

電源開発株式会社
大間原子力発電所

基準地震動策定の考え方

平成20年3月
原子力発電安全審査課

「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の策定の考え方(水平動)

2次審査における指摘に伴う検討事項

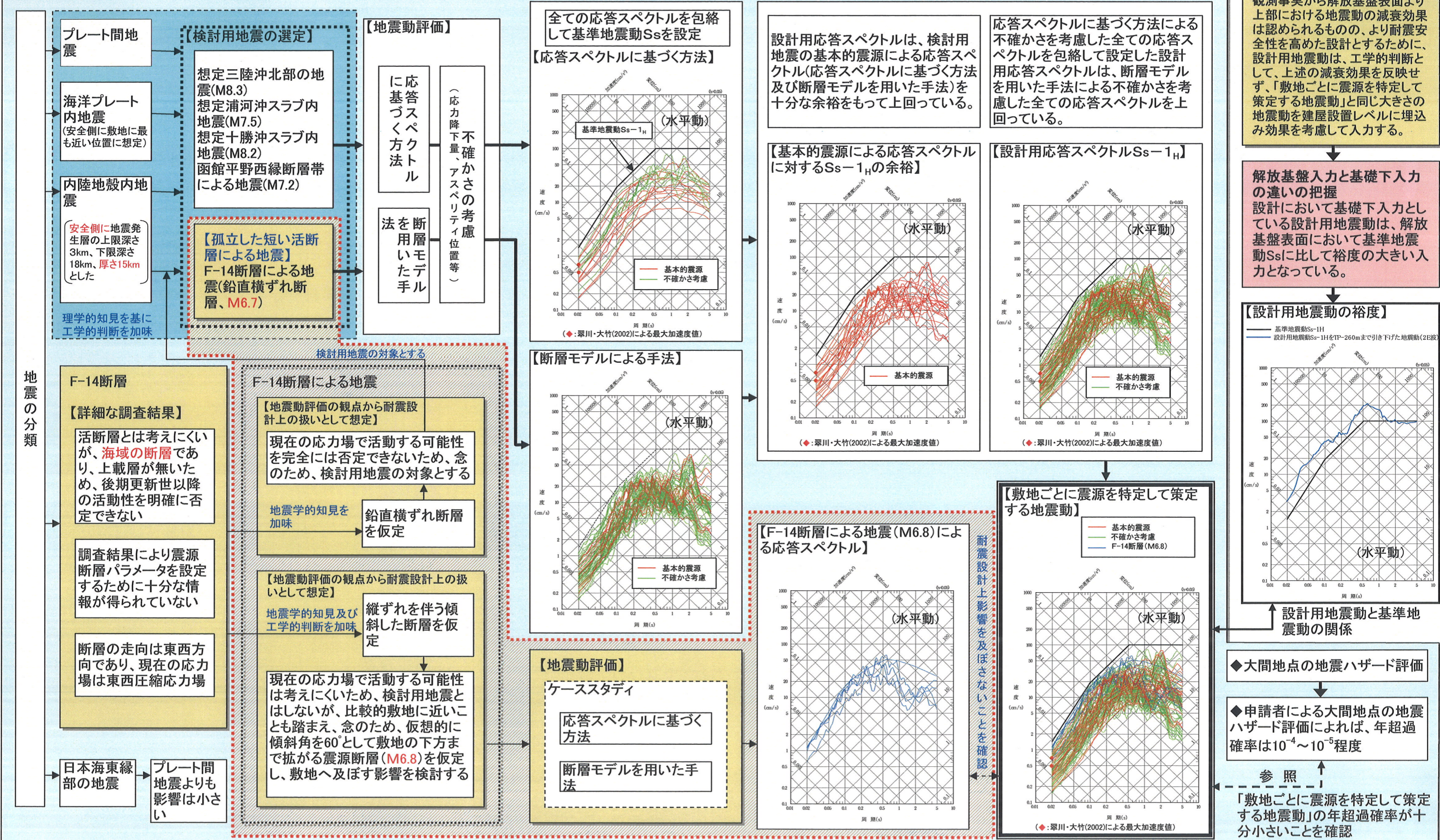
【指針】「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」(中略)について、敷地における解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することとする。

【指針検討分科会報告書】「詳細な調査を前提とした『敷地ごとに震源を特定して策定する地震動』の策定に最大限の努力を払うことにより、この『震源を特定せず策定する地震動』の方は、それでも評価しそこな敷地近傍の地震に対する備えという性格のもと、補完的な位置づけとして規定することが適切であり、敷地近傍の観測記録が得られている地震の全てを対象とすることは必要ではないのではないかとの意見が大勢を占めた。」

【指針】「この考え方を具現化して策定された基準地震動 S_s の妥当性については、申請時点における最新の知見に照らして個別に確認すべきである。なお、その際には、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率的な評価等を必要に応じて参考とすることが望ましい。」

【指針】「解放基盤表面が施設を設置する地盤に比して相当に深い場合は、解放基盤表面より上部の地盤における地震動の増幅特性を十分に調査し、必要に応じて地震応答評価等に反映させることとする。」

■敷地ごとに震源を特定して策定する地震動



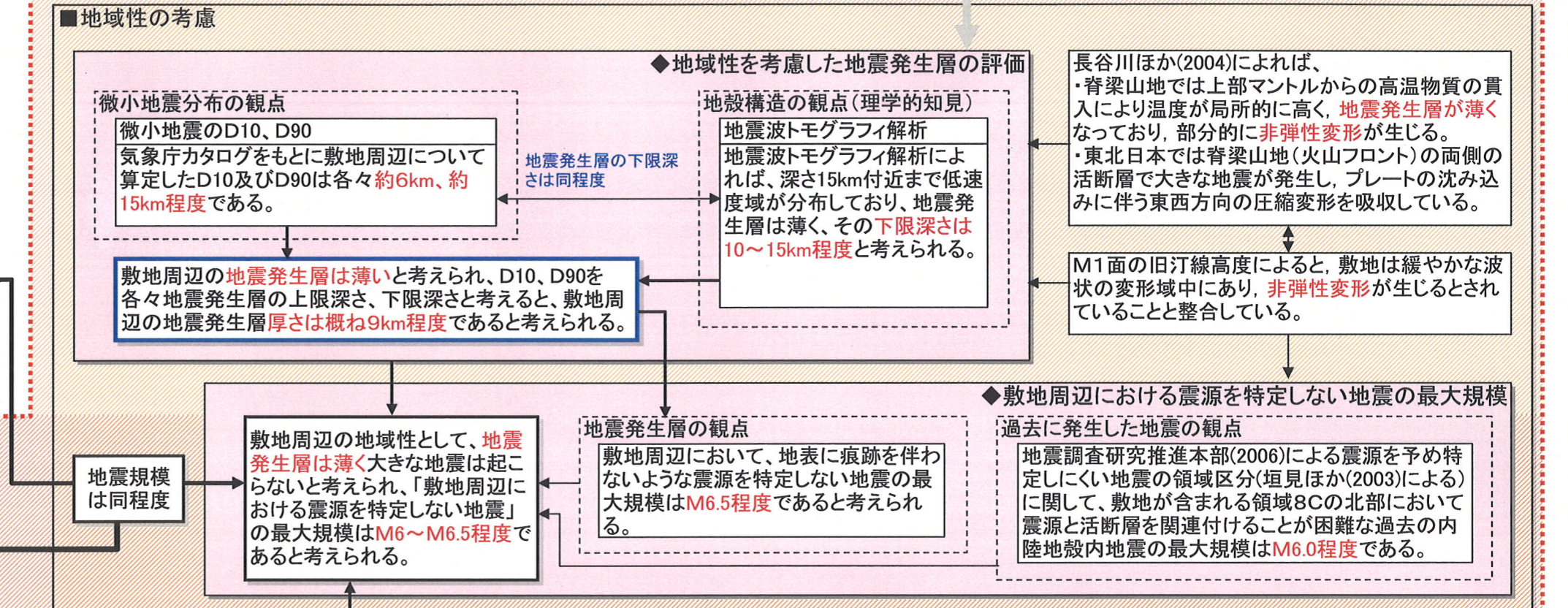
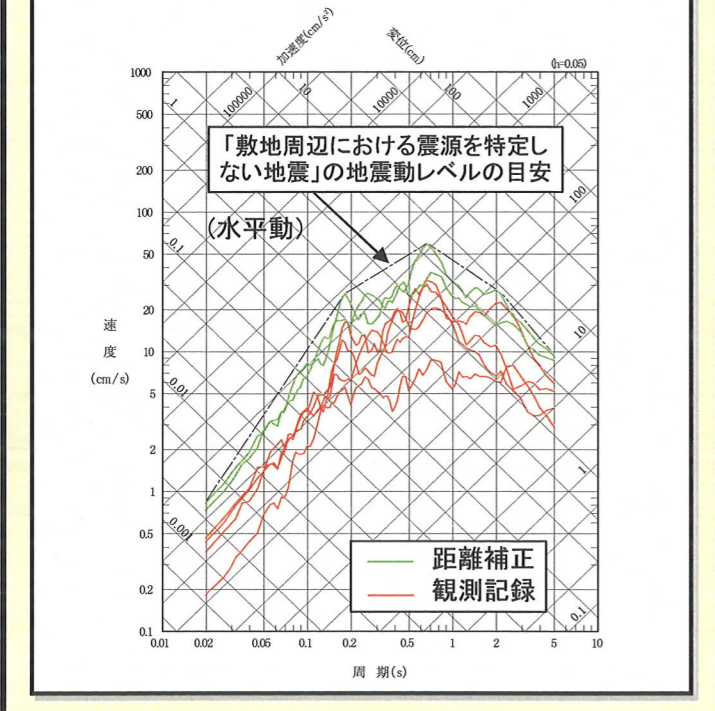
(指針)
「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、(後略)

(指針 報告書)
詳細な調査を前提とした「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の策定に最大限の努力を払うことにより、この「震源を特定せず策定する地震動」の方は、それでも評価しそなう敷地近傍の地震に対する備えという性格のもと、補完的な位置づけとして規定することが適切であり、敷地近傍の観測記録が得られている地震の全てを対象とすることは必要ないのではないかとの意見が大勢を占めた。

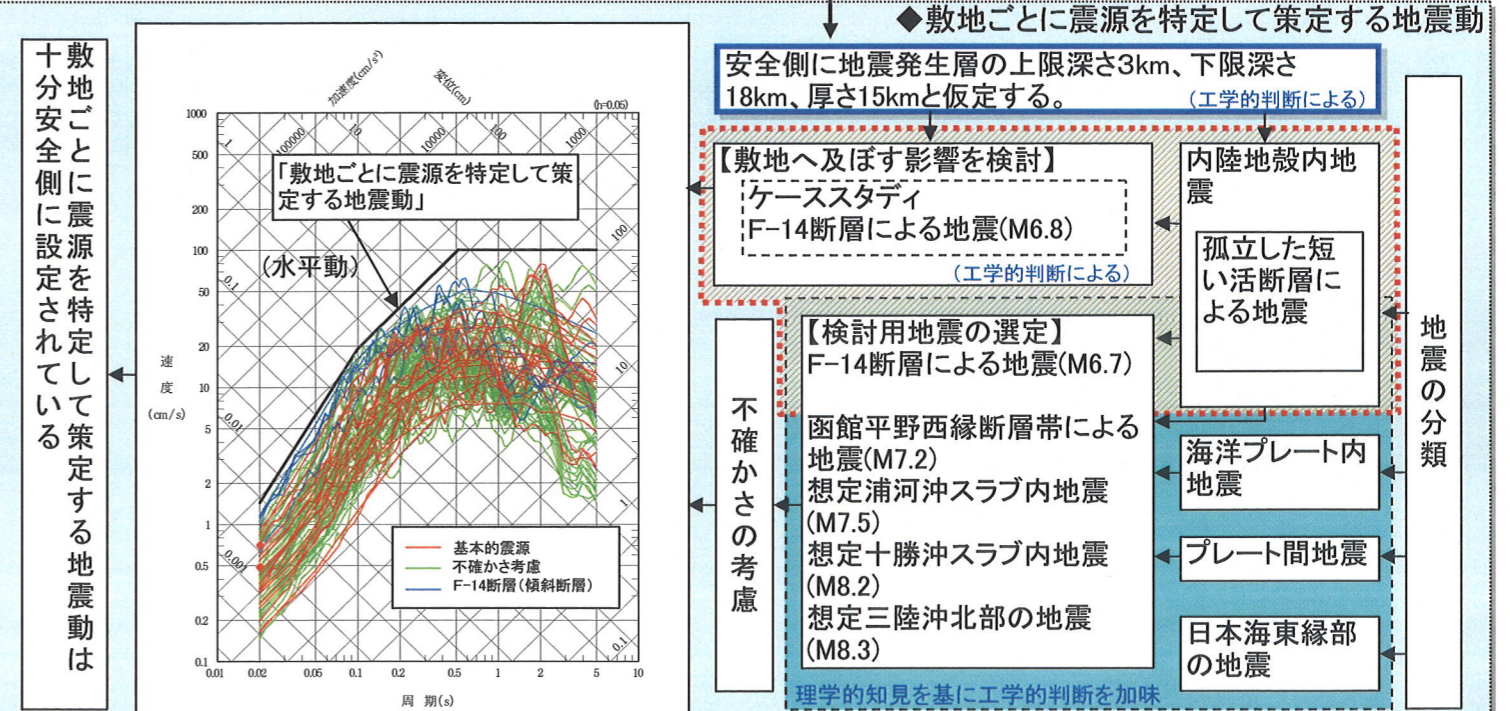
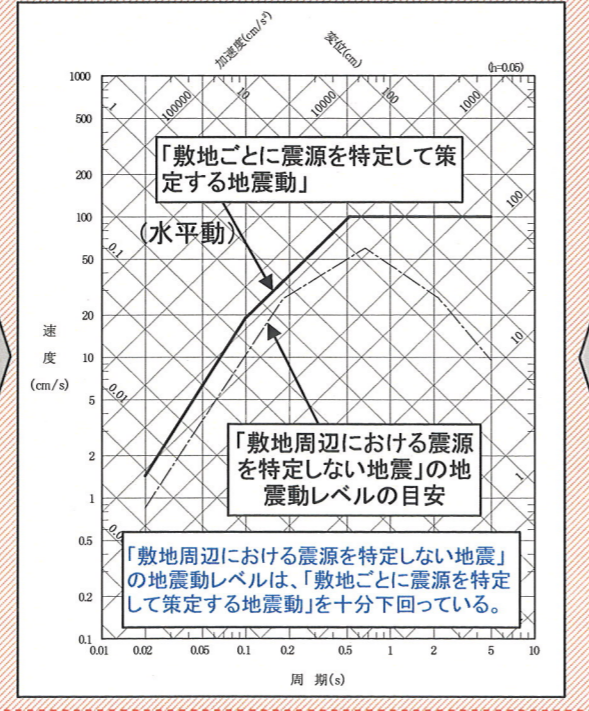
(指針 解説)
「震源を特定せず策定する地震動」の策定方針については、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、(中略)申請時点における最新の知見に照らして個別に確認すべきである。

■「敷地周辺における震源を特定しない地震」の地震動
敷地において震源近傍の地震観測記録は得られていない
国内で発生した、活断層と関連付けることが困難な内陸地殻内地震で、震源近傍の岩盤上の観測記録が得られている地震は、加藤ほか(2004)によると、
①1997年3月26日の鹿児島県北西部の地震(M6.6) (鶴田ダムの観測記録)
②1997年5月13日の鹿児島県北西部の地震(M6.4) (鶴田ダムの観測記録)

「敷地周辺における震源を特定しない地震」の最大規模はM6~M6.5程度で、鹿児島県北西部の2地震の規模と概ね同程度であり、これら2地震の観測記録もしくはこれらの観測記録を安全側に設定した地震発生層の上限深さ3kmまで近づけて距離補正を行った地震動評価結果が目安になる



長谷川ほか(2004)によれば、
・脊梁山地では上部マントルからの高温物質の貫入により温度が局所的に高く、地震発生層が薄くなっており、部分的に非弾性変形が生じる。
・東北日本では脊梁山地(火山フロント)の両側の活断層で大きな地震が発生し、プレートの沈み込みに伴う東西方向の圧縮変形を吸収している。
M1面の旧汀線高度によると、敷地は緩やかな波状の変形域中にあり、非弾性変形が生じるとされていることと整合している。



【指針】(前略)「震源を特定せず策定する地震動」について、敷地における解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することとする。

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

【指針検討分科会報告書】「詳細な調査を前提とした『敷地ごとに震源を特定して策定する地震動』の策定に最大限の努力を払うことにより、この『震源を特定せず策定する地震動』の方は、それでも評価しそこな敷地近傍の地震に対する備えという性格のもと、補完的な位置づけとして規定することが適切であり、敷地近傍の観測記録が得られている地震の全てを対象とすることは必要ではないのではないかとの意見が大勢を占めた。」

補完的な位置づけ

■震源を特定せず策定する地震動

【指針】「震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的变化等の地震動特性を適切に考慮して基準地震動Ssを策定することとする。」

【震源近傍の地震観測記録】

- ・敷地において震源近傍の地震観測記録は得られていない。
- ・震源近傍の岩盤上の観測記録を収集した文献として加藤ほか(2004)がある。

震源近傍ではないが、観測記録が得られた震源を特定しない地震として1984年長野県西部地震(M6.8)がある。

最近までに国内で震源近傍の観測記録が得られた震源を特定しない地震は、

- ①1997年3月26日鹿児島県北西部の地震 (M6.6, Xsh=9km, 鶴田ダム)
- ②1997年5月13日鹿児島県北西部の地震 (M6.4, Xsh=14km, 鶴田ダム)

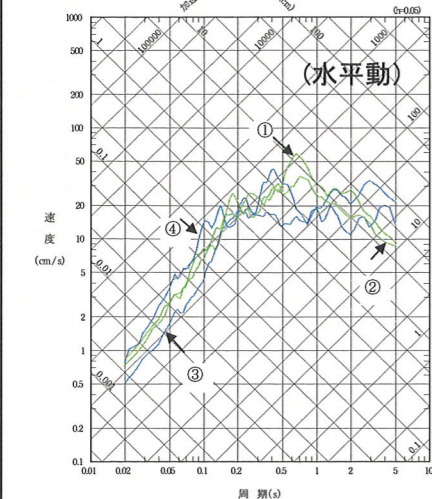
観測記録数が少ないことを踏まえ、参考として、1984年長野県西部地震の観測記録について、距離減衰式に基づく距離補正により、念のため、安全側に設定した地震発生層の上限深さに相当する断層最短距離3kmにおける地震動を推定。

敷地周辺における震源を特定しない地震の最大規模はM6~M6.5程度と考えられ、1997年鹿児島県北西部の2地震と同程度である。このことから、これら2地震の観測記録もしくはこれらの観測記録を安全側に設定した地震発生層の上限深さ3kmまで近づけて距離補正を行った地震動評価結果が目安になる

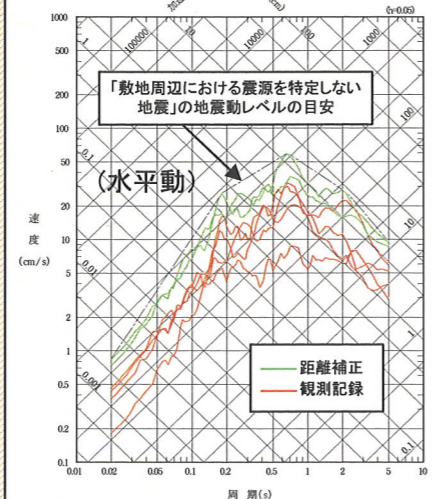
1997年鹿児島県北西部の2地震による震源近傍の観測記録を包絡するように「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを設定する。

【観測記録の距離補正】

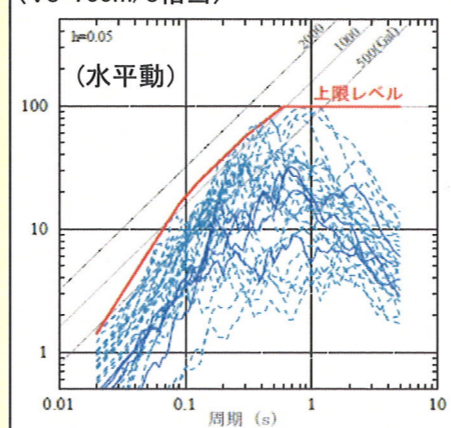
- ①1997/3/26 鹿児島県北西部の地震 鶴田ダムの観測記録の距離補正
- ②1997/5/13 鹿児島県北西部の地震 鶴田ダムの観測記録の距離補正
- ③1984年長野県西部地震 奈川渡ダムの観測記録の距離補正
- ④1984年長野県西部地震 高根第一ダムの観測記録の距離補正



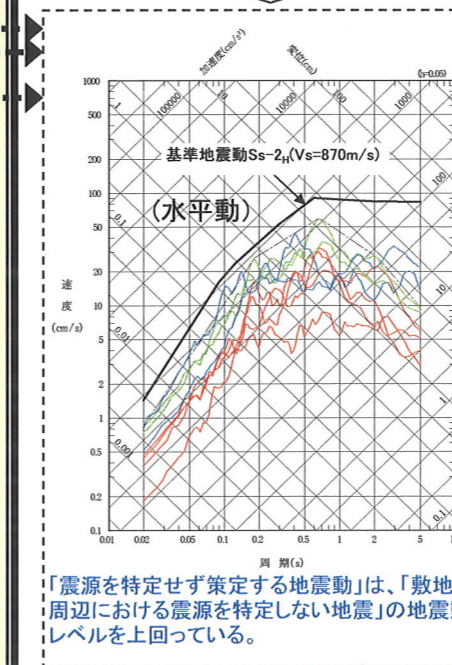
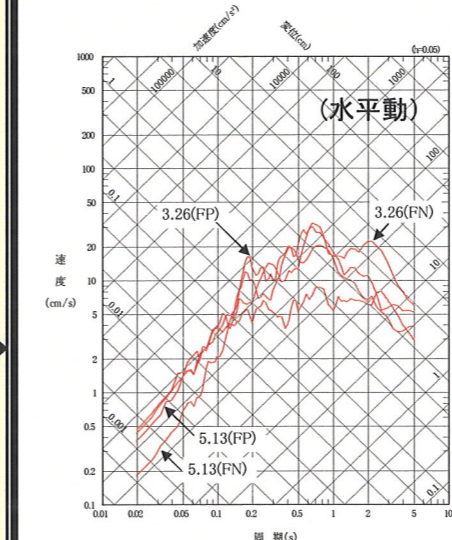
【地域性の考慮(前頁参照)】



加藤ほか(2004)による「震源を事前に特定できない地震による水平動の地震動の上限レベルの応答スペクトル」(Vs=700m/s相当)



【震源を特定せず策定する地震動】



◆大間地点の地震ハザード評価

◆申請者による大間地点の地震ハザード評価によれば、年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度

震源を特定せず策定する地震動の年超過確率が十分小さいことを確認

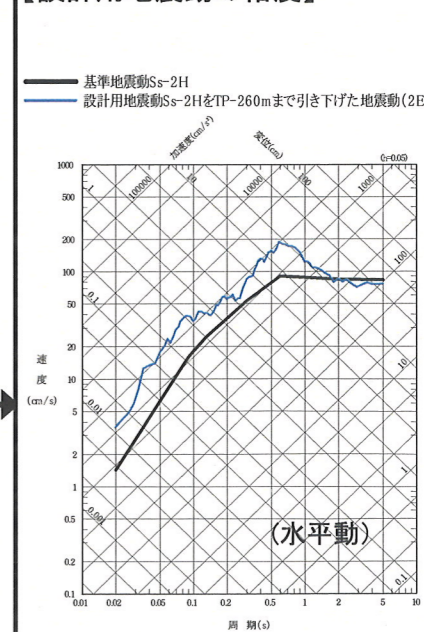
設計用地震動と基準地震動の関係

【指針】「解放基盤表面が施設を設置する地盤に比して相当に深い場合は、解放基盤表面より上部の地盤における地震動の増幅特性を十分に調査し、必要に応じて地震応答評価等に反映させることとする。」

観測事実から解放基盤表面より上部における地震動の減衰効果は認められるものの、より耐震安全性を高めた設計とするために、設計用地震動は、工学的判断として、上述の減衰効果を反映せず、「震源を特定せず策定する地震動」と同じ大きさの地震動を建屋設置レベルに埋込み効果を考慮して入力する。

解放基盤入力と基礎下入力の違いの把握
設計において基礎下入力として設計用地震動は、解放基盤表面において基準地震動Ssに比して裕度の大きい入力となっている。

【設計用地震動の裕度】



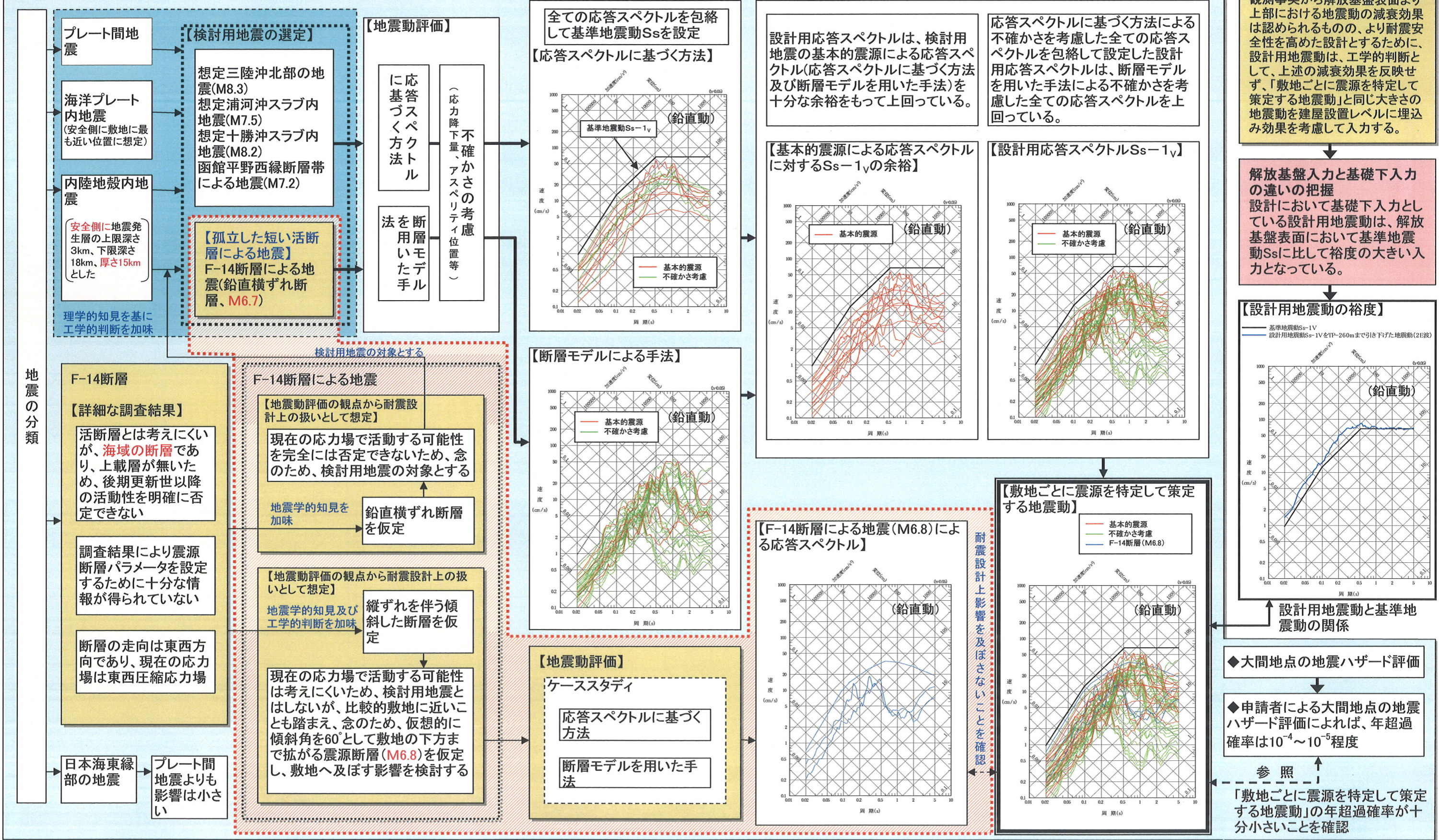
【指針】「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」(中略)について、敷地における解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することとする。

【指針検討分科会報告書】「詳細な調査を前提とした『敷地ごとに震源を特定して策定する地震動』の策定に最大限の努力を払うことにより、この『震源を特定せず策定する地震動』の方は、それでも評価しそこなう敷地近傍の地震に対する備えという性格のもと、補完的な位置づけとして規定することが適切であり、敷地近傍の観測記録が得られている地震の全てを対象とすることは必要ではないのではないかと意見が大勢を占めた。」

【指針】「この考え方を具現化して策定された基準地震動 S_s の妥当性については、申請時点における最新の知見に照らして個別に確認すべきである。なお、その際には、地表に明瞭な痕跡を示さない震源断層に起因する震源近傍の地震動について、確率的な評価等を必要に応じて参考とすることが望ましい。」

【指針】「解放基盤表面が施設を設置する地盤に比して相当に深い場合は、解放基盤表面より上部の地盤における地震動の増幅特性を十分に調査し、必要に応じて地震応答評価等に反映させることとする。」

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動



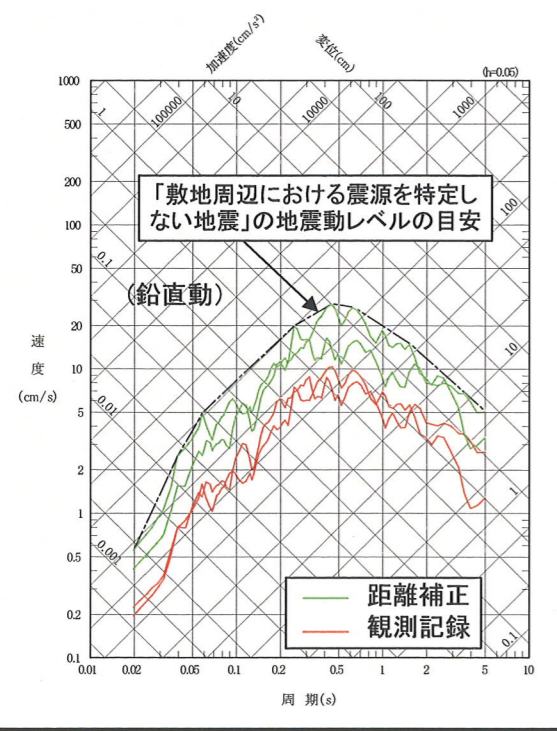
(指針)
「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、(後略)

(指針 報告書)
詳細な調査を前提とした「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の策定に最大限の努力を払うことにより、この「震源を特定せず策定する地震動」の方は、それでも評価しそごう敷地近傍の地震に対する備えという性格のもと、補完的な位置づけとして規定することが適切であり、敷地近傍の観測記録が得られている地震の全てを対象とすることは必要ないのではないかと意見が大勢を占めた。

(指針 解説)
「震源を特定せず策定する地震動」の策定方針については、敷地周辺の状況等を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないことから、(中略)申請時点における最新の知見に照らして個別に確認すべきである。

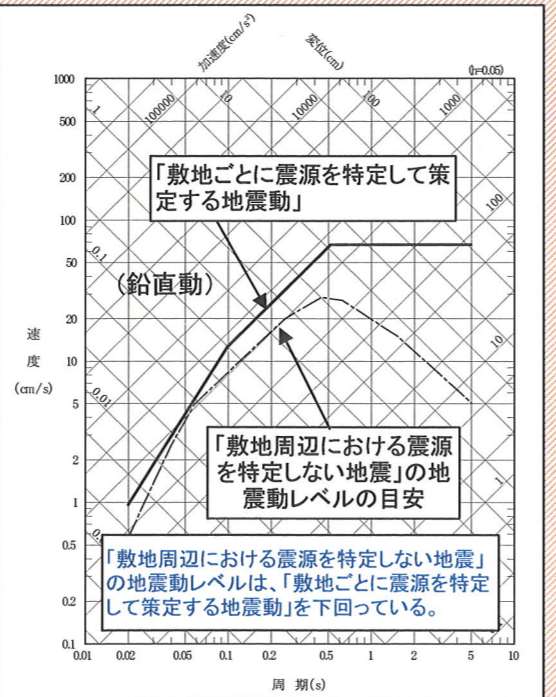
■「敷地周辺における震源を特定しない地震」の地震動
敷地において震源近傍の地震観測記録は得られていない
国内で発生した、活断層と関連付けることが困難な内陸地殻内地震で、震源近傍の岩盤上の観測記録が得られている地震は、加藤ほか(2004)によると、
①1997年3月26日の鹿児島県北西部の地震(M6.6)(鶴田ダムの観測記録)
②1997年5月13日の鹿児島県北西部の地震(M6.4)(鶴田ダムの観測記録)

「敷地周辺における震源を特定しない地震」の最大規模はM6~M6.5程度で、鹿児島県北西部の2地震の規模と概ね同程度であり、これら2地震の観測記録もしくはこれらの観測記録を安全側に設定した地震発生層の上限深さ3kmまで近づけて距離補正を行った地震動評価結果が目安になる



■地域性の考慮
◆地域性を考慮した地震発生層の評価
微小地震分布の観点
微小地震のD10、D90
気象庁カタログをもとに敷地周辺について算定したD10及びD90は各々約6km、約15km程度である。
地震発生層の下限深さは同程度
地殻構造の観点(理学的知見)
地震波トモグラフィ解析
地震波トモグラフィ解析によれば、深さ15km付近まで低速度域が分布しており、地震発生層は薄く、その下限深さは10~15km程度と考えられる。
長谷川ほか(2004)によれば、
・脊梁山地では上部マントルからの高温物質の貫入により温度が局所的に高く、地震発生層が薄くなっており、部分的に非弾性変形が生じる。
・東北日本では脊梁山地(火山フロント)の両側の活断層で大きな地震が発生し、プレートの沈み込みに伴う東西方向の圧縮変形を吸収している。
M1面の旧汀線高度によると、敷地は緩やかな波状の変形域中にあり、非弾性変形が生じるとされていることと整合している。

敷地周辺の地震発生層は薄いと考えられ、D10、D90を各々地震発生層の上限深さ、下限深さと考え、敷地周辺の地震発生層厚さは概ね9km程度であると考えられる。
敷地周辺の地域性として、地震発生層は薄く大きな地震は起こらないと考えられ、「敷地周辺における震源を特定しない地震」の最大規模はM6~M6.5程度であると考えられる。
地震発生層の観点
敷地周辺において、地表に痕跡を伴わないような震源を特定しない地震の最大規模はM6.5程度であると考えられる。
◆敷地周辺における震源を特定しない地震の最大規模
過去に発生した地震の観点
地震調査研究推進本部(2006)による震源を予め特定しにくい地震の領域区分(垣見ほか(2003)による)に関して、敷地が含まれる領域8Cの北部において震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内地震の最大規模はM6.0程度である。
「孤立した短い活断層による地震」の地震規模も概ねM6~M6.5程度と考えられるが、地震動評価の観点から、耐震設計上の扱いとして、工学的判断により地震発生層厚さを安全側に設定し、地震規模を大きめに想定する。



◆敷地ごとに震源を特定して策定する地震動
安全側に地震発生層の上限深さ3km、下限深さ18km、厚さ15kmと仮定する。(工学的判断による)
【敷地へ及ぼす影響を検討】
ケーススタディ
F-14断層による地震(M6.8)
(工学的判断による)
【検討用地震の選定】
F-14断層による地震(M6.7)
函館平野西縁断層帯による地震(M7.2)
想定浦河沖スラブ内地震(M7.5)
想定十勝沖スラブ内地震(M8.2)
想定三陸沖北部の地震(M8.3)
不確かさの考慮
基本的震源
不確かさ考慮
F-14断層(傾斜断層)
地震の分類
内陸地殻内地震
孤立した短い活断層による地震
海洋プレート内地震
プレート間地震
日本海東縁部の地震
理学的知見を基に工学的判断を加味

十敷地ごとに震源を特定して策定する地震動は安全側に設定されている

【指針】(前略)「震源を特定せず策定する地震動」について、敷地における解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定することとする。

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

【指針検討分科会報告書】「詳細な調査を前提とした『敷地ごとに震源を特定して策定する地震動』の策定に最大限の努力を払うことにより、この『震源を特定せず策定する地震動』の方は、それでも評価しそこなう敷地近傍の地震に対する備えという性格のもと、補完的な位置づけとして規定することが適切であり、敷地近傍の観測記録が得られている地震の全てを対象とすることは必要ではないのではないかとの意見が大勢を占めた。」

補完的な位置づけ

■震源を特定せず策定する地震動

【指針】「震源と活断層を関連付けることが困難な過去の内陸地殻内の地震について得られた震源近傍における観測記録を収集し、これらを基に敷地の地盤物性を加味した応答スペクトルを設定し、これに地震動の継続時間、振幅包絡線の経時的变化等の地震動特性を適切に考慮して基準地震動Ssを策定することとする。」

【震源近傍の地震観測記録】

- ・敷地において震源近傍の地震観測記録は得られていない。
- ・震源近傍の岩盤上の観測記録を収集した文献として加藤ほか(2004)がある。

震源近傍ではないが、観測記録が得られた震源を特定しない地震として1984年長野県西部地震(M6.8)がある。

- 最近までに国内で震源近傍の観測記録が得られた震源を特定しない地震は、
- ①1997年3月26日鹿児島県北西部の地震 (M6.6, Xsh=9km, 鶴田ダム)
 - ②1997年5月13日鹿児島県北西部の地震 (M6.4, Xsh=14km, 鶴田ダム)

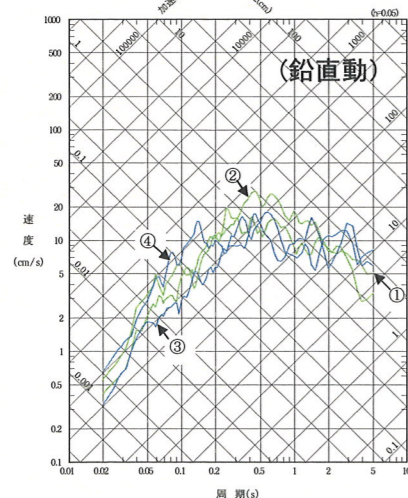
観測記録数が少ないことを踏まえ、参考として、1984年長野県西部地震の観測記録について、距離減衰式に基づく距離補正により、念のため、安全側に設定した地震発生層の上限深さに相当する断層最短距離3kmにおける地震動を推定。

敷地周辺における震源を特定しない地震の最大規模はM6~M6.5程度と考えられ、1997年鹿児島県北西部の2地震と同程度である。このことから、これら2地震の観測記録もしくはこれらの観測記録を安全側に設定した地震発生層の上限深さ3kmまで近づけて距離補正を行った地震動評価結果が目安になる

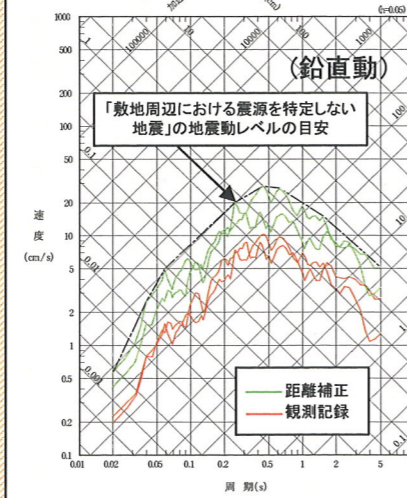
1997年鹿児島県北西部の2地震による震源近傍の観測記録を包絡するよう「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを設定する。

【観測記録の距離補正】

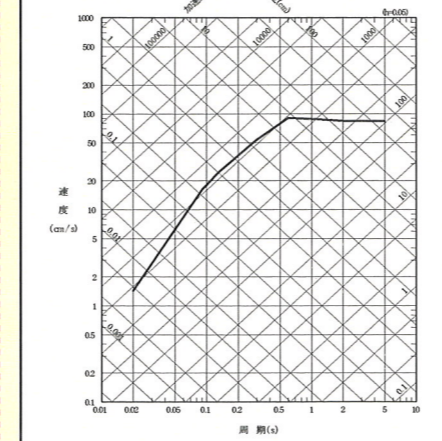
- ①1997/3/26 鹿児島県北西部の地震 鶴田ダムの観測記録の距離補正
- ②1997/5/13 鹿児島県北西部の地震 鶴田ダムの観測記録の距離補正
- ③1984年長野県西部地震 奈川渡ダムの観測記録の距離補正
- ④1984年長野県西部地震 高根第一ダムの観測記録の距離補正



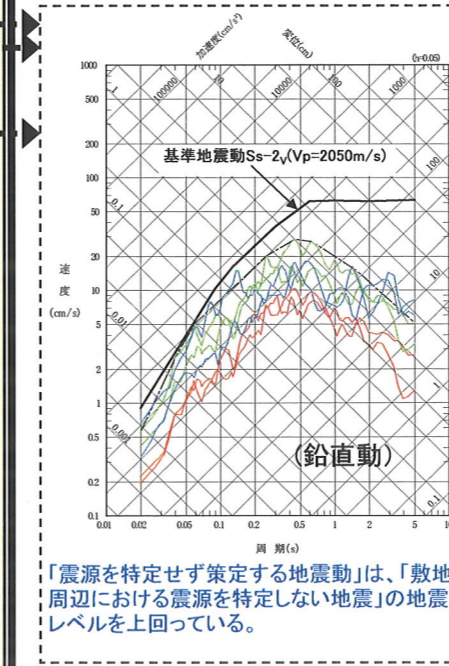
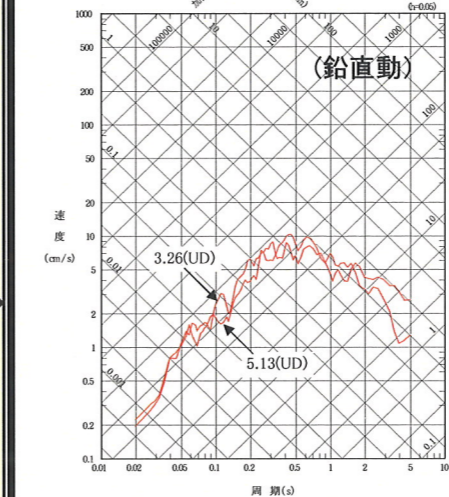
【地域性の考慮(前頁参照)】



基準地震動Ss-2H(水平動)



【震源を特定せず策定する地震動】



「震源を特定せず策定する地震動」は、「敷地周辺における震源を特定しない地震」の地震動レベルを上回っている。

◆大間地点の地震ハザード評価

◆申請者による大間地点の地震ハザード評価によれば、年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度

震源を特定せず策定する地震動の年超過確率が十分小さいことを確認

設計用地震動と基準地震動の関係

【指針】「解放基盤表面が施設を設置する地盤に比して相当に深い場合は、解放基盤表面より上部の地盤における地震動の増幅特性を十分に調査し、必要に応じて地震応答評価等に反映させることとする。」

観測事実から解放基盤表面より上部における地震動の減衰効果は認められるものの、より耐震安全性を高めた設計とするために、設計用地震動は、工学的判断として、上述の減衰効果を反映せず、「震源を特定せず策定する地震動」と同じ大きさの地震動を建屋設置レベルに埋込み効果を考慮して入力する。

解放基盤入力と基礎下入力の違いの把握
設計において基礎下入力として設計用地震動は、解放基盤表面において基準地震動Ssに比して余裕の大きい入力となっている。

【設計用地震動の裕度】

