

目 次

第1	はじめに	8
第2	「震源を特定せず策定する地震動」の概要	9
1	地震に係る規制の概要	9
2	「震源を特定せず策定する地震動」の意義	11
第3	標準応答スペクトルの策定に至る経緯	12
1	令和3年改正前の設置許可基準規則の解釈等における「震源を特定せず策定する地震動」の策定方法	12
(1)	策定方針（設置許可基準規則の解釈）	13
(2)	検討対象地震の選定	14
(3)	「はぎとり解析」	16
2	「震源を特定せず策定する地震動」に係る中長期的課題	17
3	地震動検討チームにおける標準応答スペクトルの策定の概要	18
4	地震動検討チームにおける標準応答スペクトルに係る検討状況等	20
(1)	観測記録の収集・整理	20
(2)	地震動のはぎとり解析	23
(3)	応答スペクトルの補正	23
(4)	ラベル付けに基づく統計処理のデータセットの確認	26
(5)	複数条件での非超過確率別応答スペクトルの算出	28
5	標準応答スペクトルの設定及び妥当性確認	31
(1)	標準応答スペクトルの設定方針	31
(2)	標準応答スペクトルの設定	35
(3)	標準応答スペクトルの妥当性確認	36
6	小括	46
第4	標準応答スペクトルの策定に伴う設置許可基準規則の解釈等の改正	47
1	地震動検討チームの検討結果に基づく規制上の対応方針	47

2	設置許可基準規則の解釈等の一部改正案の作成等	48
3	行政手続法に基づく意見募集手続及び設置許可基準規則の解釈等の一部改正	48
	(1) 意見募集手続の実施	48
	(2) 設置許可基準規則の解釈等の一部改正	49
4	経過措置の考え方・改正後の手続き	53
5	設置許可基準規則の解釈等の一部改正に係る対応（事業者への指示文書の発出）	53
	(1) 令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行時において、新規制基準（特定重大事故等対処施設又は第三直流電源の設置に係るものを除く。以下同じ。）に係る許可を受けている対象原子力施設について	54
	(2) 令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行時において、新規制基準に係る審査を受けている対象原子力施設について	55
	(3) 令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行時において、新規制基準に係る申請を行っていない対象原子力施設について	56
第5	本件各原子炉施設における対応状況	57
第6	令和3年改正設置許可基準規則の解釈における標準応答スペクトルの設定に不合理な点があるとはいえないこと	57
第7	原告らの主張に対する反論	58
1	標準応答スペクトルが過小であるとする原告らの主張には理由がないこと	58
	(1) 原告らの主張	58
	(2) 標準応答スペクトルの策定において収集された観測記録は、質的にも量的にも十分なものであること（原告の前記(1)①の主張に対する反論）	58
	(3) 標準応答スペクトルが非超過確率97.7パーセント（平均+2 σ ）の応答スペクトルの地震動レベルに基づいて設定されていることは合理的である	

こと（原告の前記(1)②の主張に対する反論）	59
2 「震源を特定せず策定する地震動」として2000年鳥取県西部地震及び留萌地震を考慮するのみでは、本件各原子炉施設を基準地震動以上の地震動が襲う具体的な危険があることは明らかであるとする原告らの主張には理由がないこと	62
(1) 原告らの主張	62
(2) 被告の反論	63

第1 はじめに

原子力規制委員会は、令和3年4月21日、設置許可基準規則の解釈（「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」平成25年6月19日原規技発第1306193号原子力規制委員会決定）を一部改正した（以下、改正後の設置許可基準規則の解釈を「令和3年改正設置許可基準規則の解釈」という。乙ロ第133号証）。この改正は、「震源を特定せず策定する地震動」の評価に当たり、平成29年度原子力規制委員会第52回会議（同年11月29日開催）により設置された「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」（以下「地震動検討チーム」という。）によって検討が進められ、策定された「標準応答スペクトル」^{*1}を用いること等を求めるものである。

原告らは、2020（令和2）年2月28日付け原告ら準備書面72において、この標準応答スペクトルの地震動レベルが過小であることなどを主張する。

そこで、被告国は、本準備書面において、「震源を特定せず策定する地震動」の概要について説明した上で（第2）、標準応答スペクトルの策定に至る経緯（第3）、標準応答スペクトルの規制への取入れに伴う設置許可基準規則の解釈等の一部改正の経緯（第4）、これを受けた被告会社の対応（第5）について述べ、令和3年改正設置許可基準規則解釈における標準応答スペクトルの設定に不合理な点があるとはいえないことを明らかにするとともに（第6）、原告ら準備書面72及び81における原告らの主張に対して、必要な限りで反論する（第7）。

*1 応答スペクトルとは、後記第3の1(1)（13ページ以下）で詳述するとおり、評価地点における地震動の周期ごとの最大応答を算出し、周期と最大応答値をグラフ化したものをいう。応答値としては、加速度、速度、変位があるが、強震動予測においては加速度の応答スペクトルを指すことが多い。

なお、略語等は、本準備書面において新たに定めるもののほか、従前の例による。

第2 「震源を特定せず策定する地震動」の概要

1 地震に係る規制の概要

- (1) 被告国準備書面9第1の2（9ないし11ページ）のとおり、我が国が世界有数の地震多発地帯であることに鑑み、発電用原子炉の設置許可に際しては、一定の耐震性を備える方針であることが要求されている。

具体的には、まず、原子炉等規制法は、発電用原子炉の設置許可の要件として「発電用原子炉施設の位置、構造及び設備が核燃料物質若しくは核燃料物質によつて汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上支障がないものとして原子力規制委員会規則で定める基準に適合するものであること。」と規定しており（同法43条の3の6第1項4号）、これを受けて、設置許可基準規則は、「設計基準対象施設は、地震力に十分に耐えることができるものでなければならない」と規定し（同規則4条1項）、ここにいう「地震力は、地震の発生によって生ずるおそれがある設計基準対象施設の安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度に応じて算定しなければならない」と規定している（同条2項）。さらに、特に耐震重要施設^{*2}については、「その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力」（基準地震動による地震力）に対して安全機

*2 耐震重要施設とは、設計基準対象施設のうち、地震の発生によって生ずるおそれがあるその安全機能の喪失に起因する放射線による公衆への影響の程度が特に大きいものをいう（設置許可基準規則第3条1項）。

能が損なわれるおそれがないものでなければならないことが規定され（同条 3 項）、これに加え、万一の重大事故等対策として、重大事故等対処施設^{*3}については、基準地震動による地震力に対して重大事故に至るおそれがある事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないものであること等が要求されている（同規則 39 条 1 項）。

(2) そして、設置許可基準規則の解釈別記 2 の 5 は、基準地震動の策定の具体的な方法について定める。その具体的な定めは、以下のとおりである。

ア 基準地震動は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものとして策定する（設置許可基準規則の解釈別記 2 の 5 柱書き・乙ロ第 9 号証 134 ページ及び乙ロ第 133 号証 134 ページ）。

イ 基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、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。

前記の解放基盤表面とは、基準地震動を策定するために、基盤面上の表層及び構造物がないものとして仮想的に設定する自由表面^{*4}であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な広がりをもって想定される基盤の表面

*3 重大事故等対処施設とは、重大事故に至るおそれがある事故（運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を除く。）又は重大事故に対処するための機能を有する施設をいう（設置許可基準規則 2 条 2 項 11 号）。

*4 いわゆる地表面に相当するもの。地中を伝わってきた地震波は地表面に達するとそのまま折り返して（反射して）地中へ戻ることになり、このような境界面を自由表面という。

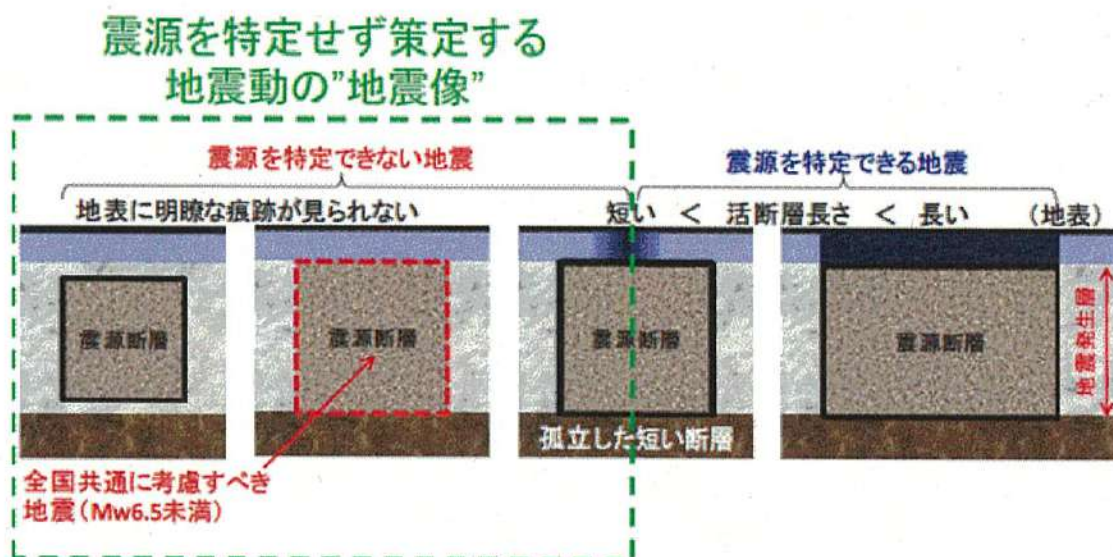
をいう。また、ここでいう「基盤」とは、せん断波（S波）速度 V_s ^{*5}がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないものとする。（以上につき、設置許可基準規則の解釈別記2の5一・乙口第9号証134ページ及び乙口第133号証134ページ）

2 「震源を特定せず策定する地震動」の意義

前記1(2)のとおり、基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」についてそれぞれ策定することとされているところ、まず、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」とは、当該原子力発電所施設の設置位置周辺の地域的な特性を含めて地震波の伝播経路等に応じた諸特性を十分に考慮するため、詳細な調査を実施した上で策定される地震動である。

もっとも、敷地周辺の状況等について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得るとはいい切れない。例えば、後記図1のように、地震の規模が小さい場合、震源断層が地震発生層の中にとどまり、地表までずれが及ばないために、地表に明瞭な痕跡を示さないことがある。

*5 せん断波（S波）とは、波の進行方向に対して直交する方向に振動する波（横波）のことをいい、せん断波速度 V_s とは、地中を伝わるせん断波の伝播速度をいう。剛性率（いわゆるものの硬さ）を μ 、密度を ρ とすると、せん断波速度 $V_s = (\mu / \rho)^{0.5}$ で与えられるため、密度が同じであれば剛性率が高いほどせん断波速度は速くなる。なお、液体や気体では $\mu = 0$ となるため、せん断波は伝播しない。



【図1】 震源をあらかじめ特定しにくい地震の震源像

そこで、「震源を特定せず策定する地震動」は、敷地周辺の断層への配慮に万全を期すという観点から、敷地近傍における詳細な調査の結果いかんにかかわらず、全ての原子力発電所施設の敷地（対象サイト）において共通して考慮すべき地震動との位置づけで規定されたものである（乙ロ第10号証270ページ）。

このように、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」と「震源を特定せず策定する地震動」とを相補的に考慮することによって、敷地で発生する可能性のある地震動全体を考慮した地震動として基準地震動を策定することができる（地震動審査ガイドI.2(4)・乙ロ第44号証2ページ及び乙ロ第10号証269ページ）。

第3 標準応答スペクトルの策定に至る経緯

1 令和3年改正前の設置許可基準規則の解釈等における「震源を特定せず策定

する地震動」の策定方法

(1) 策定方針（設置許可基準規則の解釈）

設置許可基準規則の解釈別記2の5三は、「震源を特定せず策定する地震動」について、震源と活断層を関連づ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、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定することと規定していた（乙ロ第9号証136ページ）。

ここでいう「応答スペクトル」とは、いろいろな固有周期（建築物や構造物が揺れやすい周期）を持つ様々な建築物や構造物に対して、地震動がどの程度の揺れの強さ（応答）を生じさせるかをグラフにしたものである（後記図2^{*6}参照）。すなわち、ある程度の大きさを持つ物体は、ある周期で揺らすと特に大きな揺れになる周期（これを固有周期という。）を有している。建物や橋・道路などの構造物にもこの固有周期があり、地震動により揺れる場合にも、地震動の卓越周期（ある地震動において最も優勢な揺れ方をする周期）と構造物の固有周期との関係で、構造物への影響が大きく変わってくる。（以上につき、乙ロ第10号証264ないし268ページ及び乙ロ第46号証）

応答スペクトルは、横軸が建築物や構造物の固有周期、縦軸が揺れの強さ（応答）を示しており、その地震の地震動が固有周期の異なる様々な建築物や構造物に対してどの程度の揺れの強さを生じさせるかを読み取ることができるものである。

*6 出典は気象庁ホームページ（<https://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/kyoshin/kaiseitsu/outou.htm>）。

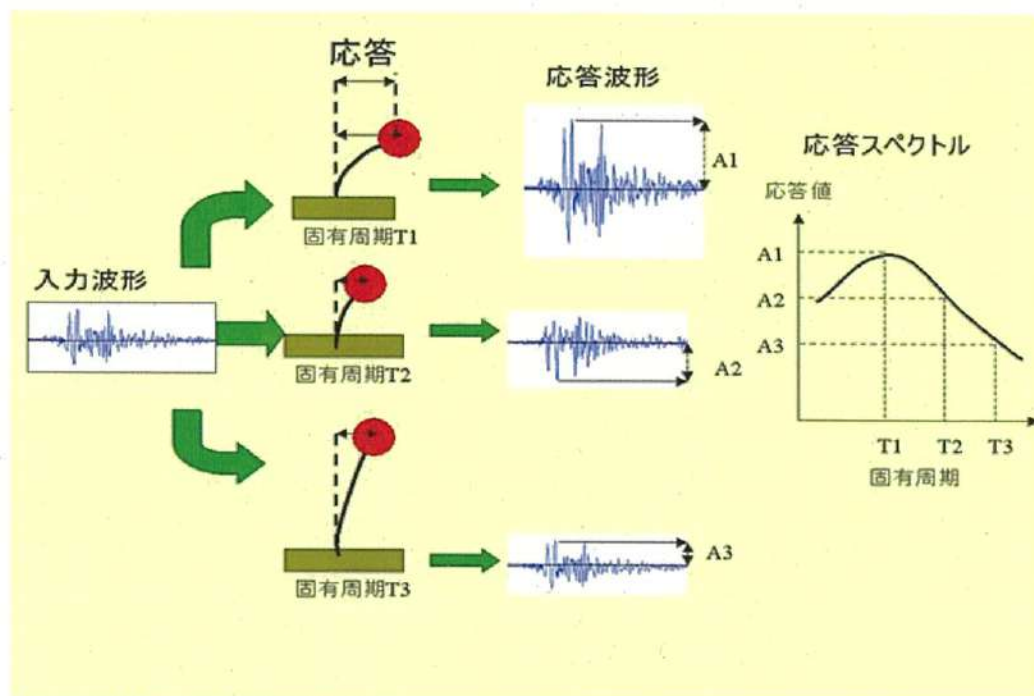


図2：応答スペクトルの概念図

(2) 検討対象地震の選定

ア 地震動審査ガイドⅠ，4．2．1（乙ロ第44号証7ページ）は、「震源を特定せず策定する地震動」の策定に当たっては、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震を検討対象地震として適切に選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を適切かつ十分に収集していることを確認するとしていた（同項(1)）。そして、検討対象地震の選定においては、地震規模のスケーリング（スケーリング則が不

連続となる地震規模)^{*7}の観点から、①「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定するほか（同項(2)）、②「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」についても検討を加え、必要に応じて検討対象地震に選定するとしていた（同項(3)）。

イ この①「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」とは、断層破壊領域が地震発生層の内部にとどまり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置も規模も分からない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震（震源の位置も規模も推定できない地震で、地震規模 M_w （モーメント・マグニチュード）6.5未満の地震）であり、震源近傍において強震動が観測された地震が対象となる。（以上につき、地震動審査ガイドⅠ. 4. 2. 1の〔解説〕(1)・乙ロ第44号証7及び8ページ）

ウ また、②「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」とは、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容を表すまでには至っていない地震（震源の規模が推定できない地震で、地震規模 M_w 6.5以上の地震）であり、孤立した長さの短い活断層による地震がこれに相当する（地震動審査ガイドⅠ. 4. 2. 1の〔解説〕(2)・乙ロ第44号証7及び8ページ）。

*7 地震規模と震源断層面積などには、一定の相関関係があるとされるが（スケーリング則）、ある地震規模において相関関係を表す式の形が変わるなど相関関係の度合いに変化が生じることがある。そのため、スケーリング則を用いる場合は、地震規模がどのスケーリング則の対象範囲内かを十分に検討する必要がある。

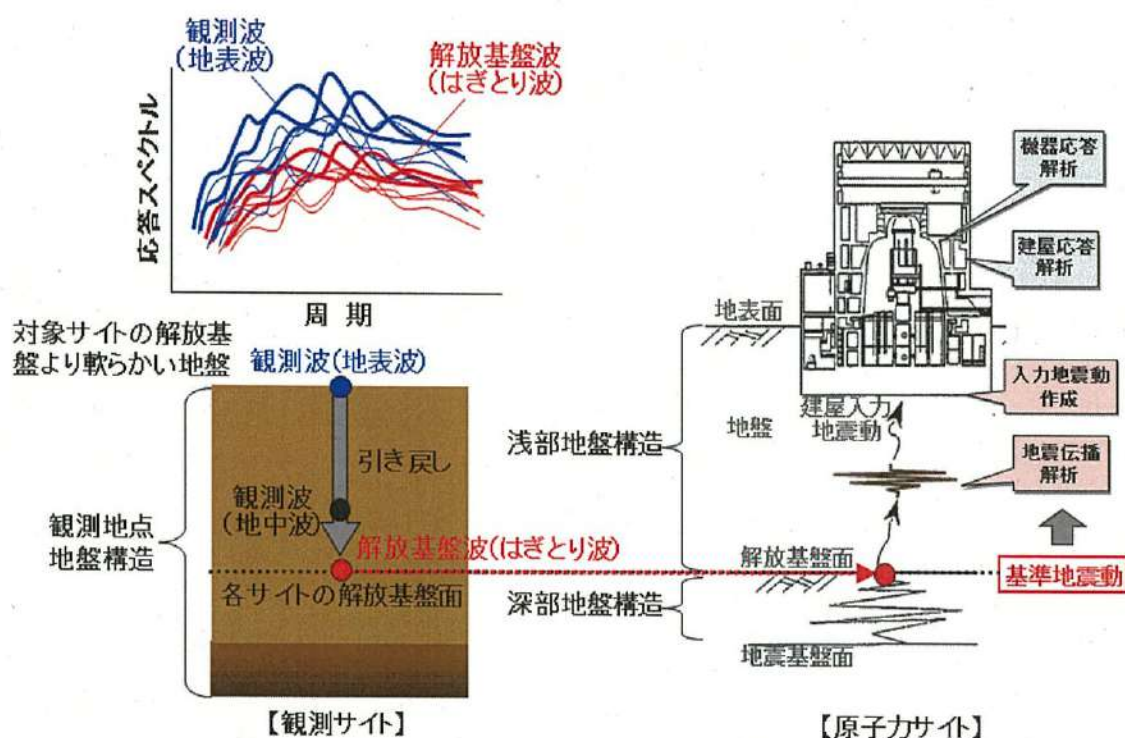
エ そして、地震動審査ガイドは、これらの地震と考えられるものとして16地震を例示していた（地震動審査ガイドⅠ．4．2．1の〔解説〕(3)及び表―1「収集対象となる内陸地殻内の地震の例」・乙ロ第44号証8ページ。なお、表―1のうち、番号1及び2が②「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」の例、番号3ないし16が①「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」の例である。）。

この例示は、平成7年兵庫県南部地震以降、地震・地震動観測やネットワーク技術が進歩したことに加え、国内の観測点が大幅に増加しており、震源近傍の地震動や観測点周辺の地盤等の状況・性状も分かりつつある状況を踏まえ、震源近傍で強震動の観測記録が取得され、地震規模が大きい検討対象となるか又はなることが想定される内陸地殻内の地震をリストアップしたものである。

(3) 「はぎとり解析」

前記第2の1(2)(10ページ以下)のとおり、設置許可基準規則の解釈では、原子力発電所等における基準地震動として、「震源を特定せず策定する地震動」について、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策定することを要求している。そのため、「震源を特定せず策定する地震動」による基準地震動の策定に当たっては、震源と活断層を関連づ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基に、まずは、①解放基盤表面より上部の地震波の伝播特性の影響を排除して、観測記録に基づく地震波（観測波）を解放基盤表面における地震波（解放基盤波）に引き戻す必要がある（このとき解放基盤表面の上部をはぎとった状態になるように解析をすることから、この解析を「はぎとり解析」といい、はぎとり解析をした場合の解放基盤表面における地震波を「はぎとり波」という。）。その上で、②観測記録に基づく解放基盤波（はぎとり波）を対象

とする原子力施設の解放基盤表面にスライドさせて基準地震動を策定する。そして、耐震安全性を評価するに当たっては、③必要に応じて、基準地震動を基に、解放基盤表面から原子炉建屋基礎版までの地震波の伝播特性などを考慮して、当該施設に対する入力地震動を作成する。④最後に、作成された入力地震動を原子炉建屋基礎版下に入力することにより、原子炉建屋や機器・配管系に対する応答解析を実施して耐震安全性を評価する。(以上につき、後記図3参照)



【図3】「震源を特定せず策定する地震動」の評価の概念図

2 「震源を特定せず策定する地震動」に係る中長期的課題

前記1のとおり、地震動審査ガイドでは、「震源を特定せず策定する地震動」のうち、①「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」(Mw 6.5程度未満の地震)について14地震が例示されているところ(地震動審査ガイドI. 4.2.1の〔解説〕(3)及び表—1「収集対象となる内陸地殻内の地震の例」)、

発電用原子炉施設の適合性審査においては、上記14地震の中から敷地に及ぼす影響が大きいと考えられる地震として抽出された、2011年長野県北部地震（前記表-1の番号3）、2011年茨城県北部地震（同番号11）、2013年栃木県北部地震（同番号12）、2004年北海道留萌支庁南部地震（同番号13。以下「留萌地震」という。）及び2011年和歌山県北部地震（同番号16）の5地震のうち、留萌地震について佐藤ほか（2013）^{*8}で推定された基準地震動に不確かさを考慮した地震動を「震源を特定せず策定する地震動」として策定することを妥当と判断してきた。そして、事業者は、留萌地震以外の4地震の検討については、各観測地点における詳細な地盤物性値^{*9}が得られておらず、精度の高い解放基盤表面における地震動の推定（はざとり解析）が困難なことから、この点を今後取り組むべき中長期課題と整理し、各観測地点の地盤調査等による地盤物性値の評価等に時間を要していた。（以上につき、乙ロ第134号証5ページ、乙ロ第135号証6及び7ページ及び乙ロ第136号証20ページ）

3 地震動検討チームにおける標準応答スペクトルの策定の概要

- (1) 原子力規制委員会は、平成29年11月29日開催の平成29年度原子力規制委員会第52回会議において、前記2のような状況に加え、「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象地震のうち①「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」（ M_w 6.5未満の地震）については、地震学的検討から

*8 「佐藤ほか（2013）」とは、佐藤浩章ほか「物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部の地震によるK-NET港町観測点（HKD020）の基盤地震動とサイト特性評価」電力中央研究所報告（2013）を指す。

*9 地盤物性値とは、はざとり解析に必要な地震波の伝播特性等であり、具体的には、地盤の密度、縦波であるP波速度、横波であるS波速度、地震波の減衰定数等がこれに当たる。

全国共通に考慮すべき地震と位置づけられていることをも踏まえ、全国の原子力発電所等において共通に適用できる地震動の策定方法を早期に明示することが望ましいと考え、地震動検討チームを設置し、所要の検討を進めることとした（乙ロ第134号証5ページ、乙ロ第136号証20ページ以下及び乙ロ第137号証1ページ）。

地震動検討チームにおいては、「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象地震のうち、全国共通に考慮すべき①「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」（ M_w 6.5未満の地震）の策定方法として、地域特性の影響を極力除外するため、多数の観測記録を統計的に処理することにより、標準応答スペクトルを策定する方法を基にした検討を行うこととした。具体的には、①対象とする地震の規模及び観測記録、②観測記録の統計処理の方法（震源距離等の補正）、③標準応答スペクトル（震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した地震基盤相当面^{*10}における標準的な応答スペクトルをいう（令和3年改正設置許可基準規則の解釈別記2の5三②・乙ロ第133号証137ページ。）の策定（統計処理後の観測記録のばらつきの考え方等）、④敷地の地盤物性に応じた応答スペクトル及び加速度時刻歴波形の策定方法を検討課題として議論・整理することとなった（乙ロ第137号証1ページ）。

なお、この地震動検討チームは、元日本地質学会会長であり地質学に造詣が深い石渡明原子力規制委員会委員を中心に、山岡耕春名古屋大学環境学研究所地震火山研究センター教授、遠田晋次東北大学災害科学国際研究所災害

*10 地震基盤相当面とは、地震基盤からの地盤増幅率が小さく地震動としては地震基盤面と同等とみなすことができる地盤の解放面で、S波速度 $V_s = 2200 \text{ m/s}$ 以上の地層をいう（設置許可基準規則の解釈別記2の5三②・乙ロ第133号証137ページ）。

理学研究部門教授、久田嘉章工学院大学総合研究所・都市減災研究センター長教授、藤原広行防災科学技術研究所社会防災システム研究部門長、三宅弘恵東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター准教授及び室野剛隆鉄道総合技術研究所鉄道地震工学研究センター長といった地質学、地震・地震工学、建築工学などの分野に造詣の深い6名(所属・肩書きはいずれも当時のもの)を外部専門家とし、これに原子力規制庁職員を加えて公開の場で議論するとともに資料も原則公開することとした(乙ロ第138号証3ページ)。

- (2) 地震動検討チームは、平成30年1月25日から令和元年8月7日までの間に11回の会合を開き、「震源を特定せず策定する地震動」のうち「地表地震断層が出現しない可能性がある地震(Mw6.5程度未満の地震)」について、全国共通に適用できる地震動の策定方法を明示することを目的として、過去の内陸地殻内地震の震源近傍における地震動観測記録を収集・分析し、地域的な特徴を極力低減させて普遍的な地震動レベルを策定するために、震源近傍での地震基盤相当面における多数の観測記録について統計的な処理を行うなど、標準応答スペクトルを策定するための検討及び議論を重ね(乙ロ第134号証5ページ)、同日、「全国共通に考慮すべき『震源を特定せず策定する地震動』に関する検討報告書」(同号証2ページ以下)を取りまとめた。

4 地震動検討チームにおける標準応答スペクトルに係る検討状況等

(1) 観測記録の収集・整理

ア 前記1(2)イ(15ページ)のとおり、地震動審査ガイドでは、「震源を特定せず策定する地震動」の策定に当たって、全国共通に考慮すべき①「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」として、震源の位置も規模もわからないMw6.5未満の地震で、震源近傍において強震動が観測されたものを対象とするとされていた(地震動審査ガイドI.4.2.1の〔解説〕(1)・乙ロ第44号証7及び8ページ)。

これに対し、地震動検討チームでは、収集すべき震源近傍の観測記録に

について、次のとおり議論された（乙ロ第134号証8ページ）。

- (7) 地震動審査ガイドでは対象地震は「Mw 6.5未満」とされているが、地震規模の推定誤差等を考慮して「Mw 6.5程度未満」と考え、地震動観測記録の収集に当たってはMw 6.6の規模まで含める。
- (イ) 短周期の地震動については震源や地下構造の不均質性等と関連して地震動のランダム性が強く、Mw 5程度の地震でも震源近傍であれば短周期の地震動レベルがMw 6クラスの地震動と同等に大きくなる場合があるため、対象とする地震の規模の下限をMw 5.0とする。
- (ウ) 地震動審査ガイド策定以降に発生した地震（地震動審査ガイドに例示の14地震以外の地震）についても、条件を満たすものは統計処理の対象とする。
- (エ) 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び地域性を考慮する「震源を特定せず策定する地震動」（地震動審査ガイドI. 4. 2. 1(3)の「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」の意）に当たる地震も、一旦はデータセットに含めて処理・分析することとし、最終的な標準応答スペクトルの設定の際に取扱いを検討する。

イ その上で、地震動検討チームは、地震動観測記録について、国立研究開

発法人防災科学技術研究所のK i K－n e t 観測点^{*11}が整備された2000年から2017年までの間に起きたMw5.0ないし6.6、震源深さ20キロメートル以浅の内陸地殻内地震を対象に、硬質地盤（S波速度 $V_s = 700 \text{ m/s}$ 程度以上）に設置された地中地震計における震央距離^{*12}30キロメートル以内の観測記録を網羅的に収集した。

その結果、これらの条件を満たす地震は90地震であり、そのうち89地震^{*13}に関して収集した観測記録について、観測点設置方位の適正化、地表・地中観測記録の比較確認による整理を行った。さらに、観測波形の主要動部分の切り出し（波形のトリミング）を行い、以降の解析に用いる記録

*11 K i K－n e t (K i b a n K y o s h i n N e t w o r k : 基盤強震観測網) とは、全国にわたる総合的な地震防災対策を推進するために、政府の地震本部（地震調査研究推進本部）が推進している「地震に関する基盤的調査観測計画」の一環として、国立研究開発法人防災科学技術研究所が、高感度地震観測網（H i－n e t）とともに整備した強震観測網である。K i K－n e t の観測施設は、全国約700か所に配置され、各観測施設には観測用の井戸（観測井）が掘削されており地表と地中（井戸底）の双方に強震計が設置されているのが特徴である。（以上につき、乙ロ第139号証）

*12 震央距離とは、地震が起きた点（震源）の真上の地表における点（震央）から観測点までの表面的な距離のことをいう。これに対し、地震が起きた点（震源）から観測点までの三次元的な最短距離のことを「震源距離」という。（以上につき、乙ロ第134号証7ページの脚注4）

*13 2007年新潟県中越沖地震については、P S 検層（地中に掘ったボーリング孔を利用して地盤内を伝播する弾性波（P波及びS波）の速度を測定し、地盤の動的特性、地盤の硬軟等を把握する手法をいう。）が未実施であり、地盤のS波速度が分からないため、解析の対象から除外された（乙ロ第134号証45ページ）。

を整理することにより、最終的に前記 8 9 地震の観測記録（水平動 6 1 4 波（NS 成分 3 0 9 波、EW 成分 3 0 5 波）、上下動（UD 成分） 3 0 4 波）を採用した。

（以上につき、乙ロ第 1 3 4 号証 7 及び 8 ページ）

(2) 地震動のはぎとり解析

次に、前記 (1) のとおり収集・整理した 8 9 地震の地中観測記録について、地中地震計よりも上の地盤の影響を除去するための「はぎとり解析」を実施し、硬質地盤の解放面における地震動（はぎとり波）を算出した。はぎとり解析の精度については、地中記録を地表に立ち上げた場合の観測記録の再現性（地中観測波を地表に立ち上げた計算結果が実際の地表観測記録をどの程度再現しているか）を確認することにより判断した。（以上につき、乙ロ第 1 3 4 号証 9 ページ）

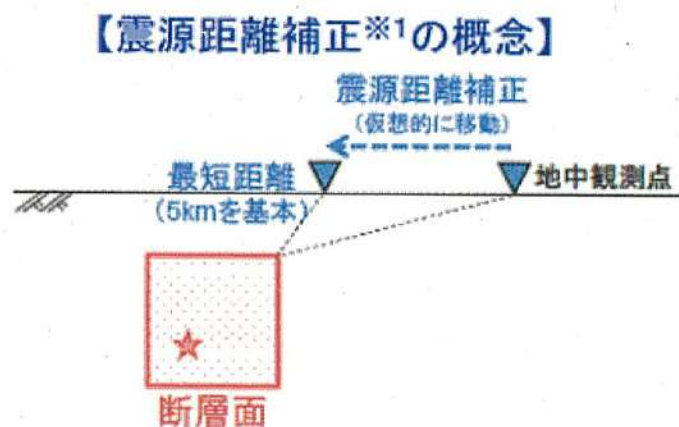
(3) 応答スペクトルの補正

続いて、算出したはぎとり波を震源近傍での地表基盤相当面における地震動として扱うために、はぎとり波の応答スペクトルに対し、必要に応じて「震源距離補正」及び「地盤物性補正」を施した。

ア 震源距離補正

(ア) 震源距離とは、震源（点）から観測点までの三次元的な最短距離をいう（前記脚注 1 2 参照）。震源距離は観測点及び震源の位置によって異なる。震源距離補正とは、震源と各観測点の距離がそれぞれ異なるため、各観測記録を震源近傍の領域に集めるために、震源距離を補正することにより、観測点の位置を仮想的に移動し、当該観測記録を当該移動した地点における観測記録と仮定する一連の操作のことである。この補正を行うことにより、様々な震源距離を有する観測記録を一定の範囲内の観測記録として扱うことができるようになり、当該一定の範囲内に相当する観測記録に関する十分な統計処理上のデータ数を確保することができ

るようになる。(以上につき、乙ロ第134号証49ページ)



※1:震源(断層面/点震源)からの最短距離が5kmより遠い場合に検討

【図4】震源距離補正の概念図(乙ロ第134号証49ページ)

なお、地震動検討チームでは、上記の震源距離補正における「震源距離」については、地震の震源断層等に係る情報から震源断層(面震源)を設定する場合には、面震源と観測点の最短距離である「断層最短距離」を採用し、面震源を設定しない場合には点震源と観測点の最短距離である「震源距離」を採用した。点震源の設定はMw 5.5未満の地震を対象としたため、震源の面としての広がり小さく点震源を仮定することによる影響は小さくなり、また、面震源の場合よりも補正距離が長くなるのでやや保守的な補正となる。(以上につき、乙ロ第134号証10ページ脚注7)

- (イ) 地震動検討チームにおける議論では、「震源を特定せず策定する地震動」は原子力発電所敷地近傍において発生する地震を扱うものであることから、標準応答スペクトルの策定に当たり参照する観測記録は震源近傍の記録が望ましく、震央距離10キロメートル以内のもののみを用いることが望ましいとも考えられるが、震央距離10キロメートル以内で実際に観測された記録は少なく、対象の地震も減り、地震の発生頻度と

規模の関係を表す経験的法則であるG-R則^{*14}からの乖離が大きくなるため、統計処理に用いるデータセットとして適切でないと考えられた。

そこで、地震動検討チームは、震源近傍の領域（半径10キロメートル程度以内）での統計処理上のデータ数を確保するため、震源近傍よりもやや遠い範囲を含む震央距離30キロメートル以内で収集した観測記録を、半径10キロメートル程度の震源近傍の領域内で観測されたものと想定して扱うために、はざとり波の応答スペクトルに対して震源距離補正を施した。

この震源距離補正に当たっては、震源と観測点の最短距離を原則5キロメートル（10キロメートルの中間距離）に補正することを基本とした。ただし、断層上端（点震源の場合は震源）の深さが5キロメートルよりも深い場合には、深さ方向の距離を変えずに距離が最も近くなるように、観測点と断層が最も近づく断層の直上に観測点が集まる最短距離に補正する方針を採用した。なお、最短距離がもともと5キロメートル未満の場合には補正を行わないこととした。（以上につき、乙ロ第134号証10及び11ページ）

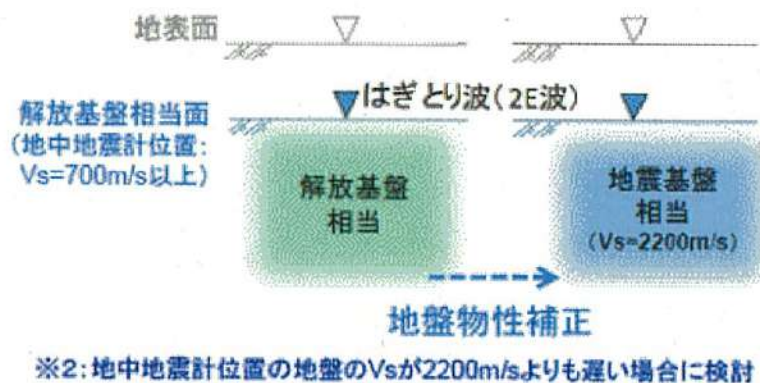
イ 地盤物性補正

(7) 地盤物性補正とは、様々な地盤物性条件において観測された地震動の観測記録を、一定の地盤物性条件において観測された地震動の観測記録となるように補正することである。例えば、地震動の観測記録が観測さ

*14 G-R則（Gutenberg-Richter則）とは、地震のマグニチュードとその発生頻度を表す経験則である。マグニチュードが1小さくなるとそのマグニチュード以上の地震発生頻度はおよそ10倍となるとされる。（以上につき、乙ロ第138号証53ページ参照）

れた観測点における地盤のS波速度 V_s は、観測点ごとに異なることから、そのままでは観測記録の統計処理に適さない。そこで、そのような地震動の観測記録を、地震基盤相当面に相当するS波速度を有する地盤物性を持つ地盤において観測された地震動と仮定して補正することにより、地震基盤相当面における地震動記録として適切な統計処理を施すことが可能になる。(以上につき、乙ロ第134号証49ページ)

【地盤物性補正※2の概念】



【図5】地盤物性補正の概念図(乙ロ第134号証49ページ)

(イ) 地震動検討チームでは、標準応答スペクトルは、地震波が複雑な地盤の影響を大きく受けないと考えられる地震基盤相当面において策定される必要があることから、硬質地盤面でののはざとり波を地震基盤相当面(S波速度 $V_s = 2200 \text{ m/s}$ 以上)での地震動記録として扱うために、はざとり波の応答スペクトルに対して、地盤増幅率の経験式である Noda et al. (2002) を用いた地盤物性補正を実施した(乙ロ第134号証12ページ)。

(4) ラベル付けに基づく統計処理のデータセットの確認

ア さらに、地震動検討チームでは、統計処理に用いる補正後の各地震動記録(応答スペクトル)に対して、地震及び観測記録に係る11項目の特性

に関する情報 (①地震規模 (M_w)、②震源深さ、③地震活動地域 (西日本、東日本)、④断層タイプ (横ずれ断層、逆断層、正断層)、⑤地震活動タイプ (前震、本震、余震)、⑥震央と活断層の地表における最短距離、⑦補正前の震源と観測点の最短距離、⑧地中地震計位置の地盤の S 波速度 (V_s)、⑨地中地震計位置の地震基盤深さ、⑩統計処理に用いる地震の数及び⑪特徴的な地震動) をラベルとして付加し、それぞれの観測記録を区別・整理できるようにするための処理 (ラベル付け) を行った。

その上で、ラベル付けに基づいてグループ分けを行い、グループごとの応答スペクトルを比較することにより、地震動レベルの特徴を分析した。これにより、統計処理の対象となる応答スペクトルのデータセットについて、地震や観測における各種条件による極端又は非現実的な偏り等が生じていないか、はぎとり解析や補正により応答スペクトルへの極端又は非現実的な影響等が生じていないかなどを確認した。

なお、上記各地震動記録は、全国共通に考慮すべき地震動であることから、グループごとの地震動レベルに差異が生じる場合でも、極端又は非現実的な特性でなければ、統計処理においてはグループごとではなく全ての観測記録を一つのデータセットとして扱うこととした。(以上につき、乙ロ第 134 号証 14 及び 56 ページ)

イ 上記各ラベル付けの作業のうち、⑩統計処理に用いる地震の数によるラベル付けにおいては、データセットの偏りについて確認するため、統計処理に用いる地震数を発生時刻順に最初の 30 地震から 20 地震ずつ (観測記録は 150 波程度ずつ) 増やしていくことにより、四つのデータセットを作成して比較した。その結果、四つのデータセットの地震動レベルに大きな差異は見られないこと、特に約 70 地震を超えると地震動レベルの平均と標準偏差はほぼ同等となることが確認された。そのため、89 地震の観測記録を使用している本検討の統計処理の値は十分に安定しているもの

と考えられた。(以上につき、乙ロ第134号証16、70及び71ページ)

ウ このようなラベル付けによる分析から、様々な観測記録を全国共通で考慮すべき震源近傍の地震基盤相当面での地震動として扱うための処理等を行ったことに伴い、データセットに以下のような不確実さが含まれることを把握することができた(乙ロ第134号証14ページ)。

- ・ 対象地震の選定(地震規模の設定)、規模別の地震・記録数に係る不確実さ
- ・ 観測記録から地盤特性を取り除く処理(はぎとり解析、地盤物性補正)に係る不確実さ
- ・ 統計処理で扱う震源近傍での地震動記録の数を補うための処理(震源距離補正)に係る不確実さ

(5) 複数条件での非超過確率別応答スペクトルの算出

ア 地震動検討チームでは、前記(4)(26ページ以下)ウのとおり、ラベル付けによる分析から、様々な観測記録を全国共通に考慮すべき震源近傍の地震基盤相当面での地震動として扱うための処理等を行ったことに伴い、データセットに不確実さが含まれることを把握することができたことから、影響が大きな項目に係る複数の条件に基づいて、データ(観測記録)の選別やデータの精度・信頼性に基づく重み付け^{*15}を考慮した非超過確率別応答スペクトルを算出することとした(乙ロ第134号証74ページ)。非超過確率応答スペクトルとは、ある値を超過しない確率別の応答スペク

*15 重み付けとは、評価する項目ごとに、それぞれの重要度に応じて0、1、2などの重みを付け、集計して総合評価を出す方法をいう。

トルであり、例えば、非超過確率90パーセントの応答スペクトルであれば、あるサイトにおいて発生する地震動の応答スペクトルが当該非超過確率応答スペクトルを90パーセントの確率で超過しないということを表す。

これは、原子力施設の耐震設計に必要な設計スペクトル（設計地震動）として標準応答スペクトルを策定するに当たって、多数の観測記録の統計処理により地震動の非超過確率を満足する応答スペクトルの地震動レベルを設定することとしたものである。

イ 非超過確率別応答スペクトルの算出については、ラベル付けによる分析結果を踏まえて、統計処理のデータセットを全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」の条件に近づけるために、不確実さを低減させる目的でデータの選別・重み付けを行い複数の算出ケース（5ケース）を設定するとともに、参考・確認用の4ケースを設定した。

(ア) 算出ケースは以下の5ケースである（乙ロ第134号証17及び18ページ）。

- ・ ケース1：全データ

収集・整理したMw 5.0～6.6の89地震の全ての観測記録を対象とした場合である。

- ・ ケース2：対象地震（Mw 6.5未満）

対象地震を全国共通に考慮すべき「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」に近いものにするために、地震のスケーリング則の観点から、Mw 6.5以上で「震源を特定して策定する地震動」と地域性を考慮する「震源を特定せず策定する地震動」に当たる地震を除き、Mw 6.5未満の地震を対象とした場合である。

- ・ ケース3：規模別の地震・記録数（G-R則を想定）

ケース1のMw 5.0～6.6の地震規模別頻度には偏りや凸凹も

見られるため、理想的にG-R則に従うデータセットとなるように重み付けを施した場合である。

- ・ ケース4：はぎとり精度（人工要因による特徴的な地震動の影響を低減）

はぎとり解析の精度が低いこと（人工要因）による「特徴的な地震動」がデータセットに含まれている影響を低減させるために、前記(4)アの「㊦特徴的な地震動」のラベル付けによる分析結果に基づき、人工要因による特徴を含む地震動記録の重みを0.5又は0とした場合（重み付けの置き方によりa bの2ケースを算出）である。

- ・ ケース5：地中地震計位置の地盤の V_s （ $V_s = 2000 \text{ m/s}$ 以上）

もともと地震基盤相当面に近い地盤で観測された地震動記録のみに絞り、地盤物性補正の不確実さを低減させるために、地中地震計位置の V_s が 2000 m/s 以上の地震動記録のみを対象とした場合である。

- (イ) これらに加え、震源距離補正及び地盤物性補正の確認用のケースとして、前記(ア)のケース1のバリエーションである以下の2ケースを設定した。

- ・ ケース1' a：震源距離・地盤物性の補正なし
- ・ ケース1' b：地盤物性補正のみ（震源距離補正なし）

- (ウ) また、はぎとり精度の確認用のケースとして、前記(ア)のケース2及びケース4のバリエーションである以下の2ケースを設定した。

- ・ ケース2'：ケース2（ $M_w 6.5$ 未満）について、ケース4と同様にはぎとり精度に係る人工要因による特徴的な地震動の影響を低減させるために、前記(4)アの「㊦特徴的な地震動」のラベル付けによる人工要因による特徴を含む地

震動記録の重みを0.5又は0とした場合

- ・ ケース4'：周期0.5秒程度以下ではざっと精度を確認するために、はざっと解析を行わずに地中観測記録を2倍にした場合（重み付けなし）

ウ そして、上記各ケースについて、データの選別・重み付け後のデータの充足度、不確実さを低減させることによる地震動への影響度合い等の確認を行った。地震動の統計処理においては経験的に対数正規分布を仮定することが一般的であるが^{*16}、本検討のデータセットへの適用性を確認するために、対数正規分布を仮定した地震動の確率密度分布と実際のデータが整合しているかを確認した。（以上につき、乙ロ第134号証17ページ）

その結果、非超過確率が高くなる場合（例えば、99パーセント程度以上）には対数正規分布の裾野の議論の領域（すなわち、発生頻度確率が限りなくゼロに近づく領域）に入り、推定される地震動の値が不安定で現実的ではなくなる可能性があることが確認された（乙ロ第134号証74ページ）。

5 標準応答スペクトルの設定及び妥当性確認

(1) 標準応答スペクトルの設定方針

地震動検討チームは、以上のような検討を行った上で、以下の方針に基づいて標準応答スペクトルの設定を行った（乙ロ第134号証20及び21ページ）。

*16 正規分布のグラフは、中央（平均）が一番高く、両側に向かって徐々に低くなっていき、左右対称の釣鐘型を示す。誤差の分布など自然界の多くの事象の分布モデルとして使用されている。対数正規分布は、対数グラフにおける正規分布のことである。

ア 従前、事業者は、新規制基準適合性審査において、留萌地震等の地震動レベルを比較確認するための尺度（スクリーニング基準）として、加藤研一ほか「震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベルー地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討ー」（以下「加藤ほか（2004）」という。）による「震源を事前に特定できない地震」による震源近傍の観測記録の水平動応答スペクトル（以下「加藤スペクトル」という。）を用いていた。この「加藤スペクトル」は、日本電気協会の原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1—2 0 0 8）にも記載されているものであり（乙口第141号証）、信頼できる科学的知見の一つである。

標準応答スペクトルの策定に当たっては、全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」として地震動ガイドに例示された14地震（ M_w 5.0ないし6.2）について、一部周期帯で加藤スペクトルを超える地震動が観測されていることから、周期1秒程度以下の短周期側で加藤スペクトル相当の地震動レベルとなる非超過確率95パーセントのスペクトル（地震規模 M_w 5.0ないし6.5程度で震源近傍の地震基盤相当面での地震動記録について非超過確率95パーセントとなるように算出したスペクトル）を上回るレベルとすることを前提とした。

イ 短周期側（周期1秒程度以下）の地震動レベルについては、地震規模 M_w 5.0～6.5程度の記録を対象として、ラベル付けによる検討の結果を踏まえて選定した複数条件（データの充足度が高く不確実さを低減させたケース）での非超過確率97.7パーセントの応答スペクトルを基に以下の条件で設定する。なお、非超過確率97.7パーセントは、（平均+2

σ)*¹⁷に基づく数値であり、ある事象のばらつきを確率をもって表現したときに、それより小さくなる確率が97.7パーセントとなる水準を意味する。

(7) ケース2（対象地震をMw 6.5未満のものとしたケース）の非超過確率97.7パーセントの応答スペクトルを上回るように標準応答スペクトルを設定する。

ただし、はぎとり精度の確認用ケース（ケース2'及びケース4'）により、はぎとり精度が低いと判断した周期帯は必ずしも上回らない。

(イ) 今後、全国共通に「震源を特定せず策定する地震動」として考慮すべきMw 6.5以上の地震が発生する可能性も否定できないことから、Mw 6.6の地震まで含めたケース3（規模別の地震・記録数に係る不確実さを低減させたケース）及びケース4（はぎとり解析に係る不確実さを低減させたケース）の非超過確率97.7パーセントの応答スペクトルとも地震動レベルを比較して確認する。

ウ 長周期側（周期1秒程度以上5秒程度未満）の地震動レベルについては、周期が長くなるにつれて地震規模依存性*¹⁸等に伴い地震動強さの確率密度分布推定の不確実さが大きくなると考えられ、また、Mw 6クラスの地震

*17 σ （シグマ）とは標準偏差（データの平均値からの散らばりの程度）を指す。正規分布では、平均までの値となる確率が50パーセント、平均+ σ までの値となる確率が84.1パーセントまで、平均値+2 σ までの値となる確率が97.7パーセントとなる。

*18 地震規模依存性とは、地震の規模が大きくなるにつれて、地震動が大きくなることをいう。地震規模が大きくなると、取り分け長周期の地震動が大きくなる。

では断層破壊伝播の指向性^{*19}効果等により地震動レベルが大きくなる可能性もあることから、妥当性確認結果を踏まえた上で、一定のレベルに設定する。

エ 標準応答スペクトルのレベルについて、以下の確認を行うことにより、妥当性を判断する。

(7) 標準応答スペクトルに対応する地震動の年超過確率^{*20}が 10^{-4} と 10^{-5} の間程度（1万分の1～10万分の1程度）であること。これは、これまでの基準地震動の審査における地震動の年超過確率の参照結果と同等であることを妥当性の判断材料の一つと考え、標準応答スペクトルに対応する地震動の年超過確率が 10^{-4} と 10^{-5} の間程度の地震動レベルとなっていることを確認することとしたものである。

(イ) 標準応答スペクトルのレベルが、他の手法（特に距離減衰式）により求めた対象地震規模の上限に近いMw 6.5相当の地震の震源近傍における地震動の平均に対して保守性を考慮したレベルであり、さらには「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価との連続性があること（すなわち、標準応答スペクトルの地震規模の上限に近いMw 6.5相当の地震の地震動レベルと、地表地震断層が現れる「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の下限に近いMw 6.5相当の地震動レベルの大小関係が逆転していないこと）。

オ なお、以下の理由から、対象地震動記録を最大包絡する考え方は採らな

*19 指向性とは、電波・光波・音波などの強さが発信源からの方向によって異なる性質をいう。

*20 年超過確率とは、当該地震動を超えるような地震が1年間で起きる確率をいう。

いこととする。

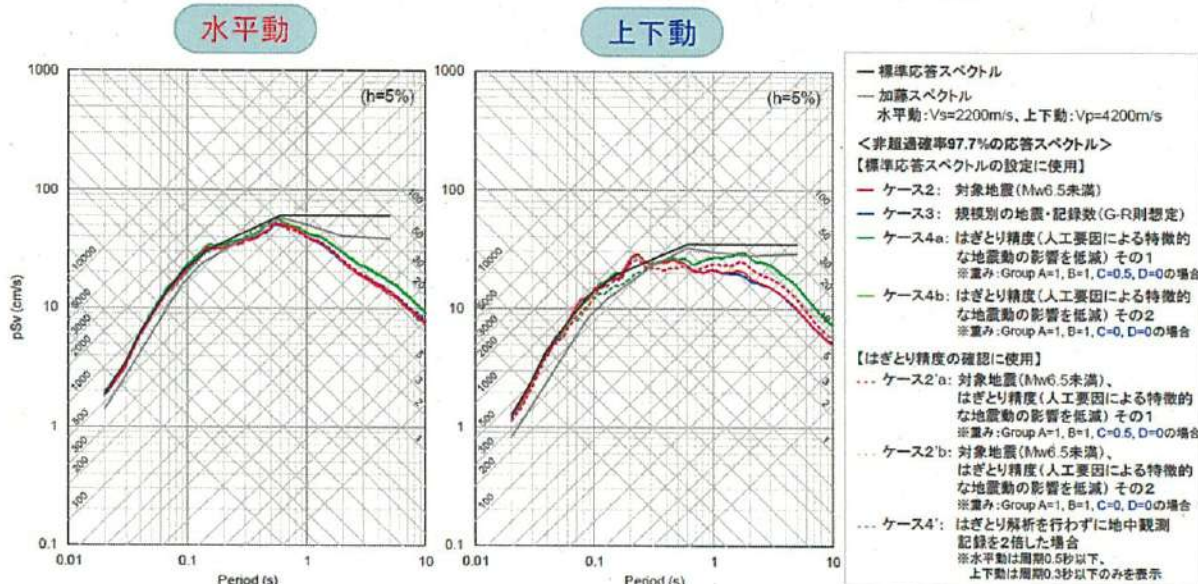
(7) 本検討での対象地震動は、地盤特性やはざとり解析等の解析・処理に係る不確実さを含むこと。なお、複雑な地盤の影響を受けにくく、解析・処理等に係る不確実さが小さいと判断された地中地震計位置の地盤の S 波速度 V_s が 2000 m/s 以上の記録のみを統計処理の対象としたケース 5、並びに、はざとり精度の影響を軽減させたはざとり精度の確認用ケース 2' 及びケース 4' では、これらの統計処理やはざとり精度の影響を軽減させていないケース 1 と比べて、周期 0.5 秒程度以下の地震動レベルが小さくなっていることを確認しており、これらの周期帯で統計処理やはざとり精度の影響があることが考えられる。

(イ) 個々の観測記録には大きな山谷があるが、非超過確率別応答スペクトルは周期ごと (300 点) に対応する応答値を算出してそれをつなげていることから、保守的なスペクトルレベルとなっていると考えられること。

(2) 標準応答スペクトルの設定

地震動検討チームは、前記(1)の方針に基づき、後記図 6 のとおり標準応答スペクトルを設定した。

非超過確率97.7% (平均+2 σ) の応答スペクトルに基づく地震動レベルの設定



【図6】標準応答スペクトルの設定 (乙ロ第134号証90ページ)

(3) 標準応答スペクトルの妥当性確認

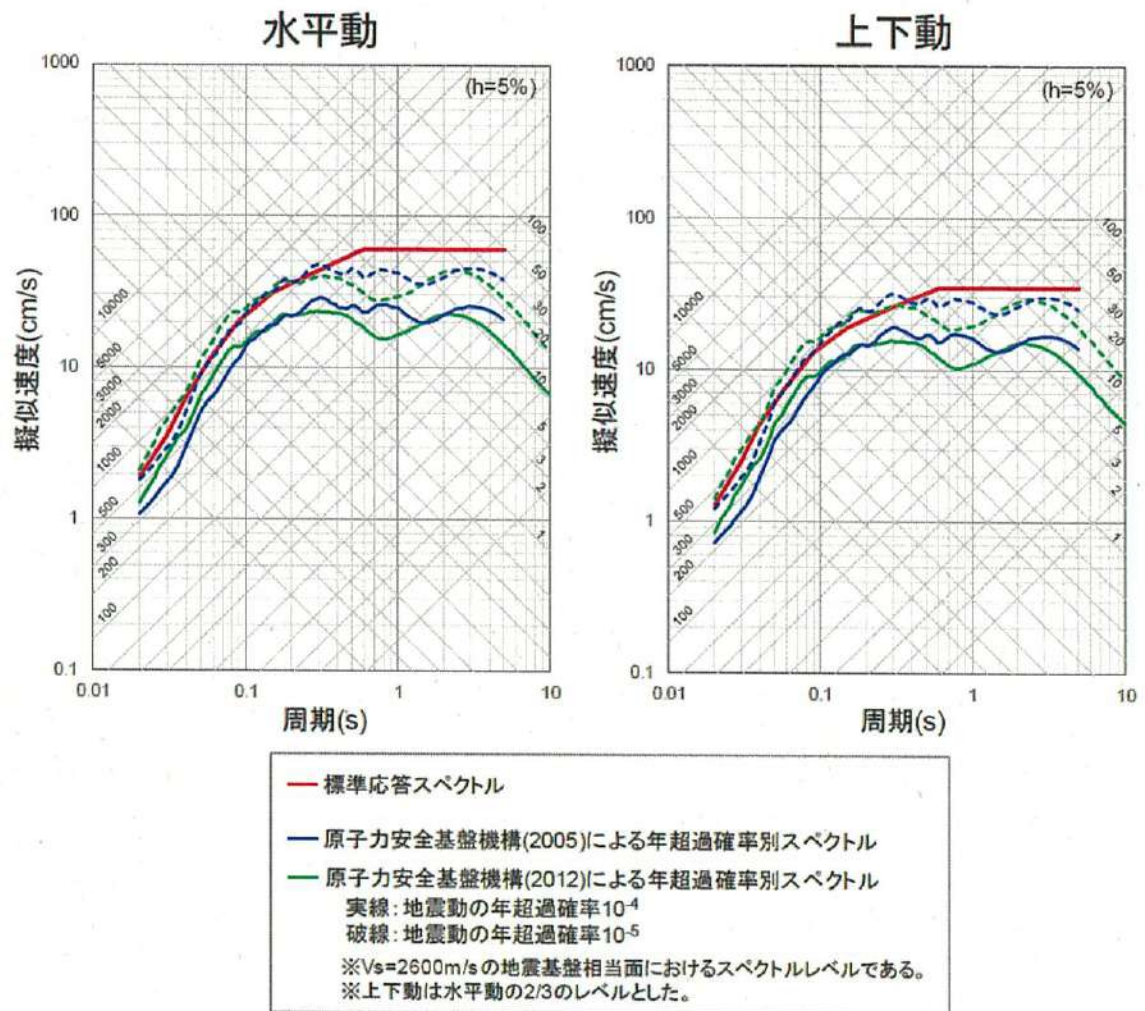
設置許可基準規則の解釈は、策定された基準地震動について地震動の年超過確率を参照することを求めている (設置許可基準規則の解釈別記2の5四・乙ロ第9号証137ページ)。そのため、地震動検討チームは、前記(2)で設定した標準応答スペクトルについて、「地震動の年超過確率の参照」及び「他の手法による応答スペクトルの地震動レベルとの比較」による確認を行った。その結果、標準応答スペクトルの地震動レベルが、前記(1)エ (34ページ) の確認事項、すなわち、地震動の年超過確率の 10^{-4} と 10^{-5} の間程度に対応していること、他の手法 (特に距離減衰式) により求めた対象地震規模の上限に近い Mw 6.5 相当の地震の震源近傍における地震動の平均に対して保守性を考慮したレベルとなっていること、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価と連続性があることを確認することにより、設定したレベルが妥当であると判断した。(以上につき、乙ロ第134号証

ア 地震動の年超過確率の参照

(7) 地震動審査ガイドは「震源を特定せず策定する地震動」の基準地震動の妥当性の確認として、JNES（独立行政法人原子力安全基盤機構）による「震源を特定しにくい地震による地震動：2005」^{*21}（以下「原子力安全基盤機構（2005）」という。）、「震源を特定せず策定する地震動：2009」^{*22}等に基づく地震動の超過確率別スペクトルを例示している（地震動審査ガイドⅠ．４．２．２の〔解説〕（Ⅰ）・乙ロ第４４号証９ページ以下）。これを踏まえ、地震動検討チームは、原子力安全基盤機構（2005）及びJNESによる安全研究年報（平成23年度）の「Ⅰ．３．③基準地震動の超過確率評価に係わる技術の整備」（以下「原子力安全基盤機構（2012）」という。）に基づく地震動の年超過確率別スペクトルとの比較を行った。その結果、後記図7に示すように、標準応答スペクトルは、周期0.3秒程度以下において年超過確率 10^{-4} と 10^{-5} の間（周期0.3秒程度以上では年超過確率 10^{-5} 程度以下）のレベルに対応することを確認した。

*21 「震源を特定しにくい地震による地震動：2005」とは、JNES「震源を特定しにくい地震による地震動の検討に関する報告書（平成16年度）」において策定されている超過確率別スペクトルである。

*22 「震源を特定せず策定する地震動：2009」とは、JNES「震源を特定せず策定する地震動の設定に係る検討に関する報告書」において策定されている超過確率別スペクトルである。



【図7】標準応答スペクトルと原子力安全基盤機構（2005）及び原子力安全基盤機構（2012）による地震動の年超過確率の比較（乙ロ第134号証24ページ）

(イ) また、標準応答スペクトルを地震規模 M_w 5.0～6.5程度の対象地震動の非超過確率97.7パーセントの応答スペクトルの地震動レベルに基づいて設定したことの妥当性について、本検討で収集・整理した地震の発生数から求めた「地震の年発生頻度」と「地震動の年超過確率の考え方」を用いて「地震動の年超過確率」に対応する「地震動強さの非超過確率」を概算することにより確認した。その結果、後記図8に示すように、半径10キロメートルの領域で対象地震動の年超過確率 $1 \times$

10⁻⁴に対応する非超過確率は約95.2パーセント、年超過確率5×10⁻⁵に対応する非超過確率は約97.6パーセントと概算され、これにより地震規模Mw5.0～6.5程度の対象地震動の非超過確率97.7パーセントは年超過確率が10⁻⁴と10⁻⁵の間となる地震動レベルであることを確認した。

なお、「地震動の年超過確率の考え方」に基づく概算に用いた「地震の年発生頻度」は過去18年間の観測に基づくものであるところ、観測期間の点ではこれよりも更に長い過去85年間程度の観測に基づく既往研究による地震の年発生頻度を用いた場合も同等の結果が得られることを確認した。

半径 (km)	面積 (km ²)	地震の年 発生頻度 (個/年): A	地震動の 年超過確率: P	地震動強さの 超過確率: B		地震動強さの 非超過確率: 1-B	
				値	%	値	%
10	314	0.00208	1×10 ⁻⁴	0.048	4.8%	0.952	95.2%
			5×10 ⁻⁵	0.024	2.4%	0.976	97.6%
			1×10 ⁻⁵	0.005	0.5%	0.995	99.5%

※地震が期間と場所によらずランダムに発生すると仮定した場合には、地震動の年超過確率は $P = 1 - \exp(-A \times B)$ により求まる (A が十分に小さい場合には $P \approx A \times B$ と近似することが可能) という考え方に基づいて概算した結果である。

【図8】「地震動の年超過確率の考え方」に基づいた概算結果

(乙ロ第134号証24ページ)

イ 他の手法による応答スペクトルの地震動レベルとの比較

地震動検討チームでは、設定した標準応答スペクトルについて、後記①ないし③の手法により求められた応答スペクトルの地震動レベルとの比較を行った (乙ロ第134号証25ないし29ページ)。

- ① 距離減衰式による推定値
- ② 断層モデル法による計算結果
- ③ 審査関連の地震動レベル

(7) ①距離減衰式による推定値との比較

地震基盤で適用可能な以下の三つの距離減衰式（①Noda et al. (2002)：現在の審査で使用されている式、②原子力安全基盤機構（2013）^{*23}：震源距離補正で使用した式、③Idriss (2014)：米国NGA-West 2^{*24}の式の一つ（水平動のみ））を用いて、Mw 6.5相当の地震の震源近傍での地震基盤相当面における応答スペクトルを算出し、標準応答スペクトルと比較した。

その結果、標準応答スペクトルの水平動の周期0.6秒程度以下については、新規制基準適合性審査において2007年新潟県中越沖地震の知見を踏まえて「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の策定の際に保守性を考慮するために採用されているNoda et al. (2002)による距離減衰式の「補正なし」の推定値とおおむね同等のレベルとなっていることを確認し、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価との連続性があることを確認した。

また、標準応答スペクトルは、全周期帯について、原子力安全基盤機構（2013）及びIdriss (2014)の距離減衰式による推定値の平均＋標準偏差（1 σ ）をやや上回るレベルとなっており、対象地震規模の上限に近いMw 6.5の地震動に検討対象地震のばらつき（はぎとり解析や補正処理に伴う不確実さ等）の影響を考慮したレベルと

*23 「原子力安全基盤機構（2013）」とは、原子力安全基盤機構「平成24年度地震基盤における応答スペクトルの距離減衰式に適用する地盤増幅特性評価手法の検討付録E『平成20～23年までに作成された硬質岩盤上距離減衰式のアップデート』」を指す。

*24 米国の次世代型距離減衰式の開発プロジェクト（Next Generation of Ground Motion Attenuation Models (NGA) プロジェクト）が提案した距離減衰式

なっていることを確認した。

(イ) ②断層モデル法による計算結果との比較

原子力安全基盤機構（2012）による断層モデル法を用いた計算により震源の不確実さをモンテカルロ法^{*25}により設定した計算結果（気象庁マグニチュード（ M_j ）6.5（ M_w 6.2相当）及び M_j 6.9（ M_w 6.5相当）、断層最短距離10キロメートル以内と設定）を標準応答スペクトルと比較した。断層モデル法による計算結果には、平面的に見た場合には半径10キロメートルの領域よりも遠くに位置して地震動レベルが低くなる計算結果も含まれるため、本検討の想定とは異なるが、標準応答スペクトルは原子力安全基盤機構（2012）による計算結果の平均 $+1\sigma$ を上回ることを確認した。

(ウ) ③審査関連の地震動レベルとの比較

- a 新規制基準及び原子力安全委員会の「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（以下「耐震設計審査指針」という。）に基づく審査で使用された以下の地震動レベルと標準応答スペクトルを比較した。

*25 モンテカルロ法とは、数値計算手法の一つであり、乱数を用いた試行を繰り返すことにより近似解を求める手法である。

① 留萌地震 (M_w 5.7) の K-NET^{*26} 港町観測点の解放基盤波に余裕を持たせた地震動

これは、新規制基準に基づく震源を特定せず策定する地震動に関する審査において、申請者が地震動レベルを設定するに当たり使用しているものである。

② 加藤スペクトル

これは、耐震設計審査指針を使用した震源を特定せず策定する地震動に関する審査において、申請者が地震動レベルを設定するに当たり使用していたものである。

③ 大崎の手法によるスペクトル (M_j 6.5、震源距離 10 キロメートル)

これは、改訂前の旧耐震設計審査指針を使用した地震動に関する審査において、申請者が地震動レベルを設定するに当たり使用していたものである。

- b まず、②加藤スペクトルについては、前記 5 (1) ア (32 ページ以下) のとおり、標準応答スペクトルの設定方針として短周期側 (周期 1 秒程度以下) では加藤スペクトルを上回ることを前提としたが、結

*26 K-net (Kyoshin Network : 全国強震観測網) とは国立研究開発法人防災科学技術研究所 (防災科研) が運用する、全国を約 20 キロメートル間隔で均質に覆う 1000 箇所以上の強震観測施設からなる強震観測網であり、平成 8 年 6 月に運用を開始した。地震被害に直接結びつく地表の強震動を均質な観測条件で記録するため、各観測施設は、一部の例外を除き統一した規格で建設され、自由地盤上 (地表) に強震計が設置され、また、各観測施設では得られた強震記録の特性を詳しく理解するために土質調査が行われている。(以上につき、乙ロ第 139 号証)

果的には標準応答スペクトルは全周期帯において加藤スペクトルを上回ることを確認した。

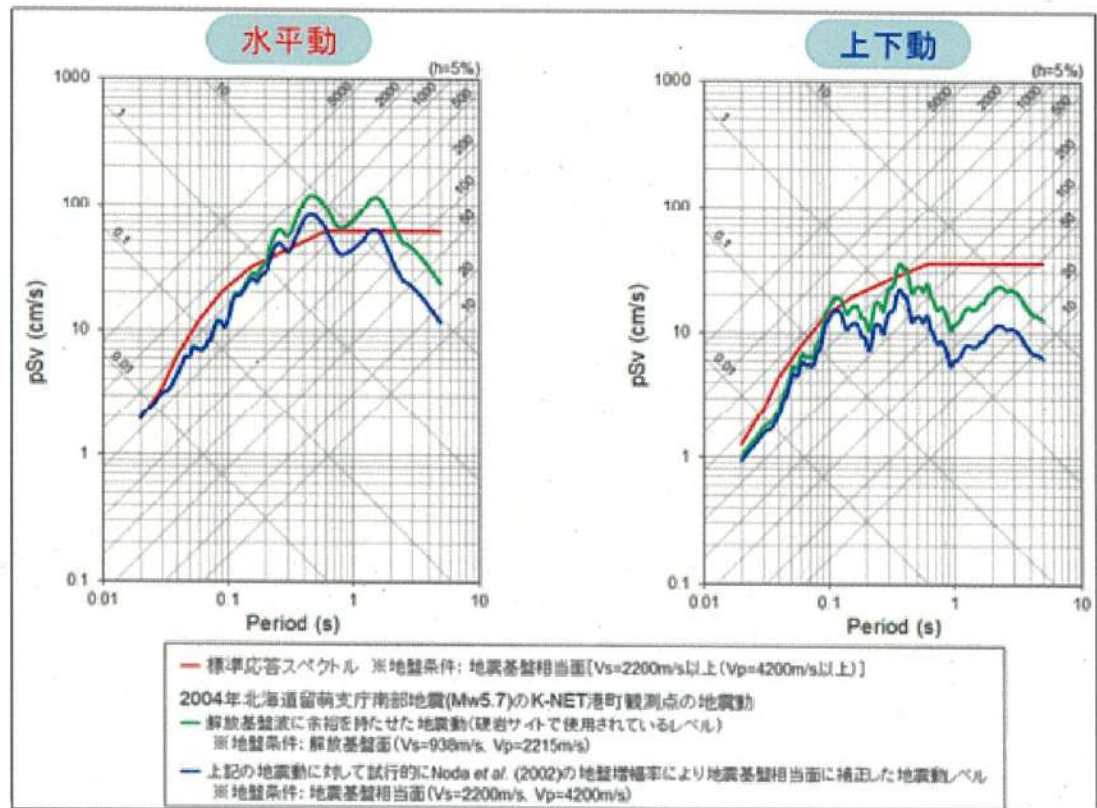
- c ①留萌地震のK-NE T港町観測点の解放基盤波に余裕を持たせた地震動（硬岩サイトで使用されているレベル）については、解放基盤表面における地震動レベルであり地盤条件が異なるために直接比較はできないが、参考のために標準応答スペクトルとの比較を行った。

その結果、水平動については、周期0.2秒程度以下及び周期2秒程度以上では標準応答スペクトルの方がおおむね大きな地震動レベルとなるが^{*27}、周期0.2～2秒程度ではK-NE T港町観測点の地震動の方が大きなレベルとなった。この特徴には、標準応答スペクトルが地震基盤相当面（ $V_s = 2200 \text{ m/s}$ 以上）における地震動であるのに対し、K-NE T港町観測点の地震動は $V_s = 938 \text{ m/s}$ の解放基盤表面における地震動であることにより、震源特性に加えて当該観測点における地盤増幅特性（地域的な特性）が影響している可能性が考えられた。上下動については、水平動と同様に地盤条件は異なるが、周期0.1秒及び0.3～0.4秒付近を除いては標準応答スペクトルの方が大きな地震動レベルとなった。

また、K-NE T港町観測点の地震動は解放基盤表面における地震動であることから、これに対して、試行的に本検討と同様のNoda et al.（2002）の地盤増幅率による地盤物性補正を施し

*27 水平動の周期0.02秒においては、留萌地震のK-NE T港町観測点の解放基盤波に余裕を持たせた地震動の応答スペクトルの方が標準応答スペクトルよりも僅かに大きな地震動レベルとなる（乙ロ第134号証26ページ脚注16）。

て地震基盤相当面の地震動を推定した場合には、水平動については周期0.2～0.6秒付近を除いては標準応答スペクトルとおおむね同等又はそれを下回る地震動レベルとなり、上下動については全周期帯において標準応答スペクトルとおおむね同等又はそれを下回る地震動レベルとなることを確認した。

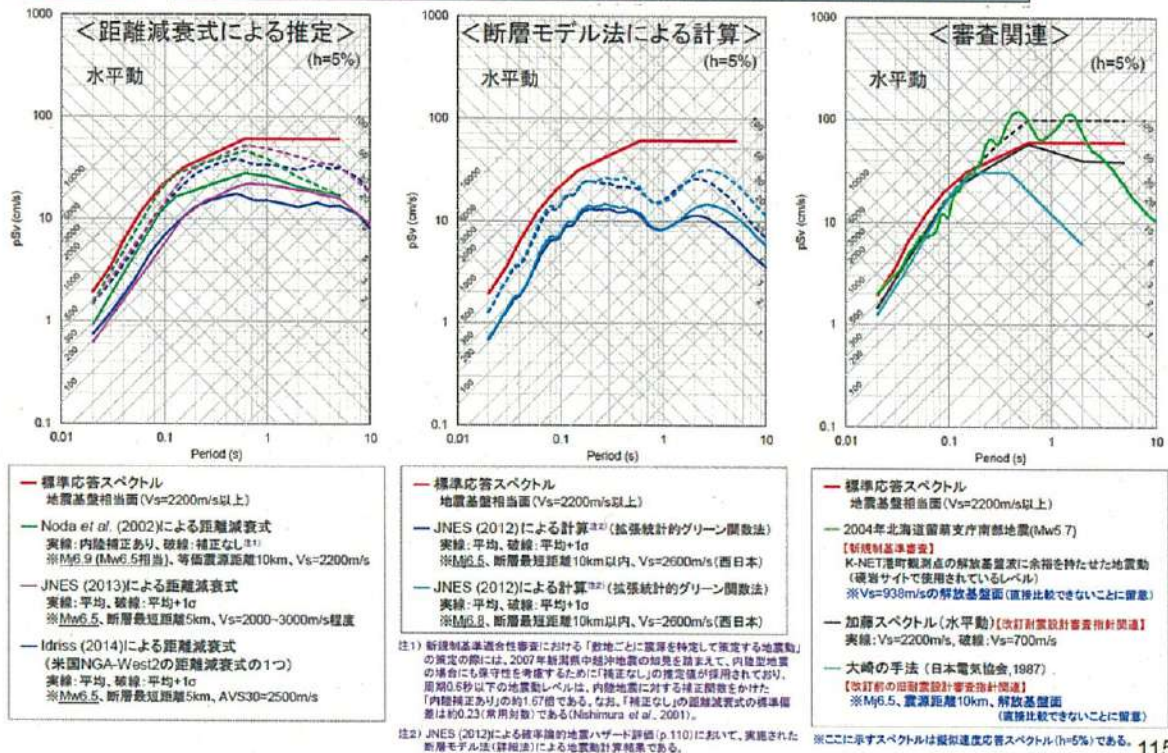


【図9】留萌地震の地震動との比較

- d ③大崎の手法によるスペクトルについても、解放基盤表面における地震動レベルであり地盤条件が異なるが、参考のために比較を行い、全周期帯において標準応答スペクトルが同等又は大きな地震動レベルとなることを確認した。

水平動

他の手法により求められた応答スペクトルレベルとの比較

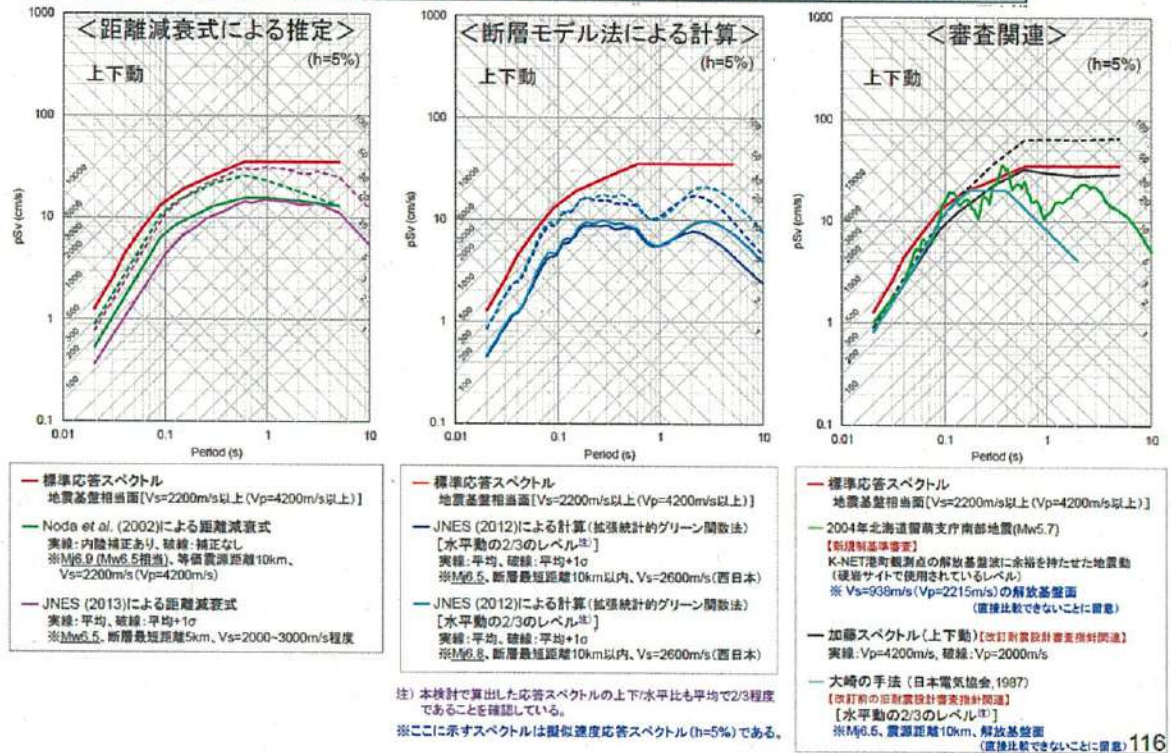


【図10】他の手法により求められた応答スペクトルの地震動レベルとの比較(水平動)

(乙口第134号証98ページ)

上下動

他の手法により求められた応答スペクトルレベルとの比較



【図1.1】他の手法により求められた応答スペクトルの地震動レベルとの比較（上下動）

（乙ロ第134号証99ページ）

6 小括

以上のとおり、地震動検討チームでは、全国共通に適用できる地震動の策定方法を明示することを目的として、過去の内陸地殻内地震の震源近傍における観測記録の収集・分析を行い、これらの地震動記録について統計的な手法を用いた処理を行うことで、震源近傍での地震基盤相当面における標準応答スペクトルの策定等の検討を行った。これにより策定された標準応答スペクトルは、基準地震動が定義される解放基盤表面より深部の地震基盤相当面において、最大加速度：水平動600gal及び上下動400galという大きな地震動レベルが設定されたものである。

第4 標準応答スペクトルの策定に伴う設置許可基準規則の解釈等の改正

1 地震動検討チームの検討結果に基づく規制上の対応方針

(1) 令和元年8月28日開催の令和元年度原子力規制委員会第24回会議において、原子力規制委員会に対し、地震動検討チームにより策定された「全国共通に考慮すべき地震動」の標準応答スペクトルが報告され、報告書（乙ロ第134号証）の内容を規制に反映させることが了承された（乙ロ第142号証37ページ）。

(2) そして、令和元年9月11日開催の令和元年度原子力規制委員会第28回会議において、地震動検討チームの検討結果を受けた規制上の対応について審議され、以下の方針について了承された（乙ロ第143号証14ページ以下及び乙ロ第144号証）。

ア 「震源を特定せず策定する地震動（全国共通）」の策定に当たって標準応答スペクトルを用いた評価を行うことを要求するよう、設置許可基準規則の解釈及び地震動審査ガイド等を改正する。

イ 標準応答スペクトルによる評価に加え、留萌地震による評価を併せて求める。これは、地域特性はあるものの、留萌地震のK-NET港町観測点の解放基盤波に不確かさを考慮して策定した地震動は、周期帯によっては標準応答スペクトルに基づく基準地震動を上回ることが想定され（前記第3の5(3)イ(ウ)c（43ページ以下）のとおり、水平動の周期0.02秒においては、留萌地震の応答スペクトルは標準応答スペクトルより僅かに大きな地震動レベルとなり、水平動の周期0.2～0.6秒付近においては、留萌地震の応答スペクトルは標準応答スペクトルを上回る地震動レベルとなっている。前掲図9参照）、標準応答スペクトルによる評価に加えて留萌地震による評価を併せて求めることには一定の効果があると考えられたからである。

ウ 標準応答スペクトルと留萌地震の応答スペクトル（試行的にN o d a

e t a l. (2002) の地盤増幅率による地盤物性補正を施して地震基盤相当面の地震動を推定して設定した応答スペクトルをいう。前記第3の5(3)イ(ウ)c(43ページ以下参照)との間に大きな差はないこと等から(前掲図9参照)、留萌地震を基に基準地震動を策定した原子力施設に対して、現時点で直ちに使用の停止や標準応答スペクトルの審査・検査での適用を求める必要はない。

エ 事業者が対応するために必要な期間等については公開の会合で事業者の意見を聴く。

2 設置許可基準規則の解釈等の一部改正案の作成等

原子力規制委員会は、令和3年1月20日開催の令和2年度原子力規制委員会第50回会議において、原子力規制庁が前記1(2)の方針に基づいて作成した「全国共通に考慮すべき地震動」の標準応答スペクトルに係る設置許可基準規則の解釈及び地震動審査ガイド等の一部改正案について了承するとともに、同改正案について意見募集を実施することを了承した(乙ロ第145号証31ページ及び乙ロ第146号証)。

上記改正案は、設置許可基準規則の解釈において、「全国共通に考慮すべき地震動」の策定に当たっては震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した地震基盤相当面における標準応答スペクトルに基づく地震動評価を新たに要求することとし、これに伴い地震動審査ガイド等の記載を整理するものであった(乙ロ第146号証15及び16ページ)。

3 行政手続法に基づく意見募集手続及び設置許可基準規則の解釈等の一部改正

(1) 意見募集手続の実施

令和3年1月21日から令和3年2月19日までの30日間、「全国共通に考慮すべき地震動」の標準応答スペクトルに係る設置変更許可基準規則の解釈等の改正案について、行政手続法に基づく意見募集が、地震動審査ガイド等の改正案について、行政手続法に基づくものではない任意の意見募集が、

それぞれ実施された。意見募集の結果、同規則の解釈及び地震動審査ガイドの各改正案について、それぞれ7件及び4件の意見が寄せられた。(以上につき、乙ロ第147号証1ページ)

(2) 設置許可基準規則の解釈等の一部改正

原子力規制委員会は、意見募集の結果を踏まえて当該改正案の一部を修正の上、令和3年4月21日、設置許可基準規則の解釈及び地震動審査ガイド等の一部改正を行った(乙ロ第133号証、乙ロ第147号証、乙ロ第148号証及び乙ロ第149号証)。

この一部改正後の設置許可基準規則の解釈(令和3年改正設置許可基準規則の解釈)において、「震源を特定せず策定する地震動」の策定に当たっては「全国共通に考慮すべき地震動」及び「地域性を考慮する地震動」の2種類を検討対象とすること、及び「全国共通に考慮すべき地震動」の策定に当たっては留萌地震の観測記録から推定した基盤地震動に加えて標準応答スペクトルを用いることとされた。これは、改正前の地震動審査ガイドにおける審査の確認事項であった「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」及び「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」の2種類の地震について、審査基準である設置許可基準規則の解釈に規定される要求事項として格上げしたものであるとともに、最新の観測記録を用いて原子力規制委員会自ら策定した標準応答スペクトルに基づく地震動評価を新たに要求事項として規定したものである。

この設置許可基準規則の解釈等の一部改正を受けた「震源を特定せず策定する地震動」に係る要求事項は、以下のとおりである。

ア 令和3年改正設置許可基準規則の解釈別記2の5三(乙ロ第133号証136ないし138ページ)

「震源を特定せず策定する地震動」は、震源と活断層を関連づ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

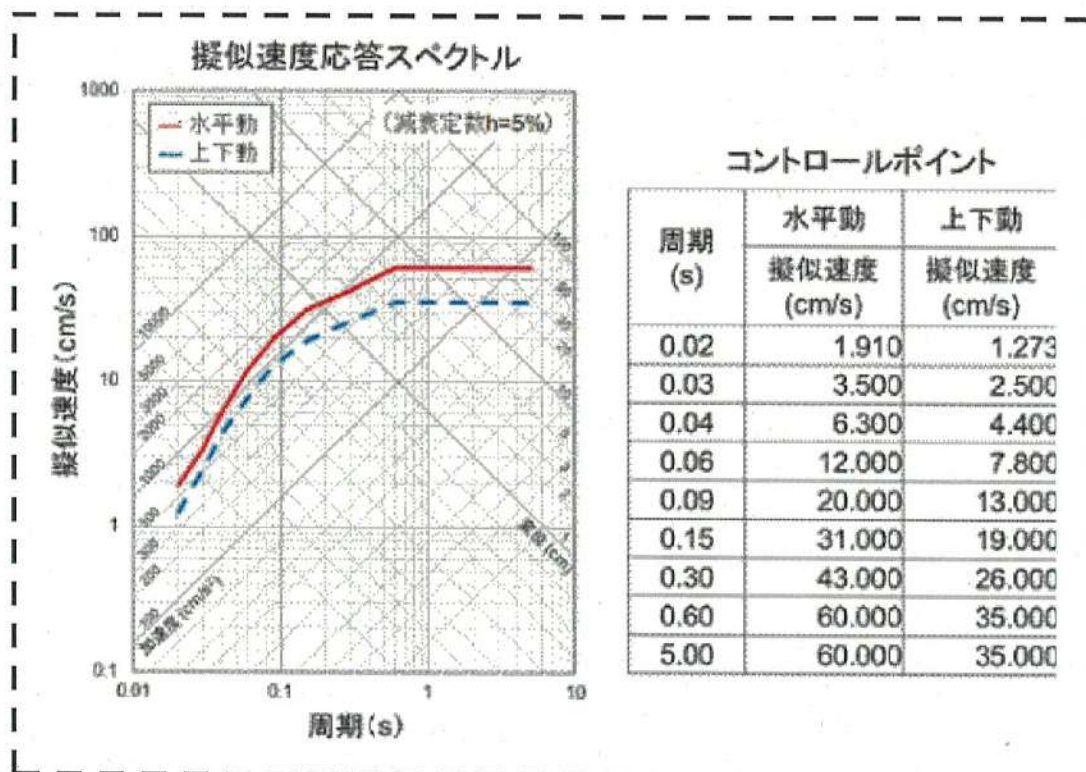
記録を基に、各種の不確かさを考慮して敷地の地盤物性に応じた応答スペクトルを設定して策定すること。

なお、上記の「震源を特定せず策定する地震動」については、次に示す方針により策定すること。

① 上記の「震源を特定せず策定する地震動」の策定に当たっては、「全国共通に考慮すべき地震動」及び「地域性を考慮する地震動」の2種類を検討対象とすること。

② 上記の「全国共通に考慮すべき地震動」の策定に当たっては、震源近傍における観測記録を基に得られた次の知見を全て用いること。

- ・ 2004年北海道留萌支庁南部の地震（留萌地震）において、防災科学技術研究所が運用する全国強震観測網の港町観測点（K-NET 港町観測点）における観測記録から推定した基盤地震動
- ・ 震源近傍の多数の地震動記録に基づいて策定した地震基盤相当面（地震基盤からの地盤増幅率が小さく地震動としては地震基盤面と同等とみなすことができる地盤の解放面で、せん断波（S波）速度 $V_s = 2200 \text{ m/s}$ 以上の地層をいう。）における標準応答スペクトルとして次の図に示すもの



【図 1 2】地震基盤相当面における標準応答スペクトル

- ③ 上記の「地域性を考慮する地震動」の検討の結果、この地震動を策定する場合にあっては、事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震について、震源近傍における観測記録を用いること。
- ④ 解放基盤表面までの地震波の伝播特性を必要に応じて応答スペクトルの設定に反映するとともに、設定された応答スペクトルに対して、地震動の継続時間及び経時的変化等の特性を適切に考慮すること。
- ⑤ 上記の「震源を特定せず策定する地震動」について策定された基準地震動の妥当性については、最新の科学的・技術的知見を踏まえて個別に確認すること。

イ 令和 3 年地震動審査ガイド I. 4. 2 (乙口第 1 4 9 号証 7 及び 8 ページ)

令和 3 年 4 月 2 1 日原規技発第 2 1 0 4 2 1 7 号原子力規制委員会決定

による改正後の地震動審査ガイド（以下「令和３年地震動審査ガイド」という。）Ⅰ．４．２（乙ロ第１４９号証７及び８ページ）は、「震源を特定せず策定する地震動」の地震動評価について、次のとおり規定する。

(ア) 「震源を特定せず策定する地震動」を評価するに当たっては、震源と活断層を関連づけることが困難な過去の内陸地殻内の地震を検討対象地震として適切に選定し、それらの地震時に得られた震源近傍における観測記録を適切かつ十分に収集していることを確認する（令和３年地震動審査ガイドⅠ．４．２．１(1)）。

(イ) 「全国共通に考慮すべき地震動」の検討対象地震の選定においては、地震規模のスケーリング（スケーリング則が不連続となる地震規模）の観点から、「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」を適切に選定していることを確認する（令和３年地震動審査ガイドⅠ．４．２．１(2)）。

この「地表地震断層が出現しない可能性がある地震」は、前記図１のとおり、断層破壊領域が地震発生層の内部にとどまり、国内においてどこでも発生すると考えられる地震で、震源の位置及び規模が推定できない地震として地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震（ M_w 6.5 程度未満）であり、震源近傍において地震動が観測された地震を対象とする（同Ⅰ．４．２．１の〔解説〕(1)）。

(ウ) 「地域性を考慮する地震動」の検討対象地震の選定においては、「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」についても検討を加え、必要に応じて選定していることを確認する（令和３年地震動審査ガイドⅠ．４．２．１(3)）。

この「事前に活断層の存在が指摘されていなかった地域において発生し、地表付近に一部の痕跡が確認された地震」は、震源断層がほぼ地震発生層の厚さ全体に広がっているものの、地表地震断層としてその全容

を表すまでには至っておらず、震源の規模が推定できない地震(Mw 6.5程度以上)である。なお、活断層や地表地震断層の出現要因の可能性として、地域によって活断層の成熟度が異なること、震源断層の上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する場合や地質体の違い等の地域性があることが考えられる。このことを踏まえ、観測記録収集対象の地震としては、以下の地震のうち震源近傍において地震動が観測されたものを個別に検討する必要がある。

- ① 活断層の密度が少なく活動性が低いと考えられる地域で発生した地震(例：2000年鳥取県西部地震)
 - ② 上部に軟岩や火山岩、堆積層が厚く分布する地域で発生した地震(例：2008年岩手・宮城内陸地震)
- (以上につき、同1.4.2.1の〔解説〕(2))。

4 経過措置の考え方・改正後の手続き

令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行日は令和3年4月21日とされたところ(附則1条)、施行の際に現に設置され又は設置に着手されている発電用原子炉施設に対する令和3年改正設置許可基準規則の解釈別記2の5の規定の適用については、令和6年4月20日までの間は、なお従前の例によることとされ(附則2条本文)、施行日から3年間の経過措置期間が設けられた。

また、設計及び工事の計画の認可及び使用前確認については、令和3年改正設置許可基準規則の解釈に基づく設置変更許可の審査が進み、各施設への影響の詳細や工事の規模・見通し等が明らかになった時点で、全施設一律の経過措置の終期(確定日)を定めることとされた。

5 設置許可基準規則の解釈等の一部改正に係る対応(事業者への指示文書の発出)

原子力規制委員会は、設置許可基準規則の解釈等の一部改正後の申請等の手続について、令和3年4月26日、以下のとおり、耐震重要度分類Sクラスの

原子力施設を有する事業者が、3年間の経過措置期間において、令和3年改正設置許可基準規則の解釈への適用を着実に実施するよう、事業者に対して改正後に必要となる申請等の手続に係る指示文書を発出した（乙ロ第150号証）。

(1) 令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行時において、新規制基準（特定重大事故等対処施設又は第三直流電源の設置に係るものを除く。以下同じ。）に係る許可を受けている対象原子力施設について

ア 原子力事業者は、令和4年1月20日まで（令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行後9か月以内）に、基準地震動に関し、標準応答スペクトルによる評価を行うという方針及び当該方針に基づいて行った評価結果を記載した設置変更許可の申請を行うこと。

イ ただし、原子力事業者は、令和3年改正設置許可基準規則の解釈を適用しても基準地震動を変更する必要があると考える対象原子力施設については、令和3年7月20日まで（令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行後3か月以内）に、基準地震動の変更が不要であることを説明する文書を原子力規制委員会に提出することができる。この場合において、原子力規制委員会が基準地震動の変更を不要と認めた対象原子力施設については、前記アの設置変更許可の申請は不要とする。

ウ 前記イの文書の提出があった場合は、前記アに「令和4年1月20日まで」とあるのは、「改正後の解釈の施行の日から9か月を経過する日又は原子力規制委員会から基準地震動の変更が不要であるとは認められない旨の通知を受けた日から起算して3か月を経過する日のいずれか遅い日まで」と読み替えるものとする（すなわち、原子力規制委員会において基準地震動の変更が不要であるとは認められないとの判断をした対象原子力施設については、原子力事業者は、令和4年1月20日〔令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行の日から9か月を経過する日〕又はその旨の通知を受けた日から起算して3か月を経過する日のいずれか遅い日までに、前記

アの設置変更許可の申請を行うことになる。))。

(2) 令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行時において、新規制基準に係る審査を受けている対象原子力施設について

ア 原子力事業者は、令和4年1月20日まで（令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行後9か月以内）に、現在審査を受けている対象原子力施設について、基準地震動に関し、標準応答スペクトルによる評価を行うという方針及び当該方針に基づいて行った評価結果を記載した補正申請を行うこと。ただし、後記イに該当する場合については、この限りではない。

イ 原子力事業者は、令和4年1月20日まで（令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行後9か月以内）に、令和3年改正前の設置許可基準規則の解釈に基づき新規制基準に係る許可を受けた場合には、当該許可を受けた対象原子力施設については、令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行の日から9か月を経過する日又は当該許可を受けた日から起算して3か月を経過する日のいずれか遅い日までに、基準地震動に関し、標準応答スペクトルによる評価を行うという方針及び当該方針に基づいて行った評価結果を記載した設置変更許可の申請を行うこと。

ただし、原子力事業者は、令和3年改正設置許可基準規則の解釈を適用しても基準地震動を変更する必要がないと考える対象原子力施設については、令和3年改正前の設置許可基準規則の解釈に基づき新規制基準に係る許可を受けた日から起算して3か月を経過する日までに、基準地震動の変更が不要であることを説明する文書を原子力規制委員会に提出することができる。この場合において、原子力規制委員会が基準地震動の変更を不要と認めた対象原子力施設については、設置変更許可の申請は不要とする。

なお、前記文書の提出があった場合は、原子力事業者は、令和3年改正設置許可基準規則の解釈の施行の日から9か月を経過する日又は原子力規制委員会から基準地震動の変更が不要であるとは認められない旨の通知を受

(3) 令和３年改正設置許可基準規則の解釈の施行時において、新規制基準に係る申請を行っていない対象原子力施設について

施行日 施行後3か月 施行後9か月 施行後3年 (経過措置期限)

(新規制基準) 許可済

伊方3
大飯3,4
女川2
柏崎刈羽6,7
玄海3,4
川内1,2
高浜1~4
東海第二
美浜3
京都大学KUR
日本原子力研究所
日本原子力産業管理
日本原子力MOX加工
JAEA JRR-3
JAEA HTTR
RFS

【事業者が基準地震動の変更を不要と考える施設】

変更要否の判断・通知
①変更不要と判断
②変更不要とは認められないと判断

申請不要

許可申請(新解釈)

(審査)

許可

(新規制基準) 審査中

大間
志賀2
島根2,3
敦賀2
泊1~3
浜岡3,4
東通1
JAEA 常陽

補正申請(新解釈)

(審査)

許可申請(新解釈)

(審査)

許可(現行解釈)

(事業者が基準地震動の変更を不要と考える施設)

説明文書の提出
許可から3か月内

変更要否の判断・通知
①変更不要と判断
②変更不要とは認められないと判断

申請不要

許可申請(新解釈)

(審査)

許可

(新規制基準) 未申請

新規制基準の申請において、新解釈に係る方針等を記載して申請

水川3
柏崎刈羽1~5
美浜1
東電東通
福島第一1~5
福島第二1~4

47

乙ロ第147号証47ページ

第5 本件各原子炉施設における対応状況

被告会社は、前記第4の5（53ページ以下）の原子力規制委員会の指示を受けて、令和3年4月26日、本件各原子炉施設の地震動評価の結果、本件各原子炉施設について標準応答スペクトルを用いて新たに設定した地震動が、本件設置変更許可処分時の基準地震動（ $S_s - 1$ ないし $S_s - 5$ ）を下回るとして、同日、基準地震動の変更が不要であることを説明する文書を提出した（乙ロ第151号証）。

これに対して、原子力規制委員会は、同年7月7日、基準地震動の変更が不要であるとは認められないと判断し、その旨を被告会社に通知した。

そのため、被告会社は、同年8月23日付けで本件各原子炉施設に関する標準応答スペクトルを考慮した地震動を新たな基準地震動として追加する等のために設置変更許可申請を行い（乙ロ第152号証）、令和4年1月21日の審査会合において、新たな基準地震動の策定等の検討結果を報告した（乙ロ第153号証）。この新たな設置変更許可申請については現在審査中であり、新たに追加された基準地震動 $S_s - 6$ は未確定の状況にある。

第6 令和3年改正設置許可基準規則の解釈における標準応答スペクトルの設定に不合理な点があるとはいえないこと

以上のとおり、令和3年改正設置許可基準規則の解釈における標準応答スペクトルの設定は、外部専門家を交えた地震動検討チームにおける十分な検討及び審議を経て策定されたものであり、取り分け、標準応答スペクトルの妥当性については、地震動の年超過確率、距離減衰式による推定値との比較、断層モデル法による計算結果との比較、審査関連の地震動レベルとの比較等により、多角的かつ慎重に検討されている。したがって、標準応答スペクトルは、現在の科学技術水準を踏まえた合理的な規制要求であるといえ、この点について原子炉施設の安全性確保の観点からみて不合理な点はない。

第7 原告らの主張に対する反論

1 標準応答スペクトルが過小であるとする原告らの主張には理由がないこと

(1) 原告らの主張

原告らは、標準応答スペクトルについて、①「2000年1月1日～2017年12月31日までの、地震規模 M_w 5.0～6.6の合計90の地震が収集され(ただし、解析には89地震(水平動615波、上下動304波))、さらに、各観測記録を震源近傍の領域に集めるため、震源(断層面または点震源)と観測点の間の距離の補正を行ったとはいえ、わずか17年間の観測記録にすぎず」、②「標準応答スペクトルを、非超過確率97.7%(平均 $+2\sigma$)のスペクトルに基づいて設定し、標準スペクトルを超えている2.3%の地震動は原発では考慮しないという点は許容できない」として、標準応答スペクトルは過小であると主張する(原告ら準備書面72第5の3(2)(30及び31ページ))。

(2) 標準応答スペクトルの策定において収集された観測記録は、質的にも量的にも十分なものであること(原告の前記(1)①の主張に対する反論)

ア 前記第3の4(1)イ(21ページ以下)のとおり、標準応答スペクトルの策定に当たっては、2000年から2017年までの18年の間に起きた地震のうち、その規模が M_w 5.0～6.6、震源深さ20キロメートル以浅で起きた内陸地殻内地震であって、硬質地盤(S 波速度 $V_s = 700$ m/s程度以上)に設置された地中地震計における震央距離30キロメートル以内の観測記録が網羅的に収集されており、この結果収集された数は89地震に上り、地震のサンプル数として決して小さいとはいえない。

イ これに対し、原告らは、地震のサンプルの収集期間が短いと主張するが、収集期間が短いといえる根拠については何ら述べていない。

むしろ、前記第3の5(3)ア(イ)(38ページ以下)のとおり、標準応答

スペクトルの年超過確率については、過去８５年間程度の観測に基づく既往研究による地震の年発生頻度を用いた場合でも同等の結果が得られることが確認されている。

また、前記第３の４(４)イ(２７ページ)のとおり、データセットの偏りについて確認を行うため、統計処理に用いる地震数を発生時刻順に最初の３０地震から２０地震ずつ(観測記録は１５０波程度ずつ)増やしていくことにより、四つのデータセットを作成して比較したところ、その地震動レベルに大きな差異は見られないこと、特に約７０地震を超えると地震動レベルの平均と標準偏差はほぼ同等となることが確認された。このように、８９地震の観測記録を使用している本検討の統計処理の値は十分に安定していることから、本検討の統計処理上、地震の数による偏りなどの問題はない。

ウ 以上の事情からすれば、標準応答スペクトルの策定において、収集された地震動の観測記録の対象年数が短いとか、数が少なすぎるということにより標準応答スペクトルの数値に大きな偏りが生じている等の問題があるとは認められない。

したがって、原告らの前記(１)①の主張には理由がない。

(３) 標準応答スペクトルが非超過確率９７．７パーセント(平均＋２σ)の応答スペクトルの地震動レベルに基づいて設定されていることは合理的であること(原告の前記(１)②の主張に対する反論)

ア 標準応答スペクトルの年超過確率は基準地震動の審査における地震動の年超過確率と対応していること

これまでの基準地震動の審査においては、地震動の年超過確率が 10^{-4} から 10^{-5} の間程度であることが妥当性の判断材料の一つとされていたところ、前記第３の５(３)ア(イ)(３８ページ以下)のとおり、標準応答スペクトル(非超過確率９７．７パーセント(平均＋２σ))については、年超

過確率が 10^{-4} と 10^{-5} の間程度に対応していることが確認されている。そのため、標準応答スペクトルが非超過確率 97.7 パーセントの応答スペクトルの地震動レベルに基づいて設定されていることは、基準地震動の審査における年超過確率の妥当性判断と整合性を有するものであり、合理的といえる。

また、前記第 3 の 5 (3) イ (7) (40 ページ以下) のとおり、標準応答スペクトルが非超過確率 97.7 パーセント (平均 + 2σ) のスペクトルに基づいて設定されていることについては、標準応答スペクトルが他の手法 (特に距離減衰式) により求めた対象地震規模の上限に近い $M_w 6.5$ 相当の地震の震源近傍における地震動の平均に対して保守性を考慮した地震動レベルとなっていること、更には「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の評価との連続性があることを確認することにより、その妥当性を判断したものである。

イ 標準応答スペクトルは、抽出された観測記録に基づく地震動を全て包絡する必要はないこと

(7) 前記第 3 の 5 (1) (31 ページ以下) のとおり、標準応答スペクトルの策定に当たっては、地震基盤相当面における多数の観測記録について統計的な処理が行われた。これにより得られた一部の応答スペクトルには大きなスペクトルの山谷が存在し、その一部が突出しているなど特徴的なピークを有することが確認されているが、その原因の一つとして、はざとり解析精度が低いことによる人工的要因の存在がある。

すなわち、前記第 3 の 4 (4) ア (26 ページ以下) のとおり、地震動検討チームにおいては、ラベル付けの一つ (⑪特徴的な地震動) として、補正前のはざとり波の応答スペクトルの地震動レベルを距離減衰式による推定値と比較して、距離減衰式の推定値を大きく上回る又は下回る (周期 1 秒以下で平均 $\pm 1.5\sigma$ の範囲外の部分がある) はざとり波を「特

徴的な地震動」として抽出しているところ、例えば、2013年栃木県北部地震などは、0.2以下の周期帯で突出したピークが見られる（乙ロ第134号証16及び73ページ）。

このように、収集された地震動の中には、解析・処理に係る不確実さといった人工的要因を含む地震動が含まれており、このような地震動を含む全ての地震動を包絡する応答スペクトルを用いることを要求事項として規制に取り込むことが適切でないことはいうまでもない。

- (イ) また、一部の応答スペクトルに特徴的なピークを有することが確認されていることの要因としては、観測記録そのものに含まれる特徴である自然的要因も指摘し得るところ、不確実さの程度が大きい当該施設に固有の伝播特性や地盤特性といった自然的要因は、個別の基準地震動を策定する際に考慮されるべきものであって、全国共通に考慮すべき地震動の提示を目的とした標準応答スペクトルを策定する際に考慮されるべきものではない。

すなわち、標準応答スペクトルは、全国の原子力発電所等において共通に適用できる地震動を策定することを目的に検討が開始されたものであり、これに基づき策定される基準地震動は汎用性を有している必要がある。そのため、標準応答スペクトルを策定するに当たり、そのような施設固有の自然的要因に基づく不確実さまで含んだ全ての地震動を包絡することは、標準応答スペクトルを策定する趣旨に照らして何ら合理性を有しないのである。

原告らは、非超過率が97.7パーセントとされたのは、政策的なものであって科学的根拠に基づく合理的なものではないと主張するようであるが（原告ら準備書面72第5の2(3)（28及び29ページ））、標準応答スペクトルの策定に当たり、全国一律に適用可能な信頼性のある適切な標準応答スペクトルとするために、安定した設計スペクトルを設定

する必要があることは明らかである。

(ウ) なお、他の産業分野における設計スペクトルの策定状況をみても、標準応答スペクトルを策定するに当たり、地震動に係る全ての観測記録を考慮しているわけではない。例えば、鉄道構造物等設計標準・同解説によれば、鉄道構造物の耐震設計に必要な設計用地震動（L2地震動）として標準応答スペクトルが策定されているところ、このL2地震動の標準応答スペクトルとしては、観測記録（内陸活断層による地震：7地震、水平動152波）の応答スペクトルのばらつきの影響を考慮して設定する必要があるとの趣旨で、設計時の取扱いを考えて、観測記録の非超過確率90パーセントを満足する地震動レベルが設定されている（乙ロ第154号証226ないし231ページ）。このように、他の産業分野における設計スペクトルの策定状況に鑑みれば、地震動強さの確率密度について対数正規分布の仮定が成り立つ2 σ までの非超過確率97.7パーセント（平均+2 σ ）の地震動レベルを考慮していることは十分に保守的なものであるといえる。

ウ 小括

以上のとおり、標準応答スペクトルにおける非超過確率が97.7パーセント（平均+2 σ ）とされたこと（抽出された観測記録に基づく地震動の全てが包絡されていないこと）には合理性が認められる。したがって、原告の前記(1)②の主張には理由がない。

2 「震源を特定せず策定する地震動」として2000年鳥取県西部地震及び留萌地震を考慮するのみでは、本件各原子炉施設を基準地震動以上の地震動が襲う具体的な危険があることは明らかであるとする原告らの主張には理由がないこと

(1) 原告らの主張

原告らは、『震源を特定せず策定する地震動』を想定する」には、「少なく

とも、地震動審査ガイドに挙げられた16地震の全てについて、その地震の最大地震動はどれだけかを検討する必要がある」ところ、「被告九州電力はこのような考慮をせず、2000年鳥取県西部地震及び2004年北海道留萌支庁南部地震のみを考慮して」おり、「このような不十分な『震源を特定せず策定する地震動』の想定では、玄海原発を基準地震動以上の地震動が襲う具体的な危険性があることは明らかである」と主張する（原告ら準備書面72第6（31ページ））。

(2) 被告の反論

ア しかしながら、そもそも本件設置変更許可処分が行われた当時の審査基準である設置許可基準規則及び設置許可基準規則の解釈は、原告らが主張するような検討を求めているものではなく、地震動審査ガイドにおいても、列挙された16の地震は、収集対象の例として示されているものにすぎないから、原告らのというような検討が求められていたものではない（前記第3の1（12ページ）参照）。

そして、本件適合性審査においては留萌地震を評価対象地震として「震源を特定せず策定する地震動」を策定して地震動評価が行われているところ、地震動検討チームにおいても、このような改正前の方法による地震動評価は否定されていない。

(7) 本件適合性審査においては、被告会社が、「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象地震として、2008年岩手・宮城内陸地震、2000年鳥取県西部地震、留萌地震等を選定し、地質学・地震学に基づく総合的な評価から、最終的に留萌地震を評価対象地震としていること、留萌地震については、ボーリング調査等による精度の高い地盤情報を基に信頼性の高い解放基盤波が得られ、これに各種の不確かさ及び敷地の地盤物性を考慮して基準地震動を策定していることから、設置許可基準規則の解釈別記2の規定に適合していることを確認している（乙ロ第15

5号証18及び19ページ)。

これは、本件設置変更許可申請において、被告会社は、留萌地震のK-NE T港町観測点の地震波のはぎとり解析において、地盤の減衰定数を佐藤ほか(2013)の知見では1パーセント未満のところを保守的に3パーセントに設定し、更に10ガル程度の余裕を考慮した地震動を設定しており(乙口第156号証347、351及び352ページ)、審査においては、そのように設定された留萌地震による地震動レベルが相当に大きいことを確認して、申請時点における最新の知見として認めたものである。

- (イ) そして、地震動検討チームにおいては、標準応答スペクトル(前掲図9の赤線)と留萌地震の応答スペクトル(同図の青線)を比較すると、①水平動の0.02秒においては、留萌地震の応答スペクトルは標準応答スペクトルより僅かに大きな地震動レベルとなること、②水平動の周期0.2～0.6秒付近においては、留萌地震の応答スペクトルは標準応答スペクトルを上回る地震動レベルとなること、③水平動のその他の周期においては、留萌地震の応答スペクトルは標準応答スペクトルとおおむね同等又はこれを下回る地震動レベルとなること、④上下動については、全周期帯において留萌地震の応答スペクトルは標準応答スペクトルとおおむね同等又はこれを下回る地震動レベルとなることが指摘されていたところ(乙口第144号証3ページ)、前記第4の1(2)ウ(47ページ)のとおり、原子力規制委員会は、このような地震動検討チームの検討結果を踏まえ、標準応答スペクトルと留萌地震の応答スペクトルとの間に大きな差はないこと等から、留萌地震を基に基準地震動を策定した原子力施設に対して、現時点で直ちに使用の停止や標準応答スペクトルの適用を求める必要はないと判断した。すなわち、原子力規制委員会は、留萌地震を基に基準地震動を策定している原子力施設については、

直ちに耐震安全上に支障が生じるものではないと判断したものであり、
そうであるからこそ、標準応答スペクトルの導入に当たっては、経過措置として令和3年改正設置許可基準規則の施行日から3年間の経過措置期間が設けられているのである。

イ 以上のとおり、本件各原子炉施設については、本件設置変更許可処分において、設置許可基準規則への適合性が認められており、地震動検討チームの検討結果もかかる審査結果を直ちに左右するものではない上、前記第4（47ページ以下）において述べた、標準応答スペクトルの策定に伴う設置許可基準規則の解釈等の改正に係る一連の過程に照らせば、留萌地震を基準地震動として採用している本件各原子炉施設に基準地震動を超える地震動が襲う具体的な危険があるとはいえない。

したがって、「震源を特定せず策定する地震動」として2000年鳥取県西部地震及び留萌地震を考慮するのみでは、本件各原子炉施設を基準地震動を超える地震動が襲う具体的な危険があることは明らかであるとする原告らの前記(1)の主張には理由がない。

以 上