確認している。」

地震動評価の対象領域選定については、「計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されている。」

地震発生頻度の想定にあたり、Mmax については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している（Mj7.4 以上は全て出現するとしている）ので、影響はほとんどないと考えられる。」ことが紹介された。

（6）設計用地震の区分と想定すべき地震

設計用地震として想定すべき地震及びその区分方法等に関連する最近の知見の整理を行った。

その際、震源を想定するにあたっては、「現在の地震学の知見で言うと、歴史地震と活断層だけでは不十分で、プラスアルファを考える必要がある。」との意見があった。

また、「活断層と歴史地震の資料は、独立に違った精度で集めて、最後に勘案するもの。」

地震カタログを適用するにあたっては、「歴史地震からそのサイトに影響を及ぼす地震を選び出す際には、震源を点と見なさず広がりがある程度考慮して評価する必要がある。」

また、「江戸時代より前では、地震被害記録の資料がないからといって、そこに地

震がなかったとは限らない。」との意見があった。一方で、「歴史地震の調査は、将来の地震を予測する上ではあまり意味がない。」との意見があった。

さらに、地震地体構造については、「地震地体構造という概念が、現在の地震学に受け入れられるか、また、信頼のおける活断層図や歴史地震カタログが整備されている現在の状況を勘案し、地震地体構造の果たす役割を考慮すべきではないか。」との意見があった。

活断層の評価にあたっては、「基準地震動 S1、S2 の策定における現行指針の、1 万年前以降活動、5 万年前以降活動の条件に入らないものでも現実に大きな地震は起こっている。」「活断層を認識できる現状のレベルはどこまでかということと、それをこの現状レベルでどこまで基準に盛り込めるかということについて検討する必要がある。」「活断層の長さは過去に発生した地震によって累積された値である。」との意見があった。

また、「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8 以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」

一方、松田式に対して、「地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することは可能である。」との意見もあった。

さらに、「活断層の評価期間における工学的判断に関する従来の考え方について、イメージを作っていく必要がある。」との意見があった。

これに関しては「『震震W第10-2号』は、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」としているものではない」との説明があった。

震源を事前に特定しにくい地震を想定するにあたっては、「直下地震の地震動をどうやって決めていくかについては、基本ワーキンググループと一緒に考えていかなければならない。」「震源を事前に特定できない地震を全国一律で考えるのか、ローカリティーを入れるのかの判断のために、震源断層の幅Wのばらつきから検討した資料を加えるべき。」との意見があった。

また、「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」「観測データの裏づけもまだ不十分ではないか。」等の意見があった。

これに関しては、「データベースとした既往の20地震について、地表地震断層と地震の規模の相違等について整理を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められた。一部、活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、文献調査のみでは評価できないものもあるが、これらは原子力発電所の立地の際に行う詳細な調査により、その延長部を適切に評価することとなる。」との説明があっ

た。

(7) 地震発生の確率論的評価

地震発生の確率論的評価について、その考え方と地震調査研究推進本部において行われている震源を特定しにくい地震等の評価手法について整理を行った。

地震発生の確率論的評価の考え方については、「切迫性については、現行の耐震指針では考慮されていないし、他の施設の基準類でも考慮されていない。」との意見があった。

(8) 地震動の確率論的評価

地震動の確率論的評価について、最近の研究状況とその考え方について整理を行った。

その際、「地震調査研究推進本部地震調査委員会の確率論的地震動予測地図とある地点の地震動を評価することとは、目的が異なるものであることに留意すべきである。」

また、地震動の確率論的評価にあたっては、「あるレベル以上の地震については、地震動のレベルの大小が発生確率の大小に必ずしも対応しない。」との意見があった。

一方、これに対して、「ハザードを表現するとき、超過確率で表現する場合とあるレベルの地震動が起きる確率で定義する場合と両方可能であるが、レベルの高い地震動の超過確率は必ず小さくなる。」との意見があった。

(9) 地質調査に関する基本的要求事項

最近の調査手法等を踏まえ、地質地盤の調査について地震動評価に係る項目と地盤安定性に係る項目について整理を行った。

その際、地質調査に関する手法については、「最近の調査法の進歩によって従来に比べ明確に解明できるようになってきたことを整理すれば、今までの指針のどこに問題があるかを見出すことができる。」

また、「活断層調査の方法がどの程度確実なのかについて評価が必要。」との意見があった。

(10) 地震随件事象

津波評価、地盤の安定性等について、最近の知見を踏まえ、それらの評価法について整理を行った。さらに、津波に対する安全性評価については、非常用海水ポン

プの機能確保のためになされている津波対策等の知見整理を行った。

津波の評価にあたっては、「津波の影響は高さだけではなく、砂移動による影響等も考慮すべきである。」との意見があり、最新の知見について整理を行った。

さらに、「現在行われている原子力発電所の安全性に対する津波の影響評価が十分であるかどうか、津波に関して今後検討する課題。」、「津波を地震の随件事象として含めるかどうか、含める場合にはどう扱うべきかを議論すべき。」との意見があった。

一方、「津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなく、行政庁に任せて詳細設計の中でみてくれればよいのであれば、急いでやる必要はない。」との意見があった。

また、基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価にあたっては、「地盤の安定性評価において、解析断面に直行する方向において解析結果に大きく影響を与えるような、地形や地質構造の不連続がある場合には、今後は3次元での検討を行うべき時期に来ている。」との意見があった。

3. 検討状況のまとめ

地震・地震動ワーキンググループにおいては、12回の会合を重ね、各種知見等の整理作業を行ってきた。

このうち、本整理作業を通じて検討されてきた基準地震動の設定のあり方について出た意見としては、震源を事前に特定できる地震と震源を事前に特定できない地震とに区別して議論されるべきであるというものである。

まず、震源を特定できる地震については、最新の地質調査に基づき発電所敷地近傍を入念に調査した上で、さらにその強震動評価にあたっては断層モデル等に基づいた最新の評価手法を用いて検討すべきではないかという議論を重ねてきた。

しかしながら、それでも見落とすものについては、震源を特定できない地震として考慮すべきではないかと議論があり、その一知見として、国内外の岩盤での観測記録を用いた地震動のレベルの検討の整理を行うとともに、経験的なデータを活用して断層モデルで評価した結果を確率論的に検討した知見の整理も行った。

耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ構成員

グループリーダー 入倉 孝次郎 京都大学防災研究所 教授

阿部 清治 日本原子力研究所東海研究所
安全性試験研究センター センター長
(平成 15 年 11 月 30 日まで)

石田 瑞穂 独立行政法人 防災科学技術研究所 研究主監

石橋 克彦 神戸大学都市安全研究センター 教授

亀田 弘行 独立行政法人 防災科学技術研究所
地震防災フロンティア研究センター センター長
(平成 14 年 9 月 20 日より)

衣笠 善博 東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授

小島 圭二 地圏空間研究所 代表

佃 榮吉 独立行政法人 産業技術総合研究所
研究コーディネータ (平成 14 年 9 月 20 日より)

平野 光將 独立行政法人 原子力安全基盤機構 総括参事

翠川 三郎 東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授

(平成 15 年 12 月 26 日現在)

耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ検討経緯

第1回	平成14年2月28日	地震・地震動WGにおける作業方針について 基準地震動の考え方等について
第2回	平成14年6月3日	地質調査に関する基本的要求事項等について
第3回	平成14年8月9日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第4回	平成14年11月25日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第5回	平成14年12月19日	基準地震動の算定法等について
第6回	平成15年2月13日	地震随件事象等について
第7回	平成15年3月20日	第四紀層地盤立地、免震・制振構造、地震動の確率論的評価、地震発生 の確率論的評価等について
第8回	平成15年4月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第9回	平成15年6月23日	設計用地震力の考え方等について
第10回	平成15年7月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を事前に特定できない地震による地震動(確定論的検討)
第11回	平成15年10月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的検討
第12回	平成15年12月1日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的検討

地震・地震動ワーキンググループの作業項目と
これまでの意見について
[第 1 回～第 1 2 回]

耐震指針検討分科会における 検討フローによる WG の作業

基本的考え方の整理



基準地震動の算定法



耐震重要度分類



許容限界と荷重の組合せ



新構造様式・新立地様式 等



総合的検討
(耐震安全性評価)
(耐震性能目標)

項目名	基本	施設	地震
地震時安全確保の考え方	○		
考慮すべき事故の考え方	○		
耐震設計の枠組み	○		
確率論的手法と決定論的手法との関係	○		
基準地震動の考え方	○		○
設計用地震力の考え方		○	○

基準地震動の算定法			○
設計用地震の区分と想定すべき地震			○
地震発生確率論的評価			○
地震動の確率論的評価			○
地質調査に関する基本的要求事項			○

耐震重要度分類の基本的考え方	○	○	
----------------	---	---	--

荷重の組合せの基本的要求事項		○	
許容限界の基本的要求事項		○	
応答解析の基本的要求事項		○	
応力解析の基本的要求事項		○	
構造信頼性の確率論的評価		○	

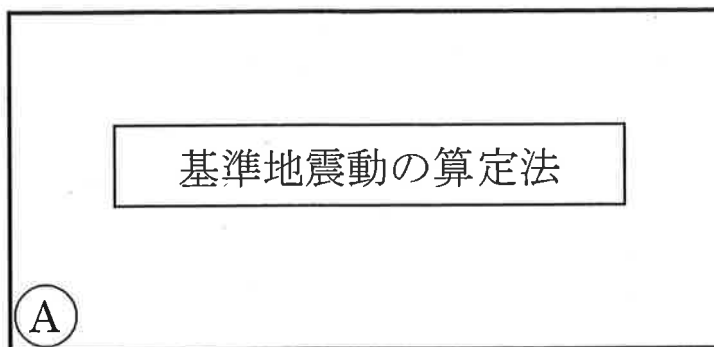
第四紀層地盤立地		○	○
免震構造・制振構造		○	○
地震随件事象		○	○
新立地様式	○		
運転管理に係る考慮事項	○		

確率論的安全性評価	○		
-----------	---	--	--

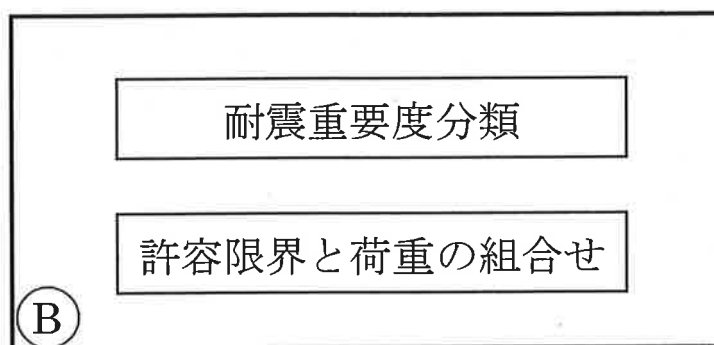
震分第 4 - 5 号より一部修正

耐震設計審査指針の枠組み（指針の大まかな構成）

① 基準地震動策定



② 施設の設計方針



③ 耐震安全性評価



④ 耐震性能目標



地震・地震動WGの作業項目

9. 設計用地震力の考え方
15. 第四紀層地盤立地
16. 免震構造, 制振構造
17. 基準地震動の考え方
18. 基準地震動の算定法
19. 設計用地震の区分と想定すべき地震
20. 地震発生の確率論的評価
21. 地震動の確率論的評価
22. 地質調査に関する基本的要求事項
23. 地震随件事象

検討項目 9. 設計用地震力の考え方

<検討の方向性に関する意見>

- ・静的地震力を指針に残すのであれば、基準地震動から求まる地震力との整合性のある指針にすべき。
- ・静的地震力については昨年建築基準法の耐震基準の内容をよく調査して、廃止をも含めて指針への反映の方法を検討することが重要である。
- ・静的地震力の必要性の検討。
- ・建築基準法の準拠の方法の検討
- ・上下方向の地震力を静的な方法によって求めることはそれなりに合理的な方法であると思われるが、地震時の実際の応答挙動を反映させた地震力を設計に用いることが望ましいのは勿論のことであるので、今後はこの方向で行くべき。
- ・水平地震動と同等の大きさの上下地震動を同時に不利な方向で作用させる3次元の動的解析を義務付けるべき
- ・上下方向地震力は、同じ震源から発生する水平地震動と対応する上下地震動で評価すべき。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○建築基準法の改定状況

○動的解析から求まる地震力と静的地震力との関係

○動的解析による鉛直地震力の評価法

- ・上下方向地震応答解析法に関して上下・水平方向の応答の組合せ法の検討が必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 建築基準法
2. 建築基準法施行令

<WGにおける意見>

「水平と上下地震力の組合せ法についてSRSS法を適用するためには、非常に震源に近いところで水平と上下の位相の相関が高いような記録があるかないかを検証することが必要である。」

- ・ 模擬地震波みたいなものは上下と水平の位相がランダムなので、ある意味では、SRSS法と時刻歴（同時入力）とが一致して当然である。むしろ観測波で水平と上下の位相がどういう関係にあるかということが重要である。非常に震源に近いところで水平と上下の位相の相関が高いような記録があるかないかを検証すべき。

WGにおける検討資料

1. 震震W第9-1号 現行の耐震設計審査指針における静的地震力の考え方
2. 震震W第9-2号 上下地震動を考慮した耐震性評価法の検討

検討項目 15. 第四紀層地盤立地

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 第四紀層地盤に設置する場合の地盤のせん断強度やせん断波の伝播速度などの下限値を設けるとか、液状化の発生は許さないなどの制限について検討が必要.
- ・ 「解放基盤は岩盤」「解説で第三紀層以下・・・」という現行の指針は、地質時代ではなく、「設計で構造物支持に支障のない地盤」という考え方で見直すべき.
- ・ 局地的地盤条件が設計用地震動特性に及ぼす影響の考慮は重要.
- ・ 第四紀層地盤への商業用原子力発電所の立地は、建物と地盤の相互作用や地盤の不均質性・地耐力に問題がある.

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○第四紀層地盤の評価法

- ・ 第四紀層地盤立地を採用する場合には、地震応答特性、地盤の破壊又は大変形、液状化等の観点から何らかの制限条件設定の検討が必要.

○基礎構造の評価法

- ・ 第四紀層地盤立地の基礎構造が杭支持方式などの場合には、関連する特別な検討が必要.

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 原子力発電技術機構 「高耐震構造立地技術確証試験 新立地方式に関する調査のうち第四紀層地盤に立地する原子力発電所施設の耐震性評価法（案）」

<WGにおける意見>

「新しい指針に地下立地や人工島立地を入れるのであれば、基本WGだけではなく、地震・地震動WGでも審議すべきである。」

- ・ 新しい指針で地下立地、あるいは人工島立地も扱えるようにするのであれば、基本WGだけではなく、地震・地震動WGにも持ってくるか、あるいは一緒になって審議すべき。

WGにおける検討資料

1. 震震W第7-3号 第四紀層地盤立地に関する知見の整理
2. 震震W第8-1号 コメント回答

検討項目 16. 免震構造・制振構造

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 第四紀層立地・免震等の新立地方式・新技術を取り入れるべき時期にきている。
- ・ 基本的耐震設計方針として剛構造の必要性がないとする場合にあっては、過大な変形や応答に重大な影響が生じる可能性もあるので、何らかの制限条件設定の検討が必要。
- ・ 免震・制振構造が炉心冷却システムに与える影響に関する実証試験データの積み重ねがなされ、地震時の安全性が実証されない限り、これらを商業発電用原子力施設に採用するのはやめるべき。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○免震構造・制振構造の評価法

- ・ 柔な構造とする場合には固有周期、変形量などの制限についての検討が必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 日本電気協会 「原子力発電所免震構造設計技術指針 JEAG4614-2000」
2. 日本建築学会 「免震構造設計指針」
3. 建築センター 「免震構造建築物の評定用資料の作成方法」
4. 建設省告示 「告示第 2009 号 免震建築物の構造方法に関する安全上必要な技術基準」
5. " 「告示第 2010 号 建築材料の品質に関する技術的基準」

<WGにおける意見>

「免震・制振を指針に取り入れる場合は、その基本的考え方が正確にわかるものにすべき。」

- ・ 免震とか制振を指針に取り入れる場合は、言葉の使い方が正確にわかるものにしていただきたい。

WGにおける検討資料

1. 震震W第7-2号 免震・制振に関する知見の整理
2. 震震W第8-1号 コメント回答

検討項目 17. 基準地震動の考え方

<検討の方向性に関する意見>

- ・耐震設計の目的は原子炉施設の安全機能の維持であって、レベルの異なるそれぞれの地震でこれを確認しなければならない必然性は必ずしもない。
- ・「設計地震動」をいくつかのレベルに分けて採用するかは、「十分な耐震性の確保」の具体的方策の一つであるので、地震学の最新の知見と原子力施設の耐震安全性の定量的度合いから検討することが必要。
- ・従来の S_1 , S_2 地震動の考え方の問題点を整理した上で、確率論的地震動評価の導入や直下地震の考え方などについて議論し、それぞれの基準地震動の位置付けを整理することが必要。
- ・ S_1 , S_2 地震動は、必ずしも他の分野の、レベル1・レベル2とは整合性が取れておらず、一般分野との共通認識の上にならなければならない。また見直しが進行中の原子力施設の安全目標に沿って、考え方を整理すべき。
- ・事故に severe accident があるように、地震にも S_s 地震動があるのではないか。
- ・設計地震動として、 S_1 と S_2 の他に、安全問題の検討のために、より強い地震 S_3 を設定することは必要。
- ・設計条件を超える影響を受けた場合の対応は主として設計用地震又は地震動の問題であり、その可能性はあるとするのか、又は無いとするのか、それぞれの説明はどのようになるのか。
- ・設計用地震動は S_0 , S_1 , S_2 , S_s (S_3), など4～5段階まで考えることがあり得る。これに対して、各々の段階で、それに対応するプラント状態についての許容応力（歪あるいは限界）を、出来る限りその対象（たとえば配管）の損傷に起因するCDFが一様になるよう定めることが望ましい。
- ・一般に地震動強さなどの予測を行うとき、そこに示された値が、最悪のシナリオを与えるものか、most probableなのか、わかり難いことがしばしばある。
- ・都市防災で進められている、強震動予測評価/地震ハザードマップとの整合性も、検討すべき問題。

<検討にあたって詳細に調査すべき事項に関する意見>

○基準地震動の設定位置

- ・設計用地震動の設定位置については解放基盤表面での地震動が最適かどうか、地震基盤面での地震動とする方法もあるので検討すべき。
- ・最も基本的な地震基盤面での地震動特性と地震基盤面の上部の地質構造とその動特性の把握は重要

検討にあたって参照すべき現在の知見

<WGにおける意見>

「最終的な目標が大衆の被ばく線量をいかに小さくするかということであるならば、S1 と S2 とに分けずに、唯一の地震動を設定すればよい。」

- ・ 最終的な目標というのは大衆の被ばく線量をいかに小さくするかということであって、それならS₁もS₂も要らないというか、唯一の地震動を設定すればいいんじゃないかと私は思う。

「設計で想定したレベルを超えた地震動（S3 と呼ぶかどうかは別として）が発生したときに、アクシデント・マネジメントなどであらかじめ対処しておいて、リスクを十分に小さくしておくことが必要である。」

- ・ 地震に対しても内的事象のように頻度概念をある程度考慮した、ある種の設計基準は作らないといけない。ただ、設計で考慮する地震動あるいは地震に関して内的事象と同じレベルの頻度でいえるかどうか。設計の想定を超えるような地震、それを S3 と呼ぶかは別として、これに対してはアクシデント・マネジメントを考えるなどして何らかの対処をして、それによってリスクを十分に小さくしなければいけない。

「S3 地震動というものを考える必要はない。」

- ・ 最新の知見に基づいた整理の仕方、あるいは議論、整理、判断をすれば、S₃という何か非常に得体の知れないものを持ち込む必要はない。
- ・ S₃というのは、もうアプリアリに与えてしまうよりしようがないようなものだから、それを超えるものを決める方法はない。余り議論の対象にはならない。
- ・ レベル的には少し低いけれども、頻度の高い地震動とS₃のように極めて起こらない、しかしもっとレベルの高い地震動とどちらを使うかというような話がある。

私は（前者の）比較的ここにはあるだろうとわかるような地震を対象として、ただしその中にどれくらいそれがばらつくものかとか、そういうところで最新の知見をちゃんと反映したもので置きかえるべきであると考えている。

したがって、極端に大きな地震を考えるということよりは、今の枠組みの中でちゃんとした知見を入れていくということの方が大事ではないかと考える。

「S1、S2 の概念を明確化させ、その概念を変える必要があるかどうかを、最新の知見を踏まえて議論したい。」

- ・ S₁、S₂ の概念についてはここでもう一度はっきりさせる必要があるので、どこがどのように違うか、S₁、S₂ の定義はどうあるべきかということを中心にここで議論すべきではないか。
- ・ S₂ というものがどういう意味を持っているか、どの程度のリスクを目指したものかということを中心にまず明確にしない限り、議論が進まない。
- ・ S₂ というものは現行の指針である程度決められて、その概念を変える必要があるかどうかをここで検討する必要がある。
- ・ 基本的にはS₂ という概念は重要なので、最新の知見でどうやって評価するかということを中心に議論したい。
- ・ S₁ と S₂ を一緒に考えて、それらをどういうふうに切り分けする必要があるのか、あるいは切り分けしない方がいいのか、そういうことで確率論的な考えも必要であるというふうなものは出てきているので、今後議論を煮詰めていきたい。

「地震動のレベルを決めた後、それを超えた場合の残存リスクを評価する必要がある。」

- ・ 地震動を決めるときに、現在我々が持っている知識というのはどれくらいなのか。それで、そのばらつき等を考えたときに、やはりどこかで打ち切らざるを得ない。その打ち切るレベルを決めるのが、例えば地震動のスペクトルをどういう形で決めていくかといったところに相当してくるんだと思う。

しかし、そこで決めてしまえば、今度はその先にそれを超す可能性というのが当然残るわけで、そこにリスクが残ってくる。そのリスクは今、これまた非常に不安定な手法かもしれませんが、ちゃんと見る手法があるわけですから、我々として、これで十分な安全を確認する方法があると思う。

- ・ 内の事象については、きちんと設計したとしても、どうしても残ってしまうリスク（残存リスク）があり、それはPSAで評価してAccident Managementで考えている。その具体的設計基準はないが、その残存リスクが十分小さければ安全としてよいとの考え方になっている。

この考え方を地震の場合にも変える必要はなく、 S_2 を超すような地震があったとしても、それに相当の確度で耐えられるという形になっているんだと思うんです。それに耐えられないのはどれくらいの値というのが残存リスクの考え方になる。

課題は設計基準地震動をいくつ、あるいはそれはどういうレベルにしなければならないかということ。

「設計ではある程度のリスクを許容している。指針では、その許容すべきリスクを世の中のニーズを考慮して規制の範囲を決める。」

- ・ 設計ではリスクはないとしているのではなく、あるリスク・イメージをもってある程度のリスクはあるとして（例えば単一故障基準による設計）実施しているもので、結局はどこまでリスクを考えてするかの問題ではないか。その許容すべきリスクは世の中のニーズを考慮して規制の範囲をきめ指針を作るものではないのか。

「解放基盤表面というのは、国際的には通用しない。国際的に十分理解が得られるような言葉で指針を作るべき。」

- ・ 解放基盤表面を使うか、地震基盤を使うかということですが、今度の指針の高度化に関して、一般的な話に結びつけたいと思うんですが、もし可能ならば、これからつくろうとする指針はインターナショナルに通用するものにしていきたいと私は思っております。ここで、今まで使われてきた解放基盤表面というのは、日本の、しかも原子力の間でしか使われていない言葉なんです。国際的に持ち出しても十分理解が得られるような言葉で指針をつくっていきたい。

WGにおける検討資料

1. 震震W第1－4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）
2. 震震W第3－3号 基準地震動に関する議論のまとめ
3. 震震W第3－4号 現行指針における基準地震動の評価法と許容限界の考え方
4. 震震W第8－3号 他機関における設計基準等について

検討項目 18. 基準地震動の算定法

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 広い周期領域の地震動をより適切に評価できる最新の手法を積極的に採用するような表現に変更する必要がある。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○最近の地震動評価法

- ・ 距離減衰式の採用にあたっては使用された地震観測データの量と質，データベースに含まれる地震規模と震源距離の関係，統計処理の方法，適用地盤の範囲，適用周波数の範囲，バラツキの確定等のサイト条件への適用性をよく調べるべき。
- ・ 距離減衰式の採用にあたってはサイト周辺の地震地体構造，発震機構，地震波伝播特性，サイトの局地特性等から，直接的に用いることが出来るか，補正が必要かどうか検討すべき。
- ・ 加速度，速度に関する振幅特性の表示に関する検討が必要。
- ・ 経験式は平均的な地震動特性を与えるものであるため，適用にあたっては当該経験式の持つバラツキの考慮が必要かどうか検討すべき。
- ・ 距離減衰式については現在慣用的に用いられている方法以外にも信頼性の高い地震動特性の推定法が提案されている。これらの方法について調査し，採用可能かどうか検討する必要がある。

○近距離地震の地震動評価への考慮

- ・ サイトが震源近傍に位置する場合には経験式の信頼性が問題となることがあるので，震源のモデル化による方法などと比較検討を行うべき。
- ・ 近距離地震における応答スペクトルを大幅に改訂すべき。
- ・ 震源のモデル化による地震動特性の推定法については，最近の研究によりその信頼性は高いものと言われている。とくに震源域における地震動特性の評価に欠かせない。この種の研究の現状と原子力発電所の耐震設計用地震動評価への適用法について調査・検討することが重要。
- ・ 至近距離及び近距離地震の地震動特性評価については，断層のモデル化による地震動特性の想定を，シナリオ地震はもとより，震源の不特定な地震へ適用することも検討すべき。

○模擬地震波の評価法

- ・ 地震応答解析用模擬地震波の作成に関して，ターゲットスペクトルへの適合性の判断及び位相特性の与え方について検討すべき。
- ・ 卓越周期が短周期側および長周期側に偏った模擬地震波をも生成し，耐震性を評価すべき。
- ・ 衝撃破壊を考慮した地震波を耐震設計審査指針に取り入れるべき。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 地震調査研究推進本部 「第2回地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップ

- プ 地震動予測地図の作成に向けて「現状と今後の課題」
2. 地震調査研究推進本部 「糸魚川-静岡構造線断層帯（北部、中部）を起震断層と想定した強震動評価手法について（中間報告）」

<WGにおける意見>

「現在の地震学の知見で言うと、S2にもっといろいろ盛り込む余地がある。」

- ・ 現在の地震学の知見で言うと、S₂にもっといろいろ盛り込む余地がある [地震動の算定の仕方]。

「地震動のばらつきをどこまで考慮すれば安全上問題がないかを、施設の方まで含めて考えるべき。」

- ・ これから起きるかもしれない地震について、どれくらいのばらつきがあって、そのばらつきのどこまでをカバーすれば、今の安全上の観点から問題がないのかを考えるべき。どこまでのばらつきをとるべきかということについては、施設の方まで含めて一旦考えてみなくてはならない。

「大崎の方法で安全性が確保されるのであれば、古い方法であっても問題はない。」

- ・ 大崎の方法を使うことによって安全性が確保されるのであれば、いくら古い方法であっても大崎の方法を使うことに安全性という点では問題がないように思う。

「大崎の方法に問題はないと結論づけるのは早急に過ぎる。」

- ・ 大崎の方法は破綻していないと結論づけるのは、少なくともこの委員会としては早急に過ぎる。どこまでのばらつきを許すかを考えたとき、大崎の方法だけでいいかどうか非常に疑問。また、大崎の方法はある種のスペクトルで規定しているだけ。断層モデルの手法のように時間領域で規定する必要があるのではないか

「震源が特定できない地震の震源近傍での地震動のレベルを観測記録から決めるには、まだデータの裏づけが不十分ではないか。」

- ・ 震源が特定できない地震の震源近傍での地震動を全国一律応答スペクトルで与えるのは、非常に具体的ではっきりしていると思う。しかし、それにはデータの裏づけ、観測事実の裏づけがまだ乏しいので危険ではないか。

アメリカの地震と日本の地震と違うのか違わないのかということもあるし、日本の地震は、わずか2例しかない。もちろん、もっとデータがたまるまで待つわけにはいかないが、今、この段階で、包絡したこれでいいですよというのは、ちょっと心配なところはある。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価にあたり、地表地震断層の出現率の設定は、まだ検討の余地があるのではないか。」

- ・ 地表地震断層の出現率は地盤を半無限弾性体と仮定している Okada (1985) の方法により地表の最大相対変位が5 cm を超える場合の確率としているが、現実には、地震基盤から地表までの地盤は半無限弾性体ではなく、地表の最大相対変位5 cm といってもある幅があることを考慮すると、最大相対変位が5 cm を超えたとしても、現実的には、地表地震断層としてほとんど検出できないのではないのか。

2000年鳥取県西部地震は、事前に震源が特定できるとされているが、地震の発生前に普通に調査する場合は、活断層として認識できないのではないか。

これらのことを考慮すると、全体的に地表地震断層の出現率が大きすぎるのではないか。武村（1998）の結果と（地表の最大相対変位が）5 cm を超える場合の地震断層の出現率についてはまだ検討の余地があるのではないか。地震断層の出現率の検討にあたっては、地表の相対変位を基準値とするのではなく、ひずみを基準値とした方がよいのではないか。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地表地震断層の出現率の設定にあたっては、既往の地震による地表地震断層の出現率を参照し、地表の最大変位及び地表のひずみについて検討を行った上で設定しており、観測値の下限に近い値となっていることから、出現率としては小さめの（出現しにくい安全側の）評価をしていることになる。」

Okada（1985）の方法による地表の最大相対変位 5 cm の判断基準は、既往の地震を地表断層地震と潜在断層地震に分類し、地表断層地震と潜在断層地震の地表の最大相対変位を検討し、これらを区分する閾値として便宜的に設定したものである。

また、地表のひずみについては、Okada（1985）の方法では地盤を半無限弾性体と仮定しているために局所的に大きくなるが、現実には塑性変形が生じてひずみが平均化されると考え、地表の最大相対変位 5 cm を与える 2 点間の平均ひずみを求めると、一般的な岩石の破壊ひずみ値（ 10^{-5} 程度）にほぼ対応する。

さらに、Dalgner, Irikura & Riera（2003）の動的なシミュレーション（アスペリティが浅くなると地表にフラワー構造状のクラックが生ずる）との整合性についても確認している。

これらを総合的に勘案し、本資料に示した潜在断層地震の確率的な地震動評価を行うための作業仮説として、Okada（1985）の方法による地表最大相対変位 5 cm の判断基準を採用し、武村（1998）の出現率の図のプロットを参照して連続関数としての近似を行ったものである。

また、2000 年鳥取県西部地震は、Okada（1985）の方法によるここでの判断基準を適用すると、地表断層が確認できたものとして分類される。

武村（1998）の図との比較では、出現率は観測値の下限に近い値となっており、出現率としては小さめの（出現しにくい安全側の）評価をしていることになる。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う断層モデルによる地震動の解析にあたっては、断層パラメータのバラツキを考慮する場合、破壊開始点についてはユニラテラル（unilateral）なケースも計算した方がより適切ではないのか。」

地震動シミュレーションでは、断層パラメータのバラツキを考慮しているが、破壊開始点については 1 通りしか検討されていないのはなぜか。このような理論的な計算を行ったのは、距離減衰式などの経験式ではフォワードディレクティビティが正確に評価できないことが大きな理由であるならば、ユニラテラル（unilateral）なケースも計算した方がより適切ではないのか。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う断層モデルによる地震動の解析にあたっては、断層パラメータのバラツキを考慮する場合、破壊開始点の変化が評価

に大きな影響を与えないことを確認している。」

- ・ 破壊開始点の位置が評価結果に与える影響については、マグニチュード 6.5 のケースについて破壊開始点を変えたパラメータスタディを行った結果、超過頻度別の地震動スペクトルに大きな影響を与えないことを確認している。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震動評価の対象領域選定にあたっては、領域の大きさが評価結果に影響を与えるのではないか。」

- ・ 80km×40 km の任意の領域の大きさは物理的にはどのような意味があるのか。領域の大きさが変わると検討結果に影響するのではないか。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震動評価の対象領域選定にあたっては、計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されている。」

- ・ 計算領域の大きさについては、この領域外では地震動が小さくなるため低い確率の超過確率別スペクトルには影響が小さいことなどを考慮の上、80km×40km の領域を設定している。

この領域では、年超過確率： 10^{-4} ～ 10^{-6} 程度の低確率の大きな地震動スペクトルが適切に求められることを確認している。すなわち、計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されていることになる。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震発生頻度の想定にあたっては、G-R式の近似化に問題があるのではないか。」

- ・ G-R式の係数は地域によって異なるので、全国を対象としたG-R式を、任意の領域として取り出した 80km×40km の領域にそのまま適用するのは問題があるのではないか。
- ・ G-R式を任意の領域に適用する場合、 M_{max} は地域によって異なるので、全国一律の値を適用するのは問題があるのではないか。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震発生頻度の想定にあたっては、 M_{max} については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している ($M_j 7.4$ 以上は全て出現するとしている) ので、影響はほとんどないと考えられる。」

- ・ 地震の発生頻度、トランケイテッドG-R式の M_{max} 等は確かに地域性があるものと考えられる。しかし、あまり地域を限ると地震データの個数にも限りがあり、G-R式の近似化の信頼性の問題も生ずる。ここでは、まずデータの豊富な日本全国を対象に、震源を特定しにくい地震による地震動の「全国の平均的なレベル」を評価したものである。

また、 M_{max} については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している ($M_j 7.4$ 以上は全て出現するとしている) ので、影響はほとんどないと考えられる。

なお、サイト周辺等の地域性を考慮してG-R式及びMmax等を精度良く評価するには、今後のデータの蓄積等が必要であると考えられる。

「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)における基準地震動の評価法について、現行の耐震設計審査指針及び指針解説に記載している以上のことが実施されている。」

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)における基準地震動の評価法について、実際にはこの指針ですとか、指針解説に書かれている以上のことがやられているということをご紹介いただいたんだと理解している。

「最新の地震動評価法について、断層モデルによる地震動評価法では、データの蓄積とともに、断層モデルに基づいた強震動評価法が発展してきている。また、断層モデルによる地震動評価手法については、手法ごとに利点と弱点があると思う。」

- ・ 最新の地震動評価法では、経験的方法を中心として、最近のデータから経験的手法というものはどのように求められてきているとかということと、断層モデルによる地震動評価法では、データの蓄積とともに、断層モデルに基づいた強震動評価法というものが発展してきている。
- ・ 断層モデルによる地震動評価手法について、経験的方法、半経験的方法、理論的方法、ハイブリット法等の方法は、それぞれ利点と弱点があると思う。

WGにおける検討資料

1. 震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード(案)
2. 震震W第5-1号 基準地震動の評価法
3. 震震W第5-2号 最新の地震動評価法
4. 震震W第5-3号 断層モデルによる地震動評価法
5. 震震W第7-1号 コメント回答
6. 震震W第10-2号 震源を事前に特定できない地震の考え方と地震動の策定について
7. 震震W第11-1号 震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的評価について
8. 震震W第12-2号 第11回地震・地震動ワーキンググループにおける資料「震震W第11-1号」に関する意見及び回答内容等

検討項目 19. 設計用地震の区分と想定すべき震源

<検討の方向性に関する意見>

- ・複数レベルの設計用地震を設定する場合は、その必要性と各地震の性質、評価法、耐震設計法との対応等十分な検討を要する。
- ・近未来の地震発生の可能性の大小に応じて震源を区分することは本来困難であることなどを考慮すると、2レベルの地震を設計用とすることは必要ない。
- ・地震の評価は、内陸の地震、プレート境界地震、海のプレート内地震（スラブ内地震）に区別すべき。
- ・余震の影響を考慮した耐震設計が必要ではないか。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○地震カタログの適用法

- ・特に古い地震など、不確定性の大きい地震の取扱い
- ・時代によって震央位置の意味が異なる場合がある。

○地震地体構造による地震想定法

- ・設計用地震を想定するうえで、地震地体構造の見地から想定される最大地震規模とその発生位置に関する知見は非常に重要。
- ・地震地体構造の整備も検討すべき問題。
- ・地震地体構造の適用方法については、サイト条件で異なるが、その考慮の有効性に疑問がある場合もあり、一律な適用には問題がある。
- ・地震地体構造については、現在の知見をできるだけ入れた上で、どういう使い方をするかを設定していった方がいい。

○震源深さの想定法

- ・震源深さの不明な地震については過去の被害地震、活断層などの震源の性質を問わず、余震体積に関する研究による経験式を用いることでよいのかどうか、他に適切な方法がないか調査が必要。
- ・震源深さが不明又は不確定性の大きい地震に対する経験式使用の適切さについて検討が必要

○活断層評価法

- ・今後も同様に2レベルの地震を考慮するのであれば、少なくとも、活断層の活動度で直接的に区分することは適切ではない。活動度自体は近い将来における地震発生の大小とはあまり関係ないからである。
- ・設計に考慮すべき活断層の決定法に関して、複数レベルの地震の場合にはその区別（現状の方法は要再検討）の方法が重要。
- ・活断層の長さからマグニチュードを推定する方法については、現在用いられている経験式以外の研究の適用性についての調査が必要。
- ・地表に活断層が発見された場合には、その長さによらずマグニチュード7程度以上の地震を考慮すべき。
- ・隣接した活断層の地下での連動を想定し、地表の活断層または活断層群から地震の規

模を安全側に見積もる設計用の推定式を設定すべき。

- ・一回で活動する活断層の範囲の決定は重要である。活断層群のセグメンテーションとグルーピングについて、何らかの判断の目安が設定されることが望まれる。
- ・活断層については、断層モデルとのリンクも含めて、地震動設定の立場と地盤変位の立場から、議論が必要。
- ・新しい調査研究成果を反映した活断層リスト等の適用法。
- ・特に重要な活断層は陸域では一般的調査のみでなく、トレンチ、ボーリング他の詳細な調査が重要であり、海域ではより精度の高い調査が必要。
- ・リニアメントの判読による活断層調査。
- ・小地震又は微小地震観測との関連。
- ・活断層の震央位置の決定法も検討が必要。
- ・地表で確認できる活断層は、万が一のことを考えて、過去の活動履歴とは無関係にすべて同等に考慮すべき。
- ・活動度や過去の活動歴によらず、すべての活断層を設計用最強地震として考慮すべき。

○震源を予め特定しにくい地震の想定法

- ・震源を特定できない直下地震のような性質の地震の規模と発生位置を推定するのは困難な問題である。内陸の地震発生については、過去の経験から、または断層理論に基づく多くの研究がある。これらの研究成果から適切な震源を想定するか、又は統計的、確率論的方法で地震動として想定するなどの方法もあるが、十分な検討が必要。
- ・震源の特定不可能な地震の想定に関しては、現状の仮想的な直下地震のようなもの及び地震像の特定が不可能なもの、過去の地震発生、強震動記録、活断層分布、断層理論、統計的・確率的方法などによる地震規模、地震動特性又は地震力の想定法の検討が必要。
- ・震源を予め特定しにくい地震の震源は、点震源の考え方から出発しているので、「起震断層が予め特定しにくい地震」という意味にならない。起震断層面で最初に破壊が始まる点という意味での震源ではない。不注意に読むと「アスペリティ」の問題と誤解する。
- ・直下地震をマグニチュード7.2とし、設計用最強地震の中でこれを考慮すべき。
- ・直下地震のように断層の見つかっていない地震の取扱いについては、確率論的ハザード評価と結びつけて検討すべき。
- ・いろいろな調査を見ていると、地震の震源はほとんど同定できるのではないかと認識されることから、震源を予め特定しにくい地震というのは本来なくすべきものではないか。
- ・どの程度の確率を考えるかによって調査法は当然違ってくることから、どういう調査をすればどこまで分かるかということを考えていく必要がある。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 地震調査研究推進本部 「第2回地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップ 地震動予測地図の作成に向けて一現状と今後の課題一」

<WGにおける意見>

「現在の地震学の知見で言うと、歴史地震と活断層だけでは不十分で、プラスアルファを考える必要がある。」

- ・ 現在の地震学の知見で言うと、 S_2 にもっといろいろ盛り込む余地がある〔設計用地震の選び方〕。
- ・ ある場所に影響を与える最大の地震の起こり方は、歴史地震と活断層だけでは不十分で、プラスアルファを考えないといけない。プラスアルファには非常に得体の知れないことが多く含まれている。プラスアルファの一例としては、地震テクトニクスからの検討も加えて震源を想定するということが考えられる。

「活断層と歴史地震の資料は、独立に違った精度で集めて、最後に勘案するもの。」

- ・ 活断層と歴史地震の資料は、時間のとりかたが違うわけだから連動しない。全く独立に違った精度で資料を集めて、最後に勘案するもの。

「歴史地震からそのサイトに影響を及ぼす地震を選び出す際には、震源を点と見なさず広がりがある程度考慮して評価する必要がある。」

- ・ 歴史地震からそのサイトに影響を及ぼす地震を選び出す際には、震源を点と見なさず大きさを考えて評価を行わなければいけない。

「江戸時代より前では、地震被害記録の資料がないからといって、そこに地震がなかったとは限らない。」

- ・ 江戸時代より前の地震被害記録の資料は何も残っていない場合が多い。資料がないからといって、そこに地震がなかったとは限らない。

「歴史地震の調査は、将来の地震を予測する上ではあまり意味がない。」

- ・ くり返し時間間隔の非常に長い地震のことを考えると、歴史地震の調査は、将来の地震を予測する上では余り意味がない。

「基準地震動 S_1 、 S_2 の策定における現行指針の、1 万年前以降活動、5 万年前以降活動の条件に入らないものでも現実に大きな地震は起こっている。」

- ・ 活断層の中のこの基準地震動 S_1 ないし S_2 それぞれに結びつく活断層の仕分け方というか取扱い方、これはやはり今の活断層学の最新知見からすると多くの問題点を含んでいると非常に思います。

この基準地震動 S_1 、 S_2 の策定ということに結びつけて考えますと、現行指針の、1 万年前以降活動とか、5 万年前以降活動とかという条件に入らないものでも現実に大きな地震は起こっているから——多分その年代はわからないわけですよ、この宮城県北部と秋田仙北に関しては、あるいは下末吉期以降とかという程度にしか、だから、やはりそれらについても考える必要があるということを示唆しているのだなと思った。

「活断層を認識できる現状のレベルはどこまでかということと、それをこの現状レベルでどこまで基準に盛り込めるかということについて検討する必要がある。」

- ・ 活断層のいわゆる認識のレベル、今現状のレベルはどこまでかということと、それをこの現状のレベルでどこまで基準に盛り込めるかということについて我々は検討をしないといけないと思う。

- ・ J E A Gでは10 km程度以上の断層、リニアメント等を抽出されたという経緯があって、6月（地震・地震動WG第2回会合）のとき、もうちょっと短い断層をいろいろ集めてきて、全体として評価する必要があるのではないかというふうな意見を言われたので、J E A Gのところは影響を受けるというか、関係するんじゃないか。

「地震地体構造という概念が、現在の地震学に受け入れられるか、また、信頼のおける活断層図や歴史地震カタログが整備されている現在の状況を勘案し、地震地体構造の果たす役割を考慮すべきではないか。」

- ・ 地震地体構造という言葉は、地震学では全く出てこない。サイスモテクトニクスを日本語に訳すと地震地体構造論となるが、その中身はここに述べられている地震地体構造とは非常に違う。地震地体構造という概念は、原子力開発・利用の世界の独特なものなのか。地震地体構造マップが古めかしいということもあるが、実質的にはほとんど役に立っていないのではないか。
- ・ 現在使われている地震地体構造マップ（表マップ）は、日本全体をカバーした信頼のおける活断層図や歴史地震カタログがなかった頃に、それを補うために作られたもの。その後、活断層図や歴史地震カタログが整備されたため、現在はその役割を終えたのではないか。当時のものを批判的に検討するだけではなく、むしろこれからは、地震P S Aに活用するための地体構造マップとしてどういうものが必要かという観点でも見ておく必要がある。

「直下地震の地震動をどうやって決めていくかについては、基本ワーキンググループと一緒に考えていかなければならない。」

- ・ 震源の特定できない地震動、あるいは、今の基準で言えば直下地震の取り扱いですか、直下地震の地震動をどうやって決めていくかというようなものについても、これは基本ワーキンググループとこのワーキンググループで一緒に考えていかなければならない問題。

「活断層の評価期間における工学的判断に関する従来の考え方について、イメージを作っていく必要がある。」

- ・ 工学的判断に関する従来の考え方について、今後の検討の中で少しずつイメージを作っていく必要があるんじゃないか。

「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」

- ・ 対応する活断層が長さ8 kmであっても、地下では30km、40kmの震源断層がずれてM7.2が起こるという1943年鳥取地震の例もある。そういう意味では、活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、ちょっと地震学的には言えないと思うんです。実際、要するに地震の大きさを正しく評価できないおそれがあって、したがって地震動レベルも間違える恐れがあると思います。
- ・ Mj6.8を境としてスケーリング則が変化するという考え方についても、地震発生層の上に地震を起こしにくい層があるとすれば、震源断層面がそのまま表面まで出るのではないかもしれない。そうすると、理論的裏づけが変わってくるかもしれない。また、濃

尾地震を非常に特異なものとして除くと、一本の直線で回帰してもいいようなプロットもたくさんある。

- ・ マクロな震源断層と活断層あるいは地表地震断層が対応しないということは、アスペリティーを介してある種の説明はできると思うが、その辺も考えると、そう簡単ではなくて、非常に難しい問題である。したがって、Mj6.8 以上ならば震源は特定できると言い切れるのかというのは、まだ問題が残っている。

「震震W第 10-2号」は、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」としているものではない。」

- ・ 「震震W第 10-2号」では、過去に生じた内陸地殻内地震について、個別に震源が事前に特定できるかそうでないかを検討した上で強震動記録を用いてレベルを決めており、地震の規模としてのマグニチュードを直接用いていない。本作業では、過去に発生した Mj6.8 以上の地震は震源を特定できるとされたが、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」とはされていない。

「地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することは可能である。」

- ・ 松田 (1975) の式等を使う限り、地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することになる。
- ・ 例えば指針等で決める場合には、地表が少しでも可能性、地表断層が出ていれば、ある程度、これくらいの規模であるという保守的な意義のある基準的なものを考えることが出来るのではないか。

「活断層の長さは過去に発生した地震によって累積された値である。」

- ・ 1 回の地震で地表に現れる断層の長さというのは震源断層の幅 W によって違う。ただ何回も起こってくると、地表に現れる長さが累積していく。その累積した値がそこで最大のエネルギーを発揮する長さである。

「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」

- ・ 過去の地震では、一生懸命調査するとリニアメントが見つかったり、それから活褶曲があったりして、その震源が特定できるというわけですがけれども、結局、起こった地震がわかっているから対応がついて震源が特定できるといえる面もあって、現実的に非常に問題なのは、撓曲構造なりリニアメントなりがある場合に、専門家の間でも、それが活動的か活動的ではないかという論争がありまして、そう簡単に震源が特定できるとは言えないと思います。

「データベースとした既往の 20 地震について、地表地震断層と地震の規模の相違等について整理を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められた。一部、活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、文献調査のみでは評価できないものもあるが、これらは原子力発電所の立地の際に行う詳細な調査により、その延長部を適切に

評価することとなる。」

- ・ 震震W第 10-2 号 P.12 に示す震源を事前に特定できない地震の選定過程において、震源断層を特定できるとされた 20 地震に対して、地表地震断層と地震の規模の相違等についての整理表を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められるものの、一部、その地震規模に見合う活断層（地表地震断層）が認められないものもある。これらは活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、文献調査のみでは活断層の長さが評価できないものである。

原子力発電所の立地の際には、文献調査、空中写真判読、地表地質調査を行い、さらに、敷地近傍の活断層が沖積平野等に延長すると予想される場合は、必要に応じてボーリング調査、反射法地震探査等を実施し、活断層の延長部を適切に評価することとなる。

「震源が特定できない地震を全国一律で考えるのか、ローカリティーを入れるのかの判断のために、震源断層の幅Wのばらつきから検討した資料を加えるべき。」

- ・ 震源を特定できない地震の規模を決めるのに、いわゆる地震を起こしそうな厚さWで決めているが、Wにはかなりローカリティーがあるはずで、これを完全に否定すると従来のM6.5 と考え方は同じになってしまう。それでちょっとデータが出てくると、6.5 だ 6.8 だという議論に終始してしまう。それを避けた何かうまい方法で基準を作れないかというのを議論すべき。Wのばらつきから検討した資料を 1 つ入れると全国一律でいいかどうかの判断につながる。

WGにおける検討資料

1. 震震W第 1 - 4 号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）
2. 震震W第 2 - 3 号 震源が特定できない地震の地震規模と活断層評価手法について
3. 震震W第 3 - 2 号 過去の地震の評価法－評価方法の整理
4. 震震W第 3 - 3 号 基準地震動に関する議論のまとめ
5. 震震W第 3 - 4 号 現行指針における基準地震動の評価法と許容限界の考え方
6. 震震W第 4 - 2 号 活断層調査の調査範囲と調査内容
7. 震震W第 4 - 3 号 海域の地質調査手法
8. 震震W第 4 - 4 号 活断層の評価法
9. 震震W第 4 - 5 号 地震地体構造
10. 震震W第 4 - 6 号 日本のスラブ内地震
11. 震震W第 7 - 4 号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について
12. 震震W第 8 - 2 号 設計用地震の区分と想定すべき地震について
13. 震震W第 8 - 3 号 他機関における設計規準等について
14. 震震W第 9 - 3 号 鳥取県西部地震に関連する調査等について
15. 震震W第 10-2 号 震源を事前に特定できない地震の考え方と地震動の策定について
16. 震震W第 11-2 号 コメント回答

検討項目 20. 地震発生の確率論的評価

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 確率論的設計用地震の採用と評価法について検討が必要。
- ・ 確率論的な予知の問題等，最近いろいろな分野で議論されるダイナミックなことを耐震設計に反映させるかどうか。
- ・ 耐震設計に考慮する地震の範囲決定の評価手法として，発生頻度，再来周期又は（及び）最終活動時期，寿命期間中の発生確率，切迫度などの検討及びこのような指標を適用できないような震源に対する対応の検討。
- ・ 考慮すべき地震を発生頻度（年平均発生率）で判断することも，必ずしも合理的とは言えない。
- ・ 確率を逐次，小にすれば，どこまでも強い地震が存在するというのではなく，地震自体に力学的現象として極限があり，それがさらに諸条件でゆらぎを生じる。
- ・ 地震の許容発生確率を論ずるとき，原子力施設の諸事象の発生確率と常に混同があるように思える。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○震源が特定される地震の発生確率

- ・ 活断層について確率論的評価に基づき地震発生確率で「可能性」を表わすことも検討されているが，発生確率が低いからといって無視してよいということにはならない。

○地震ハザード研究

- ・ 特定の断層の，特定の地震に対して評価しておけば良いというストーリーでは安全性というもの説明がしづらいので，やはり地震活動全体を評価した上で，確率的にどう位置付けて，それを設計地震動とするというような位置付けが必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 地震調査研究推進本部 「長期的な地震発生確率の評価手法について」

<WGにおける意見>

「切迫性については、現行の耐震指針では考慮されていないし、他の施設の基準類でも考慮されていない。」

- ・ 原子力施設の耐震の考え方で整理していただいたときに問題になってくるのが、現行指針で1万年に一度とか5万年に一度という形で考えていても、これはポアソン過程で考えているときにそうであっても、切迫性といったものを考えたときに、そうでない地震があるわけです。原子力以外の基準類でも切迫性を考えているものはないのではないかと。

WGにおける検討資料

1. 震震W第1－4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）
2. 震震W第3－3号 基準地震動に関する議論のまとめ
3. 震震W第7－4号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について
4. 震震W第8－2号 設計用地震の区分と想定すべき地震について

検討項目 21. 地震動の確率論的評価

<検討の方向性に関する意見>

- ・地震現象が確率事象であるという意味で、地震動レベルの評価に確率論的アプローチの導入は必要。
- ・決定論的手法で個々のシナリオ地震に対する地震動の評価を行い、かつ地震の再現期間や震源パラメータの不確定性を考慮して地震動レベルは確率的に表現するモデルの導入が必要。
- ・地震 PSA を行うとしてハザード・カーブを考えると、 S_1 、 S_2 よりはるかにレベルの高い地震でどのようなことが起きるかを考えることが必要。
- ・地震動を確率評価するためには、多くのデータを必要とするが、そのためのデータは不十分であるとともに、取得困難なものが多い。
- ・これまで蓄積された観測データ（活断層調査、歴史地震、強震動記録を含む）のみで、確率を検証できるだけの十分な量は得られているとは考えられない。
- ・安全目標をプラント全体のトータルなものを対象として考えて、CDF 値により、基準地震動を決めることはかなり困難。
- ・設計用の地震動を設定するにはサイトごとに検討する以前に、わが国全体の標準的な地震ハザードを評価し、それに基づいて、確率的レベルとしての安全目標と整合する強さの地震動を設定すべき。
- ・地震 PSA の 1 要素である確率論的地震ハザード評価においては、評価を実施すればハザードの支配地震としてサイト周辺の活断層や歴史地震が通例そのまま同定されるので、応答スペクトルも、最新の知見を反映し、不確実を考慮しつつ、従来同様、特定の地震源を対象として評価することになる。
- ・地震動の確率論的予測地図が整備されると、それは、わが国における耐震安全性に関する定量化の尺度が提供されることになり、目標安全性に基づく設計値の説明が明確化される。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

検討にあたって参照すべき現在の知見

<WGにおける意見>

「あるレベル以上の地震については、地震動のレベルの大小が発生確率の大小に必ずしも対応しない。」

- ・ 一般論として、非常に地震動のレベルが高い現象は確率が低くめったに起こらなくて、レベルの低いものほど頻繁に起こる。しかし、あるレベル以上の地震については、レベルの大小が発生確率の大小に必ずしも対応しないことが地震学の知識からは言えるのではないのか。
- ・ 地震学の見地から言うと、特に今後の日本列島をみた場合、例えば、東海地震、東南海地震及び南海地震等に関して言えば、非常にレベルの高いものの発生確率は、現実的にかなり高いということは確かである。

「ハザードを表現するとき、超過確率で表現する場合とあるレベルの地震動が起きる確率で定義する場合と両方可能であるが、レベルの高い地震動の超過確率は必ず小さくなる。」

- ・ ハザードを表現するとき、超過確率で表現する場合とあるレベルの地震動が起きる確率で定義する場合と両方可能であるが、超過確率では全く理論的にはあり得ない。ある特定地域では、あるレベルの地震動では高いレベルの方がむしろ頻度は高く起こるということはあるかもしれませんが、その場合でも、それよりさらに地震動が高い確率はということですとテールを引っ張っていきますと、これは地震動の確率の例えばばらつきのようなものを拾ってくるわけで、一番最後のところを見れば必ず非常に高いレベルの地震動はその頻度は小さくなっていくということだろうと思う。

「地震調査研究推進本部地震調査委員会の確率論的地震動予測地図とある地点の地震動を評価することとは、目的が異なるものであることに留意すべきである。」

- ・ 推本のレポートというのは、地震動を確率的に予測しようという目的のために検討された結果のレポートである。我々は今まで決定論的に地震動の大きさを評価してきたわけだし、これからもその部分は大きな比重を占める。そうした場合、例えば、グループ2をグループ5に含めるのではなくて、決定論的にやるとすれば、グループ2というのはグループ1に包絡されるようなものなので、扱い方と目的によって随分違う。
- ・ 日本全国を概観して、国レベルでの何かを考えていくときに、こういうものを参考にしましょうという目的と、それからやはりローカルに、ある地点を見て、そこで施設の耐震性を考えましょうという話は、これは全然違うから、それは、はっきり目的が違うものだということのようなことがこういうところでの議事録に残って、後で説明ができれば、それでいい。
- ・ 別の答えが出るのは、ある意味では当たり前だと思いますから、それはなぜ違うのかというのがきちんと説明できれば、これは、より詳しい調査に基づいた、より綿密な答えだから、こちらの方を尊重すべきだということを中心に説明できればいいんだと思いますので、一般的には、個別サイトに対してはより綿密な検討ができていますから、そちらの方が原則的には尊重されるべき。
- ・ 地震調査委員会は全国を概観するという大きな目標があるために、かなり苦しいことをやっている感じがする。勿論、個々には技術的に参考になることがあるが、これが直ちにあるサイトでの地震動の評価に、これを非常に強く念頭に置くというのはちょっと一般論としてはまずくて、十分慎重に検討すべき。

WGにおける検討資料

1. 震震W第1－4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）
2. 震震W第3－3号 基準地震動に関する議論のまとめ
3. 震震W第7－4号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について

検討項目 22. 地質調査に関する基本的要求事項

<検討の方向性に関する意見>

- ・地震基盤までの地盤調査の重要性も明記すべき。
- ・現行の手引きは、「決められた項目を、抜けがないようにそろえる」が基本方針のようであるが、サイト毎に、また施設の設計の考え方で重要調査項目が異なるのが、地質・地盤の常であるので、調査の考え方、成果項目の規定について検討が必要。
- ・地質調査の範囲と項目は、立地地点および立地方式の多様性に対応して多様であり、統一的な調査範囲と項目を示すことに意味があるか。
- ・観測データを補うために地質調査に基づく演繹的な震源モデルの想定など、決定論的手法による検証が必要。
- ・海上立地方式を採用の際には、陸と異なる特別な地盤調査方法、護岸の耐震性評価の検討。
- ・耐震設計にどこまで地質特性が必要かを十分検討する必要がある。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○陸域の地質調査法

- ・各種の物理探査（重力探査、電磁探査、電気探査、磁気探査、弾性波探査）、地下レーダ探査、微動アレー探査、ボーリング孔を用いた探査等（ボアホールテレビ、弾性波トモグラフィ、VSP等）が適切に選択され実施されている。
- ・活断層の具体的な活動履歴を解明することを目的としたトレンチ調査やボーリング調査が必要に応じて実施されている。
- ・活断層の活動性評価のため高精度の微小地震観測記録が用いられることもある。

○海域の地質調査法

- ・音波探査法は各種の技術（エアガン、ウォーターガン、スパーカ、ユニブーム、ソノブローブ）が普及している。

検討にあたって参照すべき現在の知見

<WGにおける意見>

「最近の調査法の進歩によって従来に比べ明確に解明できるようになってきたことを整理すれば、今までの指針のどこに問題があるかを見出すことができる。」

- ・ 今度本当に島根原発で設計用地震動を求めようとしてそれがきくのだったら、それが認識されていればもっと細かく詳細調査を、これは再三説明しているのと同じなのですが、その段階を今度はよく系統に入れながら、それでは今はこういうことで設計用地震動に対して今の現行指針でどこまでいけるのか、それから、どこにより新たな知見を入れたことによってどれだけ今まであいまいだったものを入れるかという検討をするともう少しははっきりするのではないかと思います。

結果的にはこれで大分そういうことがわかってきたといえますか、かなり従来よりはいろいろなマニュアル的なスタンダードができたし、詳細調査報告、弾性波探査も入れて——反射法ですね、それを入れていろいろできるようになったと。こういうところを結びつけていくと、まず今までの指針では流れの中でどこに最大問題があるかというのが見出せるのではないかとこのところから次の指針の話になると思います。

「活断層調査の方法がどの程度確実なのかについて評価が必要。」

- ・ 活断層の存在を調査する方法が一体どれくらい確実なのかといったことについての評価が必要。

「鳥取県西部地震が起こった地域では、リニアメントの判読に関する現在の最高水準の調査手法によって活断層の存在を特定できたのか、それとも従来の手法でもそれが可能なのかというのは非常に重要なことなので、明確に示していただきたい。」

- ・ 震震W第2-3号による説明は、鳥取県西部地震が起こったところでリニアメントの判読に関して現在の最高水準の詳細な調査を行った結果、一見活断層がないところで起こったという地震に対しても、そうらしいものがあるという説明だった。それが1985年当時の手法でもできているのか、今の最新の手法でもってのはじめてああいうことができたのかということは非常に重要なことだと思うので、それはきちんと示していただきたい。

「鳥取県西部地震を震源が特定できる地震として扱っていかどうか判定するには、地下深部の構造調査の結果と地表での調査結果を合わせて検討する必要がある。」

- ・ 鳥取県西部地震関連地域での地下深部の構造調査で、活断層の三次元的な構造が把握できるかどうか、非常に興味深い。鳥取県西部地震を、震源が特定できる地震として扱っていかどうか判定するには、地下深部の構造調査の結果と地表での調査結果を合わせて検討する必要がある。

WGにおける検討資料

1. 震震W第2-3号 震源が特定できない地震の地震規模と活断層評価手法について
2. 震震W第3-1号 鳥取県西部地震に関連する調査等について
3. 震震W第4-2号 活断層調査の調査範囲と調査内容
4. 震震W第4-3号 海域の地質調査手法
5. 震震W第9-3号 鳥取県西部地震に関連する調査等について

検討項目 23. 地震随件事象

<検討の方向性に関する意見>

- ・地震に関する安全性のうち、原子炉施設自体の耐震設計以外の例えば原子力施設の支持地盤の安定性、敷地内の地震時における地盤変動、背後斜面の安定性、津波に対する安全性などを指針で扱うかどうか。
- ・炉施設本体だけでなく周辺の施設（オフサイトセンター、通信機能、運搬機能等）の安全性についても検討すべき。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○支持地盤の安定性の評価法

- ・地質・地盤構造の調査として、(1) 地表地質調査による地質図の作成、(2) 物理探査、ボーリング等による地質構造図作成、(3) 試掘坑調査による地質構造図作成が必要
- ・安定解析に用いる地盤物性の変動への考慮。
- ・解析に用いる地震動、解析法・解析モデルと解析条件。
- ・地盤状況、地盤調査・安定解析等の精度と信頼性に応じた安全裕度等、安全裕度のあり方。

○背後斜面の安定性の評価法

- ・地質・地盤構造の調査として、(1) 地表地質調査による地質図の作成、(2) 物理探査、ボーリング等による地質構造図作成、(3) 試掘坑調査による地質構造図作成が必要
- ・安定解析に用いる地盤物性の変動への考慮。
- ・解析に用いる地震動、解析法・解析モデルと解析条件。
- ・地盤状況、地盤調査・安定解析等の精度と信頼性に応じた安全裕度等、安全裕度のあり方。

○地盤変位の評価法

- ・地震時の二次的地盤変位の影響評価

○津波の評価法

- ・地震による津波の影響を評価するための具体的な指針を明記すべき。
- ・津波に関する安全性に関しては、(1) 過去の津波評価、(2) 津波シミュレーションによる評価、(3) 設計津波高さの想定、(4) 引き波に対する安全性等の検討が必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 「地域防災計画における津波対策強化の手引き」

<WGにおける意見>

「津波の影響は高さだけではなく、砂移動による影響等も考慮すべきである。」

- ・ そもそも津波の何が原子力発電所のどこをどのように安全性を損なう恐れがあるかということを押えなければ、この津波のシミュレーションなんかも考えられない。津波の影響は高さだけではない。普通の風の波と違ってかなり海の底まで動くから、流速も深さ分布も影響する。高い津波が来て浸水するから危険なだけではなくて、破壊力のことも考慮すべき。
- ・ 最近の事例だと、津波で砂が巻き上げられたり、あるいは砂が移動することによる影響も考慮して、少なくとも1次審査は行われている。
- ・ その場所場所の境界条件や波源の定数などによって、流速がどうなるのか、それからそこで砂を巻き上げる力やエネルギーの可能性がどうなのかということまでシミュレートするような手法を確立すべきではないか。
大津波が海岸の条件によっては取水塔のすぐそばだけでなく近所の砂をわっと持ってくるというような事例はあるんじゃないか。

「2次的な海底地滑りが津波の波源になる可能性が最近の研究で指摘されていることを忘れずに議論すべきである。」

- ・ 2次的な海底地滑りを大規模な地震がひきおこす。それが津波の波源になるんじゃないかという事例が最近の研究で指摘されるようになってきた。今後津波について議論を進めるときに、これを忘れない方がいい。

「現在行われている原子力発電所の安全性に対する津波の影響評価が十分であるかどうか、津波に関して今後検討する課題。」

- ・ 今回、ここで審査指針を検討する場合には、この今の9ページ、10ページ（震震W第7-1号）の記載に関して、これが十分であるかどうかというようなことが今後検討すべき課題ではないか。

「津波を地震の随件事象として含めるかどうか、含める場合にはどう扱うべきかを議論すべき。」

- ・ 現行の指針の体系でも津波は一応見ることになっている。それを地震の随件事象として含めるかどうか、含める場合はどういうふうにして扱うべきかを議論すべきである。

「安全委員会として津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなく、行政庁に任せて詳細設計の中でみてくれればよいのであれば、急いでやる必要はない。」

- ・ 安全委員会として津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなくて、津波については今のところ行政庁に任せて、詳細設計の中でみてくれればいいということであれば、それは今慌ててやる必要はない。

「地盤の安定性評価において、解析断面に直行する方向において解析結果に大きく影響を与えるような、地形や地質構造の不連続がある場合には、今後は3次元での検討を行う

べき時期に来ている。」

- ・ 地盤の安定性評価において、2次元では横方向の不連続を考慮できない。昔に比べて3次元の検討が簡単に行えるようになってきているので、これからは積極的に3次元での検討を行うべき時期に来ている。

WGにおける検討資料

1. 震震W第6-1号 地震随件事象 津波に対する安全性評価
2. 震震W第6-2号 地震随件事象 基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価
3. 震震W第7-1号 コメント回答

基本ワーキンググループから地震・地震動ワーキンググループへの提言

基本ワーキンググループ第6回会合において、これまでの基本ワーキンググループにおける議論を踏まえ、耐震設計審査指針の高度化に向けての項目ごとに規定すべき内容について、伊部委員及び平野委員の個人の意見として震基W第6-1号「指針高度化に対して項目ごとに規定すべき内容の提案（案）」（別紙参照）が提示された。

この提案は、主として地震・地震動ワーキンググループ又は施設ワーキンググループにて検討すべきとされた項目について、既に基本ワーキンググループで議論された内容を提言のかたちで記載したものであり、地震・地震動ワーキンググループで未だ検討していない項目も含まれている。

このため、本資料は、本ワーキンググループにおいて、本提案について各委員からの意見を伺い、地震・地震動ワーキンググループとして検討を行うため、配付する。

別 紙
(震基W第6-1号)

指針高度化に対して項目ごとに規定すべき内容の提案（案）

はじめに

本文は、これまで基本WGでなされてきた議論を現行の耐震設計審査指針の高度化に向けての項目ごとに規定すべき内容の提案としてまとめたものである。主として施設WG，地震・地震動WGにて検討すべきとされた項目についても、基本WGで議論されたものについては、その議論を提言のかたちで記載している。なお、現状、未検討と思われる項目については、今後の検討課題として記載した。

1. 指針の姿について

本指針は必要とされる耐震性能を規定するものとし、それを実現する詳細な設計方法・条件などは民間指針で規定するものとする。

2. 指針の適用範囲について

本指針は、陸上の原子力施設に適用する。しかし、陸上以外の原子力施設に対しても基本的な考え方は参考となるものである。

なお、本指針に適合しない場合があっても、その理由が妥当であればこれを排除するものではないとする。

3. 基本方針について

3. 1 地震時安全確保の考え方

性能を具体的に明らかにする観点から、1) この指針で定める基準地震動を経験しても安全評価指針を満足すること。2) 重大な炉心損傷及び著しい放射性物質の早期の外部放出を伴うような格納容器破損の発生頻度を、国際的に合意されているレベル以下にすること、の二つを目標として規定するのはどうか。

3. 2 新立地様式への適用

現行指針の剛構造・岩着規定は削除し、第四紀層地盤立地、免震制振構造の適用も可能としてはどうか。

3. 3 支持地盤、地震随件事象への配慮

1) 支持地盤は支持する建物・構築物に適用される基準地震動に対して支持機能を損わないことの確認を行うこと、2) 地すべり、斜面の崩壊及び津波等の可能性がある場合には、詳細な調査・解析に基づいて検討を行い、支障ないことの確認を行うこと、を記載してはどうか。

4. 耐震設計上の重要度分類

- (1) 原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の安全機能の重要度分類は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」（以下、重要度指針）で規定されている。この重要度指針は原子力施設の本質的な安全機能に関わる合理的な考え方に基づいているものであり、耐震重要度分類にあたっては、基本的に、これと整合するものとしてはどうか。
- (2) 重要度指針では、構築物、系統及び機器を、その有する安全機能の重要度に応じて、それぞれクラス1～3に分類している。したがって、耐震重要度分類にあたっては、原則として、重要度指針のクラス1を耐震クラス1、重要度指針のクラス2を耐震クラス2、重要度指針のクラス3を耐震クラス3とし、3種類の耐震クラスを設定してはどうか。

- (2') 重要度指針のクラス1を耐震クラス1、クラス2及び3を耐震クラス2とし、二種類の耐震重要度を設定する。
- 1) 重要度指針のクラス1は炉心の著しい損傷・燃料の大量破損、異常状態発生時の事象の拡大防止と収束に関連する安全機能で、クラス2及び3の安全機能とはその重要性において格段の差がある。放射能の外部放出は、クラス2と3の間に当然差があるものの、異なる耐震設計を用いる必要性があるとは考えられない。
 - 2) 「使用済み燃料貯蔵」に関する安全機能は耐震クラス1とする。
- (3) 耐震設計特有の留意事項については、重要度指針の規定に拘わらず別に定めるべきであり、それには次の点を含めてはどうか。
- 1) 異常の発生防止機能と影響緩和機能との区別はしない。
 - 2) 重要度指針でいう「当該系の機能遂行に直接必要となる関連系以外の関連系」のうち、系統及び機器を収納・支持する機能（建物・構築物、系統及び機器の支持構造物）については、当該関連系統・機器の耐震設計に用いられる基準地震動に対して、安全機能（支持機能）を損なわないことの確認を行うものとする。
 - 3) 建物・構築物、系統及び機器間の相互影響については、上位の耐震クラスに適用される基準地震動に対して、それぞれ要求される安全機能が損なわれないことの確認を行う。
 - 4) 重要度クラスの異なる系統及び機器が構造的に連続している場合には上位の重要度をもつものとする。
 - 5) 耐震設計上重要な設備の耐震重要度分類には、地震P S Aの知見も反映する。

<今後の検討課題>

- 1) 記載以外の記載項目の抽出及び記載内容の検討
- 2) 代表プラントに対する地震P S Aの実施と、耐震重要度分類への反映

5. 耐震設計評価法

- (1) 耐震クラス1の安全機能については設計用水平・上下方向地震動による地震応答解析から求める設計用地震荷重と、同時に作用する他の荷重を組合せて施設に生ずる応力・変形等を算定し、要求される安全機能の健全性が損なわれないことの確認を行うこととしてはどうか。
- (2) 耐震クラス2に対応する基準地震動としては、耐震クラス1に適用される基準地震動の周期ごとの振幅を α 倍（例えば1/2倍）とした地震動とすること。地震力の算定、荷重の組合せと応力等の算定、許容状態との比較と安全機能の確認についてはクラス1と同様とすること、としてはどうか。耐震クラス3は一般施設と同等以上の耐震性を有するものとしてはどうか。
- (2') 耐震クラス2については、重要性の程度、基準地震動の想定法、建築基準との比較などを考慮すると、設計用応答スペクトルを地震カスペクトルと見なし、それを1/3にしたものを用いて地震力を求め、弾性設計（上下方向地震力は考慮しない）を行う。

<今後の検討課題>

- 1) 耐震クラス2の設計用地震力の設定（ α の値の設定）【5.(2)に対応】

6. 設計用地震・基準地震動の設定

6. 1 設計用地震

(1) 設計用地震の設定については次のようにしてはどうか。

- 1) 耐震設計は、敷地周辺に分布する震源のうち、敷地に大きな影響を及ぼすと予想されるものを対象とするべきであり、こうした震源を特定する必要がある。大きな地震動と大きな地震とは必ずしも一致しないので各震源による敷地における地震動に着目し、大きな地震動をもたらす設計用地震を設定する必要がある。
- 2) 活断層の活動時期に関する最新知見から、敷地周辺に存在し、更新世後期以降に活動したすべての震源（活断層及び過去の被害地震）を調査の対象とするべきである。
- 3) 原子力サイト周辺の地震は、プレート境界地震、スラブ内地震、プレート内地震に大別される。これらのモデル化は歴史地震、活断層、地震地体構造データ等を用いて行う。
- 4) 設計用地震としては、歴史地震、活断層、地震地体構造に基づくものと、これらに加え、後述の震源を予め特定できない地震も考慮する必要がある。
- 5) これらの地震のモデル化に当たっては、不確実さを考慮する必要がある。
- 6) 関連知見の不足やデータベースの不充分さを地震地体構造的見地、他分野での関連研究成果の参照等、適切な方法で地震規模を補正する必要がある。

(2) 歴史地震については次の程度の記載を行ってはどうか。

- 1) 古文書等に基づく過去の被害地震をデータベース化した歴史地震カタログは、対象地域や時代によって地震規模及び発生場所に差があることに留意する必要がある。また、最新の地震考古学の知見と併せて活用することが重要である。
- 2) 歴史地震データの活用にあたっては、後述の地震地体構造を反映した地域特性を考慮し、統計・確率モデルとして取り扱うことが重要である。また、繰り返し周期が認められる地震について着目する必要がある。

(3) 活断層については次の程度の記載を行ってはどうか。

- 1) トレンチ調査データ、ボーリングデータ、微小地震観測データ等が、近年、急速に蓄積されてきているので、これらの成果を積極的に活用する必要がある。
- 2) 活断層群のセグメンテーションやグルーピングの仕方、リニアメントの判読方法、断層長さや地震規模の関係等については、現地における詳細な調査結果や専門家の知見を反映することが重要である。
- 3) 海域の活断層は、陸域に比べて情報量が少ないので、十分な調査を行い、調査結果をモデル化に反映することが重要である。
- 4) 活断層パラメータの設定にあたっては、不確実さを考慮して行うことが重要である。
- 5) 活断層の長さや地震の規模との関係を表す経験式は最新の研究をも踏まえてその信頼性を十分確認のうえ、使用する必要がある。また、平行、雁行、断続する断層が同時に活動すると判断される断層群の地震規模の確定は当該断層群固有の性質であるので、現地調査、専門家の見解を踏まえて十分な検討を行い、適切な地震規模を決定する必要がある。

(4) 地震地体構造についても本文マターは次の程度か。

- 1) 地震地体構造については、地質学、地震学等の最新知見を反映した多くのマップが提案されている。地震地体構造は、サイト条件で異なっているので、一律の適用は避ける等適用方法に注意が必要である。

(5) 震源を予め特定できない地震については次のことを記載するのがよい。

- 1) 地表付近での活断層の痕跡や過去に地震発生の履歴がなく、物理探査等でも見逃す可能性のある、陸域の浅い地殻内で発生する地震、震源を予め特定できない地震を考慮する必要がある。この地震の規模、発生場所、発生頻度等に関する地震学・地震工学の最新知見や確率論的手法等を反映し、地震諸元を設定することが重要である。

6. 2 基準地震動

- (1) 基準地震動については次の程度のことを記載してあるべきである。
 - 1) 基準地震動は、水平動及び上下動について規定する。
 - 2) 基準地震動は、その特性を表す応答スペクトル（周波数特性）と、それにフィッティングさせた時刻歴波形（基本は加速度波形）で規定する。
 - 3) 基準地震動は、解放基盤表面（概ね第三紀層及びそれ以前の堅牢な岩盤であって著しい風化を受けてなく、それ以浅の表層や構造物がないものと仮定した上で、著しい高低差が無く相当の広がりを持つ地盤表面）で設定するものとする。
 - 3') 地震動特性という観点から、十分に広い領域（平面及び深さ：地震基盤～地表）の地質・地盤構造と構成地層の地震動伝播特性を把握することが望ましい。地質構造及び局地的地盤構造はサイトごとに大きく異なるものであるため、基準となる地震動特性はサイト特性に応じた現実の適切な地盤位置に設定する必要がある。この場合、地震動特性評価に採用する手法との整合性に留意しなければならない。
 - 4) 振幅特性は設備の地震応答挙動把握の必要性を考慮すると、速度の他、変位、加速度での表現も必要である。
- (2) 距離減衰式による地震動の評価について、次の程度の記載があつてよい。
 - 1) 基準地震動は、最新のデータベースに基づく震源特性を反映した信頼性のある距離減衰式を用いた応答スペクトルに基づいて評価する必要がある。
 - 2) 距離減衰式による応答スペクトルは、観測データの平均的な地震動特性を表わしている場合はそのばらつきを考慮する必要がある。
 - 3) 距離減衰式による応答スペクトルが、地震規模（マグニチュード）と震源距離で定義される場合には、震源距離は断層の地震動エネルギー放出領域を考慮した等価震源距離で評価する必要がある。
 - 4) 震源の深さは必ずしも必要な情報が得られないこともあるので、信頼性の高い評価法によって推定することが重要である。
 - 5) 既存の距離減衰式はその導出の過程から、当該サイトにそのまま用いることが適切でない場合もあるので、サイト特性に応じて修正を加える必要性について検討すべきである。
- (3) 断層モデルによる地震動の算定技術の進歩に伴い、このことについて次の程度の記載があつてよい。
 - 1) 震源が近い場合には、震源過程の影響が大きいので断層モデルを用いた地震動特性評価が必要である。
 - 2) 断層モデルの解析法は、各種の手法が提案されているが、必要な周波数特性を考慮した適切な手法を用いる必要がある。
 - 3) 断層モデルの解析パラメータ（巨視的パラメータ、微視的パラメータ）は、最新の知見に基づいて設定する必要がある。
 - 4) 複数の評価法によって比較検討して、信頼性向上を図るべきである。
 - 5) 解析手法に応じて、それらの不確定性に適切な工学的考慮を加えて評価を行う必要がある。
- (4) 震源を予め特定できない地震による地震動については次のことを記載するのがよい。
 - 1) 詳細な地震・地盤調査を行っても地表付近の断層の痕跡（亀裂等）を発見できない近距離の地震、すなわち震源を予め特定できない地震については、過去の地表地震断層を伴わない地震の観測記録のデータベースに基づいた地震動評価が必要である。
 - 2) 過去の地表地震断層を伴わない地震の観測記録のデータベースには限りがあることが考えられるので、地表に断層が現れない地震について、地震規模、地震発生頻度、地表に断層が現れない断層の特性等を確率モデルで表すことを考慮し、断層モデルまたは距離減衰式等による評価手法を用いて地震動評価を行う必要がある。
- (5) 時刻歴波形の作成について、次の程度の記載があつてよい。
 - 1) 時刻歴波形のスペクトルは設計用スペクトルに対して十分に適合させる必要がある。適合性については、全体としてのスペクトル強さと、周波数領域での局所的な谷に留意する必要がある。

- 2) 時刻歴波形の継続時間及び包絡関数については、信頼性の高い十分なデータベースに基づいた経験式を用いることが必要である。
- 3) 時刻歴波形の特性としては、周波数特性の経時変化（位相特性）を考慮することも大事であり、当該サイトでの地震観測記録も参考にする必要がある。

<今後の検討課題>

- 1) 基準地震動の定義位置の設定
- 2) 震源を予め特定できない地震に関し、地震の観測記録データベースに基づいた評価結果と地震特性等に確率モデルを考慮した評価結果の基準地震動策定への反映。

7. 地震力の算定

(1) 応答解析

- 1) 地震応答解析は周波数領域及び時間領域で行う場合があり、それらの解析法は様々であるが、何れの方法であっても、周辺の地盤構造とその動特性、構造物の構造特性、建物の埋め込みの程度などと整合するものである必要がある。また、各解析方法には適用範囲、適用制限があることに注意しなければならない。
- 2) 地震応答解析には基礎の浮き上がりの影響を考慮する必要がある。
- 3) 非線形地震応答解析を行う場合には、地盤や対象となる構築物・系統及び機器の非線形挙動を試験・実験に基づいて把握し、安全余裕を適切に考慮して解析に反映させることが重要である。

(2) 入力地震動への変換

- 1) 基準地震動から解析モデルへの変換は、基準地震動の設定位置、局地的地盤条件、地震応答解析モデルの形態等との整合性を考慮して行う。

(3) 解析モデル、解析条件の設定

- 1) 解析には多くの不確定な要素を伴うことを念頭におき、用いる手法の不確定性、解析条件の変動の可能性を試験等の実証的根拠に基づいて把握し、適切な安全余裕を考慮する。
- 2) 上下方向地震応答解析に際しては、解析モデルの構築、解析条件の設定などが水平方向の場合とは異なるので、関連特性を十分に調査して解析に考慮する必要がある。なお、水平方向地震力と上下方向地震力との組合せは、必ずしも実挙動に基づくものでなくとも、合理的、現実的方法を用いることを許容すべきである。

8. 荷重の組合せと許容状態

(1) 荷重の組合せについて次の程度の記載が必要ではないか。

- 1) 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) 地震の従属事象として、地震とそれによって引き起こされるプラント状態との同時性を考慮する。また、地震とは独立な事象として、地震の発生いかんにかかわらず生ずる荷重と地震荷重との同時性についてはそれらの事象の発生頻度、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。

(2) 許容状態について以下のような記載を行うべきである。

- 1) 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。
- 2) 動的安全機能の評価については、原則として試験・実験に基づく裏付けを行う。
- 3) 耐震クラス1、2の安全機能については、採用する設計用地震・地震動の策定法、設計地震力の算定法、応力等の算定法などの精度や信頼性との整合性を考慮のうえ、当該施設の有する機能維持限界に着目した合理的な制限状態とする。【4.(2)に対応】
- 3') 耐震クラス1の安全機能については、設計用地震・地震動の想定法、設計地震力の算定法、応力等の算定法などの精度や信頼性との整合性を考慮のうえ、当該施設の有する機能維持限界に着目した合理的な

制限状態が望ましい。ただし、当該施設の非線型性の程度に応じた適正な安全余裕を設けることが重要である。耐震クラス2については、その安全機能の重要性から、比較的簡便な耐震設計法でもよいと考えられるので弾性範囲の設計が適当であろう。

- 4) 支持機能、重要な安全機能への二次的影響、支持地盤や周辺斜面の安定性など、特別な安全機能の評価については、当該安全機能の性質を考慮し、目的に応じた合理的な制限状態（大変形の発生、破断、支持機能維持など）を用いる。

9. その他

- (1) 耐震安全性評価について次のような記載を行うべきである。

詳細設計終了後又は建設完了時の適当な時期に、確率論的地震安全評価などにより耐震安全性評価を行い、耐震設計の適切さを自主的に確認する。

- (2) 構造信頼性の確率論的評価については、今回の議論を踏まえて次の程度の記載を行うべきである。

安全目標が設定され、確率論的安全評価の実施によって各種の知見が蓄積された場合には、構造信頼性の確率論的評価手法が有効な設計手法となることが考えられる。

<今後の検討課題>

- 1) 運転管理に係わる考慮と新立地、事故のあり方の基本的要求事項については、現状、内容検討がされていないが、少なくとも指針への記載の要否について検討を行う必要がある。
- 2) 耐震安全性評価は、自主的实施または規制要求か、指針記載の要否、記載の場合は本文か解説か
- 3) 構造信頼性の確率論的評価の実施は、指針に記載すべきか、記載の場合は本文か解説か

各ワーキンググループの検討状況の ^{概要と主要な論点} とりまとめ(案)


耐震設計審査指針の枠組み	各ワーキンググループにおける検討状況の概要			主要な論点等 (◎は主要項目)
	基本WG	施設WG	地震・地震動WG	
適用範囲など	<p>【2. 耐震設計(審査指針)の枠組み】</p> <ul style="list-style-type: none"> 基本目標を達成するために満足されることが必要な性能要求とこれを満足するための方法の一般原則までを規定する。 本指針に適合しない場合があってもその理由が妥当であればこれを排除するものではない。 		<p>【2. 耐震設計(審査指針)の枠組み】</p> <p>性能規定化、民間指針とのすみ分け、その認証などに関連した指針体系化分科会の検討を紹介して欲しい。また、保安院の動向も含めて国としての見解が必要である。</p> <p>安全目標専門部会やリスク・インフォームド型規制に関する検討など、関連する検討内容について説明して欲しい。</p>	<p>◎ 指針の範囲と適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ●後段規制との関係、学協会規格との関係も念頭に、指針にはどの範囲までを規定しておくか? ●指針の適用における弾力化をどのように図るのか? (段階的適用、選択肢方式等) ●指針の記載方法(現行指針では、「本文」と「解説」による構成としている)はどのようにすべきか?
基本方針	<p>地震時安全確保の考え方</p> <p>【1. 地震時安全確保の考え方】</p> <p>目標Ⅰ：原子炉施設は、敷地周辺の特性からみて寿命中に一度ならず発生する地震動を経験しても事故を起こさないように設計、建設、運転及び保守を行わなければならないのは当然のことであるが、敷地周辺の事情で起きる地震動の大きさと頻度の関係を踏まえて、地震学的見地から見て施設の寿命中には極めて稀には起きるかもしれない地震動を基準地震動とし、この発生を仮定しても安全防護施設も含めて必要な安全機能は損なわれず、周辺の公衆に放射線災害を与えないよう設計されること。</p> <p>目標Ⅱ：施設的设计裕度により、この基準地震動を超える地震動が発生する可能性を考慮してもそれによる公衆の放射線災害のリスクが小さいこと。</p>		<p>【17. 基準地震動の考え方】</p> <p>最終的な目標が大衆の被ばく線量をいかに小さくするかということであるなら、唯一の地震動を設定すればよい。</p> <p>設計で想定した地震動を超えた場合の残存リスクを評価する必要がある。その位置付けとしては、アクシデント・マネジメント対応とする場合と、指針でその評価と許容すべきリスクを規定する場合が考えられる。</p>	<p>◎ 指針の範囲と適用(再掲)</p> <ul style="list-style-type: none"> ●法体系との関係、上位指針との関係を念頭に基本目標をどのように設定するか? ●後段規制との関係、学協会規格との関係も念頭に、指針にはどの範囲までを規定しておくか? ●指針の適用における弾力化をどのように図るのか? (段階的適用、選択肢方式等) <p>◎ 確率論的耐震安全評価(地震PSA)の適用の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> ●確率論的耐震安全性評価(地震PSA)を個別プラントの審査に適用するかあるいは、規制の妥当性を確認するために活用するか? ●個別プラントに適用する場合、規制上の要求とするのか、自主的な範囲とするのか? ●上記の検討においては、 <ul style="list-style-type: none"> ➢他の事象に対するPSAが規制上の要求事項とはなっていないこと ➢及び多段階規制における諸手続・処分と矛盾が生じないことを考慮する必要がある。
満足されるべき性能	<p>【2. 耐震設計(審査指針)の枠組み】</p> <p>目標Ⅰ：安全機能を有する構築物、系統及び機器は、安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、その区分に適切と考えられる設計用地震力が加わっても機能を失わない設計であることを踏まえて、以下のことが規定する。</p> <p>1) 基本目標の達成の観点から適切な、安全機能を有する構築物、系統及び機器の、地震荷重</p>	<p>【14. 構造信頼性の確率論的評価】</p> <p>限界状態設計法については、安全性のレベルを定量化することにより、性能規定を明確に表せることができるなどの利点があり、それを取り込む形での指針の改訂が必要である。(少数意見)</p> <p>安全性のレベルを定量的に評価することは方向性として必要であり、限界状態設計法の理念は理解できるが、原子力以外の分野で十分成熟した手法ではないこと、安全性の定量化が難しいような支配的な評価要因があることなどから、設計体系の中に取り入れるの</p>		<p>◎ 指針への確率論的な手法の導入の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> ●確率論的な手法を導入する対象をどうするか? ●プラント設計手法として、確率論的な設計手法を導入するか、設計は確定論的に行い参考として活用するか、もしくは、将来、課題等が解決された段階で導入することとするか。

耐震設計審査指針 の枠組み		各ワーキンググループにおける検討状況の概要			主要な論点等 (◎は主要項目)
		基本WG	施設WG	地震・地震動WG	
基本方針 (つづき)	満足される べき性能 (つづき)	<p>に対する応答及び耐性の特徴も考慮に入れた、安全上の重要度に応じた耐震設計上の区分のあり方、</p> <p>2) 基本目標の達成の観点から適切な、これらの区分ごとの設計評価に使用する設計用地震力の選定のあり方、</p> <p>3) 基本目標の達成の観点から適切な、これらの構築物、系統及び機器が対応する設計用地震力に対して耐震性を有することを確認する方法</p> <p>目標II：運転開始前に実施される地震PSAの結果を、公衆リスクを指標として定められる安全目標を参考に定められる性能指標と比較する</p> <p>【3. 確率論的安全評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> 現在の安全目標案は、安全目標の適用について、個別の施設に対する規制等、より踏み込んだ適用は将来のことであるとして、まずは審査指針や技術基準類の整備・改訂など、規制活動の合理性、整合性等の判断の参考とされている。しかしながら、目標IIの達成を判断するためには、地震PSAを実施して当該施設の耐震安全性の妥当性を安全目標を参考に確認することが適切である。 地震PSAを実施するためには、受け入れ可能な共通の地震PSA手法が必要であり、地震PSA実施手順書が民間規格として制定されているべきである。その上で、この項には、受け入れ可能な地震PSAの条件として、民間規格として制定される実施手順書によった、品質の保証されたものであるべきとの記載がなされるべきである。 	<p>は無理で、時期尚早ではないか、補助的な手法として参考とするのは良い。(多数は否定的な意見)</p> <p>設計は基本的に確定論的に行うものとし、諸条件の設定根拠として確率論的概念を積極的に用い、設計後の詳細な確率論的評価をしやすいうように整備する。</p>		
基準地震動 策定	基準地震動 の算定法	<p>【17. 基準地震動の考え方】</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の事情で定まる地震動の大きさと超過確率の最も確からしい関係(確率論的地震ハザード)に基づき、基準地震動を設定する。 	<p>【17. 基準地震動の考え方】</p> <p>現行のS1とS2の概念を明確化させ、その概念を変える必要があるか、最新の知見を踏まえて議論すべきである。</p> <p>基準地震動の定義位置について、「解放基盤表面」という用語を国際的に十分理解が得られるような用語に変えるべきである。</p> <p>【18. 基準地震動の策定法】</p> <p>現行のS2の評価に関して、スラブ内地震の考慮な</p>	<p>◎ 基準地震動の設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 基準地震動を、確率論的な手法の導入も考慮しつつ、どのように設定するか？ ● 基準地震動を安全確認するための地震動に1本化するか、従来通り2本設定するか？ <ul style="list-style-type: none"> ・ 2本設定する場合、どのような根拠で2本の地震動を設定できるのかについて合理的説明が必要。 ● 基準地震動の設定位置の考え方をどのように整理するか？ <p>* なお、基準地震動の設定に係る評価項目とその内容等については、地震・地震動WGで現在整理中である。</p>	

耐震設計審査指針 の枠組み		各ワーキンググループにおける検討状況の概要			主要な論点等 (◎は主要項目)
		基本WG	施設WG	地震・地震動WG	
基準地震動 策定 (つづき)	基準地震動 の算定法 (つづき)			<p>と最新の地震学の知見を盛り込む必要がある。</p> <p>地震動のばらつきをどこまで考慮すれば安全上問題がないかを、施設の方まで含めて考える必要がある。</p> <p>震源が特定できない地震の震源近傍での地震動レベルを観測記録から決めるには、まだデータの裏づけが不十分。</p> <p>震源が特定できない地震による地震動を経験的なデータを活用して断層モデルにより確率的に検討する場合、地表地震断層の出現率、破壊開始点、地震動評価の対象領域及び地震発生頻度の想定にあたっては、評価結果に与える影響を考慮する必要がある。</p> <p>最新の地震動評価法として、断層モデルによる地震動評価法は取り入れる必要がある。ただし、様々な手法があり、その特徴を十分に考慮して手法を選定する必要がある。</p> <p>【19. 設計用地震の区分と想定すべき地震】</p> <p>歴史地震の評価については、データ(被害分布から推定した震源の位置、規模など)の不確実性に対して注意が必要である。</p> <p>活断層の評価については、活断層を認識できる現状のレベルの確認した上で、どこまで基準に盛り込めるかを検討する必要がある。</p> <p>現行のS1、S2の評価では、それぞれ1万年、5万年前以降活動した活断層を対象としているが、地震学的にそれで十分か疑問である。</p> <p>地震地体構造という概念が、現在の地震学に受け入れられるか、また信頼における活断層図や歴史地震カタログが整備されている現在の状況を勘案し、地震地体構造の果たすべき役割を考慮すべきではないか。</p> <p>起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは評価が難しく、そう簡単に震源や地震規模が特定できるとは言えない。</p> <p>【21. 地震動の確率的評価】</p> <p>地震調査研究推進本部地震調査委員会の確率的地震動予測地図と、ある地点の地震動を評価することとは、目的が異なるものであることに留意すべきである。</p>	<p>◎ 指針への確率的な手法の導入の可能性</p> <p>● 確率的な手法を導入する対象をどうするか?</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地震動の設定に活用する場合、 (イ) 震源を予め特定できない地震について、どのように導入するか? (ロ) 震源を予め特定できる地震については、どこまで適用可能か? (できれば判定のめやすのようなものがあれば望ましい)

耐震設計審査指針 の枠組み		各ワーキンググループにおける検討状況の概要			主要な論点等 (◎は主要項目)
		基本WG	施設WG	地震・地震動WG	
基準地震動 策定 (つづき)	基準地震動 の算定法 (つづき)			<p>【22. 地質調査に関する基本的要求事項】</p> <p>鳥取県西部地震について、現在の最高水準の調査法によって活断層の存在を特定できたのか、それとも従来の手法でもそれが可能なかというのは非常に重要なことなので、明確に示してもらいたい。</p> <p>また、震源が特定できる地震として扱ってよいかどうか判断するには、地下深部の構造調査と地表での調査結果を併せて検討する必要がある。</p>	
施設の設計 方針	耐震重要度 分類	<p>【6. 耐震重要度分類の基本的考え方】</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の安全機能の重要度に基づく分類は「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」(以下、重要度指針という。)で規定されている。 <p>(案1)</p> <ul style="list-style-type: none"> 重要度指針では、重要度はそれぞれの構築物、系統及び機器が機能喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して定められているから、両者の機器等の区分の論理は同じと考えられる。そこで、耐震重要度の区分も、重要度指針の規定に準じて、以下の3クラスの分類を用いるのが適切である。 <p>耐震クラス1：その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷、又は燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統および機器 (PS-1 分類) ならびに、異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力バウンダリの加圧を防止し、敷地周辺への過度の影響を防止する構築物、系統および機器、安全上必須なその他の構築物、系統および機器 (MS-1 分類)</p> <p>耐震クラス2：その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷、又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構築物、系統および機器 (PS-2)、ならびにこれらの構築物、系統および機器の損傷または故障により敷地周辺公</p>	<p>【6. 耐震重要度分類の基本的考え方】</p> <p>耐震重要度分類と安全重要度分類の整合性に関しては大きな矛盾はない。(案3と整合)</p> <p>より詳細に確認すべきである。</p> <p>(2つの重要度分類の整合性に関して意見が完全に一致してはいない。)</p> <p>安全委員会として2つの重要度分類を今後も持ち続けるのかどうか方針を決めるべきである。</p> <p>被ばく評価を基に詳細を設定した再処理施設等の耐震重要度分類を参考とするなど、他の施設との整合性も考慮すべきである。</p>	<p>◎ 耐震重要度分類の考え方とその区分</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 基準地震動の設定との関係において、指針で扱う重要度分類の区分ごとの範囲をどのように設定するか？ (3区分、2区分、従来通り?) ● 安全機能からみた重要度分類との整合性の要否についての検討及び地震固有の観点から見た重要性の整理が必要 	

耐震設計審査指針 の枠組み		各ワーキンググループにおける検討状況の概要			主要な論点等 (◎は主要項目)
		基本WG	施設WG	地震・地震動WG	
施設の設計 方針 (つづき)	耐震重要度 分類 (つづき)	<p>衆に与える放射線の影響を十分小さくするようにする構築物、系統および機器 (MS-2)</p> <p>耐震クラス3：その損傷または故障が異常時の起因事象になるPS-1、PS-2以外の構築物、系統および機器及び原子炉冷却材中の放射能濃度を運転に支障のない程度に低く抑えるための構築物、系統および機器 (PS-3) ならびに運転時の異常な過渡変化があってもMS-1、MS-2とあいまって事象を緩和する構築物、系統および機器及び異常対応に必要な構築物、系統および機器 (MS-3)</p> <p>(案2)</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震重要度については、重要度指針のクラス1を耐震クラス1、クラス2及び3を耐震クラス2とすることが基本目標を達成する観点から適切（ただし、「使用済み燃料貯蔵」に関する安全機能は耐震クラス1とする）という意見も考慮に値する代替案とされた。 <p>(案3)</p> <ul style="list-style-type: none"> 重要度分類指針は耐震重要度分類と今日に至るまで並立してきたことにはそれなりの理由があることから、耐震重要度分類は現行通りとする。 なお、重要度指針を用いて耐震重要度分類を行う際には、次のような耐震設計特有の事項について留意する必要がある、としておくことが適切である。 <ol style="list-style-type: none"> 異常の発生防止機能と影響緩和機能との区別はしない。 重要度指針でいう「当該系の機能遂行に直接必要となる関連系以外の関連系」のうち、系統及び機器を収納・支持する機能（建物・構築物、系統及び機器の支持構造物）については、当該関連系統・機器の耐震設計に用いられる基準地震動に対して、安全機能（支持機能）を損なわないことの確認を行うものとする。 建物・構築物、系統及び機器間の相互影響については、上位の耐震クラスに適用される基準地震動に対して、それぞれ要求される安全機能が損 			

耐震設計審査指針 の枠組み		各ワーキンググループにおける検討状況の概要			主要な論点等 (◎は主要項目)
		基本WG	施設WG	地震・地震動WG	
施設の設計方針 (つづき)	耐震重要度分類 (つづき)	<p>なわれないことの確認を行う。</p> <p>4) 重要度クラスの異なる系統及び機器が構造的に連続している場合、その地震時挙動が上位の耐震機能に影響を与える範囲まで、上位の重要度をもつものとする。</p> <p>5) 耐震設計上重要な設備の耐震重要度分類の検討には、地震PSAの知見も用いる。</p>			
設計用地震力の設定	<p>【9. 設計用地震力の考え方】</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震安全の基本的目標を達成するため各耐震クラスの機器等の設計評価に使用する適切な設計地震力は、以下のように定める。 <p>(案1)</p> <ul style="list-style-type: none"> 耐震クラス1の構築物、系統、機器は上に定められた基準地震動の地震力を設計用地震力として用いること。 耐震クラス2のそれらについては、耐震クラス1の設計用地震力をα倍($\alpha < 1$)して求めた地震力を設計地震力として用いること。 耐震クラス3のそれらは一般施設の強度設計に用いられる基準に従うこと。 <p>(案2)</p> <ul style="list-style-type: none"> 特に議論なし。今後、耐震重要度分類の方針が確定してから、さらに検討を深める。 <p>(案3)</p> <ul style="list-style-type: none"> 特に議論なし。今後、耐震重要度分類の方針が確定してから、さらに検討を深める。 	<p>【9. 設計用地震力の考え方】</p> <p>地震ハザードから設計用スペクトルを設定することは可能であり、設計用地震力を安全目標との関連で設定すべきである。(少数意見)</p> <p>基準地震動の算定法については、新構造形式、新立地様式と適合する必要がある。</p> <p>(第四紀層立地、免震制振構造の採用：やや長周期帯を考慮した基準地震動の設定が必要。)</p> <p>静的地震力については、Aクラスの施設に対して耐震裕度を確保する上で果たしてきた役割は大きい。(肯定的な意見)</p> <p>静的地震力の割り増し(一般施設に対してAクラスで3倍)に対して、確率論的な根拠で設定することが望ましい。(少数意見)</p> 		<p>◎ 設計用地震力の設定</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 基準地震動の設定、耐震重要度分類の区分との関係において、設計用地震力をどのように設定するか? ・ 水平方向動的地震力の適用範囲は? ・ 上下方向動的地震力の適用範囲は? ● 静的地震力の取扱いをどうするか? 	
応答解析、応力解析		<p>【10. 応答解析の基本的要求事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 応答解析手法は、時刻歴の弾塑性解析を基本とするが、時刻歴応答解析に相当する簡易計算手法も使用できる。解析モデルについては、質点系モデルを基本とするが、場合によってはFEM解析を行うことが望ましい。 <p>【11. 応力解析の基本的要求事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 基本的には現行の応力解析手法を踏襲するが、構造と荷重レベルによっては、より詳細な解析手法を用いて設計の参考としていくことが必要である。 		<p>○ 応答解析、応力解析</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 応答解析、応力解析の要求事項を指針に記載する必要があるか? 必要な場合は、何を要求事項とすべきか? 	

耐震設計審査指針 の枠組み		各ワーキンググループにおける検討状況の概要			主要な論点等 (◎は主要項目)
		基本WG	施設WG	地震・地震動WG	
施設の設計方針 (つづき)	荷重の組合せと許容限界	<p>【13. 荷重の組合せの基本的要求事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 通常運転時、運転時の異常な過渡変化時並びに事故時に生じるそれぞれの荷重及び地震によって引き起こされるプラント状態による荷重で地震動と同時性を有する荷重を組み合わせる。 <p>ただし、これらのうち、同時に作用する確率が事象の発生頻度、荷重の継続時間及び漸時的変化を考慮して、リスク抑制の観点から考慮する必要のないほど小さい場合にはそうした組み合わせを考慮する必要がない。</p> <p>【13. 許容限界の基本的要求事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> 各クラスの構築物、設備、機器が対応する設計用地震力に対して耐震性を有することは、構築物等が有する安全機能が適切な信頼度で維持できる応力・ひずみ・変形、あるいは動的機能維持加速度・荷重・変位等を許容限界として定め、それが属するクラスに選定された設計用地震力により生じる応力・変形がその範囲内にあることをもって確認する。 	<p>【13. 許容限界の基本的要求事項】</p> <p>設計手法、手順はなるべく弾性設計に準じたものとすべきであるが、実挙動を反映した許容限界に立脚した施設の設計を考えることも重要であり、塑性領域をも考慮した設計を想定する必要がある。</p>		<p>○ 荷重の組合せ</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 現行指針の荷重組合せの考え方を基本的に踏襲して良いか？ <p>○ 許容限界</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 現行指針の許容限界の考え方を基本的に踏襲して良いか？
新立地様式・新構造様式等	第四紀層地盤立地	<p>【15. 第四紀層地盤立地】</p> <ul style="list-style-type: none"> 現行指針の剛構造・岩着規定は削除し、第四紀層地盤立地、免震制振構造の施設の審査にも適用可能とする内容とするようにしておくことは指針の枠組みという観点から適切である。 	<p>【15. 第四紀層地盤立地】</p> <p>第四紀層地盤立地については取り入れるべきである。</p> <p>ただし、その採用に際して、現行の第三紀層地盤立地(岩盤立地)に固執してきた理由をまとめる必要がある。</p> <p>また、液状化判定法やそれに用いるデータの信頼性に留意する必要がある。</p> <p>「第四紀層」という時代区分ではその物性に差があることから、用語を用いる場合は、補足的に物性による定義付けをすべきである。</p>		<p>◎ 第四紀層地盤立地の導入の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> ● これまでの基本方針で「建物・構築物は重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならない」とある規定を緩和し、第四紀層地盤における立地をも可能とするか？(条件付きか、無条件か？)
	免震構造、制振構造		<p>【16. 免震構造、制振構造】</p> <p>(免震構造の採用に関しては、否定的な意見はなかった。)</p> <p>制振に関しては、免震ほど技術の蓄積はないが、今後の技術の進歩により取り込めるような形にしたい。</p>		<p>◎ 免震構造等の導入の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> ● これまでの基本方針で「建物・構築物は原則として剛構造とする」とある規定を緩和し、免震構造等を適用可とするか？(条件付きか、無条件か？、制振構造は？) <p>* 制振構造のうち、エネルギー吸収機構を用いたパッシブ制振については、構造種、適用部位などによっては剛構造の原則の下においても適用可能であることから、指針への採用に際しては、剛構造規定の緩和とは関連付けさせる必要がない場合もあることに留意する。</p>

耐震設計審査指針 の枠組み		各ワーキンググループにおける検討状況の概要			主要な論点等 (◎は主要項目)
		基本WG	施設WG	地震・地震動WG	
新立地様式・新構造様式等 (つづき)	地震随件事象	<p>【23. 地震随件事象】</p> <ul style="list-style-type: none"> 現在の「指針」に明確な規定がないけれども、実際には耐震設計の審査の一部として行なわれている「支持地盤は支持する建物・構築物に適用される基準地震動に対して支持機能を損なわないこと」、「基準地震動の発生に伴う地すべり、斜面の崩壊及び津波等の可能性の検討を行い、施設の安全確保に支障がないこと」の確認は、この際、明文化することが適切ではないかとの意見が出された。 		<p>【23. 地震随件事象】</p> <p>津波を地震の随件事象として含めるかどうか、含める場合にはどう扱うべきかを議論すべき。</p> <p>安全委員会として、指針に津波評価が必要であれば議論すればいいし、詳細設計の中で評価すればいいのであれば、早急に議論する必要はない。</p> <p>津波の評価は高さだけでなく、砂移動の影響等についても考慮すべきである。</p>	<p>○ 地震随件事象</p> <p>●地震随件事象として、何を対象とし、どこまで要求事項とすべきか？</p>

注) 括弧 () 内は、主として関連するワーキンググループにおける検討項目 (「震分第4-3号」参照) を示す。

「第四紀層地盤立地」及び「免震構造・制振構造」の 改定耐震設計審査指針への採用の可否に関する検討について (案)

原子力安全委員会事務局

1. これまでの検討状況と前提

- (1) 現行(1981年策定)の「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」では、「3.基本方針」において、「発電用原子炉施設は想定されるいかなる地震力に対してもこれが大きな事故の誘因とならないよう十分な耐震性を有していなければならない。また、建物・構築物は原則として剛構造にするとともに、重要な建物・構築物は岩盤に支持させなければならない。」と規定されており、これに基づき既存の原子力発電所の重要な施設は、すべて「強固な岩盤上に直接支持」×「剛構造」という条件に基づき施設の設計、建設が行われている。
- (2) 一方、諸外国では、これにとらわれず岩盤ではない地盤サイトへの立地、あるいは免震(制振)構造の概念を採用した原子力施設の例がみられるようになった。

※ ワーキンググループにおいて紹介した事例

- 第四紀層地盤立地：Creys-Malville (フランス)、Brokdorf (ドイツ) 等
- 免震構造：Koeberg (南アフリカ)、Cruas (フランス)

- (3) また、我が国でも、現行指針策定時以降における知見の蓄積、技術の進歩を踏まえて、主として民間において「岩盤支持」あるいは「剛構造」の条件を緩和した場合の施設の耐震性・健全性確保に備えた各種の技術指針類の検討が自主的に進められてきている。

※ ワーキンググループにおいて紹介した事例

○第四紀層地盤立地に関する知見

「高耐震構造立地技術確証試験 第四紀層地盤立地方式調査 総括編」平成9年3月
財団法人 原子力発電技術機構 (通商産業省委託事業)

「原子力発電所の立地多様化技術 第2編 第四紀地盤立地技術」平成8年3月
社団法人 土木学会

「原子力施設基礎構造技術に関する調査報告書 (使用済燃料乾式貯蔵キャスク建屋編)」平成12年4月

社団法人 日本電気協会 原子力発電耐震設計専門部会

○免震構造に関する知見

「高速増殖炉免震設計技術指針 (案)」

財団法人 電力中央研究所 (通商産業省委託事業)

「発電用原子炉施設に関する免震設計指針」

社団法人 日本電気協会 原子力発電耐震設計特別調査委員会

「原子力発電所免震構造設計技術指針」

社団法人 日本電気協会 耐震設計分科会

2. 「第四紀層地盤立地」の採用の可否の検討

- (1) 現行指針において「岩盤支持」が規定された前提、背景の確認
- (2) 現行指針策定時以降、今日までの知見蓄積及び技術進歩の確認（今回の改定時が採用の適切なタイミングであるか？）
- (3) 「岩盤」以外への立地需要の有無（今回、採用するメリットはあるか？）
- (4) 「第四紀層地盤立地」の採用を可とした場合（可とするための）、「岩盤支持」と同等レベルの耐震（安全）性確保に必要な条件、制限等の整理（検討の材料は十分得られているか？）
- (5) 「第四紀層地盤立地」の採用を可とした場合（可とするための）、「岩盤支持」を（望ましい）原則として規定し「第四紀層地盤立地」を例外的に許容するのか、あるいは、全く平等・並列な選択肢としての規定とするか。

3. 「免震構造・制振構造」の採用の可否の検討

- (1) 現行指針において「原則として剛構造」が規定された前提、背景の確認
- (2) 現行指針策定時以降、今日までの知見蓄積及び技術進歩の確認（今回の改定時が採用の適切なタイミングであるか？）
- (3) 「剛構造」以外の施設設計需要の有無（今回、採用するメリットはあるか？）
- (4) 「免震構造・制振構造*」の採用を可とした場合（可とするための）、「剛構造」と同等レベルの耐震（安全）性確保に必要な条件、制限等の整理（検討の材料は十分得られているか？）
- (5) 「免震構造・制振構造*」の採用を可とした場合（可とするための）、引き続き「原則として剛構造」の規定を残しつつ例外的に「免震構造・制振構造*」を許容するのか、あるいは、全く平等・並列な選択肢としての規定とするか。

* 制振構造のうち、エネルギー吸収機構を用いたパッシブ制振については、構造種、適用部位などによっては剛構造の原則の基においても適用可能であることから、指針への採用に際しては、以下を検討すれば良いのではないかと。

- ・ 現行指針策定時以降、今日までの知見蓄積及び技術進歩の確認（今回の改定時が採用の適切なタイミングであるか？）
- ・ 採用の際、必要となる条件、制限がある場合は、その整理（検討の材料は十分得られているか？）

4. 今後の検討のプロセス

- (1) これまでの「分科会での検討の方向性に関する意見、検討にあたって調査すべき事項に関する意見」、「施設WGにおける意見」、「地震・地震動WGにおける意見」等の整理
- (2) これまで施設WG及び地震・地震動WGにおいて紹介された資料・情報の整理及び追加調査の実施
- (3) 電気事業者等のヒアリングによる需要の把握
- (4) 指針改定作業全体を見据えた適切な時期における方針決定

「第四紀層地盤立地」に関する検討状況について

分科会における意見等

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 第四紀層地盤に設置する場合の地盤のせん断強度やせん断波の伝播速度などの下限値を設けるとか、液状化の発生は許さないなどの制限について検討が必要。
- ・ 「解放基盤は岩盤」「解説で第三紀層以下・・・」という現行の指針は、地質時代ではなく、「設計で構造物支持に支障のない地盤」という考え方で見直すべき。
- ・ 局地的地盤条件が設計用地震動特性に及ぼす影響の考慮は重要。
- ・ 第四紀層地盤への商業用原子力発電所の立地は、建物と地盤の相互作用や地盤の不均質性・地耐力に問題がある。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○第四紀層地盤の評価法

- ・ 第四紀層地盤立地を採用する場合には、地震応答特性、地盤の破壊又は大変形、液状化等の観点から何らかの制限条件設定の検討が必要。

○基礎構造の評価法

- ・ 第四紀層地盤立地の基礎構造が杭支持方式などの場合には、関連する特別な検討が必要。

施設WGにおける意見等

関連する最近の地質評価法を踏まえ、第四紀層地盤に対する考え方とその適用性について整理を行った。

「新立地様式及び第四紀層地盤立地については、是非とも取り入れるべきである。」との積極的意見があった。

第四紀層地盤立地については、検討の前提について、「地盤の液状化、非線形性等の問題を議論する場合は、時代区分ではなく物性区分で議論すべきである。また、「第四紀層」という用語を使う場合は、補足的に物性による定義付けをした方がよい。」等の意見があった。

また、採用に際しては「液状化判定に関する手法やデータなどの信頼性が検討の際、重要となる。」との意見もあった。

さらに、「新立地様式に係る今後10年～20年の原子力発電の方向性に関して、政府の立場を明確にすべきである。」との意見もあった。

地震・地震動WGにおける意見等

関連する最近の地質評価法を踏まえ、第四紀層地盤に対する考え方とその適用性について整理を行った。

その際、「新しい指針に地下立地や人工島立地を入れるのであれば、基本WGだけではなく、地震・地震動WGでも審議すべきである。」との意見等があった。

今後の検討に向けて

- ・ 第四紀層地盤立地については、種々の民間技術指針等が整備され、各種の制限値についての検討が進められていることが確認できた。第四紀層地盤立地を許容する場合は、これらの制限・条件をどのように指針に盛り込むべきかの検討を行った上での判断が必要であると考えられる。
- ・ 「第四紀層」という用語を用いる場合、従来の「岩盤支持」の規定との関係整理、採用対象となりうる施設・設備の範囲、地盤の強度・物性等に関する定義付けをどのように行うかなどについて検討が必要であると考えられる。

「免震構造・制振構造」に関する検討状況について

分科会における意見等

＜検討の方向性に関する意見＞

- ・ 第四紀層立地・免震等の新立地方式・新技術を取り入れるべき時期にきている。
- ・ 基本的耐震設計方針として剛構造の必要性がないとする場合にあっては、過大な変形や応答に重大な影響が生じる可能性もあるので、何らかの制限条件設定の検討が必要。
- ・ 免震・制振構造が炉心冷却システムに与える影響に関する実証試験データの積み重ねがなされ、地震時の安全性が実証されない限り、これらを商業発電用原子力施設に採用するのはやめるべき。

＜検討にあたって調査すべき事項に関する意見＞

- ・ 柔な構造とする場合には固有周期、変形量などの制限についての検討が必要。

施設WGにおける意見等

関連する知見や技術基準等を踏まえ、免震構造・制振構造の適用性について整理を行った。

免震構造・制振構造（パッシブ制振に限る）については、「技術の進歩として是非とも取り入れるべきである。」「制振に関しては、免震ほど技術の蓄積はないが、今後の技術の進捗により取り込めるような形にしたい。」の積極的な意見があった。

地震・地震動WGにおける意見等

関連する知見や技術基準等を踏まえ、免震構造・制振構造の適用性について整理を行った。

さらに、床免震や機器免震を採用している事例等について知見の整理を行った。

その際、免震・制振を指針に取り入れる場合にあっては、「その基本的考え方が正確にわかるものにすべき。」との意見等があった。

今後の検討に向けて

- ・ 免震構造については、現行の耐震設計審査指針の規定による岩盤支持を前提とした設計体系が民間技術指針として整備され、変形量等の制限・条件についても検討が進められていることが確認できた。従来の原則として剛構造とする旨の規定を緩和し、免震構造・制振構造を許容する場合は、採用対象となりうる施設・設備の範囲、制限条件等をどのように指針に盛り込むべきかの検討を行った上で判断が必要であると考えられる。

修正箇所見直し版
〔第6回分科会報告版
からの変更箇所〕

耐震指針検討分科会
地震・地震動ワーキンググループ
における検討状況
(案)

平成15年12月26日

はじめに

原子力安全基準専門部会は、原子力安全委員会から指示を受け、平成13年7月3日に各分野の専門家からなる耐震指針検討分科会を設置し、「耐震安全性に係る安全審査指針類について」のうち、「発電用原子炉施設の耐震設計審査指針」（昭和56年7月20日決定）及び「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」（昭和53年8月23日決定）について、最新知見等を反映し、より適切な指針とするために必要な調査審議を実施することとした。

これを受け、耐震指針検討分科会では、調査審議にあたり検討すべき項目の抽出を行い、第3回会合において、分科会における検討にあたって必要な各種知見等の整理作業を行うため、基本、施設、地震・地震動の3つのワーキンググループを設置するとともに、第4回会合において、各ワーキンググループにおいて検討すべき項目の整理・分類を行った。

以来、地震・地震動ワーキンググループでは、1240回の会合を開催し、これらの検討項目に沿って、分科会の検討に必要となる各種知見等の整理作業を進めてきた。

本検討状況は、これまでの作業内容を要約し、今後の耐震指針検討分科会における調査審議に資することを目的としてとりまとめたものである。

1. 検討方針

地震・地震動ワーキンググループでは、ワーキンググループの設置にあたり、本ワーキンググループにおける作業内容とされた「地震動評価法及び設計用地震の想定に関する最近の知見の反映、並びに地震発生・地震動の確率論的評価法の導入等の検討に必要な各種知見等の整理作業」を中心に検討を行った。

具体的作業は、分科会において示された、次に掲げる検討項目に沿って、関係する最新の知見の紹介などを行うとともに検討を行った。

<本ワーキンググループにおける検討項目>

- ・ 設計用地震力の考え方
- ・ 第四紀層地盤立地
- ・ 免震構造、制振構造
- ・ 基準地震動の考え方
- ・ 基準地震動の算定法
- ・ 設計用地震の区分と想定すべき地震
- ・ 地震発生の確率論的評価
- ・ 地震動の確率論的評価
- ・ 地質調査に関する基本的要求事項
- ・ 地震随件事象

また、本ワーキンググループと並行して行われた基本ワーキンググループの検討においても、地震・地震動ワーキンググループにおける検討項目に踏み込んで検討されるものがあり、この提言内容については、本検討において未子のものもあることから、地震・地震動ワーキンググループとして参考とすることとした。

いかに小さくするかということであるならば、S1 と S2 とに分けずに、唯一の地震動を設定すればよい。」との意見があった。

また、リスクに関する議論もあり、一方、「S3 地震動というものを考える必要はない。」との意見もあった。

これらの意見を踏まえ、基準地震動の考え方については、「S1、S2 の概念を明確化させ、その概念を変える必要があるかどうかを、最新の知見を踏まえて議論したい。」との意見があった。

さらに、解放基盤表面の用語については、「解放基盤表面というのは、国際的には通用しない。国際的に十分理解が得られるような言葉で指針を作るべき。」との意見があった。

(5) 基準地震動の算定法

国の機関等で行われている地震動評価の状況を踏まえ、基準地震動の算定法を評価するにあたって考慮すべき事項について整理を行った。さらに、断層モデル等による地震動評価法については、断層モデルの各手法の特徴をまとめた比較の整理を行った。

その際、S2 地震動の概念については、「現在の地震学の知見で言うと、S2 にもっといろいろ盛り込む余地がある。」

経験式が持つばらつき¹⁾の考慮にあたっては、「地震動のばらつきをどこまで考慮すれば安全上問題がないかを、施設の方まで含めて考えるべき。」

地震動の評価の方法については、「大崎の方法で安全性が確保されるのであれば、古い方法であっても問題はない。」一方、これに対して、「大崎の方法に問題はないと結論づけるのは早急に過ぎる。」等の意見があった。

また、震源を予め特定できない地震による地震動の評価について、国内外の岩盤での観測記録を用いた地震動レベルの検討に関する知見の整理を行うとともに、経験的なデータを活用して断層モデルで評価した結果を確率論的に検討した知見の整理も行った。

その際、震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価については、「地表地震断層の出現率の設定は、まだ検討の余地があるのではないか。」

断層モデルによる地震動の解析については、「断層パラメータのバラツキを考慮するにあたり、破壊開始点については、ユニラテラル (unilateral) なケースも計算した方がより適切ではないのか。」

地震動評価の対象領域選定については、「領域の大きさが、評価結果に影響を与えるのではないか。」

地震発生頻度の想定については、G-R式の近似化に問題があるのではないか。」との意見があり。

これに関しては、震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地表地震断層の出現率の設定については、「既往の地震による地表地震断層の出現率を参照し、地表の最大変位及び地表のひずみについて検討を行った上で設定しており、観測値の下限に近い値となっていることから、出現率としては小さめの（出現しにくい安全側の）評価をしていることになる。」

断層モデルによる地震動の解析については、「断層パラメータのバラツキを考慮するにあたり、破壊開始点の変化が評価に大きな影響を与えないことを確認している。」

地震動評価の対象領域選定については、「計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されている。」

地震発生頻度の想定にあたり、Mmax については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している（Mj7.4 以上は全て出現するとしている）ので、影響はほとんどないと考えられる。」ことが紹介された。

(6) 設計用地震の区分と想定すべき地震

設計用地震として想定すべき地震及びその区分方法等に関連する最近の知見の整理を行った。

その際、震源を想定するにあたっては、「現在の地震学の知見で言うと、歴史地震と活断層だけでは不十分で、プラスアルファを考える必要がある。」との意見があった。

また、「活断層と歴史地震の資料は、独立に違った精度で集めて、最後に勘案するもの。」

地震カタログを適用するにあたっては、「歴史地震からそのサイトに影響を及ぼす地震を選び出す際には、震源を点と見なさず広がりがある程度考慮して評価する必要がある。」

また、「江戸時代より前では、地震被害記録の資料がないからといって、そこに地震がなかったとは限らない。」との意見があった。一方で、「歴史地震の調査は、将来の地震を予測する上ではあまり意味がない。」との意見があった。

さらに、地震地体構造については、「地震地体構造という概念が、現在の地震学に受け入れられるか、また安全審査に必要かどうか疑問である。また、信頼のおける活断層図や歴史地震カタログが整備されている現在の状況を勘案し、地震地体構造の果たす役割を考慮すべきではないか。」との意見があった。

活断層の評価にあたっては、「基準地震動 S1、S2 の策定における現行指針の、1 万年前以降活動、5 万年前以降活動の条件に入らないものでも現実に大きな地震は起こっている。」「活断層を認識できる現状のレベルはどこまでかということと、それをこの現状レベルでどこまで基準に盛り込めるかということについて検討する必要がある。」「活断層の長さは過去に発生した地震によって累積された値である。」との意見があった。

また、「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8 以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」

一方、松田式に対して、「地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することは可能である。」との意見もあった。

さらに、「活断層の評価期間における工学的判断に関する従来の考え方について、イメージを作っていく必要がある。」との意見があった。

これに関しては「『震震W第10-2号』は、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」としているものではない」との説明があった。

震源を事前に特定しにくい地震を想定するにあたっては、「直下地震の地震動をどうやって決めていくかについては、基本ワーキンググループと一緒に考えていかなければならない。」「震源を事前に特定できない地震を全国一律で考えるのか、ローカリティーを入れるのかの判断のために、震源断層の幅Wのばらつきから検討した資料を加えるべき。」との意見があった。

また、「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」「観測データの裏づけもまだ不十分ではないか。」等の意見があった。

これに関しては、「データベースとした既往の20地震について、地表地震断層と地震の規模の相違等について整理を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められた。一部、活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、

文献調査のみでは評価できないものもあるが、これらは原子力発電所の立地の際に行う詳細な調査により、その延長部を適切に評価することとなる。」との説明があった。

(7) 地震発生確率論的評価

地震発生確率論的評価について、その考え方と地震調査研究推進本部において行われている震源を特定しにくい地震等の評価手法について整理を行った。

地震発生確率論的評価の考え方については、「切迫性については、現行の耐震指針では考慮されていないし、他の施設の基準類でも考慮されていない。」との意見があった。

(8) 地震動確率論的評価

地震動確率論的評価について、最近の研究状況とその考え方について整理を行った。

その際、「地震調査研究推進本部地震調査委員会の確率論的地震動予測地図とある地点の地震動を評価することとは、目的が異なるものであることに留意すべきである。」

また、地震動確率論的評価にあたっては、「あるレベル以上の地震については、地震動のレベルの大小が発生確率の大小に必ずしも対応しない。」との意見があった。

一方、これに対して、「ハザードを表現するとき、超過確率で表現する場合とあるレベルの地震動が起きる確率で定義する場合と両方可能であるが、レベルの高い地震動の超過確率は必ず小さくなる。」との意見があった。

(9) 地質調査に関する基本的要求事項

最近の調査手法等を踏まえ、地質地盤の調査について地震動評価に係る項目と地盤安定性に係る項目について整理を行った。

その際、地質調査に関する手法については、「最近の調査法の進歩によって従来に比べ明確に解明できるようになってきたことを整理すれば、今までの指針のどこに問題があるかを見出すことができる。」

また、「活断層調査の方法がどの程度確実なのかについて評価が必要。」との意見があった。

(10) 地震随件事象

津波評価、地盤の安定性等について、最近の知見を踏まえ、それらの評価法について整理を行った。さらに、津波に対する安全性評価については、非常用海水ポンプの機能確保のためになされている津波対策等の知見整理を行った。

津波の評価にあたっては、「津波の影響は高さだけではなく、砂移動による影響等も考慮すべきである。」との意見があり、最新の知見について整理を行った。

さらに、「現在行われている原子力発電所の安全性に対する津波の影響評価が十分であるかどうか、津波に関して今後検討する課題。」、「津波を地震の随件事象として含めるかどうか、含める場合にはどう扱うべきかを議論すべき。」との意見があった。

一方、「津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなく、行政庁に任せて詳細設計の中でみてくれればよいのであれば、急いでやる必要はない。」との意見があった。

また、基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価にあたっては、「地盤の安定性評価において、横方向に不連続がある場合等、解析断面に直行する方向において解析結果に大きく影響を与えるような、地形や地質構造の不連続がある場合には、今後は3次元での検討を行うべき時期に来ている。」との意見があった。

3. 検討状況のまとめ

地震・地震動ワーキンググループにおいては、12-10回の会合を重ね、各種知見等の整理作業を行ってきた。

このうち、本整理作業を通じて検討されてきた基準地震動の設定のあり方について出た意見としては、震源を事前に特定できる地震と震源を事前に特定できない地震とに区別して議論されるべきであるというものである。

まず、震源を特定できる地震については、最新の地質調査に基づき発電所敷地近傍を入念に調査した上で、さらにその強震動評価にあたっては断層モデル等に基づいた最新の評価手法を用いて検討すべきではないかという議論を重ねてきた。

しかしながら、それでも見落とすものについては、震源を特定できない地震として考慮すべきではないかと議論があり、その一知見として、国内外の岩盤での観測記録を用いた地震動のレベルの検討の整理を行うとともに、ったところである。

その際、「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」、「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」、「観測データの裏づけもまだ不十分ではないか。」等の意見があった。

—今後さらに、確率論的な観点からの検討ではどの程度のレベルの地震動であるかの知見整理を行う予定である。経験的なデータを活用して断層モデルで評価した結果を確率論的に検討した知見の整理も行った。

耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ構成員

グループリーダー 入倉 孝次郎 京都大学防災研究所 教授

阿部 清治 日本原子力研究所東海研究所
安全性試験研究センター センター長
(平成 15 年 11 月 30 日まで)

石田 瑞穂 独立行政法人 防災科学技術研究所 研究主監

石橋 克彦 神戸大学都市安全研究センター 教授

亀田 弘行 独立行政法人 防災科学技術研究所
地震防災フロンティア研究センター センター長
(平成 14 年 9 月 20 日より)

衣笠 善博 東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授

小島 圭二 地圏空間研究所 代表

佃 榮吉 独立行政法人 産業技術総合研究所
研究コーディネータ (平成 14 年 9 月 20 日より)

平野 光將 独立行政法人 原子力安全基盤機構 総括参事
財団法人 原子力発電技術機構 理事

翠川 三郎 東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授

(平成 15 年 12-8 月 2620-日現在)

耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ検討経緯

第1回	平成14年2月28日	地震・地震動WGにおける作業方針について 基準地震動の考え方等について
第2回	平成14年6月3日	地質調査に関する基本的要求事項等について
第3回	平成14年8月9日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第4回	平成14年11月25日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第5回	平成14年12月19日	基準地震動の算定法等について
第6回	平成15年2月13日	地震随件事象等について
第7回	平成15年3月20日	第四紀層地盤立地、免震・制振構造、地震動の確率論的評価、地震発生 _の 確率論的評価等について
第8回	平成15年4月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第9回	平成15年6月23日	設計用地震力の考え方等について
第10回	平成15年7月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を事前に特定できない地震による地震動(確定論的検討)
第11回	平成15年10月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的検討
第12回	平成15年12月1日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的検討

<WGにおける意見>

「現在の地震学の知見で言うと、S2にもっといろいろ盛り込む余地がある。」

- ・ 現在の地震学の知見で言うと、S₂にもっといろいろ盛り込む余地がある [地震動の算定の仕方]。

「地震動のばらつきをどこまで考慮すれば安全上問題がないかを、施設の方まで含めて考えるべき。」

- ・ これから起きるかもしれない地震について、どれくらいのばらつきがあって、そのばらつきのどこまでをカバーすれば、今の安全上の観点から問題がないのかを考えるべき。どこまでのばらつきをとるべきかということについては、施設の方まで含めて一旦考えてみなくてはならない。

「大崎の方法で安全性が確保されるのであれば、古い方法であっても問題はない。」

- ・ 大崎の方法を使うことによって安全性が確保されるのであれば、いくら古い方法であっても大崎の方法を使うことに安全性という点では問題がないように思う。

「大崎の方法に問題はないと結論づけるのは早急に過ぎる。」

- ・ 大崎の方法は破綻していないと結論づけるのは、少なくともこの委員会としては早急に過ぎる。どこまでのばらつきを許すかを考えたとき、大崎の方法だけでいいかどうか非常に疑問。また、大崎の方法はある種のスペクトルで規定しているだけ。断層モデルの手法のように時間領域で規定する必要があるのではないか

「震源が特定できない地震の震源近傍での地震動のレベルを観測記録から決めるには、まだデータの裏づけが不十分ではないか。」

- ・ 震源が特定できない地震の震源近傍での地震動を全国一律応答スペクトルで与えるのは、非常に具体的ではっきりしていると思う。しかし、それにはデータの裏づけ、観測事実の裏づけがまだ乏しいので危険ではないか。

アメリカの地震と日本の地震と違うのか違わないのかということもあるし、日本の地震は、わずか2例しかない。もちろん、もっとデータがたまるまで待つわけにはいれないが、今、この段階で、包絡したこれでいいですよというのは、ちょっと心配なところはある。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価にあたり、地表地震断層の出現率の設定は、まだ検討の余地があるのではないか。」

- ・ 地表地震断層の出現率は地盤を半無限弾性体と仮定している Okada (1985) の方法により地表の最大相対変位が5 cm を超える場合の確率としているが、現実には、地震基盤から地表までの地盤は半無限弾性体ではなく、地表の最大相対変位5 cm といってもある幅があることを考慮すると、最大相対変位が5 cm を超えたとしても、現実的には、地表地震断層としてほとんど検出できないのではないのか。

2000年鳥取県西部地震は、事前に震源が特定できるとされているが、地震の発生前に普通に調査する場合は、活断層として認識できないのではないか。

これらのことを考慮すると、全体的に地表地震断層の出現率が大きすぎるのではないが、武村（1998）の結果と（地表の最大相対変位が）5 cm を超える場合の地震断層の出現率についてはまだ検討の余地があるのではないか。・ 地震断層の出現率の検討にあたっては、地表の相対変位を基準値とするのではなく、ひずみを基準値とした方がよいのではないか。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地表地震断層の出現率の設定にあたっては、既往の地震による地表地震断層の出現率を参照し、地表の最大変位及び地表のひずみについて検討を行った上で設定しており、観測値の下限に近い値となっていることから、出現率としては小さめの（出現しにくい安全側の）評価をしていることになる。」

・ Okada（1985）の方法による地表の最大相対変位 5 cm の判断基準は、既往の地震を地表断層地震と潜在断層地震に分類し、地表断層地震と潜在断層地震の地表の最大相対変位を検討し、これらを区分する閾値として便宜的に設定したものである。

また、地表のひずみについては、Okada（1985）の方法では地盤を半無限弾性体と仮定しているために局所的に大きくなるが、現実には塑性変形が生じてひずみが平均化されると考え、地表の最大相対変位 5 cm を与える 2 点間の平均ひずみを求めると、一般的な岩石の破壊ひずみ値（ 10^{-5} 程度）にほぼ対応する。

さらに、Dalguer, Irikura & Riera（2003）の動的なシミュレーション（アスペリティが浅くなると地表にフラワー構造状のクラックが生ずる）との整合性についても確認している。

これらを総合的に勘案し、本資料に示した潜在断層地震の確率的な地震動評価を行うための作業仮説として、Okada（1985）の方法による地表最大相対変位 5 cm の判断基準を採用し、武村（1998）の出現率の図のプロットを参照して連続関数としての近似を行ったものである。

また、2000 年鳥取県西部地震は、Okada（1985）の方法によるここでの判断基準を適用すると、地表断層が確認できたものとして分類される。

・ 武村（1998）の図との比較では、出現率は観測値の下限に近い値となっており、出現率としては小さめの（出現しにくい安全側の）評価をしていることになる。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う断層モデルによる地震動の解析にあたっては、断層パラメータのバラツキを考慮する場合、破壊開始点についてはユニラテラル（unilateral）なケースも計算した方がより適切ではないのか。」

・ 地震動シミュレーションでは、断層パラメータのバラツキを考慮しているが、破壊開始点については 1 通りしか検討されていないのはなぜか。このような理論的な計算を行ったのは、距離減衰式などの経験式ではフォワードディレクティビティが正確に評価できないことが大きな理由であるならば、ユニラテラル（unilateral）なケースも計算した方がより適切ではないのか。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う断層モデルによる地震動の解析にあたっては、断層パラメータのバラツキを考慮する場合、破壊開始点の変化が評価

に大きな影響を与えないことを確認している。」

- ・ 破壊開始点の位置が評価結果に与える影響については、マグニチュード 6.5 のケースについて破壊開始点を変えたパラメータスタディを行った結果、超過頻度別の地震動スペクトルに大きな影響を与えないことを確認している。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震動評価の対象領域選定にあたっては、領域の大きさが評価結果に影響を与えるのではないか。」

- ・ 80km×40 km の任意の領域の大きさは物理的にはどのような意味があるのか。領域の大きさが変わると検討結果に影響するのではないか。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震動評価の対象領域選定にあたっては、計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されている。」

- ・ 計算領域の大きさについては、この領域外では地震動が小さくなるため低い確率の超過確率別スペクトルには影響が小さいことなどを考慮の上、80km×40km の領域を設定している。

この領域では、年超過確率： 10^{-4} ～ 10^{-6} 程度の低確率の大きな地震動スペクトルが適切に求められることを確認している。すなわち、計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されていることになる。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震発生頻度の想定にあたっては、G-R式の近似化に問題があるのではないか。」

- ・ G-R式の係数は地域によって異なるので、全国を対象としたG-R式を、任意の領域として取り出した 80km×40km の領域にそのまま適用するのは問題があるのではないか。
- ・ G-R式を任意の領域に適用する場合、 M_{max} は地域によって異なるので、全国一律の値を適用するのは問題があるのではないか。

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震発生頻度の想定にあたっては、 M_{max} については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している (Mj7.4 以上は全て出現するとしている) ので、影響はほとんどないと考えられる。」

- ・ 地震の発生頻度、トランケイテッドG-R式の M_{max} 等は確かに地域性があるものと考えられる。しかし、あまり地域を限ると地震データの個数にも限りがあり、G-R式の近似化の信頼性の問題も生ずる。ここでは、まずデータの豊富な日本全国を対象に、震源を特定しにくい地震による地震動の「全国の平均的なレベル」を評価したものである。

また、 M_{max} については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している (Mj7.4 以上は全て出現するとしている) ので、影響はほとんどないと考えられる。

なお、サイト周辺等の地域性を考慮してG-R式及びMmax等を精度良く評価するには、今後のデータの蓄積等が必要であると考えられる。

「原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)における基準地震動の評価法について、
現行の耐震設計審査指針及び指針解説に記載している以上のことが実施されている。」

- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)における基準地震動の評価法について、実際にはこの指針ですとか、指針解説に書かれている以上のことがやられているということをご紹介いただいたんだと理解している。

「最新の地震動評価法について、断層モデルによる地震動評価法では、データの蓄積とともに、断層モデルに基づいた強震動評価法が発展してきている。また、断層モデルによる地震動評価手法については、手法ごとに利点と弱点があると思う。」

- ・ 最新の地震動評価法では、経験的方法を中心として、最近のデータから経験的手法というものはどのように求められてきているとかということと、断層モデルによる地震動評価法では、データの蓄積とともに、断層モデルに基づいた強震動評価法というものが発展してきている。
- ・ 断層モデルによる地震動評価手法について、経験的方法、半経験的方法、理論的方法、ハイブリット法等の方法は、それぞれ利点と弱点があると思う。

WGにおける検討資料

1. 震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード(案)
2. 震震W第5-1号 基準地震動の評価法
3. 震震W第5-2号 最新の地震動評価法
4. 震震W第5-3号 断層モデルによる地震動評価法
5. 震震W第7-1号 コメント回答
6. 震震W第10-2号 震源を事前に特定できない地震の考え方と地震動の策定について
7. 震震W第11-1号 震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的評価について
8. 震震W第12-2号 第11回地震・地震動ワーキンググループにおける資料「震震W第11-1号」に関する意見及び回答内容等

- ・ J E A Gでは10 km程度以上の断層、リニアメント等を抽出されたという経緯があって、6月（地震・地震動WG第2回会合）のとき、もうちょっと短い断層をいろいろ集めてきて、全体として評価する必要があるのではないかというふうな意見を言われたので、J E A Gのところは影響を受けるというか、関係するんじゃないか。

「地震地体構造という概念が、現在の地震学に受け入れられるか、また安全審査に必要かどうか疑問である。また、信頼のおける活断層図や歴史地震カタログが整備されている現在の状況を勘案し、地震地体構造の果たす役割を考慮すべきではないか。」

- ・ 地震地体構造という言葉は、地震学では全く出てこない。サイスマテクトニクスを日本語に訳すと地震地体構造論となるが、その中身はここに述べられている地震地体構造とは非常に違う。地震地体構造という概念は、原子力開発・利用の世界の独特なものなのか。地震地体構造マップが古めかしいということもあるが、実質的にはほとんど役に立っていないのではないか。
- ・ 表マップの果たしている役割、あるいは今、コメントがあったような形での地震地体構造を安全審査に持ち込むことの役割はもう終わっているんじゃないか。 現在使われている地震地体構造マップ（表マップ）は、日本全体をカバーした信頼のおける活断層図や歴史地震カタログがなかった頃に、それを補うために作られたもの。その後、活断層図や歴史地震カタログが整備されたため、現在はその役割を終えたのではないか。当時のものを批判的に検討するだけでなく、むしろこれからは、地震PSAに活用するための地体構造マップとしてどういうものが必要かという観点でも見ておく必要がある。

「直下地震の地震動をどうやって決めていくかについては、基本ワーキンググループと一緒に考えていかなければならない。」

- ・ 震源の特定できない地震動、あるいは、今の基準で言えば直下地震の取り扱いですか、直下地震の地震動をどうやって決めていくかというようなものについても、これは基本ワーキンググループとこのワーキンググループで一緒に考えていかなければならない問題。

「活断層の評価期間における工学的判断に関する従来の考え方について、イメージを作っていく必要がある。」

- ・ 工学的判断に関する従来の考え方について、今後の検討の中で少しずつイメージを作っていく必要があるんじゃないか。

「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」

- ・ 対応する活断層が長さ8 kmであっても、地下では30km、40kmの震源断層がずれてM7.2が起こるという1943年鳥取地震の例もある。そういう意味では、活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、ちょっと地震学的には言えないと思うんです。実際、要するに地震の大きさを正しく評価できないおそれがあって、したがって地震動レベルも間違える恐れがあると思います。
- ・ Mj6.8を境としてスケールリング則が変化するという考え方についても、地震発生層の上に地震を起こしにくい層があるとすれば、震源断層面がそのまま表面まで出るのでは

ないかもしれない。そうすると、理論的裏づけが変わってくるかもしれない。また、濃尾地震を非常に特異なものとして除くと、一本の直線で回帰してもいいようなプロットもたくさんある。

- ・ マクロな震源断層と活断層あるいは地表地震断層が対応しないということは、アスペリティーを介してある種の説明はできると思うが、その辺も考えると、そう簡単ではなくて、非常に難しい問題である。したがって、Mj6.8 以上ならば震源は特定できると言い切れるのかというのは、まだ問題が残っている。

「震震W第 10-2号」は、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」としているものではない。」

- ・ 「震震W第 10-2号」では、過去に生じた内陸地殻内地震について、個別に震源が事前に特定できるかそうでないかを検討した上で強震動記録を用いてレベルを決めており、地震の規模としてのマグニチュードを直接用いていない。本作業では、過去に発生した Mj6.8 以上の地震は震源を特定できるとされたが、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」とはされていない。

「地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することは可能である。」

- ・ 松田 (1975) の式等を使う限り、地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することになる。
- ・ 例えば指針等で決める場合には、地表が少しでも可能性、地表断層が出ていれば、ある程度、これくらいの規模であるという保守的な意義のある基準的なものを考えることが出来るのではないか。

「活断層の長さは過去に発生した地震によって累積された値である。」

- ・ 1 回の地震で地表に現れる断層の長さというのは震源断層の幅 W によって違う。ただ何回も起こってくると、地表に現れる長さが累積していく。その累積した値がそこで最大のエネルギーを発揮する長さである。

「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」

- ・ 過去の地震では、一生懸命調査するとリニアメントが見つかったり、それから活褶曲があったりして、その震源が特定できるというわけですがけれども、結局、起こった地震がわかっているから対応がついて震源が特定できるといえる面もあって、現実的に非常に問題なのは、撓曲構造なりリニアメントなりがある場合に、専門家の間でも、それが活動的か活動的ではないかという論争がありまして、そう簡単に震源が特定できるとは言えないと思います。

「データベースとした既往の 20 地震について、地表地震断層と地震の規模の相違等について整理を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められた。一部、活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、文献調査のみでは評価できないものも

あるが、これらは原子力発電所の立地の際に行う詳細な調査により、その延長部を適切に評価することとなる。」

- ・ 震震W第 10-2 号 P.12 に示す震源を事前に特定できない地震の選定過程において、震源断層を特定できるとされた 20 地震に対して、地表地震断層と地震の規模の相違等についての整理表を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められるものの、一部、その地震規模に見合う活断層（地表地震断層）が認められないものもある。これらは活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、文献調査のみでは活断層の長さが評価できないものである。

原子力発電所の立地の際には、文献調査、空中写真判読、地表地質調査を行い、さらに、敷地近傍の活断層が沖積平野等に延長すると予想される場合は、必要に応じてボーリング調査、反射法地震探査等を実施し、活断層の延長部を適切に評価することとなる。

「震源が特定できない地震を全国一律で考えるのか、ローカリティーを入れるのかの判断のために、震源断層の幅Wのばらつきから検討した資料を加えるべき。」

- ・ 震源を特定できない地震の規模を決めるのに、いわゆる地震を起こしそうな厚さWで決めているが、Wにはかなりローカリティーがあるはずで、これを完全に否定すると従来のM6.5と考え方は同じになってしまう。それでちょっとデータが出てくると、6.5だ6.8だという議論に終始してしまう。それを避けた何かうまい方法で基準を作れないかというのを議論すべき。Wのばらつきから検討した資料を1つ入れると全国一律でいいかどうかの判断につながる。

WGにおける検討資料

1. 震震W第 1-4 号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）
2. 震震W第 2-3 号 震源が特定できない地震の地震規模と活断層評価手法について
3. 震震W第 3-2 号 過去の地震の評価法－評価方法の整理
4. 震震W第 3-3 号 基準地震動に関する議論のまとめ
5. 震震W第 3-4 号 現行指針における基準地震動の評価法と許容限界の考え方
6. 震震W第 4-2 号 活断層調査の調査範囲と調査内容
7. 震震W第 4-3 号 海域の地質調査手法
8. 震震W第 4-4 号 活断層の評価法
9. 震震W第 4-5 号 地震地体構造
10. 震震W第 4-6 号 日本のスラブ内地震
11. 震震W第 7-4 号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について
12. 震震W第 8-2 号 設計用地震の区分と想定すべき地震について
13. 震震W第 8-3 号 他機関における設計規準等について
14. 震震W第 9-3 号 鳥取県西部地震に関連する調査等について
15. 震震W第 10-2 号 震源を事前に特定できない地震の考え方と地震動の策定について
16. 震震W第 11-2 号 コメント回答

<WGにおける意見>

「津波の影響は高さだけではなく、砂移動による影響等も考慮すべきである。」

- ・ そもそも津波の何が原子力発電所のどこをどのように安全性を損なう恐れがあるかということを押えなければ、この津波のシミュレーションなんかも考えられない。津波の影響は高さだけではない。普通の風の波と違ってかなり海の底まで動くから、流速も深さ分布も影響する。高い津波が来て浸水するから危険なだけではなくて、破壊力のことも考慮すべき。
- ・ 最近の事例だと、津波で砂が巻き上げられたり、あるいは砂が移動することによる影響も考慮して、少なくとも1次審査は行われている。
- ・ その場所場所の境界条件や波源の定数などによって、流速がどうなるのか、それからそこで砂を巻き上げる力やエネルギーの可能性がどうなのかということまでシミュレートするような手法を確立すべきではないか。
大津波が海岸の条件によっては取水塔のすぐそばだけじゃなく近所の砂をわっと持ってくるというような事例はあるんじゃないか。

「2次的な海底地滑りが津波の波源になる可能性が最近の研究で指摘されていることを忘れずに議論すべきである。」

- ・ 2次的な海底地滑りを大規模な地震がひきおこす。それが津波の波源になるんじゃないかという事例が最近の研究で指摘されるようになってきた。今後津波について議論を進めるときに、これを忘れない方がいい。

「現在行われている原子力発電所の安全性に対する津波の影響評価が十分であるかどうか、津波に関して今後検討する課題。」

- ・ 今回、ここで審査指針を検討する場合には、この今の9ページ、10ページ（震震W第7-1号）の記載に関して、これが十分であるかどうかというようなことが今後検討すべき課題ではないか。

「津波を地震の随伴事象として含めるかどうか、含める場合にはどう扱うべきかを議論すべき。」

- ・ 現行の指針の体系でも津波は一応見ることになっている。それを地震の随伴事象として含めるかどうか、含める場合はどういうふうにして扱うべきかを議論すべきである。

「安全委員会として津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなく、行政庁に任せて詳細設計の中でみてくれればよいのであれば、急いでやる必要はない。」

- ・ 安全委員会として津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなくて、津波については今のところ行政庁に任せて、詳細設計の中でみてくれればいいということであれば、それは今慌ててやる必要はない。

「地盤の安定性評価において、解析断面に直行する方向において解析結果に大きく影響を与えるような、地形や地質構造の不連続がある場合には、今後は3次元での検討を行う

事務局手持ち資料
震分第7-3号
(震分第6-3号改)

耐震指針検討分科会
地震・地震動ワーキンググループ
における検討状況
(案)

平成15年12月26日

目 次

はじめに.....	1
1. 検討方針.....	2
2. 検討状況.....	3
(1) 設計用地震力の考え方.....	3
(2) 第四紀層地盤立地.....	3
(3) 免震構造、制振構造.....	3
(4) 基準地震動の考え方.....	3
(5) 基準地震動の算定法.....	4
(6) 設計用地震の区分と想定すべき地震.....	5
(7) 地震発生の確率論的評価.....	7
(8) 地震動の確率論的評価.....	7
(9) 地質調査に関する基本的要求事項.....	7
(10) 地震随件事象.....	8
3. 検討状況のまとめ.....	8
耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ構成員.....	10
耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ検討経緯.....	11
添付参考資料 1	
地震・地震動ワーキンググループの作業項目とこれまでの意見について.....	12
添付参考資料 2	
基本ワーキンググループから地震・地震動ワーキンググループへの提言.....	50

はじめに

原子力安全基準専門部会は、原子力安全委員会から指示を受け、平成13年7月3日に各分野の専門家からなる耐震指針検討分科会を設置し、「耐震安全性に係る安全審査指針類について」のうち、「発電用原子炉施設の耐震設計審査指針」（昭和56年7月20日決定）及び「原子力発電所の地質、地盤に関する安全審査の手引き」（昭和53年8月23日決定）について、最新知見等を反映し、より適切な指針とするために必要な調査審議を実施することとした。

これを受け、耐震指針検討分科会では、調査審議にあたり検討すべき項目の抽出を行い、第3回会合において、分科会における検討にあたって必要な各種知見等の整理作業を行うため、基本、施設、地震・地震動の3つのワーキンググループを設置するとともに、第4回会合において、各ワーキンググループにおいて検討すべき項目の整理・分類を行った。

以来、地震・地震動ワーキンググループでは、1240回の会合を開催し、これらの検討項目に沿って、分科会の検討に必要な各種知見等の整理作業を進めてきた。

本検討状況は、これまでの作業内容を要約し、今後の耐震指針検討分科会における調査審議に資することを目的としてとりまとめたものである。

1. 検討方針

地震・地震動ワーキンググループでは、ワーキンググループの設置にあたり、本ワーキンググループにおける作業内容とされた「地震動評価法及び設計用地震の想定に関する最近の知見の反映、並びに地震発生・地震動の確率論的評価法の導入等の検討に必要な各種知見等の整理作業」を中心に検討を行った。

具体的作業は、分科会において示された、次に掲げる検討項目に沿って、関係する最新の知見の紹介などを行うとともに検討を行った。

<本ワーキンググループにおける検討項目>

- ・ 設計用地震力の考え方
- ・ 第四紀層地盤立地
- ・ 免震構造、制振構造
- ・ 基準地震動の考え方
- ・ 基準地震動の算定法
- ・ 設計用地震の区分と想定すべき地震
- ・ 地震発生の確率論的評価
- ・ 地震動の確率論的評価
- ・ 地質調査に関する基本的要求事項
- ・ 地震随件事象

また、本ワーキンググループと並行して行われた基本ワーキンググループの検討においても、地震・地震動ワーキンググループにおける検討項目に踏み込んで検討されるものがあり、この提言内容については、本検討において未子のものもあることから、地震・地震動ワーキンググループとして参考とすることとした。

2. 検討状況

以下に、「1. 検討方針」に基づき行った作業内容及び各委員からいただいた主な意見などを検討項目ごとに示す。

(1) 設計用地震力の考え方

静的地震力の取扱い、上下地震力の動的解析、上下地震力と水平地震力との関係等について、指針に反映すべき項目に関する最近の技術的知見及び関連する基準類の動向について整理を行った。

その際、水平と上下地震力の組合せ法については、「SRS法を適用するためには、非常に震源に近いところで水平と上下の位相の相関が高いような記録があるかないかを検証することが必要である。」との意見等があった。

(2) 第四紀層地盤立地

関連する最近の地質評価法を踏まえ、第四紀層地盤に対する考え方とその適用性について整理を行った。

その際、「新しい指針に地下立地や人工島立地を入れるのであれば、基本WGだけでなく、地震・地震動WGでも審議すべきである。」との意見等があった。

(3) 免震構造、制振構造

関連する知見や技術基準等を踏まえ、免震構造・制振構造の適用性について整理を行った。さらに、床免震や機器免震を採用している事例等について知見の整理を行った。

その際、免震・制振を指針に取り入れる場合に当たっては、「その基本的考え方が正確にわかるものにすべき。」との意見等があった。

(4) 基準地震動の考え方

現行の耐震設計審査指針の基準地震動に関連する最近の知見及び他分野における基準地震動の考え方を踏まえ、発電用原子炉施設の耐震安全性確保に必要な基準地震動の考え方の整理を行った。

その際、設計用地震動の設定にあたっては、「最終的な目標が大衆の被ばく線量を

いかに小さくするかということであるならば、S1 と S2 とに分けずに、唯一の地震動を設定すればよい。」との意見があった。

また、リスクに関する議論もあり、一方、「S3 地震動というものを考える必要はない。」との意見もあった。

これらの意見を踏まえ、基準地震動の考え方については、「S1、S2 の概念を明確化させ、その概念を変える必要があるかどうかを、最新の知見を踏まえて議論したい。」との意見があった。

さらに、解放基盤表面の用語については、「解放基盤表面というのは、国際的には通用しない。国際的に十分理解が得られるような言葉で指針を作るべき。」との意見があった。

(5) 基準地震動の算定法

国の機関等で行われている地震動評価の状況を踏まえ、基準地震動の算定法を評価するにあたって考慮すべき事項について整理を行った。さらに、断層モデル等による地震動評価法については、断層モデルの各手法の特徴をまとめた比較の整理を行った。

その際、S2 地震動の概念については、「現在の地震学の知見で言うと、S2 にもっといろいろ盛り込む余地がある。」

経験式が持つばらつき¹⁾の考慮にあたっては、「地震動のばらつきをどこまで考慮すれば安全上問題がないかを、施設の方まで含めて考えるべき。」

地震動の評価の方法については、「大崎の方法で安全性が確保されるのであれば、古い方法であっても問題はない。」一方、これに対して、「大崎の方法に問題はないと結論づけるのは早急に過ぎる。」等の意見があった。

また、震源を予め特定できない地震による地震動の評価について、国内外の岩盤での観測記録を用いた地震動レベルの検討に関する知見の整理を行うとともに、経験的なデータを活用して断層モデルで評価した結果を確率論的に検討した知見の整理も行った。

その際、震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価については、「地表地震断層の出現率の設定は、まだ検討の余地があるのではないか。」

断層モデルによる地震動の解析については、「断層パラメータのバラツキを考慮するにあたり、破壊開始点については、ユニラテラル (unilateral) なケースも計算した方がより適切ではないのか。」

地震動評価の対象領域選定については、「領域の大きさが、評価結果に影響を与えるのではないか。」

地震発生頻度の想定については、G-R式の近似化に問題があるのではないか。」との意見があり。

これに関しては、震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地表地震断層の出現率の設定については、「既往の地震による地表地震断層の出現率を参照し、地表の最大変位及び地表のひずみについて検討を行った上で設定しており、観測値の下限に近い値となっていることから、出現率としては小さめの（出現しにくい安全側の）評価をしていることになる。」

断層モデルによる地震動の解析については、「断層パラメータのバラツキを考慮するにあたり、破壊開始点の変化が評価に大きな影響を与えないことを確認している。」

地震動評価の対象領域選定については、「計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されている。」

地震発生頻度の想定にあたり、Mmax については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している（Mj7.4 以上は全て出現するとしている）ので、影響はほとんどないと考えられる。」ことが紹介された。

(6) 設計用地震の区分と想定すべき地震

設計用地震として想定すべき地震及びその区分方法等に関連する最近の知見の整理を行った。

その際、震源を想定するにあたっては、「現在の地震学の知見で言うと、歴史地震と活断層だけでは不十分で、プラスアルファを考える必要がある。」との意見があった。

また、「活断層と歴史地震の資料は、独立に違った精度で集めて、最後に勘案するもの。」

地震カタログを適用するにあたっては、「歴史地震からそのサイトに影響を及ぼす地震を選び出す際には、震源を点と見なさず広がりがある程度考慮して評価する必要がある。」

また、「江戸時代より前では、地震被害記録の資料がないからといって、そこに地震がなかったとは限らない。」との意見があった。一方で、「歴史地震の調査は、将来の地震を予測する上ではあまり意味がない。」との意見があった。

さらに、地震地体構造については、「地震地体構造という概念が、現在の地震学に受け入れられるか、また安全審査に必要かどうか疑問である。また、信頼のおける活断層図や歴史地震カタログが整備されている現在の状況を勘案し、地震地体構造の果たす役割を考慮すべきではないか。」との意見があった。

活断層の評価にあたっては、「基準地震動 S1、S2 の策定における現行指針の、1 万年前以降活動、5 万年前以降活動の条件に入らないものでも現実に大きな地震は起こっている。」「活断層を認識できる現状のレベルはどこまでかということと、それをこの現状レベルでどこまで基準に盛り込めるかということについて検討する必要がある。」「活断層の長さは過去に発生した地震によって累積された値である。」との意見があった。

また、「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8 以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」

一方、松田式に対して、「地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することは可能である。」との意見もあった。

さらに、「活断層の評価期間における工学的判断に関する従来の考え方について、イメージを作っていく必要がある。」との意見があった。

これに関しては「『震震W第 10-2 号』は、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」としているものではない」との説明があった。

震源を事前に特定しにくい地震を想定するにあたっては、「直下地震の地震動をどうやって決めていくかについては、基本ワーキンググループと一緒に考えていかなければならない。」「震源を事前に特定できない地震を全国一律で考えるのか、ローカリティーを入れるのかの判断のために、震源断層の幅Wのばらつきから検討した資料を加えるべき。」との意見があった。

また、「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」「観測データの裏づけもまだ不十分ではないか。」等の意見があった。

これに関しては、「データベースとした既往の 20 地震について、地表地震断層と地震の規模の相違等について整理を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められた。一部、活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、

文献調査のみでは評価できないものもあるが、これらは原子力発電所の立地の際に行う詳細な調査により、その延長部を適切に評価することとなる。」との説明があった。

(7) 地震発生の確率論的評価

地震発生の確率論的評価について、その考え方と地震調査研究推進本部において行われている震源を特定しにくい地震等の評価手法について整理を行った。

地震発生の確率論的評価の考え方については、「切迫性については、現行の耐震指針では考慮されていないし、他の施設の基準類でも考慮されていない。」との意見があった。

(8) 地震動の確率論的評価

地震動の確率論的評価について、最近の研究状況とその考え方について整理を行った。

その際、「地震調査研究推進本部地震調査委員会の確率論的地震動予測地図とある地点の地震動を評価することとは、目的が異なるものであることに留意すべきである。」

また、地震動の確率論的評価にあたっては、「あるレベル以上の地震については、地震動のレベルの大小が発生確率の大小に必ずしも対応しない。」との意見があった。

一方、これに対して、「ハザードを表現するとき、超過確率で表現する場合とあるレベルの地震動が起きる確率で定義する場合と両方可能であるが、レベルの高い地震動の超過確率は必ず小さくなる。」との意見があった。

(9) 地質調査に関する基本的要求事項

最近の調査手法等を踏まえ、地質地盤の調査について地震動評価に係る項目と地盤安定性に係る項目について整理を行った。

その際、地質調査に関する手法については、「最近の調査法の進歩によって従来に比べ明確に解明できるようになってきたことを整理すれば、今までの指針のどこに問題があるかを見出すことができる。」

また、「活断層調査の方法がどの程度確実なのかについて評価が必要。」との意見があった。

(10) 地震随件事象

津波評価、地盤の安定性等について、最近の知見を踏まえ、それらの評価法について整理を行った。さらに、津波に対する安全性評価については、非常用海水ポンプの機能確保のためになされている津波対策等の知見整理を行った。

津波の評価にあたっては、「津波の影響は高さだけではなく、砂移動による影響等も考慮すべきである。」との意見があり、最新の知見について整理を行った。

さらに、「現在行われている原子力発電所の安全性に対する津波の影響評価が十分であるかどうか、津波に関して今後検討する課題。」、「津波を地震の随件事象として含めるかどうか、含める場合にはどう扱うべきかを議論すべき。」との意見があった。

一方、「津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなく、行政庁に任せて詳細設計の中でみてくれればよいのであれば、急いでやる必要はない。」との意見があった。

また、基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価にあたっては、「地盤の安定性評価において、横方向に不連続がある場合等、解析断面に直行する方向において解析結果に大きく影響を与えるような、地形や地質構造の不連続がある場合には、今後は3次元での検討を行うべき時期に来ている。」との意見があった。

3. 検討状況のまとめ

地震・地震動ワーキンググループにおいては、12-10回の会合を重ね、各種知見等の整理作業を行ってきた。

このうち、本整理作業を通じて検討されてきた基準地震動の設定のあり方について出た意見としては、震源を事前に特定できる地震と震源を事前に特定できない地震とに区別して議論されるべきであるというものである。

まず、震源を特定できる地震については、最新の地質調査に基づき発電所敷地近傍を入念に調査した上で、さらにその強震動評価にあたっては断層モデル等に基づいた最新の評価手法を用いて検討すべきではないかという議論を重ねてきた。

しかしながら、それでも見落とすものについては、震源を特定できない地震として考慮すべきではないかと議論があり、その一知見として、国内外の岩盤での観測記録を用いた地震動のレベルの検討の整理を行うとともに、つたところである。

その際、「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」、「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」、「観測データの裏づけもまだ不十分ではないか。」等の意見があった。

—今後さらに、確率論的な観点からの検討ではどの程度のレベルの地震動であるかの知見整理を行う予定である。経験的なデータを活用して断層モデルで評価した結果を確率論的に検討した知見の整理も行った。

耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ構成員

グループリーダー 入倉 孝次郎 京都大学防災研究所 教授

阿部 清治 日本原子力研究所東海研究所
安全性試験研究センター センター長
(平成 15 年 11 月 30 日まで)

石田 瑞穂 独立行政法人 防災科学技術研究所 研究主監

石橋 克彦 神戸大学都市安全研究センター 教授

亀田 弘行 独立行政法人 防災科学技術研究所
地震防災フロンティア研究センター センター長
(平成 14 年 9 月 20 日より)

衣笠 善博 東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授

小島 圭二 地圏空間研究所 代表

佃 榮吉 独立行政法人 産業技術総合研究所
研究コーディネータ (平成 14 年 9 月 20 日より)

平野 光将 独立行政法人 原子力安全基盤機構 総括参事
財団法人 原子力発電技術機構 理事

翠川 三郎 東京工業大学大学院総合理工学研究科 教授

(平成 15 年 12 月 26 日現在)

耐震指針検討分科会 地震・地震動ワーキンググループ検討経緯

第1回	平成14年2月28日	地震・地震動WGにおける作業方針について 基準地震動の考え方等について
第2回	平成14年6月3日	地質調査に関する基本的要求事項等について
第3回	平成14年8月9日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第4回	平成14年11月25日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第5回	平成14年12月19日	基準地震動の算定法等について
第6回	平成15年2月13日	地震随件事象等について
第7回	平成15年3月20日	第四紀層地盤立地、免震・制振構造、地震動の確率論的評価、地震発生の確率論的評価等について
第8回	平成15年4月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について
第9回	平成15年6月23日	設計用地震力の考え方等について
第10回	平成15年7月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を事前に特定できない地震による地震動(確定論的検討)
第11回	平成15年10月28日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的検討
第12回	平成15年12月1日	設計用地震の区分と想定すべき地震等について －震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的検討

地震・地震動ワーキンググループの作業項目と
これまでの意見について
[第1回～第12回]

耐震指針検討分科会における 検討フローによる WG の作業

基本的考え方の整理



基準地震動の算定法



耐震重要度分類



許容限界と荷重の組合せ



新構造様式・新立地様式 等



総合的検討
(耐震安全性評価)
(耐震性能目標)

項目名	基本	施設	地震
地震時安全確保の考え方	○		
考慮すべき事故の考え方	○		
耐震設計の枠組み	○		
確率論的手法と決定論的手法との関係	○		
基準地震動の考え方	○		○
設計用地震力の考え方		○	○

基準地震動の算定法			○
設計用地震の区分と想定すべき地震			○
地震発生の確率論的評価			○
地震動の確率論的評価			○
地質調査に関する基本的要求事項			○

耐震重要度分類の基本的考え方	○	○	
----------------	---	---	--

荷重の組合せの基本的要求事項		○	
許容限界の基本的要求事項		○	
応答解析の基本的要求事項		○	
応力解析の基本的要求事項		○	
構造信頼性の確率論的評価		○	

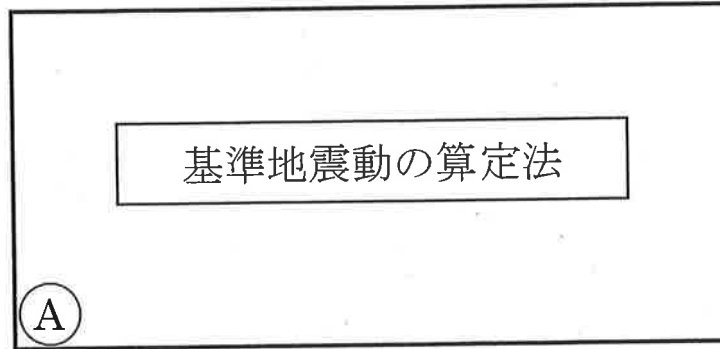
第四紀層地盤立地		○	○
免震構造・制振構造		○	○
地震随件事象		○	○
新立地様式	○		
運転管理に係る考慮事項	○		

確率論的安全性評価	○		
-----------	---	--	--

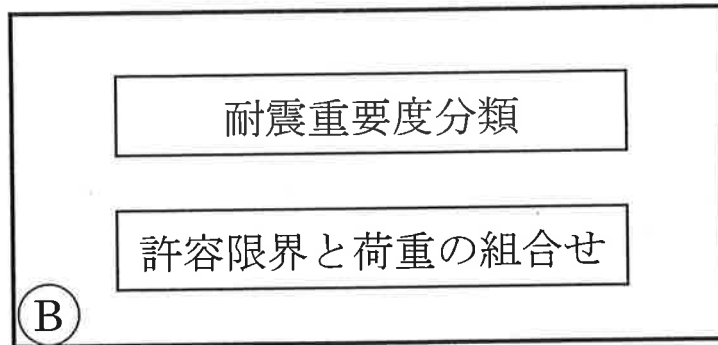
震分第4-5号より一部修正

耐震設計審査指針の枠組み（指針の大まかな構成）

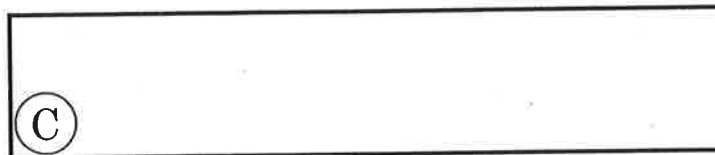
① 基準地震動策定



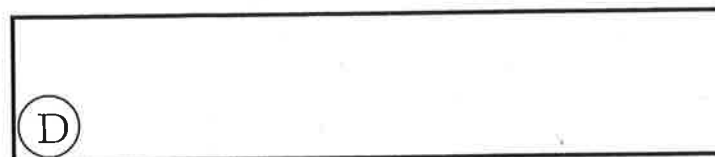
② 施設の設計方針



③ 耐震安全性評価



④ 耐震性能目標



地震・地震動WGの作業項目

9. 設計用地震力の考え方
15. 第四紀層地盤立地
16. 免震構造，制振構造
17. 基準地震動の考え方
18. 基準地震動の算定法
19. 設計用地震の区分と想定すべき地震
20. 地震発生の確率論的評価
21. 地震動の確率論的評価
22. 地質調査に関する基本的要求事項
23. 地震随件事象

検討項目 9. 設計用地震力の考え方

<検討の方向性に関する意見>

- ・静的地震力を指針に残すのであれば、基準地震動から求まる地震力との整合性のある指針にすべき。
- ・静的地震力については昨年 of 建築基準法の耐震基準の内容をよく調査して、廃止をも含めて指針への反映の方法を検討することが重要である。
- ・静的地震力の必要性の検討。
- ・建築基準法の準拠の方法の検討
- ・上下方向の地震力を静的な方法によって求めることはそれなりに合理的な方法であると思われるが、地震時の実際の応答挙動を反映させた地震力を設計に用いることが望ましいのは勿論のことであるので、今後はこの方向で行くべき。
- ・水平地震動と同等の大きさの上下地震動を同時に不利な方向で作用させる 3次元の動的解析を義務付けるべき
- ・上下方向地震力は、同じ震源から発生する水平地震動と対応する上下地震動で評価すべき。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○建築基準法の改定状況

○動的解析から求まる地震力と静的地震力との関係

○動的解析による鉛直地震力の評価法

- ・上下方向地震応答解析法に関して上下・水平方向の応答の組合せ法の検討が必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 建築基準法
2. 建築基準法施行令

<WGにおける意見>

「水平と上下地震力の組合せ法についてSRSS法を適用するためには、非常に震源に近いところで水平と上下の位相の相関が高いような記録があるかないかを検証することが必要である。」

- ・ 模擬地震波みたいなものは上下と水平の位相がランダムなので、ある意味では、SRSS法と時刻歴（同時入力）とが一致して当然である。むしろ観測波で水平と上下の位相がどういう関係にあるかということが重要である。非常に震源に近いところで水平と上下の位相の相関が高いような記録があるかないかを検証すべき。（地震・地震動WG⑨ 入倉グループリーダー P.18）

WGにおける検討資料

1. 震震W第9-1号 現行の耐震設計審査指針における静的地震力の考え方
2. 震震W第9-2号 上下地震動を考慮した耐震性評価法の検討

検討項目 15. 第四紀層地盤立地

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 第四紀層地盤に設置する場合の地盤のせん断強度やせん断波の伝播速度などの下限値を設けるとか、液状化の発生は許さないなどの制限について検討が必要。
- ・ 「解放基盤は岩盤」「解説で第三紀層以下・・・」という現行の指針は、地質時代ではなく、「設計で構造物支持に支障のない地盤」という考え方で見直すべき。
- ・ 局地的地盤条件が設計用地震動特性に及ぼす影響の考慮は重要。
- ・ 第四紀層地盤への商業用原子力発電所の立地は、建物と地盤の相互作用や地盤の不均質性・地耐力に問題がある。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○第四紀層地盤の評価法

- ・ 第四紀層地盤立地を採用する場合には、地震応答特性、地盤の破壊又は大変形、液状化等の観点から何らかの制限条件設定の検討が必要。

○基礎構造の評価法

- ・ 第四紀層地盤立地の基礎構造が杭支持方式などの場合には、関連する特別な検討が必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 原子力発電技術機構 「高耐震構造立地技術確証試験 新立地方式に関する調査のうち第四紀層地盤に立地する原子力発電所施設の耐震性評価法（案）」

<WGにおける意見>

「新しい指針に地下立地や人工島立地を入れるのであれば、基本WGだけではなく、地震・地震動WGでも審議すべきである。」

- ・ 新しい指針で地下立地、あるいは人工島立地も扱えるようにするのであれば、基本WGだけではなく、地震・地震動WGにも持ってくるか、あるいは一緒になって審議すべき。(地震・地震動WG⑦衣笠委員 P.34)

WGにおける検討資料

1. 震害W第7-3号 第四紀層地盤立地に関する知見の整理
2. 震害W第8-1号 コメント回答

検討項目 16. 免震構造・制振構造

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 第四紀層立地・免震等の新立地方式・新技術を取り入れるべき時期にきている。
- ・ 基本的耐震設計方針として剛構造の必要性がないとする場合にあっては、過大な変形や応答に重大な影響が生じる可能性もあるので、何らかの制限条件設定の検討が必要。
- ・ 免震・制振構造が炉心冷却システムに与える影響に関する実証試験データの積み重ねがなされ、地震時の安全性が実証されない限り、これらを商業発電用原子力施設に採用するのはやめるべき。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○免震構造・制振構造の評価法

- ・ 柔な構造とする場合には固有周期、変形量などの制限についての検討が必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 日本電気協会 「原子力発電所免震構造設計技術指針 JEAG4614-2000」
2. 日本建築学会 「免震構造設計指針」
3. 建築センター 「免震構造建築物の評定用資料の作成方法」
4. 建設省告示 「告示第 2009 号 免震建築物の構造方法に関する安全上必要な技術基準」
5. " 「告示第 2010 号 建築材料の品質に関する技術的基準」

<WGにおける意見>

「免震・制振を指針に取り入れる場合は、その基本的考え方が正確にわかるものにすべき。」

- ・ 免震とか制振を指針に取り入れる場合は、言葉の使い方が正確にわかるものにしていただきたい。(地震・地震動WG⑦阿部委員 P.26)

WGにおける検討資料

1. 震震W第7-2号 免震・制振に関する知見の整理
2. 震震W第8-1号 コメント回答

検討項目 17. 基準地震動の考え方

<検討の方向性に関する意見>

- ・耐震設計の目的は原子炉施設の安全機能の維持であって、レベルの異なるそれぞれの地震でこれを確認しなければならない必然性は必ずしもない。
- ・「設計地震動」をいくつかのレベルに分けて採用するかは、「十分な耐震性の確保」の具体的方策の一つであるので、地震学の最新の知見と原子力施設の耐震安全性の定量的度合いから検討することが必要。
- ・従来 S_1 、 S_2 地震動の考え方の問題点を整理した上で、確率論的地震動評価の導入や直下地震の考え方などについて議論し、それぞれの基準地震動の位置付けを整理することが必要。
- ・ S_1 、 S_2 地震動は、必ずしも他の分野の、レベル1・レベル2とは整合性が取れておらず、一般分野との共通認識の上にたって、また見直しが進行中の原子力施設の安全目標に沿って、考え方を整理すべき。
- ・事故に severe accident があるように、地震にも S_s 地震動があるのではないか。
- ・設計地震動として、 S_1 と S_2 の他に、安全問題の検討のために、より強い地震 S_3 を設定することは必要。
- ・設計条件を超える影響を受けた場合の対応は主として設計用地震又は地震動の問題であり、その可能性はあるとするのか、又は無いとするのか、それぞれの説明はどのようになるのか。
- ・設計用地震動は S_0 、 S_1 、 S_2 、 S_s (S_3)、など4～5段階まで考えることがあり得る。これに対して、各々の段階で、それに対応するプラント状態についての許容応力（歪あるいは限界）を、出来る限りその対象（たとえば配管）の損傷に起因するCDFが一様になるよう定めることが望ましい。
- ・一般に地震動強さなどの予測を行うとき、そこに示された値が、最悪のシナリオを与えるものか、most probableなのか、わかり難いことがしばしばある。
- ・都市防災で進められている、強震動予測評価/地震ハザードマップとの整合性も、検討すべき問題。

<検討にあたって詳細に調査すべき事項に関する意見>

○基準地震動の設定位置

- ・設計用地震動の設定位置については解放基盤表面での地震動が最適かどうか、地震基盤面での地震動とする方法もあるので検討すべき。
- ・最も基本的な地震基盤面での地震動特性と地震基盤面の上部の地質構造とその動特性の把握は重要

検討にあたって参照すべき現在の知見

<WGにおける意見>

「最終的な目標が大衆の被ばく線量をいかに小さくするかということであるならば、S1 と S2 とに分けずに、唯一の地震動を設定すればよい。」

- ・ 最終的な目標というのは大衆の被ばく線量をいかに小さくするかということであって、それならS₁もS₂も要らないというか、唯一の地震動を設定すればいいんじゃないかと私は思う。(地震・地震動WG①衣笠委員 P.24)

「設計で想定したレベルを超えた地震動 (S3 と呼ぶかどうかは別として) が発生したときに、アクシデント・マネジメントなどであらかじめ対処しておいて、リスクを十分に小さくしておくことが必要である。」

- ・ 地震に対しても内的事象のように頻度概念をある程度考慮した、ある種の設計基準は作らないといけない。ただ、設計で考慮する地震動あるいは地震に関して内的事象と同じレベルの頻度でいえるかどうか。設計の想定を超えるような地震、それをS3と呼ぶかは別として、これに対してはアクシデント・マネジメントを考えるなどして何らかの対処をして、それによってリスクを十分に小さくしなければいけない。(地震・地震動WG①飛岡安全委員 P.27)

「S3 地震動というものを考える必要はない。」

- ・ 最新の知見に基づいた整理の仕方、あるいは議論、整理、判断をすれば、S₃という何か非常に得体の知れないものを持ち込む必要はない。(地震・地震動WG①石橋委員 P.21)
- ・ S₃というのは、もうア priori に与えてしまうよりしようがないようなものだから、それを超えるものを決める方法はない。余り議論の対象にはならない。(地震・地震動WG①衣笠委員 P.19)
- ・ レベル的には少し低いけれども、頻度の高い地震動とS₃のように極めて起こらない、しかしもっとレベルの高い地震動とどちらを使うかというような話がある。
私は(前者の)比較的ここにはあるだろうとわかるような地震を対象として、ただしその中にどれくらいそれがばらつくものかとか、そういうところで最新の知見をちゃんと反映したもので置きかえるべきであると考えてる。
したがって、極端に大きな地震を考えるということよりは、今の枠組みの中でちゃんとした知見を入れていくということの方が大事ではないかと考える。(地震・地震動WG①阿部委員 P.22~23)

「S1、S2 の概念を明確化させ、その概念を変える必要があるかどうかを、最新の知見を踏まえて議論したい。」

- ・ S₁、S₂ の概念についてはここでもう一度はっきりさせる必要があるので、どこがどのように違うか、S₁、S₂ の定義はどうあるべきかということを中心にここで議論すべきではないか。(地震・地震動WG①入倉グループリーダー P.24)
- ・ S₂ というものがどういう意味を持っているか、どの程度のリスクを目指したものかということを中心にまず明確にしない限り、議論が進まない。(地震・地震動WG①入倉グループリーダー P.18)
- ・ S₂ というものは現行の指針である程度決められて、その概念を変える必要があるかどうかをここで検討する必要がある。(地震・地震動WG①入倉グループリーダー P.22)

- ・ 基本的には S_2 という概念は重要なので、最新の知見でどうやって評価するかということ
- を議論したい。(地震・地震動WG①入倉グループリーダー P.29)
- ・ S_1 と S_2 を一緒に考えて、それらをどういうふうに切り分けする必要があるのか、あるいは切り分けしない方がいいのか、そういうことで確率論的な考えも必要であるという
- ようなものは出てきているので、今後議論を煮詰めていきたい。(地震・地震動WG③入倉グループリーダー P.31)

「地震動のレベルを決めた後、それを超えた場合の残存リスクを評価する必要がある。」

- ・ 地震動を決めるときに、現在我々が持っている知識というのはどれくらいなのか。それで、そのばらつき等を考えたときに、やはりどこかで打ち切らざるを得ない。その打ち切るレベルを決めるのが、例えば地震動のスペクトルをどういう形で決めていくかといったところに相当してくるんだろうと思う。

しかし、そこで決めてしまえば、今度はその先にそれを超す可能性というのが当然残るわけで、そこにリスクが残ってくる。そのリスクは今、これまた非常に不安定な手法かもしれないが、ちゃんと見る手法があるわけですから、我々として、これで十分な安全を確認する方法があると思う。(地震・地震動WG①阿部委員 P.23)

- ・ 内的事象については、きちんと設計したとしても、どうしても残ってしまうリスク(残存リスク)があり、それはPSAで評価してAccident Managementで考えている。その具体的設計基準はないが、その残存リスクが十分小さければ安全としてよいとの考え方になっている。

この考え方を地震の場合にも変える必要はなく、 S_2 を越すような地震があったとしても、それに相当の確度で耐えられるという形になっているんだと思うんです。それに耐えられないのはどれくらいの値というのが残存リスクの考え方になる。

課題は設計基準地震動をいくつ、あるいはそれはどういうレベルにしなければならぬかということ。(地震・地震動WG①阿部委員 P.19~22)

「設計ではある程度のリスクを許容している。指針では、その許容すべきリスクを世の中のニーズを考慮して規制の範囲を決める。」

- ・ 設計ではリスクはないとしているのではなく、あるリスク・イメージをもってある程度のリスクはあるとして(例えば単一故障基準による設計)実施しているもので、結局はどこまでリスクを考えてするかの問題ではないか。その許容すべきリスクは世の中のニーズを考慮して規制の範囲をきめ指針を作るものではないのか。(地震・地震動WG①平野委員 P.20)

「解放基盤表面というのは、国際的には通用しない。国際的に十分理解が得られるような言葉で指針を作るべき。」

- ・ 解放基盤表面を使うか、地震基盤を使うかということですが、今度の指針の高度化に関して、一般的な話に結びつけたいと思うんですが、もし可能ならば、これからつくろうとする指針はインターナショナルに通用するものにしていきたいと私は思っております。ここで、今まで使われてきた解放基盤表面というのは、日本の、しかも原子力の間でしか使われていない言葉なんです。国際的に持ち出しても十分理解が得られるような言葉で指針をつくっていきたい。(地震・地震動WG①衣笠委員 P.30)

WGにおける検討資料

1. 震震W第1－4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）
2. 震震W第3－3号 基準地震動に関する議論のまとめ
3. 震震W第3－4号 現行指針における基準地震動の評価法と許容限界の考え方
4. 震震W第8－3号 他機関における設計基準等について

検討項目 18. 基準地震動の算定法

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 広い周期領域の地震動をより適切に評価できる最新の手法を積極的に採用するような表現に変更する必要がある。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○最近の地震動評価法

- ・ 距離減衰式の採用にあたっては使用された地震観測データの量と質，データベースに含まれる地震規模と震源距離の関係，統計処理の方法，適用地盤の範囲，適用周波数の範囲，バラツキの確定等のサイト条件への適用性をよく調べるべき。
- ・ 距離減衰式の採用にあたってはサイト周辺の地震地体構造，発震機構，地震波伝播特性，サイトの局地特性等から，直接的に用いることが出来るか，補正が必要かどうか検討すべき。
- ・ 加速度，速度に関する振幅特性の表示に関する検討が必要。
- ・ 経験式は平均的な地震動特性を与えるものであるため，適用にあたっては当該経験式の持つバラツキの考慮が必要かどうか検討すべき。
- ・ 距離減衰式については現在慣用的に用いられている方法以外にも信頼性の高い地震動特性の推定法が提案されている。これらの方法について調査し，採用可能かどうか検討する必要がある。

○近距離地震の地震動評価への考慮

- ・ サイトが震源近傍に位置する場合には経験式の信頼性が問題となることがあるので，震源のモデル化による方法などと比較検討を行うべき。
- ・ 近距離地震における応答スペクトルを大幅に改訂すべき。
- ・ 震源のモデル化による地震動特性の推定法については，最近の研究によりその信頼性は高いものと言われている。とくに震源域における地震動特性の評価に欠かせない。この種の研究の現状と原子力発電所の耐震設計用地震動評価への適用法について調査・検討することが重要。
- ・ 至近距離及び近距離地震の地震動特性評価については，断層のモデル化による地震動特性の想定を，シナリオ地震はもとより，震源の不特定な地震へ適用することも検討すべき。

○模擬地震波の評価法

- ・ 地震応答解析用模擬地震波の作成に関して，ターゲットスペクトルへの適合性の判断及び位相特性の与え方について検討すべき。
- ・ 卓越周期が短周期側および長周期側に偏った模擬地震波をも生成し，耐震性を評価すべき。
- ・ 衝撃破壊を考慮した地震波を耐震設計審査指針に取り入れるべき。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 地震調査研究推進本部 「第2回地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップ

プ 地震動予測地図の作成に向けて「現状と今後の課題」

2. 地震調査研究推進本部 「糸魚川-静岡構造線断層帯（北部、中部）を起震断層と想定した強震動評価手法について（中間報告）」

<WGにおける意見>

「現在の地震学の知見で言うと、S2にもっといろいろな盛り込む余地がある。」

- ・ 現在の地震学の知見で言うと、S₂にもっといろいろな盛り込む余地がある [地震動の算定の仕方]。(地震・地震動WG①石橋委員 P.21)

「地震動のばらつきをどこまで考慮すれば安全上問題がないかを、施設の方まで含めて考えるべき。」

- ・ これから起きるかもしれない地震について、どれくらいのばらつきがあって、そのばらつきのどこまでをカバーすれば、今の安全上の観点から問題がないのかを考えるべき。どこまでのばらつきをとるべきかということについては、施設の方まで含めて一旦考えてみなくてはならない。(地震・地震動WG⑤阿部委員 P.30)

「大崎の方法で安全性が確保されるのであれば、古い方法であっても問題はない。」

- ・ 大崎の方法を使うことによって安全性が確保されるのであれば、いくら古い方法であっても大崎の方法を使うことに安全性という点では問題がないように思う。(地震・地震動WG⑤衣笠委員 P.27)

「大崎の方法に問題はないと結論づけるのは早急に過ぎる。」

- ・ 大崎の方法は破綻していないと結論づけるのは、少なくともこの委員会としては早急に過ぎる。どこまでのばらつきを許すかを考えたとき、大崎の方法だけでいいかどうか非常に疑問。また、大崎の方法はある種のスペクトルで規定しているだけ。断層モデルの手法のように時間領域で規定する必要があるのではないかと(地震・地震動WG⑤入倉グループリーダー P.31)

「震源が特定できない地震の震源近傍での地震動のレベルを観測記録から決めるには、まだデータの裏づけが不十分ではないか。」

- ・ 震源が特定できない地震の震源近傍での地震動を全国一律応答スペクトルで与えるのは、非常に具体的ではっきりしていると思う。しかし、それにはデータの裏づけ、観測事実の裏づけがまだ乏しいので危険ではないか。

アメリカの地震と日本の地震と違うのか違わないのかということもあるし、日本の地震は、わずか2例しかない。もちろん、もっとデータがたまるまで待つわけにはいれないが、今、この段階で、包絡したこれでいいですよというのは、ちょっと心配なところはある。(地震・地震動WG⑩石橋委員 P.44)

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価にあたり、地表地震断層の出現率の設定は、まだ検討の余地があるのではないか。」

- ・ 地表地震断層の出現率は地盤を半無限弾性体と仮定している Okada (1985) の方法により地表の最大相対変位が5 cmを超える場合の確率としているが、現実には、地震基盤から地表までの地盤は半無限弾性体ではなく、地表の最大相対変位5 cmといってもある幅があることを考慮すると、最大相対変位が5 cmを超えたとしても、現実的には、地表地震断層としてほとんど検出できないのではないのか。

2000年鳥取県西部地震は、事前に震源が特定できるとされているが、地震の発生前に普通に調査する場合は、活断層として認識できないのではないかと。

これらのことを考慮すると、全体的に地表地震断層の出現率が大きすぎるのではないかと。(地震・地震動WG⑩石橋委員 P. 25)

- ・ 武村(1998)の結果と(地表の最大相対変位が)5cmを超える場合の地震断層の出現率についてはまだ検討の余地があるのではないかと。(地震・地震動WG⑩石橋委員 P. 29)
- ・ 地震断層の出現率の検討にあたっては、地表の相対変位を基準値とするのではなく、ひずみを基準値とした方がよいのではないかと。(地震・地震動WG⑩大竹主査代理 P. 33)

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地表地震断層の出現率の設定にあたっては、既往の地震による地表地震断層の出現率を参照し、地表の最大変位及び地表のひずみについて検討を行った上で設定しており、観測値の下限に近い値となっていることから、出現率としては小さめの(出現しにくい安全側の)評価をしていることになる。」

- ・ Okada(1985)の方法による地表の最大相対変位5cmの判断基準は、既往の地震を地表断層地震と潜在断層地震に分類し、地表断層地震と潜在断層地震の地表の最大相対変位を検討し、これらを区分する閾値として便宜的に設定したものである。

また、地表のひずみについては、Okada(1985)の方法では地盤を半無限弾性体と仮定しているために局所的に大きくなるが、現実には塑性変形が生じてひずみが平均化されると考え、地表の最大相対変位5cmを与える2点間の平均ひずみを求めると、一般的な岩石の破壊ひずみ値(10^{-5} 程度)にほぼ対応する。

さらに、Dalguer, Irikura&Riera(2003)の動的なシミュレーション(アスペリティが浅くなると地表にフラワー構造状のクラックが生ずる)との整合性についても確認している。

これらを総合的に勘案し、本資料に示した潜在断層地震の確率的な地震動評価を行うための作業仮説として、Okada(1985)の方法による地表最大相対変位5cmの判断基準を採用し、武村(1998)の出現率の図のプロットを参照して連続関数としての近似を行ったものである。

また、2000年鳥取県西部地震は、Okada(1985)の方法によるここでの判断基準を適用すると、地表断層が確認できたものとして分類される。(地震・地震動WG⑩香川委員(旧原子力発電技術機構) P. 26)

- ・ 武村(1998)の図との比較では、出現率は観測値の下限に近い値となっており、出現率としては小さめの(出現しにくい安全側の)評価をしていることになる。(地震・地震動WG⑩入倉GL P. 27、「震震W第12-2号」)

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う断層モデルによる地震動の解析にあたっては、断層パラメータのバラツキを考慮する場合、破壊開始点についてはユニラテラル(unilateral)なケースも計算した方がより適切ではないのか。」

- ・ 地震動シミュレーションでは、断層パラメータのバラツキを考慮しているが、破壊開

始点については1通りしか検討されていないのはなぜか。このような理論的な計算を行ったのは、距離減衰式などの経験式ではフォワードディレクティビティが正確に評価できないことが大きな理由であるならば、ユニラテラル (unilateral) なケースも計算した方がより適切ではないのか。(地震・地震動WG⑩翠川委員 P. 27)

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う断層モデルによる地震動の解析にあたっては、断層パラメータのバラツキを考慮する場合、破壊開始点の変化が評価に大きな影響を与えないことを確認している。」

- ・ 破壊開始点の位置が評価結果に与える影響については、マグニチュード 6.5 のケースについて破壊開始点を変えたパラメータスタディを行った結果、超過頻度別の地震動スペクトルに大きな影響を与えないことを確認している。(地震・地震動WG⑩蛭沢グループ長(原子力安全基盤機構) P. 27~28、「震震W第12-2号」)

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震動評価の対象領域選定にあたっては、領域の大きさが評価結果に影響を与えるのではないか。」

- ・ 80km×40 km の任意の領域の大きさは物理的にはどのような意味があるのか。領域の大きさが変わると検討結果に影響するのではないか。(地震・地震動WG⑩翠川委員 P. 27)

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震動評価の対象領域選定にあたっては、計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されている。」

- ・ 計算領域の大きさについては、この領域外では地震動が小さくなるため低い確率の超過確率別スペクトルには影響が小さいことなどを考慮の上、80km×40km の領域を設定している。

この領域では、年超過確率： 10^{-4} ～ 10^{-6} 程度の低確率の大きな地震動スペクトルが適切に求められることを確認している。すなわち、計算領域の最外周部で生じている最大の地震動より大きな地震動については、領域を広げても超過頻度は同一であり、この地震動の範囲であれば、計算した超過確率一定のスペクトルは領域の大きさに影響なく評価されていることになる。(地震・地震動WG⑩坂上主事(原子力安全基盤機構) P. 28、「震震W第12-2号」)

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震発生頻度の想定にあたっては、G-R式の近似化に問題があるのではないか。」

- ・ G-R式の係数は地域によって異なるので、全国を対象としたG-R式を、任意の領域として取り出した 80km×40km の領域にそのまま適用するのは問題があるのではないか。(地震・地震動WG⑩石田委員 P. 30)
- ・ G-R式を任意の領域に適用する場合、 M_{max} は地域によって異なるので、全国一律の値を適用するのは問題があるのではないか。(地震・地震動WG⑩石田委員 P. 30~31)

「震源が特定しにくい地震による地震動の確率論的評価に伴う地震発生頻度の想定にあたっては、Mmax については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している (Mj7.4 以上は全て出現するとしている) ので、影響はほとんどないと考えられる。」

・ 地震の発生頻度、トランケイテッド G-R 式の Mmax 等は確かに地域性があるものと考えられる。しかし、あまり地域を限ると地震データの個数にも限りがあり、G-R 式の近似化の信頼性の問題も生ずる。ここでは、まずデータの豊富な日本全国を対象に、震源を特定しにくい地震による地震動の「全国の平均的なレベル」を評価したものである。

また、Mmax については、本検討では地表地震断層出現率を考慮している (Mj7.4 以上は全て出現するとしている) ので、影響はほとんどないと考えられる。

なお、サイト周辺等の地域性を考慮して G-R 式及び Mmax 等を精度良く評価するには、今後のデータの蓄積等が必要であると考えられる。(地震・地震動 WG ⑩坂上主事(原子力安全基盤機構)、蛸沢グループ長(原子力安全基盤機構) P. 30~31、「震震 W 第 12-2 号」)

「原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1987) における基準地震動の評価法について、現行の耐震設計審査指針及び指針解説に記載している以上のことが実施されている。」

・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601-1987) における基準地震動の評価法について、実際にはこの指針ですとか、指針解説に書かれている以上のことがやられているということをご紹介いただいたんだと理解している。(地震・地震動 WG・翠川委員 P.16)

「最新の地震動評価法について、断層モデルによる地震動評価法では、データの蓄積とともに、断層モデルに基づいた強震動評価法が発展してきている。また、断層モデルによる地震動評価手法については、手法ごとに利点と弱点があると思う。」

・ 最新の地震動評価法では、経験的方法を中心として、最近のデータから経験的手法というものはどのように求められてきているとかということと、断層モデルによる地震動評価法では、データの蓄積とともに、断層モデルに基づいた強震動評価法というものが発展してきている。(地震・地震動 WG ⑤入倉グループリーダー P.25)

・ 断層モデルによる地震動評価手法について、経験的方法、半経験的方法、理論的方法、ハイブリット法等の方法は、それぞれ利点と弱点があると思う。(地震・地震動 WG ⑤入倉グループリーダー P.26)

WG における検討資料

1. 震震 W 第 1-4 号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード (案)
2. 震震 W 第 5-1 号 基準地震動の評価法
3. 震震 W 第 5-2 号 最新の地震動評価法
4. 震震 W 第 5-3 号 断層モデルによる地震動評価法
5. 震震 W 第 7-1 号 コメント回答
6. 震震 W 第 10-2 号 震源を事前に特定できない地震の考え方と地震動の策定について

て

7. 震震W第11-1号 震源を特定しにくい地震による地震動の確率論的評価について
8. 震震W第12-2号 第11回地震・地震動ワーキンググループにおける資料「震震W第11-1号」に関する意見及び回答内容等

検討項目 19. 設計用地震の区分と想定すべき震源

<検討の方向性に関する意見>

- ・複数レベルの設計用地震を設定する場合は、その必要性と各地震の性質、評価法、耐震設計法との対応等十分な検討を要する。
- ・近未来の地震発生の可能性の大小に応じて震源を区分することは本来困難であることなどを考慮すると、2レベルの地震を設計用とすることは必要ない。
- ・地震の評価は、内陸の地震、プレート境界地震、海のプレート内地震（スラブ内地震）に区別すべき。
- ・余震の影響を考慮した耐震設計が必要ではないか。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○地震カタログの適用法

- ・特に古い地震など、不確定性の大きい地震の取扱い
- ・時代によって震央位置の意味が異なる場合がある。

○地震地体構造による地震想定法

- ・設計用地震を想定するうえで、地震地体構造の見地から想定される最大地震規模とその発生位置に関する知見は非常に重要。
- ・地震地体構造の整備も検討すべき問題。
- ・地震地体構造の適用方法については、サイト条件で異なるが、その考慮の有効性に疑問がある場合もあり、一律な適用には問題がある。
- ・地震地体構造については、現在の知見をできるだけ入れた上で、どういう使い方をするかを設定していった方がいい。

○震源深さの想定法

- ・震源深さの不明な地震については過去の被害地震、活断層などの震源の性質を問わず、余震体積に関する研究による経験式を用いることでよいのかどうか、他に適切な方法がないか調査が必要。
- ・震源深さが不明又は不確定性の大きい地震に対する経験式使用の適切さについて検討が必要

○活断層評価法

- ・今後も同様に2レベルの地震を考慮するのであれば、少なくとも、活断層の活動度で直接的に区分することは適切ではない。活動度自体は近い将来における地震発生の大小とはあまり関係ないからである。
- ・設計に考慮すべき活断層の決定法に関して、複数レベルの地震の場合にはその区別（現状の方法は要再検討）の方法が重要。
- ・活断層の長さからマグニチュードを推定する方法については、現在用いられている経験式以外の研究の適用性についての調査が必要。
- ・地表に活断層が発見された場合には、その長さによらずマグニチュード7程度以上の地震を考慮すべき。
- ・隣接した活断層の地下での連動を想定し、地表の活断層または活断層群から地震の規

模を安全側に見積もる設計用の推定式を設定すべき。

- ・一回で活動する活断層の範囲の決定は重要である。活断層群のセグメンテーションとグルーピングについて、何らかの判断の目安が設定されることが望まれる。
- ・活断層については、断層モデルとのリンクも含めて、地震動設定の立場と地盤変位の立場から、議論が必要。
- ・新しい調査研究成果を反映した活断層リスト等の適用法。
- ・特に重要な活断層は陸域では一般的調査のみでなく、トレンチ、ボーリング他の詳細な調査が重要であり、海域ではより精度の高い調査が必要。
- ・リニアメントの判読による活断層調査。
- ・小地震又は微小地震観測との関連。
- ・活断層の震央位置の決定法も検討が必要。
- ・地表で確認できる活断層は、万が一のことを考えて、過去の活動履歴とは無関係にすべて同等に考慮すべき。
- ・活動度や過去の活動歴によらず、すべての活断層を設計用最強地震として考慮すべき。

○震源を予め特定しにくい地震の想定法

- ・震源を特定できない直下地震のような性質の地震の規模と発生位置を推定するのは困難な問題である。内陸の地震発生については、過去の経験から、または断層理論に基づく多くの研究がある。これらの研究成果から適切な震源を想定するか、又は統計的、確率論的方法で地震動として想定するなどの方法もあるが、十分な検討が必要。
- ・震源の特定不可能な地震の想定に関しては、現状の仮想的な直下地震のようなもの及び地震像の特定が不可能なもの、過去の地震発生、強震動記録、活断層分布、断層理論、統計的・確率的方法などによる地震規模、地震動特性又は地震力の想定法の検討が必要。
- ・震源を予め特定しにくい地震の震源は、点震源の考え方から出発しているので、「起震断層が予め特定しにくい地震」という意味にならない。起震断層面で最初に破壊が始まる点という意味での震源ではない。不注意に読むと「アスペリティ」の問題と誤解する。
- ・直下地震をマグニチュード7.2とし、設計用最強地震の中でこれを考慮すべき。
- ・直下地震のように断層の見つかっていない地震の取扱いについては、確率論的ハザード評価と結びつけて検討すべき。
- ・いろいろな調査を見ていると、地震の震源はほとんど同定できるのではないかと認識されることから、震源を予め特定しにくい地震というのは本来なくすべきものではないか。
- ・どの程度の確率を考えるかによって調査法は当然違ってくることから、どういう調査をすればどこまで分かるかということを考えていく必要がある。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 地震調査研究推進本部 「第2回地震調査研究と地震防災工学の連携ワークショップ 地震動予測地図の作成に向けてー現状と今後の課題ー」

<WGにおける意見>

「現在の地震学の知見で言うと、歴史地震と活断層だけでは不十分で、プラスアルファを考える必要がある。」

- ・ 現在の地震学の知見で言うと、 S_2 にもっといろいろ盛り込む余地がある〔設計用地震の選び方〕。(地震・地震動WG①石橋委員 P.21)
- ・ ある場所に影響を与える最大の地震の起こり方は、歴史地震と活断層だけでは不十分で、プラスアルファを考えないといけない。プラスアルファには非常に得体の知れないことが多く含まれている。プラスアルファの一例としては、地震テクトニクスからの検討も加えて震源を想定するということが考えられる。(地震・地震動WG③石橋委員 P.25~26)

「活断層と歴史地震の資料は、独立に違った精度で集めて、最後に勘案するもの。」

- ・ 活断層と歴史地震の資料は、時間のとりかたが違うわけだから連動しない。全く独立に違った精度で資料を集めて、最後に勘案するもの。(地震・地震動WG③小島委員 P.29)

「歴史地震からそのサイトに影響を及ぼす地震を選び出す際には、震源を点と見なさず広がりがある程度考慮して評価する必要がある。」

- ・ 歴史地震からそのサイトに影響を及ぼす地震を選び出す際には、震源を点と見なさず大きさを考えて評価を行わなければいけない。(地震・地震動WG③翠川委員 P.24)

「江戸時代より前では、地震被害記録の資料がないからといって、そこに地震がなかったとは限らない。」

- ・ 江戸時代より前の地震被害記録の資料は何も残っていない場合が多い。資料がないからといって、そこに地震がなかったとは限らない。(地震・地震動WG③石橋委員 P.25)

「歴史地震の調査は、将来の地震を予測する上ではあまり意味がない。」

- ・ くり返し時間間隔の非常に長い地震のことを考えると、歴史地震の調査は、将来の地震を予測する上では余り意味がない。(地震・地震動WG③石橋委員 P.24~25)

「基準地震動 S_1 、 S_2 の策定における現行指針の、1 万年前以降活動、5 万年前以降活動の条件に入らないものでも現実に大きな地震は起こっている。」

- ・ 活断層の中のこの基準地震動 S_1 ないし S_2 それぞれに結びつく活断層の仕分け方というか取扱い方、これはやはり今の活断層学の最新知見からすると多くの問題点を含んでいると非常に思います。(地震・地震動WG②石橋委員 P.15)

この基準地震動 S_1 、 S_2 の策定ということに結びつけて考えますと、現行指針の、1 万年前以降活動とか、5 万年前以降活動とかという条件に入らないものでも現実に大きな地震は起こっているから——多分その年代はわからないわけですね、この宮城県北部と秋田仙北に関しては、あるいは下末吉期以降とかという程度にしか、だから、やはりそれらについても考える必要があるということを示唆しているのだなと思った。(地震・地震動WG②石橋委員 P.38)

「活断層を認識できる現状のレベルはどこまでかということと、それをこの現状レベルどこまで基準に盛り込めるかということについて検討する必要がある。」

- ・ 活断層のいわゆる認識のレベル、今現状のレベルはどこまでかということ、それをこの現状のレベルでどこまで基準に盛り込めるかということについて我々は検討をしないといけないと思う。(地震・地震動WG②入倉グループリーダー P.45~46)
- ・ J E A Gでは10 km程度以上の断層、リニアメント等を抽出されたという経緯があって、6月(地震・地震動WG第2回会合)のとき、もうちょっと短い断層をいろいろ集めてきて、全体として評価する必要があるのではないかというふうな意見を言われたので、J E A Gのところは影響を受けるというか、関係するんじゃないか。(地震・地震動WG④佃委員 P.20)

「地震地体構造という概念が、現在の地震学に受け入れられるか、また安全審査に必要なかどうか疑問である。また、信頼のおける活断層図や歴史地震カタログが整備されている現在の状況を勘案し、地震地体構造の果たす役割を考慮すべきではないか。」

- ・ 地震地体構造という言葉は、地震学では全く出てこない。サイスモテクトニクスを日本語に訳すと地震地体構造論となるが、その中身はここに述べられている地震地体構造とは非常に違う。地震地体構造という概念は、原子力開発・利用の世界の独特なものなのか。地震地体構造マップが古めかしいということもあるが、実質的にはほとんど役に立っていないのではないか。(地震・地震動WG④石橋委員 P.25)
- ・ ~~表マップの果たしている役割、あるいは今、コメントがあったような形での地震地体構造を安全審査に持ち込むことの役割はもう終わっているんじゃないか。(地震・地震動WG④衣笠委員 P.26)~~
- ・ 現在使われている地震地体構造マップ(表マップ)は、日本全体をカバーした信頼のおける活断層図や歴史地震カタログがなかった頃に、それを補うために作られたもの。その後、活断層図や歴史地震カタログが整備されたため、現在はその役割を終えたのではないか。当時のものを批判的に検討するだけでなく、むしろこれからは、地震PSAに活用するための地体構造マップとしてどういうものが必要かという観点でも見ておく必要がある。(地震・地震動WG④衣笠委員 P.26)

「直下地震の地震動をどうやって決めていくかについては、基本ワーキンググループと一緒に考えていかなければならない。」

- ・ 震源の特定できない地震動、あるいは、今の基準で言えば直下地震の取り扱いですが、直下地震の地震動をどうやって決めていくかというようなものについても、これは基本ワーキンググループとこのワーキンググループで一緒に考えていかなければならない問題。(地震・地震動WG②阿部委員 P.10)

「活断層の評価期間における工学的判断に関する従来の考え方について、イメージを作っていく必要がある。」

- ・ 工学的判断に関する従来の考え方について、今後の検討の中で少しずつイメージを作っていく必要があるんじゃないか。(地震・地震動WG④入倉グループリーダー P.15)

「活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、地震学的には言えない。Mj6.8以上ならば震源は特定できると言い切るには、まだ問題が残っている。」

- ・ 対応する活断層が長さ8 kmであっても、地下では30km、40kmの震源断層がずれてM

7.2 が起こるといふ 1943 年鳥取地震の例もある。そういう意味では、活断層がわかったからといって震源が特定できるとは、ちょっと地震学的には言えないと思うんです。実際、要するに地震の大きさを正しく評価できないおそれがある、したがって地震動レベルも間違える恐れがあると思います。(地震・地震動WG⑩石橋委員 P.30)

- ・ Mj6.8 を境としてスケーリング則が変化するという考え方についても、地震発生層の上に地震を起こしにくい層があるとすれば、震源断層面がそのまま表面まで出るのではないかもしれない。そうすると、理論的裏づけが変わってくるかもしれない。また、濃尾地震を非常に特異なものとして除くと、一本の直線で回帰してもいいようなプロットもたくさんある。(地震・地震動WG⑩石橋委員 P.30,31)
- ・ マクロな震源断層と活断層あるいは地表地震断層が対応しないということは、アスペリティーを介してある種の説明はできると思うが、その辺も考えると、そう簡単ではなくて、非常に難しい問題である。したがって、Mj6.8 以上ならば震源は特定できると言い切れるのかというのは、まだ問題が残っている。(地震・地震動WG⑩ 石橋委員 P.31)

「震震W第 10-2号」は、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」としているものではない。」

- ・ 「震震W第 10-2号」では、過去に生じた内陸地殻内地震について、個別に震源が事前に特定できるかそうでないかを検討した上で強震動記録を用いてレベルを決めており、地震の規模としてのマグニチュードを直接用いていない。本作業では、過去に発生した Mj6.8 以上の地震は震源を特定できるとされたが、結論として「Mj6.8 以上ならば震源は特定できる」とはされていない。(地震・地震動WG・事務局 「震震W第 11-2号」)

「地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することは可能である。」

- ・ 松田(1975)の式等を使う限り、地表に現れた断層の長さから地震を保守的に評価することになる。(地震・地震動WG⑩衣笠委員 P.32)
- ・ 例えば指針等で決める場合には、地表が少しでも可能性、地表断層が出ていれば、ある程度、これくらいの規模であるという保守的な意義のある基準的なものを考えることが出来るのではないか。(地震・地震動WG⑩入倉グループリーダー P.37)

「活断層の長さは過去に発生した地震によって累積された値である。」

- ・ 1 回の地震で地表に現れる断層の長さというのは震源断層の幅Wによって違う。ただ何回も起こってくると、地表に現れる長さが累積していく。その累積した値がそこで最大のエネルギーを発揮する長さである。(地震・地震動WG⑩小島委員 P.34)

「起こった地震がわかっているから、リニアメント、活褶曲が見つかり、その震源が特定できるが、現実的に地震が起こる前に、リニアメント、活褶曲が活動的かどうかは難しく、そう簡単に震源が特定できるとは言えない。」

- ・ 過去の地震では、一生懸命調査するとリニアメントが見つかったり、それから活褶曲があったりして、その震源が特定できるというわけですけれども、結局、起こった地震がわかっているから対応がついて震源が特定できるといえる面もあって、現実的に非常

に問題なのは、撓曲構造なりリニアメントなりがある場合に、専門家の間でも、それが活動的か活動的ではないかという論争がありまして、そう簡単に震源が特定できるとは言えないと思います。(地震・地震動WG⑩石橋委員 P.30)

「データベースとした既往の20地震について、地表地震断層と地震の規模の相違等について整理を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められた。一部、活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、文献調査のみでは評価できないものもあるが、これらは原子力発電所の立地の際に行う詳細な調査により、その延長部を適切に評価することとなる。」

・ 震震W第10-2号 P.12に示す震源を事前に特定できない地震の選定過程において、震源断層を特定できるとされた20地震に対して、地表地震断層と地震の規模の相違等についての整理表を行ったところ、ほぼ地震規模に見合う活断層又は地表地震断層が認められるものの、一部、その地震規模に見合う活断層(地表地震断層)が認められないものもある。これらは活断層の端部が海域又は沖積層に没しており、文献調査のみでは活断層の長さが評価できないものである。

原子力発電所の立地の際には、文献調査、空中写真判読、地表地質調査を行い、さらに、敷地近傍の活断層が沖積平野等に延長すると予想される場合は、必要に応じてボーリング調査、反射法地震探査等を実施し、活断層の延長部を適切に評価することとなる。

(地震・地震動WG・事務局 「震震W第11-2号」)

「震源が特定できない地震を全国一律で考えるのか、ローカリティーを入れるのかの判断のために、震源断層の幅Wのばらつきから検討した資料を加えるべき。」

・ 震源を特定できない地震の規模を決めるのに、いわゆる地震を起こしそうな厚さWで決めているが、Wにはかなりローカリティーがあるはずで、これを完全に否定すると従来のM6.5と考え方は同じになってしまう。それでちょっとデータが出てくると、6.5だ6.8だという議論に終始してしまう。それを避けた何かうまい方法で基準を作れないかというのを議論すべき。Wのばらつきから検討した資料を1つ入れると全国一律でいいかどうかの判断につながる。(地震・地震動WG⑩小島委員 P.43)

WGにおける検討資料

1. 震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード(案)
2. 震震W第2-3号 震源が特定できない地震の地震規模と活断層評価手法について
3. 震震W第3-2号 過去の地震の評価法-評価方法の整理
4. 震震W第3-3号 基準地震動に関する議論のまとめ
5. 震震W第3-4号 現行指針における基準地震動の評価法と許容限界の考え方
6. 震震W第4-2号 活断層調査の調査範囲と調査内容
7. 震震W第4-3号 海域の地質調査手法
8. 震震W第4-4号 活断層の評価法
9. 震震W第4-5号 地震地体構造
10. 震震W第4-6号 日本のスラブ内地震

11. 震震W第7－4号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について
12. 震震W第8－2号 設計用地震の区分と想定すべき地震について
13. 震震W第8－3号 他機関における設計規準等について
14. 震震W第9－3号 鳥取県西部地震に関連する調査等について
15. 震震W第10－2号 震源を事前に特定できない地震の考え方と地震動の策定について
16. 震震W第11－2号 コメント回答

検討項目 20. 地震発生確率論的評価

<検討の方向性に関する意見>

- ・ 確率論的設計用地震の採用と評価法について検討が必要。
- ・ 確率論的な予知の問題等，最近いろいろな分野で議論されるダイナミックなことを耐震設計に反映させるかどうか。
- ・ 耐震設計に考慮する地震の範囲決定の評価手法として，発生頻度，再来周期又は（及び）最終活動時期，寿命期間中の発生確率，切迫度などの検討及びこのような指標を適用できないような震源に対する対応の検討。
- ・ 考慮すべき地震を発生頻度（年平均発生率）で判断することも，必ずしも合理的とは言えない。
- ・ 確率を逐次，小にすれば，どこまでも強い地震が存在するというのではなく，地震自体に力学的現象として極限があり，それがさらに諸条件でゆらぎを生じる。
- ・ 地震の許容発生確率を論ずるとき，原子力施設の諸事象の発生確率と常に混同があるように思える。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○震源が特定される地震の発生確率

- ・ 活断層について確率論的評価に基づき地震発生確率で「可能性」を表わすことも検討されているが，発生確率が低いからといって無視してよいということにはならない。

○地震ハザード研究

- ・ 特定の断層の，特定の地震に対して評価しておけば良いというストーリーでは安全性というものの説明がしづらいので，やはり地震活動全体を評価した上で，確率的にどう位置付けて，それを設計地震動とするというような位置付けが必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 地震調査研究推進本部 「長期的な地震発生確率の評価手法について」

<WGにおける意見>

「切迫性については、現行の耐震指針では考慮されていないし、他の施設の基準類でも考慮されていない。」

- ・ 原子力施設の耐震の考え方で整理していただいたときに問題になってくるのが、現行指針で1万年に一度とか5万年に一度という形で考えていても、これはポアソン過程で考えているときにそうなっても、切迫性といったものを考えたときに、そうでない地震があるわけです。原子力以外の基準類でも切迫性を考えているものはないのではないかと。

(地震・地震動WG⑧阿部委員 P.25)

WGにおける検討資料

1. 震震W第1－4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード（案）
2. 震震W第3－3号 基準地震動に関する議論のまとめ
3. 震震W第7－4号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について
4. 震震W第8－2号 設計用地震の区分と想定すべき地震について

検討項目 21. 地震動の確率論的評価

<検討の方向性に関する意見>

- ・地震現象が確率事象であるという意味で、地震動レベルの評価に確率論的アプローチの導入は必要。
- ・決定論的手法で個々のシナリオ地震に対する地震動の評価を行い、かつ地震の再現期間や震源パラメータの不確定性を考慮して地震動レベルは確率的に表現するモデルの導入が必要。
- ・地震 PSA を行うとしてハザード・カーブを考えると、 S_1 、 S_2 よりはるかにレベルの高い地震でどのようなことが起きるかを考えることが必要。
- ・地震動を確率評価するためには、多くのデータを必要とするが、そのためのデータは不十分であるとともに、取得困難なものが多い。
- ・これまで蓄積された観測データ（活断層調査、歴史地震、強震動記録を含む）のみで、確率を検証できるだけの十分な量は得られているとは考えられない。
- ・安全目標をプラント全体のトータルなものを対象として考えて、CDF 値により、基準地震動を決めることはかなり困難。
- ・設計用の地震動を設定するにはサイトごとに検討する以前に、わが国全体の標準的な地震ハザードを評価し、それに基づいて、確率的レベルとしての安全目標と整合する強さの地震動を設定すべき。
- ・地震 PSA の 1 要素である確率論的地震ハザード評価においては、評価を実施すればハザードの支配地震としてサイト周辺の活断層や歴史地震が通例そのまま同定されるので、応答スペクトルも、最新の知見を反映し、不確実を考慮しつつ、従来同様、特定の地震源を対象として評価することになる。
- ・地震動の確率論的予測地図が整備されると、それは、わが国における耐震安全性に関する定量化の尺度が提供されることになり、目標安全性に基づく設計値の説明が明確化される。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

検討にあたって参照すべき現在の知見

<WGにおける意見>

「あるレベル以上の地震については、地震動のレベルの大小が発生確率の大小に必ずしも対応しない。」

- ・ 一般論として、非常に地震動のレベルが高い現象は確率が低くめったに起こらなくて、レベルの低いものほど頻繁に起こる。しかし、あるレベル以上の地震については、レベルの大小が発生確率の大小に必ずしも対応しないことが地震学の知識からは言えるのではないのか。(地震・地震動WG①石橋委員 P.23)
- ・ 地震学の見地から言うと、特に今後の日本列島をみた場合、例えば、東海地震、東南海地震及び南海地震等に関して言えば、非常にレベルの高いものの発生確率は、現実的にかかなり高いということは確かである。(地震・地震動WG②石橋委員 P.8)

「ハザードを表現するとき、超過確率で表現する場合とあるレベルの地震動が起きる確率で定義する場合と両方可能であるが、レベルの高い地震動の超過確率は必ず小さくなる。」

- ・ ハザードを表現するとき、超過確率で表現する場合とあるレベルの地震動が起きる確率で定義する場合と両方可能であるが、超過確率では全く理論的にはあり得ない。ある特定地域では、あるレベルの地震動では高いレベルの方がむしろ頻度は高く起こるということはあり得ますけれども、その場合でも、それよりさらに地震動が高い確率はということですずっとテールを引っ張っていきますと、これは地震動の確率の例えばばらつきのようなものを拾ってくるわけで、一番最後のところを見れば必ず非常に高いレベルの地震動はその頻度は小さくなっていくということだろうと思う。(地震・地震動WG②阿部委員 P.9)

「地震調査研究推進本部地震調査委員会の確率論的地震動予測地図とある地点の地震動を評価することとは、目的が異なるものであることに留意すべきである。」

- ・ 推本のレポートというのは、地震動を確率的に予測しようという目的のために検討された結果のレポートである。我々は今まで決定論的に地震動の大きさを評価してきたわけだし、これからもその部分は大きな比重を占める。そうした場合、例えば、グループ2をグループ5に含めるのではなくて、決定論的にやるとすれば、グループ2というのはグループ1に包絡されるようなものなので、扱い方と目的によって随分違う。(地震・地震動WG⑦衣笠委員 P.40)
- ・ 日本全国を概観して、国レベルでの何かを考えていくときに、こういうものを参考にしましょうという目的と、それからやはりローカルに、ある地点を見て、そこで施設の耐震性を考えましょうという話は、これは全然違うから、それは、はっきり目的が違うものだというようなことがこういうところでの議事録に残って、後で説明ができれば、それでいい。(地震・地震動WG⑦阿部委員 P.43)
- ・ 別の答えが出るのは、ある意味では当たり前だと思いますから、それはなぜ違うのかというのがきちんと説明できれば、これは、より詳しい調査に基づいた、より綿密な答えだから、こちらの方を尊重すべきだということをきちんと説明できればいいんだと思いますので、一般的には、個別サイトに対してはより綿密な検討ができていますから、そちらの方が原則的には尊重されるべき。(地震・地震動WG⑦翠川委員 P.43)
- ・ 地震調査委員会は全国を概観するという大きな目標があるために、かなり苦しいことをやっている感じがする。勿論、個々には技術的に参考になることがあるが、これが直ちにあるサイトでの地震動の評価に、これを非常に強く念頭に置くというのはちょっと

一般論としてはまずくて、十分慎重に検討すべき。(地震・地震動WG⑦石橋委員 P.43)

WGにおける検討資料

1. 震震W第1-4号 基準地震動の考え方の作業項目に関わるキーワード(案)
2. 震震W第3-3号 基準地震動に関する議論のまとめ
3. 震震W第7-4号 「震源を特定しにくい地震等の評価」に関する地震調査委員会の検討について

検討項目 22. 地質調査に関する基本的要求事項

<検討の方向性に関する意見>

- ・地震基盤までの地盤調査の重要性も明記すべき。
- ・現行の手引きは、「決められた項目を、抜けがないようにそろえる」が基本方針のようであるが、サイト毎に、また施設の設計の考え方で重要調査項目が異なるのが、地質・地盤の常であるので、調査の考え方、成果項目の規定について検討が必要。
- ・地質調査の範囲と項目は、立地地点および立地方式の多様性に対応して多様であり、統一的な調査範囲と項目を示すことに意味があるか。
- ・観測データを補うために地質調査に基づく演繹的な震源モデルの想定など、決定論的手法による検証が必要。
- ・海上立地方式を採用の際には、陸と異なる特別な地盤調査方法、護岸の耐震性評価の検討。
- ・耐震設計にどこまで地質特性が必要かを十分検討する必要がある。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○陸域の地質調査法

- ・各種の物理探査（重力探査，電磁探査，電気探査，磁気探査，弾性波探査），地下レーダ探査，微動アレー探査，ボーリング孔を用いた探査等（ボアホールテレビ，弾性波トモグラフィ，VSP等）が適切に選択され実施されている。
- ・活断層の具体的な活動履歴を解明することを目的としたトレンチ調査やボーリング調査が必要に応じて実施されている。
- ・活断層の活動性評価のため高精度の微小地震観測記録が用いられることもある。

○海域の地質調査法

- ・音波探査法は各種の技術（エアガン，ウォーターガン，スパーカ，ユニブーム，ソノプローブ）が普及している。

検討にあたって参照すべき現在の知見

<WGにおける意見>

「最近の調査法の進歩によって従来に比べ明確に解明できるようになってきたことを整理すれば、今までの指針のどこに問題があるかを見出すことができる。」

- ・ 今度本当に島根原発で設計用地震動を求めようとしてそれがきくのだったら、それが認識されていればもっと細かく詳細調査を、これは再三説明しているのと同じなのですが、その段階を今度はよく系統に入れながら、それでは今はこういうことで設計用地震動に対して今の現行指針でどこまでいけるのか、それから、どこにより新たな知見を入れたことによってどれだけ今まであいまいだったものを入れるかという検討をするともう少しははっきりするのではないかと思います。

結果的にはこれで大分そういうことがわかってきたといえますか、かなり従来よりはいろいろなマニュアル的なスタンダードができたし、詳細調査報告、弾性波探査も入れて——反射法ですね、それを入れていろいろできるようになったと。こういうところを結びつけていくと、まず今までの指針では流れの中でどこに最大問題があるかというのが見出せるのではないかとということから次の指針の話になると思います。(地震・地震動WG②小島委員 P.45)

「活断層調査の方法がどの程度確実なのかについて評価が必要。」

- ・ 活断層の存在を調査する方法が一体どれくらい確実なのかといったことについての評価が必要。(地震・地震動WG③阿部委員 P.27)

「鳥取県西部地震が起こった地域では、リニアメントの判読に関する現在の最高水準の調査手法によって活断層の存在を特定できたのか、それとも従来の手法でもそれが可能なのかというのは非常に重要なことなので、明確に示していただきたい。」

- ・ 震震W第2-3号による説明は、鳥取県西部地震が起こったところでリニアメントの判読に関して現在の最高水準の詳細な調査を行った結果、一見活断層がないところで起こったという地震に対しても、そうらしいものがあるという説明だった。それが1985年当時の手法でもできているのか、今の最新の手法でもってのはじめてああいうことができたのかということは非常に重要なことだと思うので、それはきちんと示していただきたい。(地震・地震動WG第4回石橋委員 P.19)

「鳥取県西部地震を震源が特定できる地震として扱っていかどうか判定するには、地下深部の構造調査の結果と地表での調査結果を合わせて検討する必要がある。」

- ・ 鳥取県西部地震関連地域での地下深部の構造調査で、活断層の三次元的な構造が把握できるかどうか、非常に興味深い。鳥取県西部地震を、震源が特定できる地震として扱っていかどうか判定するには、地下深部の構造調査の結果と地表での調査結果を合わせて検討する必要がある。(地震・地震動WG第9回佃委員 P.25)

WGにおける検討資料

1. 震震W第2-3号 震源が特定できない地震の地震規模と活断層評価手法について
2. 震震W第3-1号 鳥取県西部地震に関連する調査等について
3. 震震W第4-2号 活断層調査の調査範囲と調査内容
4. 震震W第4-3号 海域の地質調査手法
5. 震震W第9-3号 鳥取県西部地震に関連する調査等について

検討項目 23. 地震随件事象

<検討の方向性に関する意見>

- ・地震に関する安全性のうち、原子炉施設自体の耐震設計以外の例えば原子力施設の支持地盤の安定性、敷地内の地震時における地盤変動、背後斜面の安定性、津波に対する安全性などを指針で扱うかどうか。
- ・炉施設本体だけでなく周辺の施設（オフサイトセンター、通信機能、運搬機能等）の安全性についても検討すべき。

<検討にあたって調査すべき事項に関する意見>

○支持地盤の安定性の評価法

- ・地質・地盤構造の調査として、(1)地表地質調査による地質図の作成、(2)物理探査、ボーリング等による地質構造図作成、(3)試掘坑調査による地質構造図作成が必要
- ・安定解析に用いる地盤物性の変動への考慮。
- ・解析に用いる地震動、解析法・解析モデルと解析条件。
- ・地盤状況、地盤調査・安定解析等の精度と信頼性に応じた安全裕度等、安全裕度のあり方。

○背後斜面の安定性の評価法

- ・地質・地盤構造の調査として、(1)地表地質調査による地質図の作成、(2)物理探査、ボーリング等による地質構造図作成、(3)試掘坑調査による地質構造図作成が必要
- ・安定解析に用いる地盤物性の変動への考慮。
- ・解析に用いる地震動、解析法・解析モデルと解析条件。
- ・地盤状況、地盤調査・安定解析等の精度と信頼性に応じた安全裕度等、安全裕度のあり方。

○地盤変位の評価法

- ・地震時の二次的地盤変位の影響評価

○津波の評価法

- ・地震による津波の影響を評価するための具体的な指針を明記すべき。
- ・津波に関する安全性に関しては、(1)過去の津波評価、(2)津波シミュレーションによる評価、(3)設計津波高さの想定、(4)引き波に対する安全性等の検討が必要。

検討にあたって参照すべき現在の知見

1. 「地域防災計画における津波対策強化の手引き」

<WGにおける意見>

「津波の影響は高さだけではなく、砂移動による影響等も考慮すべきである。」

- ・ そもそも津波の何が原子力発電所のどこをどのように安全性を損なう恐れがあるかということを押えなければ、この津波のシミュレーションなんかも考えられない。津波の影響は高さだけではない。普通の風の波と違ってかなり海の底まで動くから、流速も深さ分布も影響する。高い津波が来て浸水するから危険なだけではなくて、破壊力のことも考慮すべき。(地震・地震動WG⑥石橋委員 P.20)
- ・ 最近の事例だと、津波で砂が巻き上げられたり、あるいは砂が移動することによる影響も考慮して、少なくとも1次審査は行われている。(地震・地震動WG⑥衣笠委員 P.22)
- ・ その場所場所の境界条件や波源の定数などによって、流速がどうなるのか、それからそこで砂を巻き上げる力やエネルギーの可能性がどうなのかということまでシミュレートするような手法を確立すべきではないか。
大津波が海岸の条件によっては取水塔のすぐそばだけじゃなく近所の砂をわっと持ってくるといような事例はあるんじゃないか。(地震・地震動WG⑥石橋委員 P.22)

「2次的な海底地滑りが津波の波源になる可能性が最近の研究で指摘されていることを忘れずに議論すべきである。」

- ・ 2次的な海底地滑りを大規模な地震がひきおこす。それが津波の波源になるんじゃないかという事例が最近の研究で指摘されるようになってきた。今後津波について議論を進めるときに、これを忘れない方がいい。(地震・地震動WG⑥大竹主査代理 P.25)

「現在行われている原子力発電所の安全性に対する津波の影響評価が十分であるかどうか、津波に関して今後検討する課題。」

- ・ 今回、ここで審査指針を検討する場合には、この今の9ページ、10ページ(震震W第7-1号)の記載に関して、これが十分であるかどうかというようなことが今後検討すべき課題ではないか。(地震・地震動WG⑦入倉グループリーダー P.15)

「津波を地震の随件事象として含めるかどうか、含める場合にはどう扱うべきかを議論すべき。」

- ・ 現行の指針の体系でも津波は一応見ることになっている。それを地震の随件事象として含めるかどうか、含める場合はどういうふうにして扱うべきかを議論すべきである。(地震・地震動WG⑦衣笠委員 P.13)

「安全委員会として津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなく、行政庁に任せて詳細設計の中でみてくれればよいのであれば、急いでやる必要はない。」

- ・ 安全委員会として津波に対する指針が必要であればこの議論に入れればいいし、そうではなくて、津波については今のところ行政庁に任せて、詳細設計の中でみてくれればいいということであれば、それは今慌ててやる必要はない。(地震・地震動WG⑦阿部委員 P.15)

「地盤の安定性評価において、解析断面に直行する方向において解析結果に大きく影響を与えるような、地形や地質構造の不連続がある場合には、今後は 3 次元での検討を行うべき時期に来ている。」

- ・ 地盤の安定性評価において、2次元では横方向の不連続を考慮できない。昔に比べて3次元の検討が簡単に行えるようになってきているので、これからは積極的に3次元での検討を行うべき時期に来ている。(地震・地震動WG⑥衣笠委員 P.38～39)

WGにおける検討資料

1. 震震W第6-1号 地震随伴事象 津波に対する安全性評価
2. 震震W第6-2号 地震随伴事象 基礎地盤及び周辺斜面の安全性評価
3. 震震W第7-1号 コメント回答

基本ワーキンググループから地震・地震動ワーキンググループへの提言

基本ワーキンググループ第6回会合において、これまでの基本ワーキンググループにおける議論を踏まえ、耐震設計審査指針の高度化に向けての項目ごとに規定すべき内容について、伊部委員及び平野委員の個人の意見として震基W第6-1号「指針高度化に対して項目ごとに規定すべき内容の提案（案）」（別紙参照）が提示された。

この提案は、主として地震・地震動ワーキンググループ又は施設ワーキンググループにて検討すべきとされた項目について、既に基本ワーキンググループで議論された内容を提言のかたちで記載したものであり、地震・地震動ワーキンググループで未だ検討していない項目も含まれている。

このため、本資料は、本ワーキンググループにおいて、本提案について各委員からの意見を伺い、地震・地震動ワーキンググループとして検討を行うため、配付する。

別 紙
(震基W第6-1号)

指針高度化に対して項目ごとに規定すべき内容の提案 (案)

はじめに

本文は、これまで基本WGでなされてきた議論を現行の耐震設計審査指針の高度化に向けての項目ごとに規定すべき内容の提案としてまとめたものである。主として施設WG, 地震・地震動WGにて検討すべきとされた項目についても、基本WGで議論されたものについては、その議論を提言のかたちで記載している。なお、現状、未検討と思われる項目については、今後の検討課題として記載した。

1. 指針の姿について

本指針は必要とされる耐震性能を規定するものとし、それを実現する詳細な設計方法・条件などは民間指針で規定するものとする。

2. 指針の適用範囲について

本指針は、陸上の原子力施設に適用する。しかし、陸上以外の原子力施設に対しても基本的な考え方は参考となるものである。

なお、本指針に適合しない場合があっても、その理由が妥当であればこれを排除するものではないとする。

3. 基本方針について

3. 1 地震時安全確保の考え方

性能を具体的に明らかにする観点から、1) この指針で定める基準地震動を経験しても安全評価指針を満足すること。2) 重大な炉心損傷及び著しい放射性物質の早期の外部放出を伴うような格納容器破損の発生頻度を、国際的に合意されているレベル以下にすること、の二つを目標として規定するのはどうか。

3. 2 新立地様式への適用

現行指針の剛構造・岩着規定は削除し、第四紀層地盤立地、免震制振構造の適用も可能としてはどうか。

3. 3 支持地盤、地震随件事象への配慮

1) 支持地盤は支持する建物・構築物に適用される基準地震動に対して支持機能を損わないことの確認を行うこと、2) 地すべり、斜面の崩壊及び津波等の可能性がある場合には、詳細な調査・解析に基づいて検討を行い、支障ないことの確認を行うこと、を記載してはどうか。

4. 耐震設計上の重要度分類

(1) 原子炉施設の安全機能を有する構築物、系統及び機器の安全機能の重要度分類は、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」(以下、重要度指針)で規定されている。この重要度指針は原子力施設の本質的な安全機能に関わる合理的な考え方に基づいているものであり、耐震重要度分類にあたっては、基本的に、これと整合するものとしてはどうか。

(2) 重要度指針では、構築物、系統及び機器を、その有する安全機能の重要度に応じて、それぞれクラス1～3に分類している。したがって、耐震重要度分類にあたっては、原則として、重要度指針のクラス1を耐震クラス1、重要度指針のクラス2を耐震クラス2、重要度指針のクラス3を耐震クラス3とし、3種類の耐震クラスを設定してはどうか。

- (2') 重要度指針のクラス1を耐震クラス1、クラス2及び3を耐震クラス2とし、二種類の耐震重要度を設定する。
- 1) 重要度指針のクラス1は炉心の著しい損傷・燃料の大量破損、異常状態発生時の事象の拡大防止と収束に関連する安全機能で、クラス2及び3の安全機能とはその重要性において格段の差がある。放射能の外部放出は、クラス2と3の間に当然差があるものの、異なる耐震設計を用いる必要性があるとは考えられない。
 - 2) 「使用済み燃料貯蔵」に関する安全機能は耐震クラス1とする。
- (3) 耐震設計特有の留意事項については、重要度指針の規定に拘わらず別に定めるべきであり、それには次の点を含めてはどうか。
- 1) 異常の発生防止機能と影響緩和機能との区別はしない。
 - 2) 重要度指針でいう「当該系の機能遂行に直接必要となる関連系以外の関連系」のうち、系統及び機器を収納・支持する機能（建物・構築物、系統及び機器の支持構造物）については、当該関連系統・機器の耐震設計に用いられる基準地震動に対して、安全機能（支持機能）を損なわないことの確認を行うものとする。
 - 3) 建物・構築物、系統及び機器間の相互影響については、上位の耐震クラスに適用される基準地震動に対して、それぞれ要求される安全機能が損なわれないことの確認を行う。
 - 4) 重要度クラスの異なる系統及び機器が構造的に連続している場合には上位の重要度をもつものとする。
 - 5) 耐震設計上重要な設備の耐震重要度分類には、地震P S Aの知見も反映する。

<今後の検討課題>

- 1) 記載以外の記載項目の抽出及び記載内容の検討
- 2) 代表プラントに対する地震P S Aの実施と、耐震重要度分類への反映

5. 耐震設計評価法

- (1) 耐震クラス1の安全機能については設計用水平・上下方向地震動による地震応答解析から求める設計用地震荷重と、同時に作用する他の荷重を組合せて施設に生ずる応力・変形等を算定し、要求される安全機能の健全性が損なわれないことの確認を行うこととしてはどうか。
- (2) 耐震クラス2に対応する基準地震動としては、耐震クラス1に適用される基準地震動の周期ごとの振幅を α 倍（例えば $1/2$ 倍）とした地震動とすること。地震力の算定、荷重の組合せと応力等の算定、許容状態との比較と安全機能の確認についてはクラス1と同様とすること、としてはどうか。耐震クラス3は一般施設と同等以上の耐震性を有するものとしてはどうか。
- (2') 耐震クラス2については、重要性の程度、基準地震動の想定法、建築基準との比較などを考慮すると、設計用応答スペクトルを地震力スペクトルと見なし、それを $1/3$ にしたものを用いて地震力を求め、弾性設計（上下方向地震力は考慮しない）を行う。

<今後の検討課題>

- 1) 耐震クラス2の設計用地震力の設定（ α の値の設定）【5.(2)に対応】

6. 設計用地震・基準地震動の設定

6. 1 設計用地震

(1) 設計用地震の設定については次のようにしてはどうか。

- 1) 耐震設計は、敷地周辺に分布する震源のうち、敷地に大きな影響を及ぼすと予想されるものを対象とするべきであり、こうした震源を特定する必要がある。大きな地震動と大きな地震とは必ずしも一致しないので各震源による敷地における地震動に着目し、大きな地震動をもたらす設計用地震を設定する必要がある。
- 2) 活断層の活動時期に関する最新知見から、敷地周辺に存在し、更新世後期以降に活動したすべての震源（活断層及び過去の被害地震）を調査の対象とするべきである。
- 3) 原子力サイト周辺の地震は、プレート境界地震、スラブ内地震、プレート内地震に大別される。これらのモデル化は歴史地震、活断層、地震地体構造データ等を用いて行う。
- 4) 設計用地震としては、歴史地震、活断層、地震地体構造に基づくものと、これらに加え、後述の震源を予め特定できない地震も考慮する必要がある。
- 5) これらの地震のモデル化に当たっては、不確実さを考慮する必要がある。
- 6) 関連知見の不足やデータベースの不充分さを地震地体構造的見地、他分野での関連研究成果の参照等、適切な方法で地震規模を補正する必要がある。

(2) 歴史地震については次の程度の記載を行ってはどうか。

- 1) 古文書等に基づく過去の被害地震をデータベース化した歴史地震カタログは、対象地域や時代によって地震規模及び発生場所に差があることに留意する必要がある。また、最新の地震考古学の知見と併せて活用することが重要である。
- 2) 歴史地震データの活用にあたっては、後述の地震地体構造を反映した地域特性を考慮し、統計・確率モデルとして取り扱うことが重要である。また、繰り返し周期が認められる地震について着目する必要がある。

(3) 活断層については次の程度の記載を行ってはどうか。

- 1) トレンチ調査データ、ボーリングデータ、微小地震観測データ等が、近年、急速に蓄積されてきているので、これらの成果を積極的に活用する必要がある。
- 2) 活断層群のセグメンテーションやグルーピングの仕方、リニアメントの判読方法、断層長さや地震規模の関係等については、現地における詳細な調査結果や専門家の知見を反映することが重要である。
- 3) 海域の活断層は、陸域に比べて情報量が少ないので、十分な調査を行い、調査結果をモデル化に反映することが重要である。
- 4) 活断層パラメータの設定にあたっては、不確実さを考慮して行うことが重要である。
- 5) 活断層の長さや地震の規模との関係を表す経験式は最新の研究をも踏まえてその信頼性を十分確認のうえ、使用する必要がある。また、平行、雁行、断続する断層が同時に活動すると判断される断層群の地震規模の確定は当該断層群固有の性質であるので、現地調査、専門家の見解を踏まえて十分な検討を行い、適切な地震規模を決定する必要がある。

(4) 地震地体構造についても本文マターは次の程度か。

- 1) 地震地体構造については、地質学、地震学等の最新知見を反映した多くのマップが提案されている。地震地体構造は、サイト条件で異なっているので、一律の適用は避ける等適用方法に注意が必要である。

(5) 震源を予め特定できない地震については次のことを記載するのがよい。

- 1) 地表付近での活断層の痕跡や過去に地震発生の履歴がなく、物理探査等でも見逃す可能性のある、陸域の浅い地殻内で発生する地震、震源を予め特定できない地震を考慮する必要がある。この地震の規模、発生場所、発生頻度等に関する地震学・地震工学の最新知見や確率論的手法等を反映し、地震諸元を設定することが重要である。

6. 2 基準地震動

- (1) 基準地震動については次の程度のことを記載してあるべきである。
 - 1) 基準地震動は、水平動及び上下動について規定する。
 - 2) 基準地震動は、その特性を表す応答スペクトル（周波数特性）と、それにフィッティングさせた時刻歴波形（基本は加速度波形）で規定する。
 - 3) 基準地震動は、解放基盤表面（概ね第三紀層及びそれ以前の堅牢な岩盤であって著しい風化を受けてなく、それ以浅の表層や構造物がないものと仮定した上で、著しい高低差が無く相当の広がりを持つ地盤表面）で設定するものとする。
 - 3') 地震動特性という観点から、十分に広い領域（平面及び深さ：地震基盤～地表）の地質・地盤構造と構成地層の地震動伝播特性を把握することが望ましい。地質構造及び局地的地盤構造はサイトごとに大きく異なるものであるため、基準となる地震動特性はサイト特性に応じた現実の適切な地盤位置に設定する必要がある。この場合、地震動特性評価に採用する手法との整合性に留意しなければならない。
 - 4) 振幅特性は設備の地震応答挙動把握の必要性を考慮すると、速度の他、変位、加速度での表現も必要である。
- (2) 距離減衰式による地震動の評価について、次の程度の記載があつてよい。
 - 1) 基準地震動は、最新のデータベースに基づく震源特性を反映した信頼性のある距離減衰式を用いた応答スペクトルに基づいて評価する必要がある。
 - 2) 距離減衰式による応答スペクトルは、観測データの平均的な地震動特性を表わしている場合はそのばらつきを考慮する必要がある。
 - 3) 距離減衰式による応答スペクトルが、地震規模（マグニチュード）と震源距離で定義される場合には、震源距離は断層の地震動エネルギー放出領域を考慮した等価震源距離で評価する必要がある。
 - 4) 震源の深さは必ずしも必要な情報が得られないこともあるので、信頼性の高い評価法によって推定することが重要である。
 - 5) 既存の距離減衰式はその導出の過程から、当該サイトにそのまま用いることが適切でない場合もあるので、サイト特性に応じて修正を加える必要性について検討すべきである。
- (3) 断層モデルによる地震動の算定技術の進歩に伴い、このことについて次の程度の記載があつてよい。
 - 1) 震源が近い場合には、震源過程の影響が大きいので断層モデルを用いた地震動特性評価が必要である。
 - 2) 断層モデルの解析法は、各種の手法が提案されているが、必要な周波数特性を考慮した適切な手法を用いる必要がある。
 - 3) 断層モデルの解析パラメータ（巨視的パラメータ、微視的パラメータ）は、最新の知見に基づいて設定する必要がある。
 - 4) 複数の評価法によって比較検討して、信頼性向上を図るべきである。
 - 5) 解析手法に応じて、それらの不確定性に適切な工学的考慮を加えて評価を行う必要がある。
- (4) 震源を予め特定できない地震による地震動については次のことを記載するのがよい。
 - 1) 詳細な地震・地盤調査を行っても地表付近の断層の痕跡（亀裂等）を発見できない近距離の地震、すなわち震源を予め特定できない地震については、過去の地表地震断層を伴わない地震の観測記録のデータベースに基づいた地震動評価が必要である。
 - 2) 過去の地表地震断層を伴わない地震の観測記録のデータベースには限りがあることが考えられるので、地表に断層が現れない地震について、地震規模、地震発生頻度、地表に断層が現れない断層の特性等を確率モデルで表すことを考慮し、断層モデルまたは距離減衰式等による評価手法を用いて地震動評価を行う必要がある。
- (5) 時刻歴波形の作成について、次の程度の記載があつてよい。
 - 1) 時刻歴波形のスペクトルは設計用スペクトルに対して十分に適合させる必要がある。適合性については、全体としてのスペクトル強さと、周波数領域での局所的な谷に留意する必要がある。

- 2) 時刻歴波形の継続時間及び包絡関数については、信頼性の高い十分なデータベースに基づいた経験式を用いることが必要である。
- 3) 時刻歴波形の特性としては、周波数特性の経時変化（位相特性）を考慮することも大事であり、当該サイトでの地震観測記録も参考にする必要がある。

<今後の検討課題>

- 1) 基準地震動の定義位置の設定
- 2) 震源を予め特定できない地震に関し、地震の観測記録データベースに基づいた評価結果と地震特性等に確率モデルを考慮した評価結果の基準地震動策定への反映。

7. 地震力の算定

(1) 応答解析

- 1) 地震応答解析は周波数領域及び時間領域で行う場合があり、それらの解析法は様々であるが、何れの方法であっても、周辺の地盤構造とその動特性、構造物の構造特性、建物の埋め込みの程度などと整合するものである必要がある。また、各解析方法には適用範囲、適用制限があることに注意しなければならない。
- 2) 地震応答解析には基礎の浮き上がりの影響を考慮する必要がある。
- 3) 非線形地震応答解析を行う場合には、地盤や対象となる構築物・系統及び機器の非線形挙動を試験・実験に基づいて把握し、安全余裕を適切に考慮して解析に反映させることが重要である。

(2) 入力地震動への変換

- 1) 基準地震動から解析モデルへの変換は、基準地震動の設定位置、局地的地盤条件、地震応答解析モデルの形態等との整合性を考慮して行う。

(3) 解析モデル、解析条件の設定

- 1) 解析には多くの不確定な要素を伴うことを念頭におき、用いる手法の不確定性、解析条件の変動の可能性を試験等の実証的根拠に基づいて把握し、適切な安全余裕を考慮する。
- 2) 上下方向地震応答解析に際しては、解析モデルの構築、解析条件の設定などが水平方向の場合とは異なるので、関連特性を十分に調査して解析に考慮する必要がある。なお、水平方向地震力と上下方向地震力との組合せは、必ずしも実挙動に基づくものでなくとも、合理的、現実的方法を用いることを許容すべきである。

8. 荷重の組合せと許容状態

(1) 荷重の組合せについて次の程度の記載が必要ではないか。

- 1) 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) 地震の従属事象として、地震とそれによって引き起こされるプラント状態との同時性を考慮する。また、地震とは独立な事象として、地震の発生いかんにかかわらず生ずる荷重と地震荷重との同時性についてはそれらの事象の発生頻度、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。

(2) 許容状態について以下のような記載を行うべきである。

- 1) 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。
- 2) 動的安全機能の評価については、原則として試験・実験に基づく裏付けを行う。
- 3) 耐震クラス1、2の安全機能については、採用する設計用地震・地震動の策定法、設計地震力の算定法、応力等の算定法などの精度や信頼性との整合性を考慮のうえ、当該施設の有する機能維持限界に着目した合理的な制限状態とする。【4.(2)に対応】
- 3') 耐震クラス1の安全機能については、設計用地震・地震動の想定法、設計地震力の算定法、応力等の算定法などの精度や信頼性との整合性を考慮のうえ、当該施設の有する機能維持限界に着目した合理的な

制限状態が望ましい。ただし、当該施設の非線型性の程度に応じた適正な安全余裕を設けることが重要である。耐震クラス2については、その安全機能の重要性から、比較的簡便な耐震設計法でもよいと考えられるので弾性範囲の設計が適当であろう。

- 4) 支持機能、重要な安全機能への二次的影響、支持地盤や周辺斜面の安定性など、特別な安全機能の評価については、当該安全機能の性質を考慮し、目的に応じた合理的な制限状態（大変形の発生、破断、支持機能維持など）を用いる。

9. その他

- (1) 耐震安全性評価について次のような記載を行うべきである。

詳細設計終了後又は建設完了時の適当な時期に、確率論的地震安全評価などにより耐震安全性評価を行い、耐震設計の適切さを自主的に確認する。

- (2) 構造信頼性の確率論的評価については、今回の議論を踏まえて次の程度の記載を行うべきである。

安全目標が設定され、確率論的安全評価の実施によって各種の知見が蓄積された場合には、構造信頼性の確率論的評価手法が有効な設計手法となることが考えられる。

<今後の検討課題>

- 1) 運転管理に係わる考慮と新立地、事故のあり方の基本的要求事項については、現状、内容検討がされていないが、少なくとも指針への記載の要否について検討を行う必要がある。
- 2) 耐震安全性評価は、自主的实施または規制要求か、指針記載の要否、記載の場合は本文か解説か
- 3) 構造信頼性の確率論的評価の実施は、指針に記載すべきか、記載の場合は本文か解説か