

平成26年(行ウ)第152号

函館市 大間原発建設差止等請求訴訟

震源を特定せず策定する地震動について 新規制基準の不合理性 準備書面(56)



2025年(令和7年)2月26日 口頭弁論期日

原告訴訟代理人 弁護士 只野靖

【図表2】

石橋克彦、日本地震学会モノグラフ

『日本の原子力発電と地球科学』2015年(甲D203)

日本で最初の商用原子炉が計画・着工された1950年代後半は、古色蒼然たる地震学の時代であった。

そのために、活断層やプレート境界巨大断層の直近に原発が建てられ、古めかしい地震学の知識にもとづいて地震と地震動と津波が甘く想定された。

福島第一原発1号機についても、設置が許可された66年当時は、それが東北日本の陸のプレートの最前線付近に位置し、足元に太平洋プレートが沈み込んでいて、目の前にプレート境界巨大断層面が存在するなどとは思ってもよらなかった。



【図表3】

科学の卓越性と不定性 (uncertainty)

▶ 科学的思考過程

仮説→**実験**→**観察・考察**→確信・修正

▶ 科学が卓越する分野

- ・精度の高い実験が反復してできる分野
- ・大量の観察が可能な分野

▶ 科学の不定性が優位する分野

「初めて」の事柄、データが少ない事柄に関する分野
→地震、火山、津波などの自然科学分野は、その典型

▶ 不定性があっても社会として判断しなければならない場面がある。 e.g.気候変動問題



甲A60 平田光司
「科学の卓越性と不定性」

【図表4】

金森博雄(甲D204「巨大地震の科学と防災」)

「地球物理は、ほかの科学と違い、実験が非常に難しく、実験をしたとしても、自然現象とはスケールが違うので、実験室で自然現象が本当に再現できているかどうかはわかりません。ですから、仮説を立てて考えることが大事です。仮説を立てて、自然の現象が起こったときに得られた観測データを使って検証していくという方法をとるしかありません。しかし、その成果から得られた解釈を広げて、予測につなげようとする場合には、注意が必要です」(157頁～158頁)

36 「一般に大きな地震ほど発生確率は低いと考えられます。逆に確率をどんどん小さくしていけば、考えられる地震はどんどん大きくなります。そんなに小さい確率まで考えてもしかたがない、と思う人もいるでしょう。」

「しかし、もし発生した結果が莫大な影響を与えるのであれば、まったく考慮しないというわけにはいかないのではないのでしょうか。たとえば常識を超えるような地震が原子力発電所を襲ったらどうなるのか、その結果を受容できるのかどうかまで考えると、たとえ確率が低くても、起こりうることは考慮しておくべきではないのでしょうか」(174頁)

「観測データや地震学の知識には限界があり、予測には大きな不確定性が伴います」(204頁)

【図表5】

甲D205 瀬瀬一起・東京大学地震研究所教授（岩波・科学2012年6月号）

「地震という自然現象は本質的に複雑系の問題で、理論的に完全な予測をすることは原理的に不可能なところがあります。

また、実験ができないので、過去の事象に学ぶしかない。

ところが地震は低頻度の現象で、学ぶべき過去のデータがすくない。

私はこれらを『三重苦』と言っていますが、そのために地震の科学には十分な予測の力はなかったと思いますし、東北地方太平洋沖地震ではまさにこの科学の限界が現れてしまったと言わざるをえません」

「予測の結果には非常に大きな誤差が伴います。その結果として、予測が当たる場合もありますし、外れる場合もあります。ですので、その程度の科学のレベルなのに、あのように危険なものを科学だけで審査できると考えることがそもそも間違いだったと今は考えています」「真に重要なものは、日本最大か世界最大に備えていただくしかないと言っています。科学の限界がありますから、これ以外のことは確信をもって言うことができません。」

【図表6】

甲ED207 政府事故調技術解説

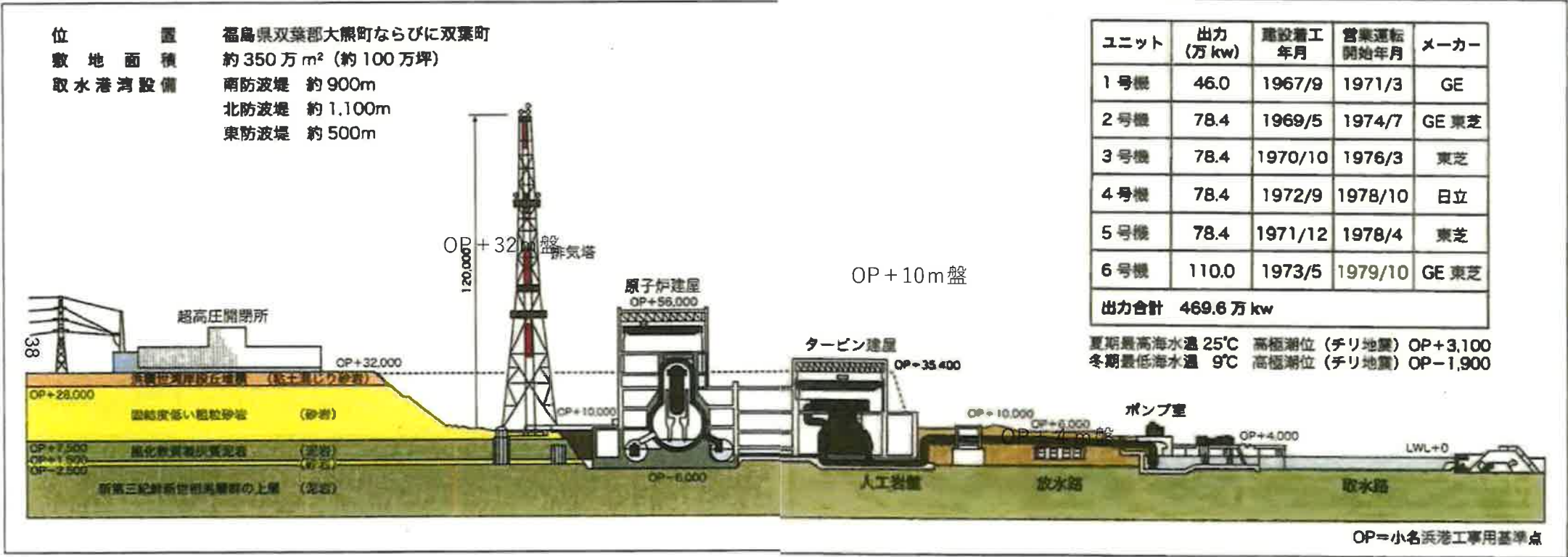


図1-3 福島第一原子力発電所主要部の断面

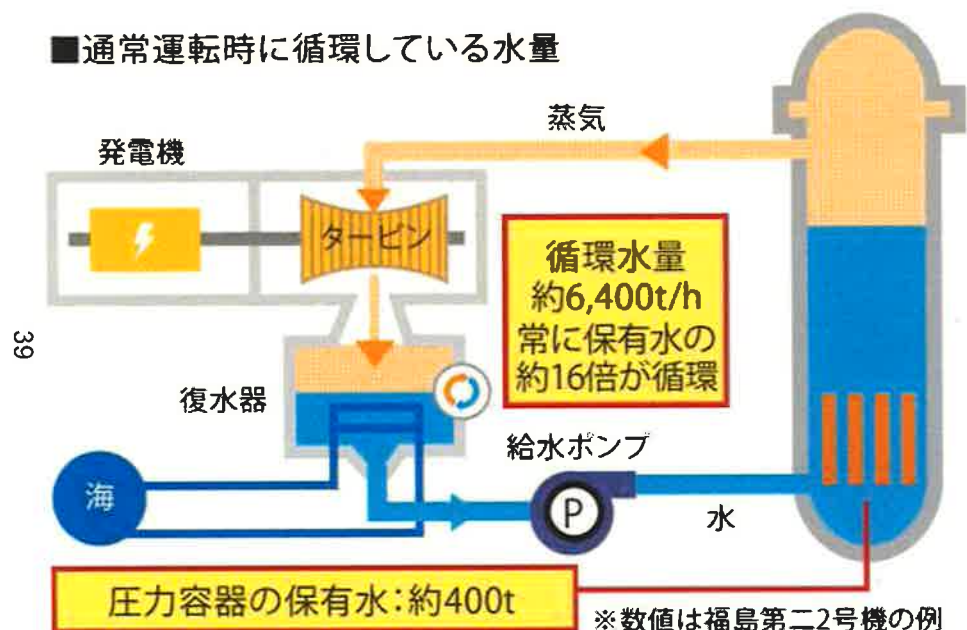
【図表7】

甲D206 東京電力 「福島第一原子力発電所事故の経過と教訓」

<https://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/outline/>

どのぐらいの熱が発生しているのか

■通常運転時に循環している水量



400トンの水が3分45秒で蒸発する熱量
25mプールの容量
 $25\text{m} \times 14\text{m} \times 1.2\text{m} = 420\text{m}^3$

→ 熱量が高密度

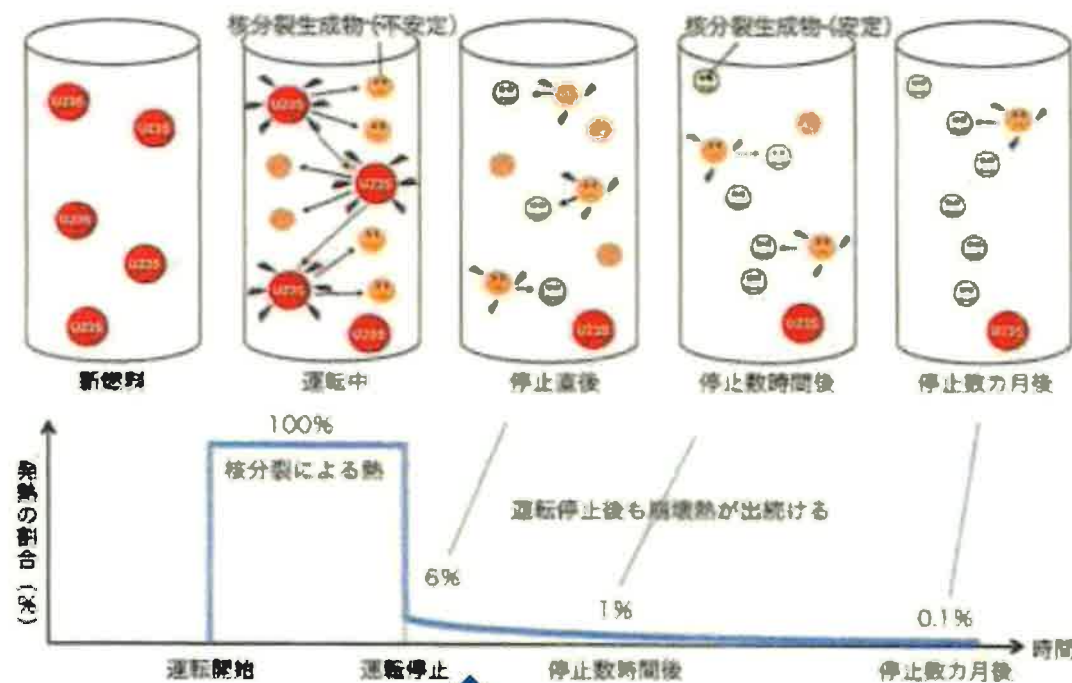
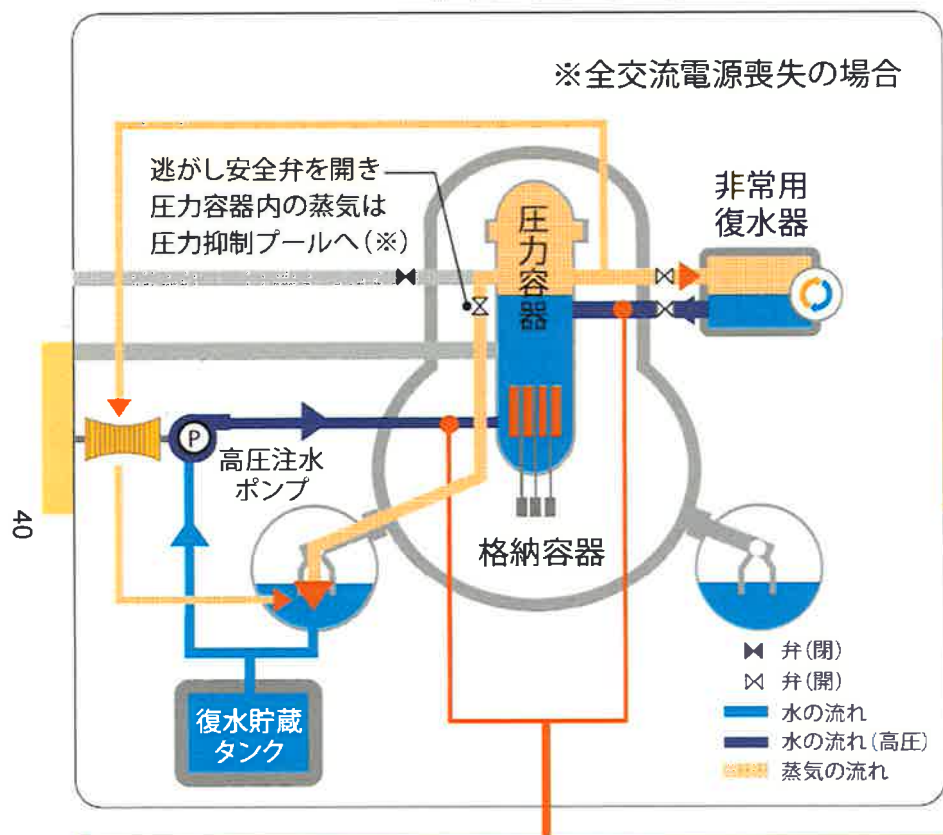


図5-6 核分裂による熱と崩壊熱

福島原発＝運転停止後の事故
にもかかわらず、発熱し続ける

【図表8】冷やす 甲D206



水の注入・循環による
压力容器の冷却

燃料が高温になって炉心が空焚き状態にならないように、大量の水を炉内に送り込んで冷却する設備が設置されています。

→水をかけたり、水に浸けたりする
だけでは冷却できない

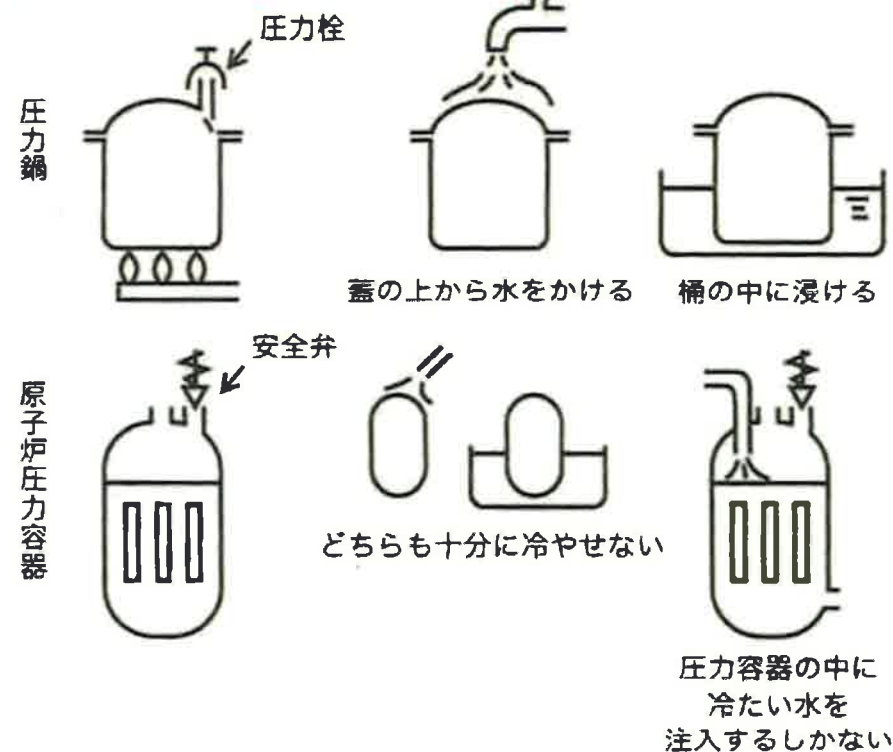


図5-17 圧力のかかった容器の中を冷やす方法

→冷却水を外部から注入する必要がある＝電気とポンプが必要
甲D207「政府事故調技術解説」180頁

【図表9】

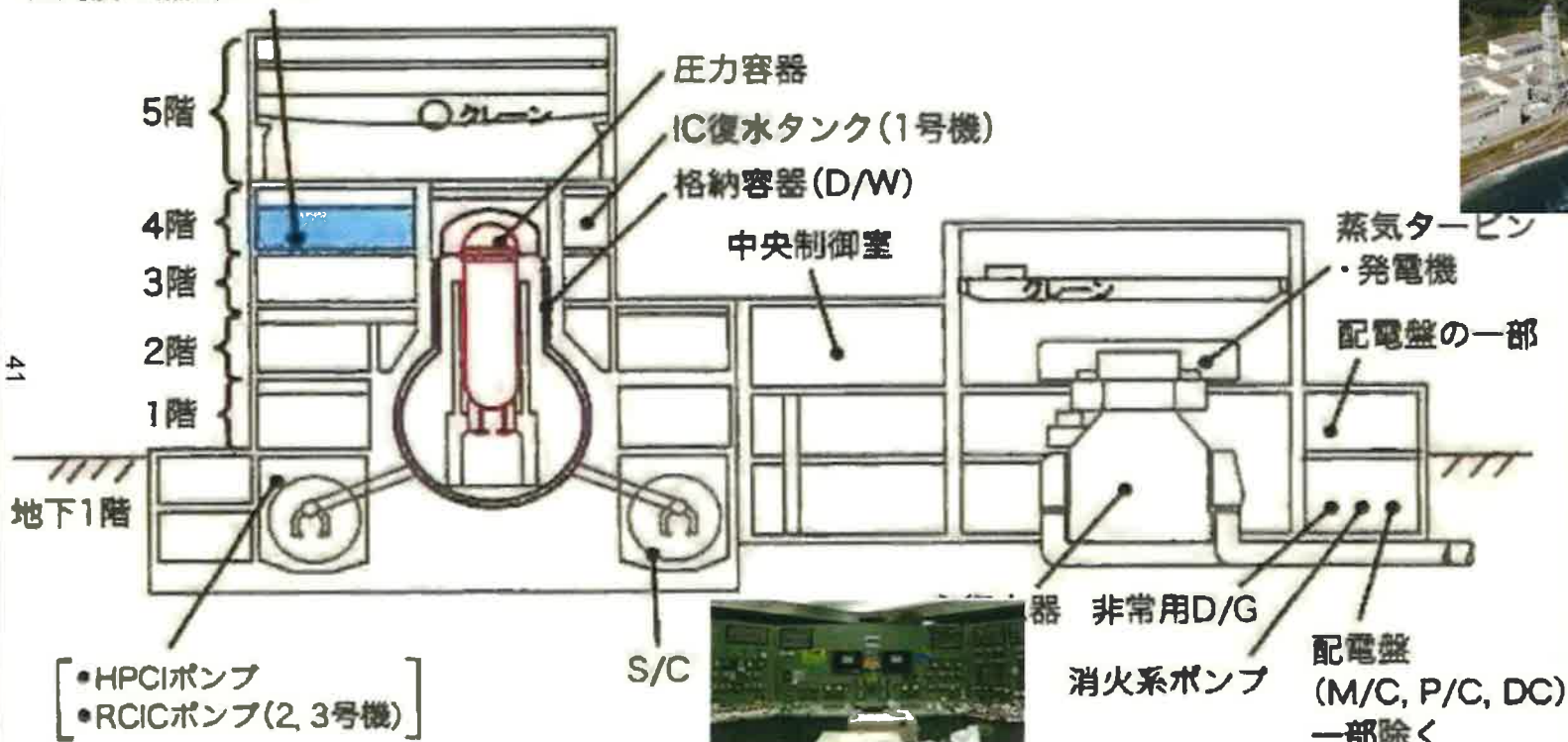
原子炉建屋

コントロール建屋

タービン建屋

甲D207「政府事故調技術解説」

使用済み燃料プール



41

図1-4 原子炉建屋・タービン建屋断面図



図2-6 浸水した配電盤



図2-1 非常用ディーゼル発電機

出力は約8,100kVA (2~4号機) あり、50,000トクラスのタンカー用にも匹敵する出力である。

【図表10】

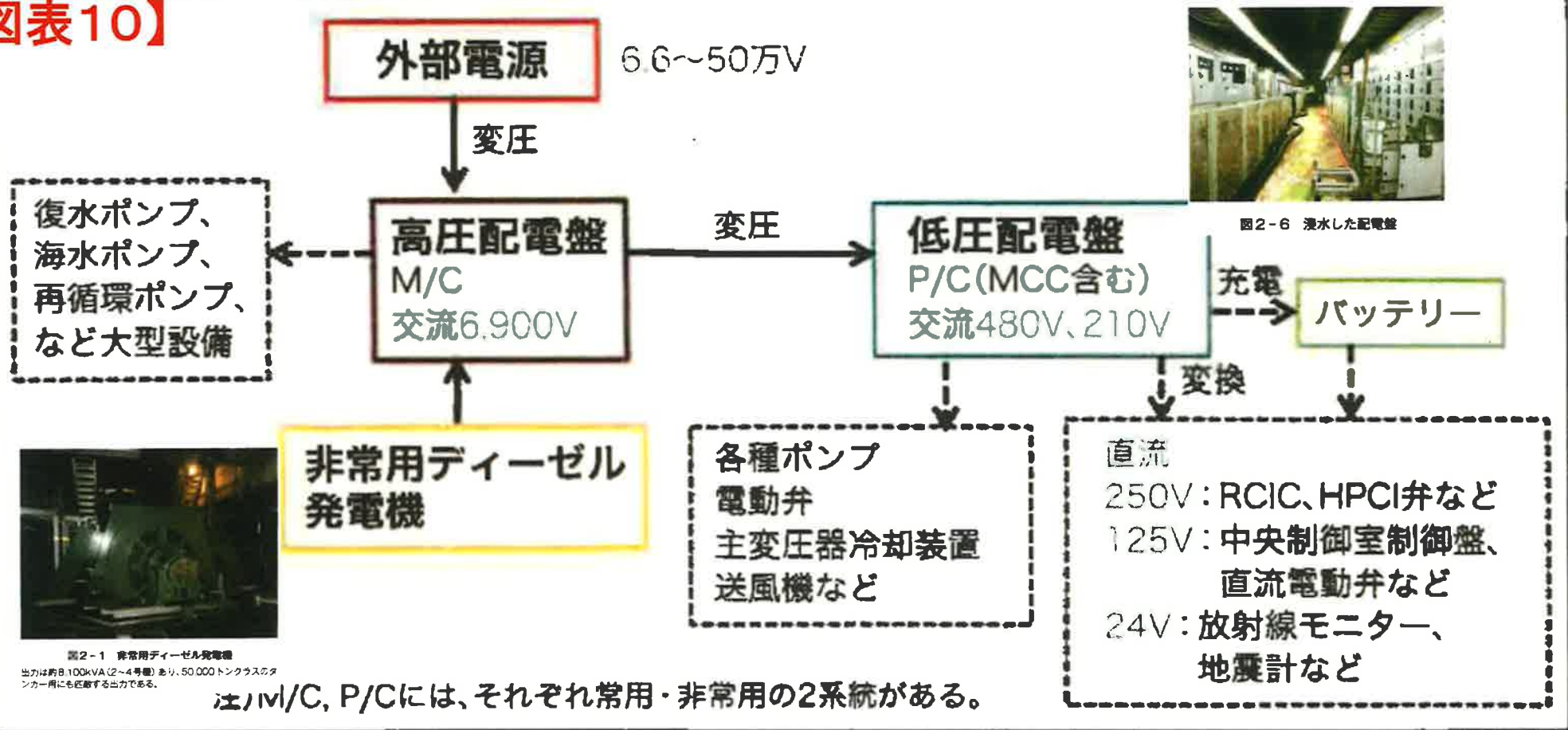


図1-10 福島第一原子力発電所の電源の構成

高圧配電盤、低圧配電盤が給電システムの要である。

【図表11】

伊方原発平成4年最高裁判決

原子炉設置許可の審査の目的について、
「原子炉が原子核分裂の過程において高エネルギーを放出する核燃料物質を燃料として使用する装置であり、その稼働により、**内部に多量の人体に有害な放射性物質**を発生させるものであって、原子炉を設置しようとする者が原子炉の設置、運転につき所定の技術的能力を欠くとき、又は原子炉施設の安全性が確保されないときは、当該原子炉施設の従業員やその周辺住民等の**生命、身体に重大な危害を及ぼし、周辺の環境を放射能によって汚染するなど、深刻な災害を引き起こすおそれがあることにかんがみ、右災害が万が一にも起こらないようにするため**とする。

【図表12】

1995年兵庫県南部地震(Mj7.3)

甲D208 兵庫県南部地震被害状況報告

高速道路

〈阪神高速道路3号神戸線・神戸市東灘区〉



【図表13】 甲D209 石橋克彦「原発震災—破滅を避けるために」
(岩波書店「科学」1997年10月)

「原発にとって大地震が恐ろしいのは、強烈な地震動により個別的な損傷もさることながら、平常時の事故と違って、無数の故障の可能性のいくつものが同時多発することだろう。

特に、ある事故とそのバックアップ機能の事故の同時発生、たとえば外部電源が止まり、ディーゼル発電機が動か⁴⁵ず、バッテリーも機能しないというような事態がおこりかねない」

「(核暴走を)そこは切り抜けても、冷却水が失われる多くの可能性があり(事故の実績は多い)炉心溶融が生ずる恐れは強い。そうなると、さらに水蒸気爆発や水素爆発がおこって格納容器や原子炉建屋が破壊される」

「原発震災」は石橋教授の造語である。



【図表14】

基準地震動を超えた地震動

過去10年間で、のべ8か所

平成17年8月16日宮城県沖地震における女川原発

平成19年3月25日能登半島沖地震における志賀原発

平成19年7月16日新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原発

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震における
福島第一原発、福島第二原発、女川原発、東海第2原発

平成23年4月7日の宮城県沖地震における女川原発

【図表15】

強震動地震学は原子力発電所の安全に寄与できるほどには成熟していない

・強震動に関する研究は、実際に起こった地震に関する事後の分析という点では大きく発展してきましたが、今後に起こりうる事象の予測という点においては、強震動研究はまだまだ発展段階にあり、原子力発電所の安全性の保証に活用できるほどにはこの分野の研究は成熟していない。

・強震動研究は若い学問であるが故に、被害地震が起こる度に、それ以前の知見では予測できなかったような事態が生じ、それによって強震動研究の知見は塗り替えられてきています。

・1960年代後半プレートテクトニクスが発展（現代の地震学が依拠）

・1995年兵庫県南部地震

・2000年鳥取県西部地震(M7.3)

・2005年福岡県西方沖の地震(M7.0)

・2007年能登半島地震(M6.9)

・2007年新潟県中越沖地震(M6.8)

・2008年岩手・宮城内陸地震(M7.2)

・2011年東北地方太平洋沖地震

・2016年熊本地震

【図表16】

強震動地震学は原子力発電所の安全に寄与できるほどには成熟していない

・強震動研究およびそれに関連する研究分野では、これまでの数十年間、被害地震が起こる度に、それ以前の知見では予測できなかったような事態が生じ、それによって知見が塗り替えられてきています。

言い換えればパラダイムシフトが繰り返し起きています。

したがって、今後も、少なくとも数十年間程度は、それ以前の知見を覆すような事態が度々生じるであろうと考えられます。

これが、「強震動研究はまだ原子力発電所の安全性の保証に活用できるほどには成熟していない」と考える理由です。

・今後も「考えてもいなかったような場所で」「考えてもいなかったような規模の地震が」「考えてもいなかったような起こり方で」起こり、それによってパラダイムは変わっていくと考えられます。したがって、強震動研究の成果を活用して原子力発電所の安全性の保証することは現段階では不可能であると考えます。

【図表17】

新規制基準が求める基準地震動

- ・ ア 原子炉設置許可は、「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っ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。」(「4号要件」原子炉等規制法43条の3の6第1項4号)。
- ・ イ 「耐震重要施設は, 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(以下「**基準地震動**による地震力」という。)⁴⁹に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならぬ。」(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(「設置許可基準規則」)第4条3項)
- ・ ウ 「重大事故等対処施設」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」ないし「重大事故」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」(設置許可基準規則39条1項, 3項, 4項)

【図表18】 福島原発事故を経て制定された新規制基準によっても、原発の仕組みは変わっていない

1 原発が有するエネルギーは、運転停止後も膨大であり(崩壊熱)、原発の安全を確保するためには、放射性物質を閉じこめておく原子炉圧力容器・格納容器が健全でなければならない。

2 これを冷却し続けるためには、冷却水を注入するための各種ポンプを駆動・制御するための電源が必要不可欠である。

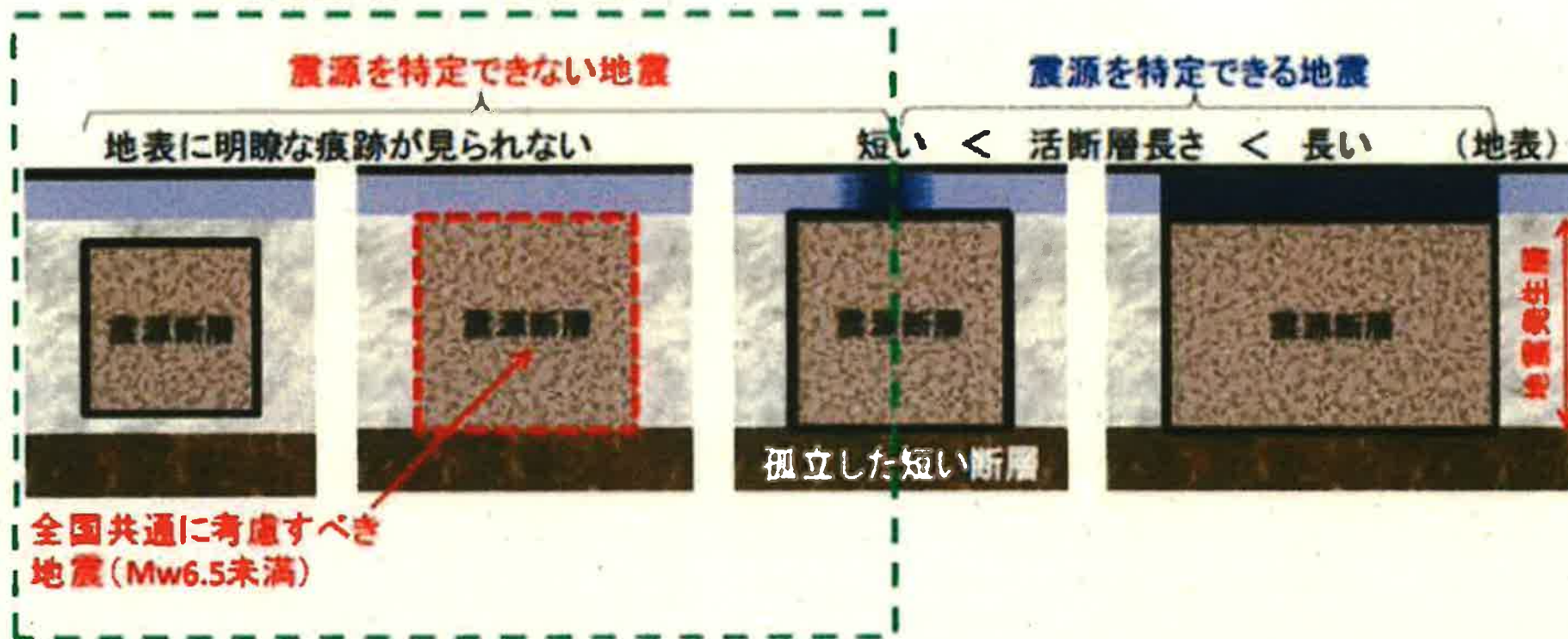
3 地震、津波などの地球物理学分野では、実験ができず大量観察もできないので、科学の不定性が支配する典型的な分野であることに変わりはない。

→地震、津波、火山などの自然現象は、原発の安全装置を、同時損傷する原因となる。

「原子力発電所の耐震検討に強震動研究の成果を活用しようとするのであれば」「物理的に確実に否定できるシナリオ以外のあらゆるシナリオを考えるべきである」

【図表19】 震源を特定せず策定する 地震動の“地震像”

被告国2022年（令和4年）10月12日付
第26準備書面



震源を特定できる地震／特定できない地震の地震像

【図1】 震源をあらかじめ特定しにくい地震の震源像

【図表20】

甲D135 毎日新聞夕刊 2016年6月24日

「特集ワイド『忘災』の原発列島分からないから無視？隠れ断層」

「強い地震が起こると、地表には、ずれなどの変更が生じることが多い。この変形は活断層が地下で動いた証拠で、長年残る。電力会社は地表の変形を手がかりに原発周辺の活断層を探し、想定される揺れを試算する。その数値が安全対策の前提の一つになるのだ。」

「一方、揺れは強いが地表を変形させない地震もある。震源となる断層は探せない。これがいわば『隠れ断層』だ。未知の隠れ断層が原発直下にある可能性は否定できない。」

【図表21】

甲D26 地震動審査ガイドの例示16地震

- ① 2008年岩手・宮城内陸地震 2008/6/14,08:43 Mw6.9
- ② 2000年鳥取県西部地震 2000/10/06,13:30 Mw6.6
- ③ 2011年長野県北部地震 2011/03/12,03:59 Mw6.2
- ④ 1997年3月鹿児島県北西部地震 1997/03/26,17:31 Mw6.1
- ⑤ 2003年宮城県北部地震 2003/07/26,07:13 Mw6.1
- ⑥ 1996年宮城県北部(鬼首)地震 1996/08/11,03:12 Mw6.0
- ⑦ 1997年5月鹿児島県北西部地震 1997/05/13,14:38 Mw6.0
- ⑧ 1998年岩手県内陸北部地震 1998/09/03,16:58 Mw5.9
- ⑨ 2011年静岡県東部地震 2011/03/15,22:31 Mw5.9
- ⑩ 1997年山口県北部地震 1997/06/25,18:50 Mw5.8
- ⑪ 2011年茨城県北部地震 2011/03/19,18:56 Mw5.8
- ⑫ 2013年栃木県北部地震 2013/02/25,16:23 Mw5.8
- ⑬ 2004北海道留萌支庁南部地震 2004/12/14,14:56 Mw5.7
- ⑭ 2005年福岡県西方沖地震の最大余震 2005/04/20,06:11 Mw5.4
- ⑮ 2012年茨城県北部地震 2012/03/10,02:25 Mw5.2
- ⑯ 2011年和歌山県北部地震 2011/07/05,19:18 Mw5.0

【図表22】

甲D136 「震源を特定せず策定する地震動に関する検討チーム」

「新規規制基準適合性審査においては、「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」[モーメントマグニチュード(Mw)6.5程度未満の地震]については、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」(以下「審査ガイド」という。)に例示されているMw6.5未満の14地震の中から敷地に及ぼす影響が大きいとして抽出された5地震のうち、**2004年北海道留萌支庁南部地震**について佐藤ほか(2013)で推定された基盤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。

事業者は、残りの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が困難なことから、**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。

このような状況を鑑みて、**原子力規制委員会**は、「震源を特定せず策定する地震動」(Mw6.5程度未満の地震)の検討対象地震については、地震学的検討から全国共通に考慮すべき地震と位置づけられていることから、**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**た。

【図表23】

ZA217

8. 1 標準応答スペクトルの設定 (1/10)

方針 (1/2)

本検討では以下の条件を満たす地震動(地震規模Mw5.0~6.5程度)を対象とする。

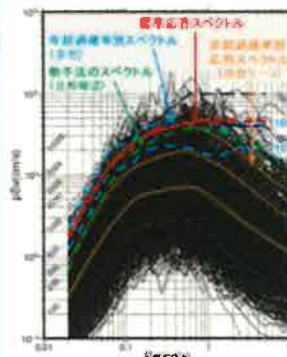
- 全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」の観測記録に近い。
- 震源近傍における地震基盤相当面での地震動とみなすことができる。

標準応答スペクトルの設定においては、全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」として審査ガイドに例示された14地震(Mw5.0~6.2)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、短周期側(周期1秒程度以下)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%のスペクトル(地震規模Mw5.0~6.5程度¹で震源近傍²の地震基盤相当面での地震動記録より算出)を上回るレベルとすることを前提とする。

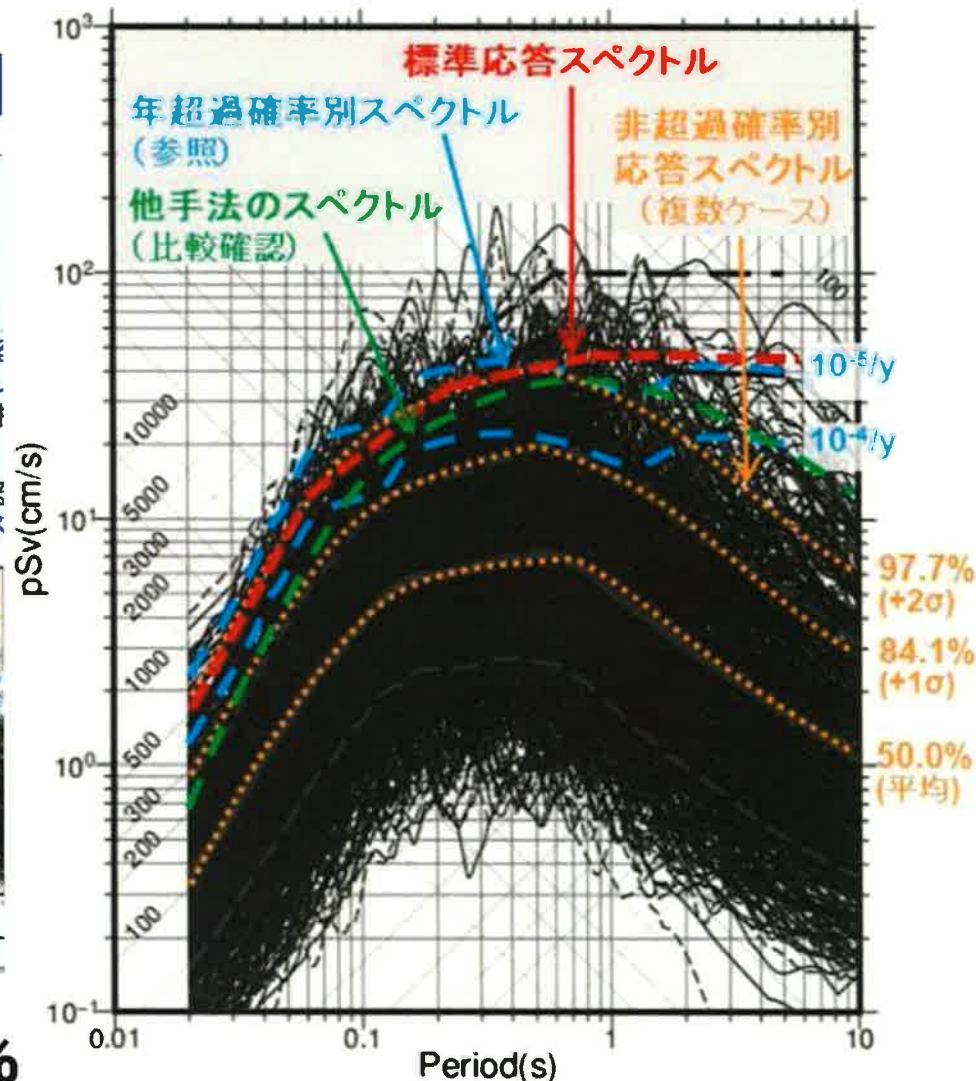
そのうえで、地震動の年超過確率の参照及び他手法により求めたスペクトルレベルとの比較による妥当性確認結果³を踏まえて、非超過確率97.7%(平均+2σ)のスペクトルに基づいて標準応答スペクトルを設定する。

なお、本検討での対象地震動は、地盤特性や解析・処理に係る不確実さを含むこと、また、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、対象地震動記録を最大包絡する考え方は採らない。

- 1 本検討でMw5クラスの地震を含めているのは、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、Mw5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Mw6クラスの地震動と同等に大きくなる場合がある影響を考慮するためである。
- 2 本検討では地震動観測記録を震源近傍のものとして扱うために、半径10km程度の領域に集める震源距離補正を施している。
- 3 標準応答スペクトルのレベルが、地震動の年超過確率で10⁻⁴と10⁻⁵の間程度(詳細はp.111,112)、かつ、他手法(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Mw6.5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(詳細はp.115,116)を確認することにより、妥当性を判断する。



標準応答スペクトル設定のイメージ



標準応答スペクトルは、非超過確率97.7% (平均+2σ)のスペクトルに基づいて設定する標準応答スペクトル設定のイメージ

【図表24】

鉄道構造物における設計地震動

4/34

L1地震動

建設地点における構造物の設計耐用期間内に**数回程度発生する確率を有する地震動**

➡ 構造物の変位を走行安全上定まる一定値以内に留める

L2地震動

建設地点で考えられる**最大級の強さをもつ地震動**

➡ 構造物全体系が崩壊しない

いずれも**耐震設計上の基盤面 ($V_s=400\text{m/s}$ 程度の地盤)**において設定する(表層地盤の影響は別途考慮)

甲D212



H24年改訂



Railway Technical Research Institute

L2地震動は、活断層の調査および対象地震の選定に基づき、震源となる活断層と建設地点を特定して設定する(耐震標準p.38)

- ➡ 原則的には地点依存の強震動予測手法により設定(方法①)
- ・ ただし、実務的には以下の方法②を用いるのが一般的

ただし、詳細な検討を必要としない場合は、簡易な手法によりL2地震動を算定してもよい(耐震標準p.41)

- ➡ 一般的な場合は、予め設定されたL2地震動(標準L2地震動)を用いた設計(方法②)が可能

甲D212

以下のいずれかに該当する場合は、詳細な検討(強震動予測手法によるL2地震動評価)が必要

- (1) Mw7.0よりも大きな震源域が近傍に確認される場合
- (2) 耐震設計上の基盤面より深い地盤の影響によって地震動の著しい増幅が想定される場合

そのため、上記(1),(2)に該当するかどうかは、地点毎に確認している。

以降では、両者に該当しない地点で用いる標準L2地震動の設定手順について整理する。

甲D212

標準L2地震動としては、海溝型地震、内陸活断層による地震の2種類を考慮

(最大応答、継続時間(地盤液状化等)の両者に配慮)

- **スペクトルI** : $M_w=8.0$ の地震が距離60kmの地点で発生

- **スペクトルII** : $M_w=7.0$ の地震が直下で発生

(これ以上の地震が想定される地点は詳細検討が必要)

それぞれの地震に対応する標準応答スペクトルを観測記録に基づいて設定している(本日の説明はスペクトルII)。

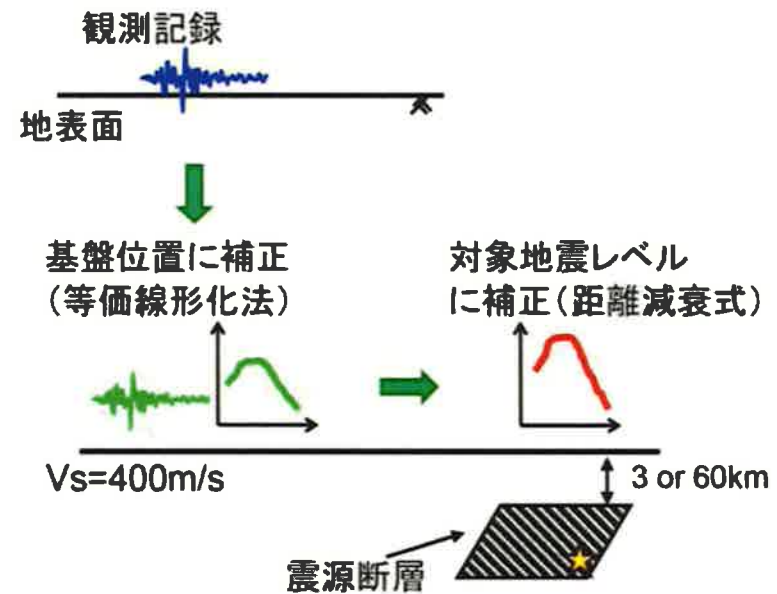
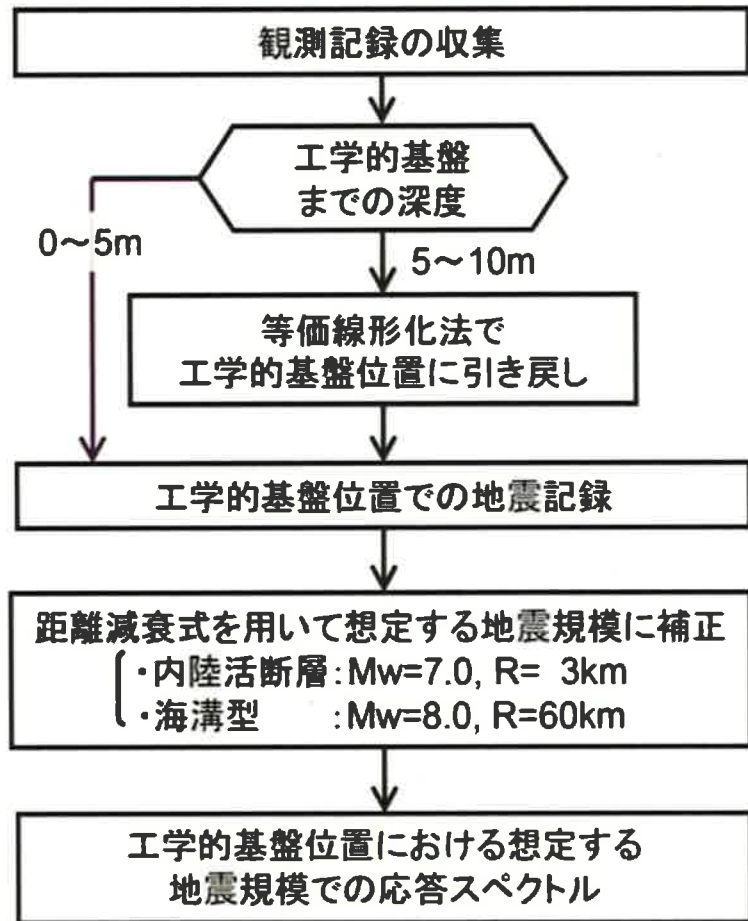
甲D212



【図表28】標準応答スペクトルの設定手順

9/34

甲D212



【図表29】

Step1 観測記録の収集

10/34

震源規模、震源距離が想定している地震動レベルと近く、地盤条件が良好である(基盤深度10m以内)、大きな加速度が得られている記録を収集

甲D212

内陸活断層による地震(スペクトルII)

番号	地震名	発生年月日	Mj	Mw	記録数
1	兵庫県南部地震	1995/1/17 5:46	7.3	6.9	10
2	鳥取県西部地震	2000/10/06 13:30	7.3	6.8	34
3	新潟県中越地震	2004/10/23 17:56	6.8	6.7	22
4	新潟県中越地震(余震)	2004/10/23 18:34	6.5	6.4	24
5	福岡県西方沖地震	2005/3/20 10:53	7.0	6.7	30
6	能登半島地震	2007/3/25 9:42	6.9	6.7	10
7	新潟県中越沖地震	2007/7/16 10:13	6.8	6.6	22

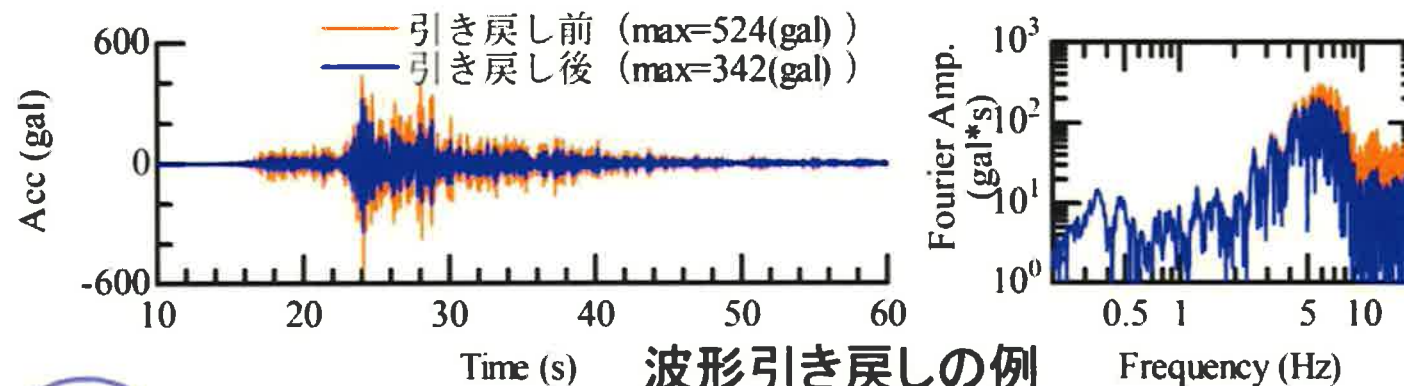
計152記録



【図表30】 Step2 地震動の引き戻し

11/34

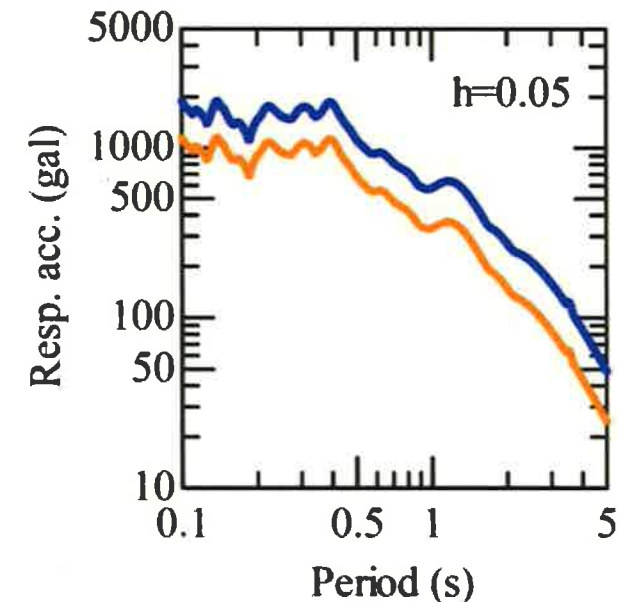
- 収集した地震記録は大半が地表面で得られたものであり、表層地盤の非線形性の影響を含む可能性が高い。
- そこで、各記録を**基盤位置**($V_s=400\text{m/s}$)に**引き戻し**を実施。
- 引き戻しを行う手法は、**等価線形化法**(FDEL, 杉戸他(1994))を用いる。
- 引き戻し時の不確実性(地盤物性、引き戻し手法)を勘案し、引き戻しを実施する箇所は、**基盤深度5~10mの記録**(22記録)とした(基盤深度0~5mの記録はこれをそのまま用いる)。
- 最終的に得られた記録をそれぞれ精査し、不合理な結果となっていないことを確認。



甲D212

- 標準L2地震動と各観測記録では、地震規模、距離が異なる(spcl: Mw8.0, R60km, spcll: Mw7.0, 断層直上)。
- そこで、各観測記録を補正することで、標準L2地震動で想定している地震規模、距離に換算。
- 補正には、応答スペクトルの距離減衰式(内山・翠川(2006))を用いた(検討当時、国内の多数記録を用いた応答スペクトルの距離減衰式(基盤位置)として最も適切と判断)。
- 各観測記録の断層最短距離は、震源インバージョン結果から評価。
- 補正は、距離と地震規模を対象に実施。

— 補正前 (Mw6.7, R=9.8km)
— 補正後 (Mw7.0, R=3km)

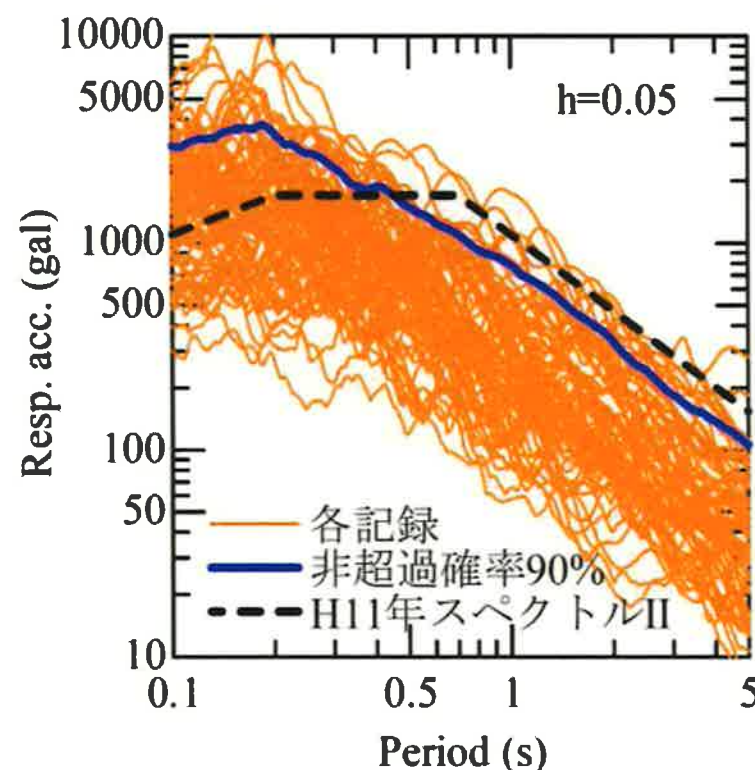


スペクトル補正の例

内陸活断層による地震記録(全152記録)の重ね描き

甲D212

- 従来から、観測記録の非超過確率90%($\mu+1.28\sigma$)のスペクトルを目標に標準スペクトルを設定
- 周期特性が従来の標準L2地震動スペクトルII(H11年版)と大きく異なる(短周期側:大、長周期側:小)
- 従来は、兵庫県南部地震の記録が大半であったが、今回はより多くの地震による記録を使用している。



サイト特性の違いが影響？



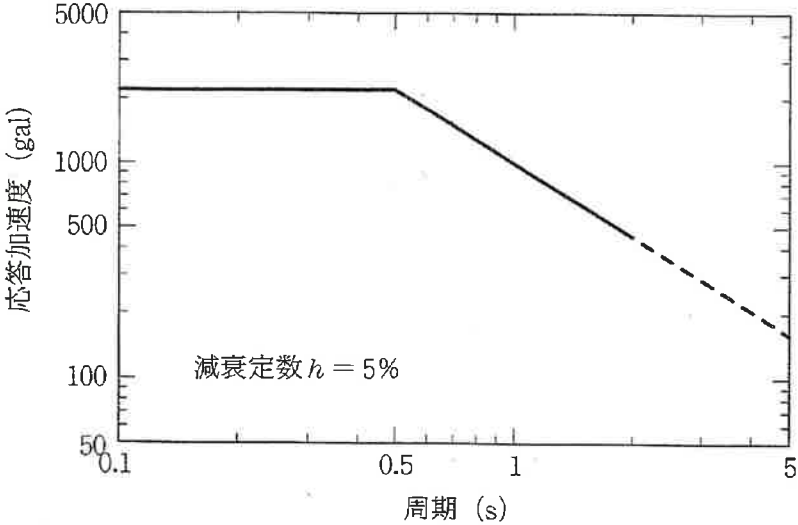
【図表33】

L2地震動標準スペクトルⅡ

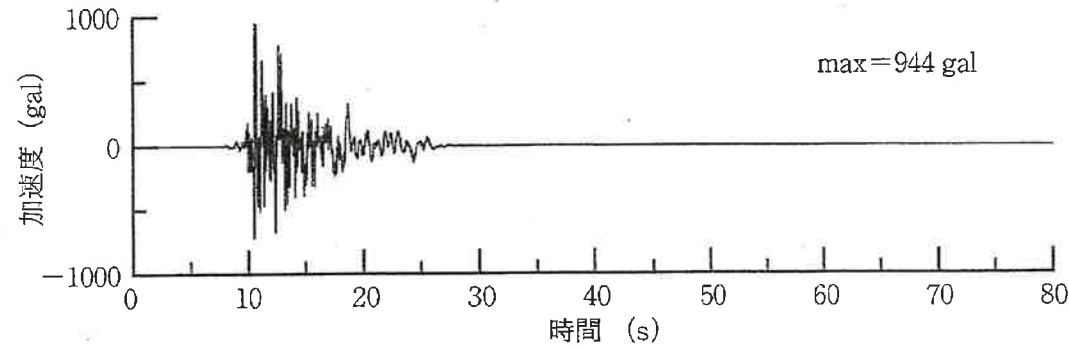
Mw7.0 距離3km

解説表 6.4.4 スペクトルⅡの弾性加速度応答スペクトル
(減衰定数 5%)

周期 T (s)	応答加速度 (gal)
$0.1 \leq T \leq 0.5$	2200
$0.5 < T \leq 2.0$	$1000 \times T^{-1.137}$



解説図 6.4.5 スペクトルⅡの弾性加速度応答スペクトル



解説図 6.4.7 スペクトルⅡの時刻歴波形

甲D211

【図表34】

ZA217

8. 1 標準応答スペクトルの設定 (1/10)

方針 (1/2)

本検討では以下の条件を満たす地震動(地震規模Mw5.0~6.5程度)を対象とする。

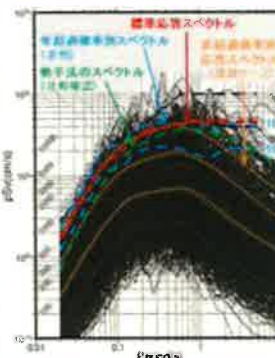
- 全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」の観測記録に近い。
- 震源近傍における地震基盤相当面での地震動とみなすことができる。

標準応答スペクトルの設定においては、全国共通に考慮すべき「震源を特定せず策定する地震動」として審査ガイドに例示された14地震(Mw5.0~6.2)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、短周期側(周期1秒程度以下)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%のスペクトル(地震規模Mw5.0~6.5程度^{*1}で震源近傍^{*2}の地震基盤相当面での地震動記録より算出)を上回るレベルとすることを前提とする。

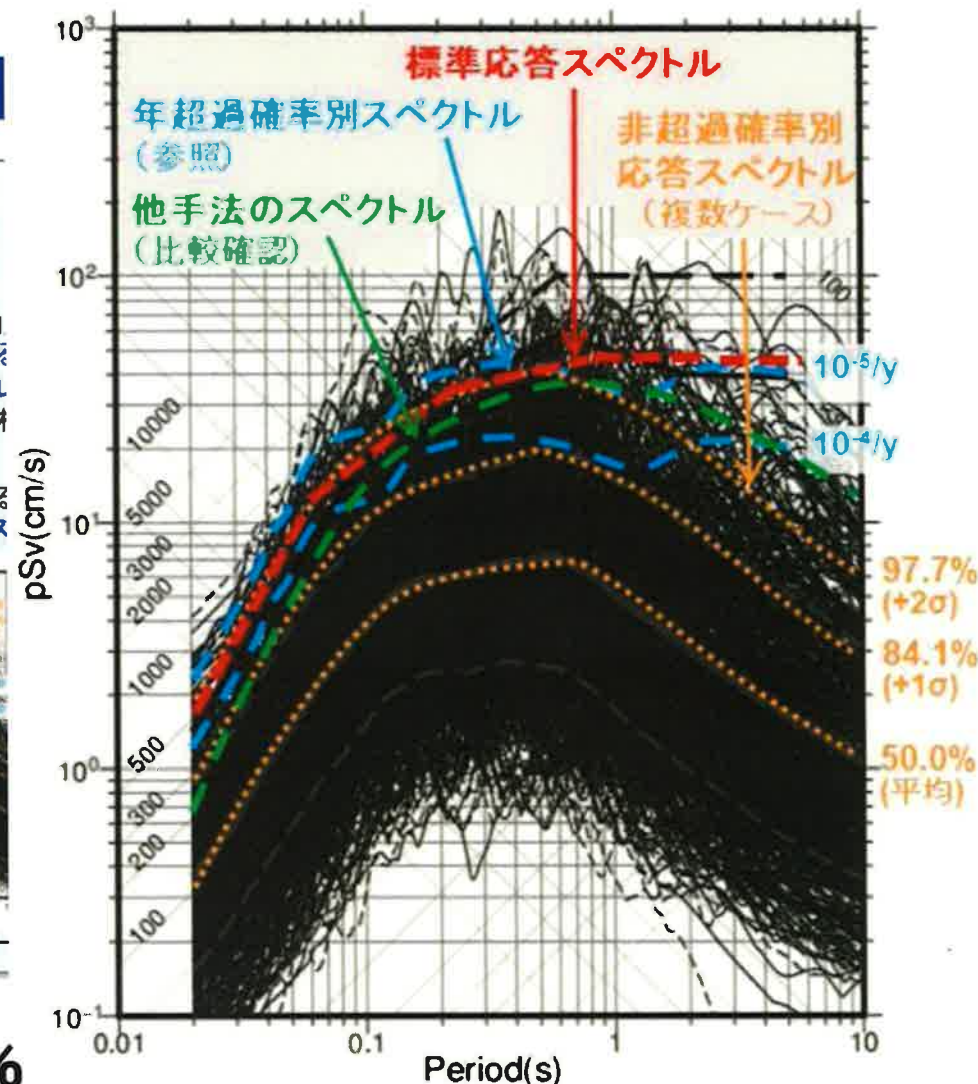
そのうえで、地震動の年超過確率の参照及び他手法により求めたスペクトルレベルとの比較による妥当性確認結果^{*3}を踏まえて、非超過確率97.7%(平均+2σ)のスペクトルに基づいて標準応答スペクトルを設定する。

なお、本検討での対象地震動は、地盤特性や解析・処理に係る不確実さを含むこと、また、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、対象地震動記録を最大包絡する考え方は採らない。

- 1: 本検討でMw5クラスの地震を含めているのは、短周期の地震動については震源や地下構造の不均衡性等と関連して地震動のランダム性が強く、Mw5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Mw6クラスの地震動と同等に大きくなる場合がある影響を考慮するためである。
- 2: 本検討では地震動観測記録を震源近傍のものとして扱うために、半径10km程度の領域に集める震源距離補正を施している。
- 3: 標準応答スペクトルのレベルが、地震動の年超過確率で 10^{-4} と 10^{-5} の間程度(詳細はp.111,112)、かつ、他手法(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Mw6.5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「数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(詳細はp.115,116)を確認することにより、妥当性を判断する。

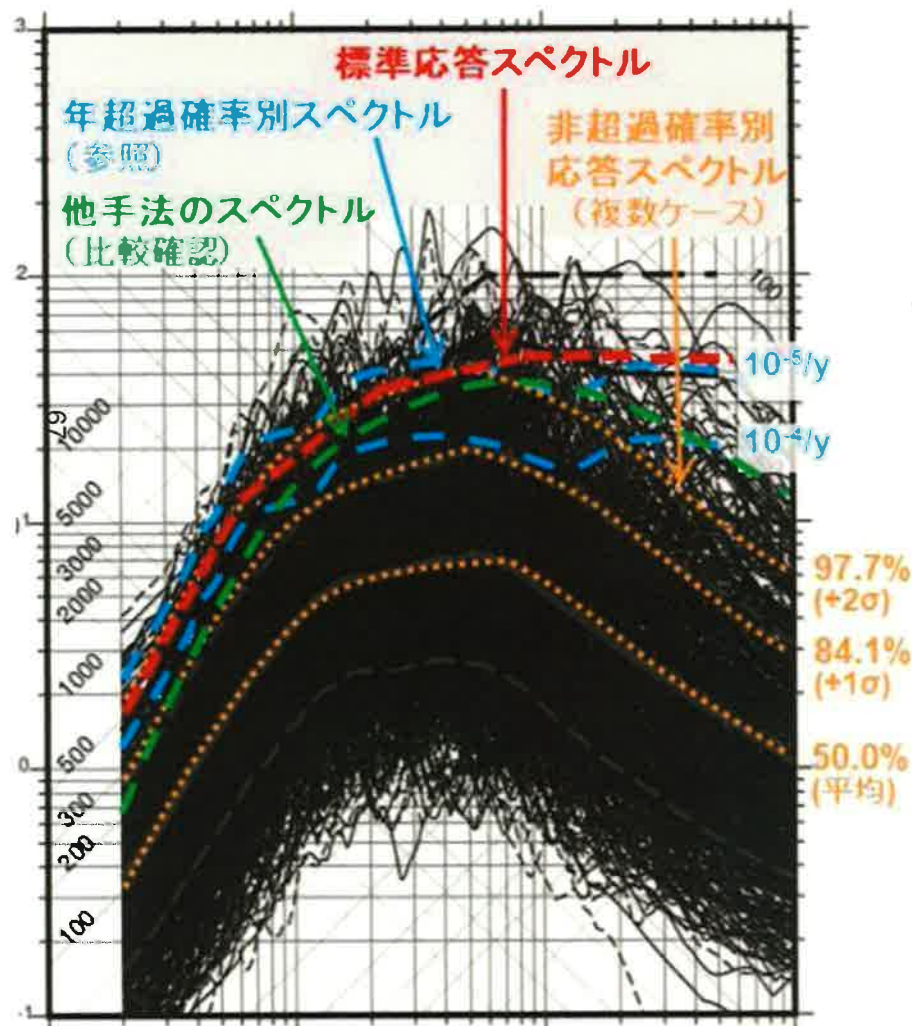


標準応答スペクトル設定のイメージ



標準応答スペクトルは、非超過確率97.7% (平均+2σ)のスペクトルに基づいて設定する標準応答スペクトル設定のイメージ

【図表35】 乙A217



- ・ 大浅田安全規制管理官
- ・ 「統計学的に2σであるという必然性というものは当然なくて、どちらかという、97.7% というのは政策的な課題」

(甲D138 第7回議事録24頁)

飯島首席技術研究調査官

「+2σでよしとして、+3σを考えなかったのか、+3σを考える必要がないというふうに判断した理由は一体何なんですかということ我问われた」場合について、「積極的な回答というのはなかなか今のところはない」

(甲D139 第9回議事録26頁)。

【図表36】

甲D26 地震動審査ガイドの例示16地震

- ① 2008年岩手・宮城内陸地震 2008/6/14,08:43 Mw6.9
- ② 2000年鳥取県西部地震 2000/10/06,13:30 Mw6.6
- ③ 2011年長野県北部地震 2011/03/12,03:59 Mw6.2
- ④ 1997年3月鹿児島県北西部地震 1997/03/26,17:31 Mw6.1
- ⑤ 2003年宮城県北部地震 2003/07/26,07:13 Mw6.1
- ⑥ 1996年宮城県北部(鬼首)地震 1996/08/11,03:12 Mw6.0
- ⑦ 1997年5月鹿児島県北西部地震 1997/05/13,14:38 Mw6.0
- ⑧ 1998年岩手県内陸北部地震 1998/09/03,16:58 Mw5.9
- ⑨ 2011年静岡県東部地震 2011/03/15,22:31 Mw5.9
- ⑩ 1997年山口県北部地震 1997/06/25,18:50 Mw5.8
- ⑪ 2011年茨城県北部地震 2011/03/19,18:56 Mw5.8
- ⑫ 2013年栃木県北部地震 2013/02/25,16:23 Mw5.8
- ⑬ 2004北海道留萌支庁南部地震 2004/12/14,14:56 Mw5.7
- ⑭ 2005年福岡県西方沖地震の最大余震 2005/04/20,06:11 Mw5.4
- ⑮ 2012年茨城県北部地震 2012/03/10,02:25 Mw5.2
- ⑯ 2011年和歌山県北部地震 2011/07/05,19:18 Mw5.0

【図表37】 甲D26 地震動審査ガイドの例示16地震

- ① 2008年岩手・宮城内陸地震 2008/6/14,08:43 Mw6.9
- ② 2000年鳥取県西部地震 2000/10/06,13:30 Mw6.6
- ③ 2011年長野県北部地震 2011/03/12,03:59 Mw6.2
- ④ 1997年3月鹿児島県北西部地震 1997/03/26,17:31 Mw6.1
- ⑤ 2003年宮城県北部地震 2003/07/26,07:13 Mw6.1
- ⑥ 1996年宮城県北部(鬼首)地震 1996/08/11,03:12 Mw6.0
- ⑦ 1997年5月鹿児島県北西部地震 1997/05/13,14:38 Mw6.0
- ⑧ 1998年岩手県内陸北部地震 1998/09/03,16:58 Mw5.9
- ⑨ 2011年静岡県東部地震 2011/03/15,22:31 Mw5.9
- ⑩ 1997年山口県北部地震 1997/06/25,18:50 Mw5.8
- ⑪ 2011年茨城県北部地震 2011/03/19,18:56 Mw5.8
- ⑫ 2013年栃木県北部地震 2013/02/25,16:23 Mw5.8
- ⑬ 2004北海道留萌支庁南部地震 2004/12/14,14:56 Mw5.7
- ⑭ 2005年福岡県西方沖地震の最大余震 2005/04/20,06:11 Mw5.4
- ⑮ 2012年茨城県北部地震 2012/03/10,02:25 Mw5.2
- ⑯ 2011年和歌山県北部地震 2011/07/05,19:18 Mw5.0

甲D212 鉄道の7地震

- ① 1995年兵庫県南部地震(Mw6. 9)
- ② 2000年鳥取県西部地震(M6. 8)
- ③ 2004年新潟県中越地震(Mw6. 7)
- ④ 同余震(Mw6. 4)
- ⑤ 2005年福岡県西方沖地震(Mw6. 7)
- ⑥ 2007年能登半島地震(Mw6. 7)
- ⑦ 2007年新潟県中越沖地震(Mw6. 6)

原発では「詳細な調査」が実施されており活断層は把握できているから、震源を特定して策定する地震動として考慮済みであり、震源を特定せず策定する地震動において改めて考慮する必要はない。

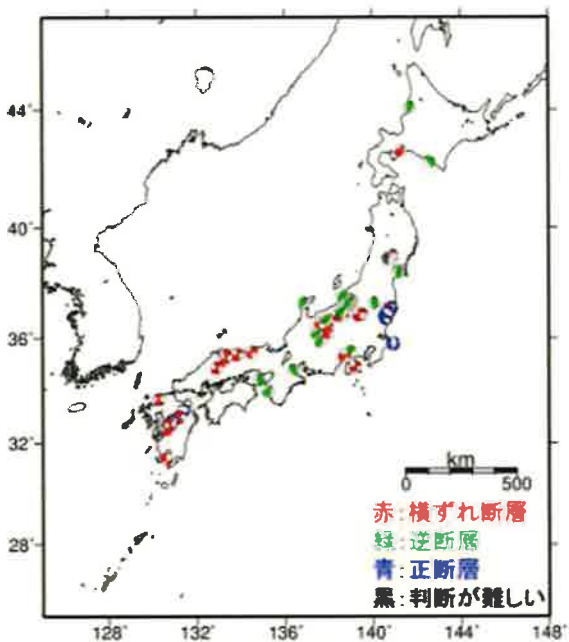
→しかし、これらの地震は、その発生以前には、特定の活断層と結びつけられていたわけではない。鉄道構造物の耐震設計では、より保守的に、Mw6. 4以上の比較的規模の大きな地震の観測記録を収集している。

【図表38】3. 地震動観測記録の収集・整理 (1/4)

乙A217

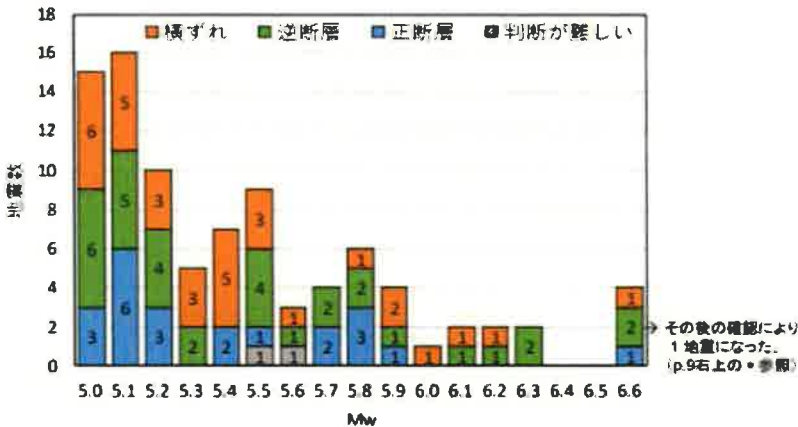
地震動観測記録の収集条件

- 観測期間：2000年1月1日～2017年12月31日
- 地震規模：Mw5.0～6.6 (F-netの震源メカニズム情報)
- 震源深さ：0～20km*1 (気象庁一元化震源) *1：地殻内地震であることを気象庁資料を参考に確認。
- 地震動観測記録：震央距離30km以内にKiK-netによる記録がある



収集条件を満たす地震の震央分布 (90地震)

※ 震央位置が重なっている地震があるため、詳細はp.39を参照。
※ 断層タイプは、地震調査研究推進本部 (以降「地震本部」という) による公開情報を参考に分類した。
ただし、断層タイプに関する十分な情報が得られない地震については、F-netのメカニズムから断層タイプを推定した。



断層タイプごとの地震数

	横ずれ	逆断層	正断層	判断が難しい	合計
地震数※	33	33 (32)	22	2	90 (89)

【収集結果】

→ 収集条件を満たす90地震のうち、解析には89地震 (水平動614波、上下動304波) *2を採用した。

*2: PS検層未実施の観測点や不適切と考えられる記録 (成分毎) は解析から除外した。

→ 断層タイプごとの地震数の偏りは小さい。

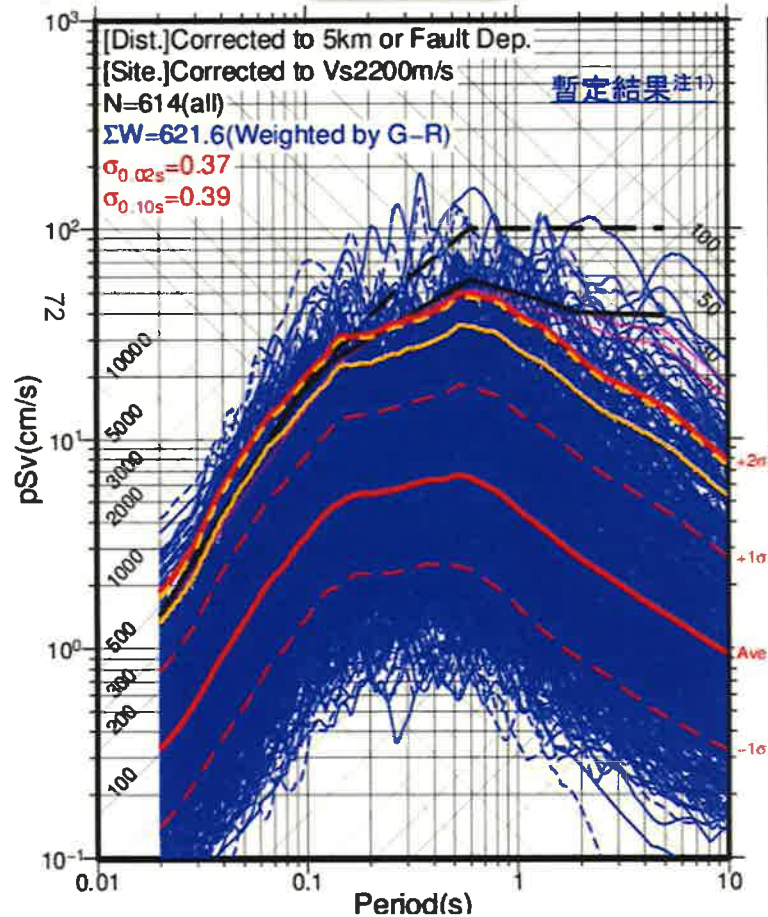
- ①1995年兵庫県南部地震(Mw6. 9)
- ②2000年鳥取県西部地震(M6. 8)
- ③2004年新潟県中越地震(Mw6. 7)
- ④同余震(Mw6. 4)
- ⑤2005年福岡県西方沖地震(Mw6. 7)
- ⑥2007年能登半島地震(Mw6. 7)
- ⑦2007年新潟県中越沖地震(Mw6. 6)

標準応答スペクトルでは、②に加えて、③、④、⑦が加えられた。
しかしながら、鉄道構造物の耐震設計で用いられている①、⑤、⑥の3地震については、標準応答スペクトルの設定においても、用いられていない。

【図表40】 乙A217 標準応答スペクトル 付録C

ケース3(Mw5.0~6.6):規模別の地震・記録

水平動



<本ケース(Mw5.0~6.6)>
 赤色: 非超過確率別スペクトル
 青色: はざとり波
 実線: NS, 破線: EW
 桃色: Mw6.4, 6.5の記録の代わりに仮想的に追加したスペクトル注2)
 橙色: 年超過確率との対応
 実線: 1×10^{-4} に対応する
 非超過確率(95.2%)
 破線: 5×10^{-4} に対応する
 非超過確率(97.6%)

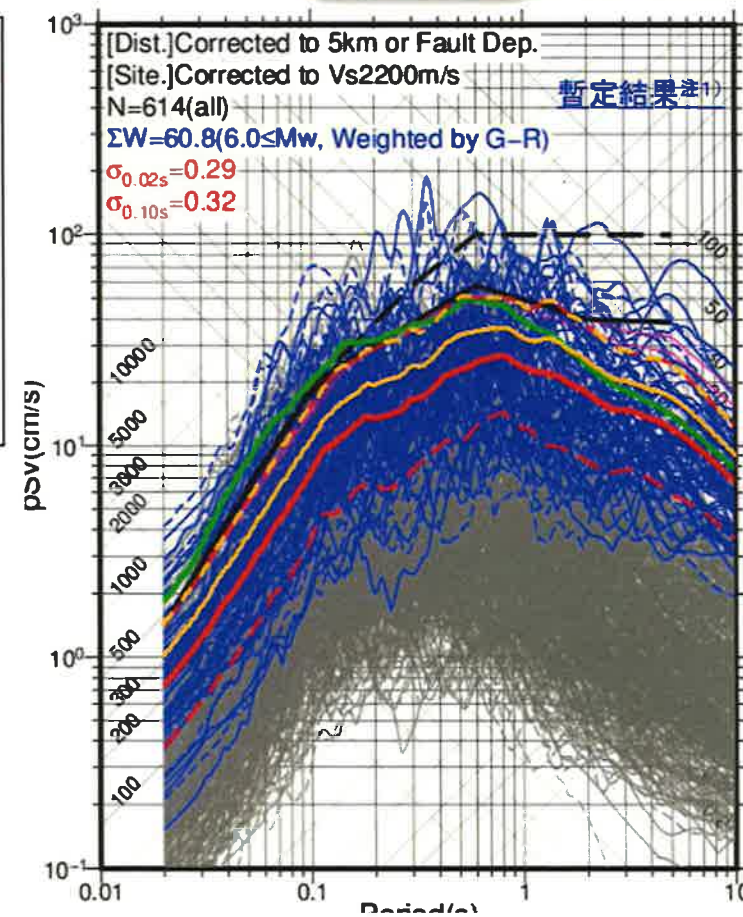
黒色: 加藤スペクトル(水平動)
 実線: Vs2200m/s
 破線: Vs700m/s

-1σ = 15.9%
 Ave. = 50.0%
 +1σ = 84.1%
 +2σ = 97.7%

ケース3'b(Mw6.0~6.6):規模別の地震・記録

水平動

※Mw5.0を下限とした場合(緑実線)よりも短周期側で過となる傾向があることには、本来は強震動として年超過Mw5.0以上6.0未満の地震の影響を見込んでいないこと



<本ケース(Mw6.0~6.6)>
 赤色: 非超過確率別スペクトル
 青色: はざとり波
 実線: NS, 破線: EW
 桃色: Mw6.4, 6.5の記録の代わりに仮想的に追加したスペクトル注2)
 橙色: 年超過確率との対応
 実線: 1×10^{-4} に対応する
 非超過確率(69.1%)
 破線: 5×10^{-4} に対応する
 非超過確率(84.5%)

<ケース3(Mw5.0~6.6)>
 緑: 非超過確率97.7%(+2σ)
 大色: はざとり波
 実線: NS, 破線: EW
 黒色: 加藤スペクトル(水平動)
 実線: Vs2200m/s
 破線: Vs700m/s

-1σ = 15.9%
 Ave. = 50.0%
 +1σ = 84.1%
 +2σ = 97.7%