

平成5年（行ウ）第4号 再処理事業指定処分取消請求事件（第1事件）

原告 大下由宮子 外157名

被告 原子力規制委員会

令和3年（行ウ）第1号 六ヶ所再処理事業所再処理事業変更許可処分取消請求事件（第2事件）

原告 山田清彦 外105名

被告 国

第1事件及び第2事件参加人 日本原燃株式会社

準 備 書 面 （12）

令和7年6月17日

青森地方裁判所民事部 御中

参加人訴訟代理人 弁護士 池 田 直 樹



弁護士 坂 本 倫 子



弁護士 大久保 由 美



弁護士 伊 藤 菜々子



弁護士 中 澤 亮



弁護士 枝 吉 経



弁護士 葛 西 洋 輔

1

目次

第1	立入り、耐震補強工事不能とする原告らの主張について.....	5
1	はじめに.....	5
2	レッド区域の意味と同区域への立入り.....	5
3	保守及び修理ができる設計.....	7
4	レッド区域での耐震補強工事ができること.....	8
第2	基準地震動に対し耐震性を確保することができないとする原告らの主張につ いて.....	8
1	はじめに.....	8
2	本件設工認申請における耐震設計（評価）の手法.....	10
(1)	本件耐震バックチェック、本件ストレステストにおける耐震安全性評価	11
ア	本件耐震バックチェック.....	11
(ア)	概要.....	11
(イ)	安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価.....	13
a	評価対象.....	13
b	地震応答解析.....	13
c	構造強度の評価.....	13
d	動的機能維持の評価.....	15
イ	本件ストレステスト.....	16
(ア)	概要.....	16
(イ)	耐震裕度の特定.....	18
(2)	新規制基準の規制要求を踏まえて行う耐震設計（評価）.....	19
ア	耐震設計方針.....	19
イ	機器・配管系の耐震設計（評価）の手順.....	20
(ア)	地盤モデルの設定、入力地震動の算定.....	21
(イ)	地震応答解析.....	21

(ウ) 応力解析 (強度評価)	22
(エ) 応力解析 (動的機能)	24
(3) 耐震評価手法の比較.....	24
ア 本件耐震バックチェックにおける応力評価の手法.....	25
イ 本件設工認申請における機器・配管系の応力評価の手法.....	26
(ア) 簡便な定型式.....	26
(イ) 有限要素法.....	27
(ウ) 定ピッチスパン法、多質点解析法.....	28
(4) 小括.....	29
3 本件第2回設工認申請についての参加人の見通し.....	30
(1) 地盤モデルの変更による入力地震動への影響の確認.....	30
ア 地盤モデルの変更.....	31
イ 入力地震動への影響の確認.....	32
(2) 環状形パルスカラムの耐震評価.....	33
ア 環状形パルスカラムの概要.....	33
イ 耐震評価.....	34
(3) 小括.....	35
第3 結論.....	36

原告らは、再処理事業指定基準規則7条に関し、本件再処理施設は、「基準地震動が大幅にかさ上げされて耐震補強工事をしなければ基準地震動に耐えられない蓋然性があり、かつレッドセル問題¹があつて耐震補強工事ができないという現実的な可能性がある」(原告らの2024年(令和6年)6月28日付け準備書面(210)(以下「原告ら準備書面(210)」という。)13ページ)などと主張し、再処理事業指定基準規則15条4項、5項に関し、「安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができることが必要であるから、やはり当然にその施設にアクセスできなければならない」にもかかわらず、本件再処理施設では、「多数の機器についてアクセス不能である」(原告ら準備書面(207)5、7ページ)などと主張している。

本件再処理施設の安全機能を有する施設(注1)ないし耐震重要施設(注2)に関する耐震補強工事の要否、当該耐震補強工事の実施方法(これらの施設に人が直接立ち入る必要があるか否かという点も含む。)については、本件事業変更許可申請に係る審査の段階で確認すべき事項ではなく、これらの事項を同審査の段階で確認すべきであったとする原告らの主張に理由がないことは被告らの令和6年12月11日付け準備書面(24)(同書面は、貴庁令和3年(行ウ)第1号事件(以下「第2事件」という。)に係るものであるから、以下「被告準備書面(24)(第2事件)」という。)のとおりであるが、参加人は、裁判所の理解に資するため、本書面において、本件再処理施設の機器・配管系につき、作業上必要な立入りをして耐震補強工事を行うことができず、耐震性を確保することができないとする原告らの主張自体についても理由がないことを補足して述べる。

¹ 原告らは、「本件再処理施設は2006年以降使用済み燃料と高レベル放射性廃液を用いたいわゆるアクティブ試験を実施したため、多くの工程の機器とセルが高レベルの放射性物質によって汚染され、人がアクセスできないセル(レッドセル)が多数生じている」とし、これを指して「レッドセル」ないし「レッドセル問題」と称している(原告らの2024年3月14日付け準備書面(207)(以下「原告ら準備書面(207)」という。)2ページ等)。

第1 立入り、耐震補強工事不能とする原告らの主張について

1 はじめに

原告らは、本件再処理施設について、「再処理工程には試験運転の際に、高レベルの放射性物質を含んだ溶液が流されており、設備のあるセルの中に人が立ち入ることはできないため、物理的に耐震強度を高めるような工事は不可能である」、「基準地震動に対する耐震性を満たしているかを確認するためのアクセス、さらにそれを満たすための補強工事をするためのアクセスができること」が再処理事業指定基準規則で要求されているにもかかわらず、「多数の機器についてアクセス不能である」などと主張する（原告らの2021年（令和3年）1月22日付け準備書面（178）（以下「原告ら準備書面（178）」という。）4、25ページ、第2事件訴状66ないし68、75ないし78ページ、原告ら準備書面（207）2ないし7ページ、原告らの2025年（令和7年）3月13日付け準備書面（216）（以下「原告ら準備書面（216）」という。）4、5ページ）。

そこで、参加人は、本件再処理施設におけるレッド区域の意味を明らかにし、レッド区域であっても、作業上必要な立入りを可能としていることを述べた上で（後記2）、本件再処理施設においては、安全機能（注1）を健全に維持するための適切な保守及び修理ができる設計としており（後記3）、仮にレッド区域で耐震補強工事が必要になった場合であっても、同区域に立入りをして当該工事を行うことが可能であり、原告らの主張に理由がないことを明らかにする（後記4）。

2 レッド区域の意味と同区域への立入り

参加人は、再処理事業指定基準規則等の新規制基準の規制要求（被告らの令和5年3月17日付け準備書面（10）17、18ページ）を踏まえ、本件再処理施設について、放射線業務従事者（注3）の受ける線量、放射性物質の濃

度、又は密度が、線量告示（丙F第4号証）に定められた限度を超えないようにすることはもとより、合理的に達成できる限り低くなるよう、放射線業務従事者の作業性等を考慮して、所要の放射線防護上の措置を合理的に達成可能な限り講じており（丙E第2号証9、12、13ページ）、このような観点から、レッド区域を設けているが、同区域であっても、線量率等を低減させた上で立入りを可能としている。

すなわち、再処理施設の場所であって、その場所における外部放射線に係る線量、空気中の放射性物質の濃度、又は放射性物質によって汚染された物の表面の放射性物質の密度が、線量告示に定められた値を超えるか、又は超えるおそれのある区域は、すべて管理区域として設定し、放射線業務従事者及び管理区域に一時的に立ち入る者（以下「放射線業務従事者等」という。）を防護するため、本件再処理施設の管理区域につき、再処理規則に従った措置を講じるとともに、外部放射線に係る線量率の高低等を勘案して、管理区域をグリーン区域、イエロ区域及びレッド区域に区分し、区分ごとに段階的な出入管理を行うことにより、管理区域へ立ち入る者の被ばく管理が容易かつ確実にできるようにしている。

上記管理区域のうち、グリーン区域及びイエロ区域については、通常作業時においても放射線業務従事者等が立ち入ることが可能である。

他方、レッド区域については、通常作業時には放射線業務従事者等の立入りを禁止しているが、立入りが必要となった場合には、放射性物質を含む機器内の溶液を可能な限り排出した後、機器底部に少量残留する溶液や内壁面に付着している放射性物質を除去するために機器内に硝酸等を供給して洗浄し、また、内部の形状が複雑な機器については、これらに加えて、例えばジェットを用いたかくはんや振動（パルセーション）を与えて浸漬させリンシングする（すぐ）などの設備に応じた措置を行い、当該措置により線量率等を低減させる（これらの措置による線量率等の低減について、その例としてアクティブ試験（注4）

後の中性子モニタ指示値の低減の実績を別紙図1に示す。)。そして、立入りに際しては十分な放射線管理を行うこととして、立入りを可能にしている。

(丙F第12号証7-1-1ないし7-2-2、7-2-4、7-2-5、7-2-10、7-2-13ページ)

3 保守及び修理ができる設計

参加人は、再処理事業指定基準規則等の新規制基準の規制要求(被告準備書面(24)(第2事件)21ページ)を踏まえ、安全機能を有する施設は、その安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができる設計としている。

具体的には、せん断処理施設のように機械処理を行う工程等においては、部品の消耗あるいは往復又は回転部の万一の故障等を考慮して、放射線業務従事者が機器等に直接接触することのできないものは、遠隔操作により保守等を行えるように、機器を収納するセル(注5)の上部等に保守セルを設け、保守等に必要なクレーン、マニプレータ(注6)等の機器を設置している。また、安全上重要な機器等の健全性を確認するため、セル壁に貫通口を設けている。さらに、多量の放射性物質を内包する機器については、必要に応じてブロック閉止壁を設置している。ここにブロック閉止壁とは、鉄筋コンクリート等の壁で囲われた小部屋であるセルの一部に開口部を設け、開口部の遮へい効果が失われないよう上下方向に突起部を設けたコンクリート製のブロックを交互に組み合わせ積んでモルタルを充填する等、撤去、復旧可能な構造にしたものをいい(別紙図2)、これを設置することにより、多量の放射性物質を内包する機器への接近可能性も配慮している。

(丙E第2号証59ページ、丙E第35号証6-1-356、6-1-412、6-1-413、6-1-931、6-1-932ページ)

なお、参加人は、本件再処理施設の安全機能を有する施設について、放射性物質を内包する系統及び機器は、放射性物質が漏えいし難い構造とし、これを

系統又は機器に閉じ込め、漏えいした場合においても、セル、グローブボックス（注7）及びこれらと同等の閉じ込めの機能を有する施設に保持し、放射性物質を限定された区域に閉じ込める設計としている（参加人の令和4年9月28日付け準備書面（3）11ページ、丙E第2号証13、14ページ）。したがって、本件再処理施設の運転中において、放射性物質が、上記の区域を超えて施設内に広く拡散し、上記保守及び修理ができないという事態が生ずることはない。

4 レッド区域での耐震補強工事ができること

前記2で述べたとおり、参加人は、本件再処理施設において、放射線業務従事者等の放射線防護の観点から、管理区域のうち通常作業時において放射線業務従事者等の立入りを禁止するレッド区域を設けているが、レッド区域であっても、線量率等を低減させる措置を行うなどして作業上必要な立入りを可能にし、また、前記3で述べたとおり、安全機能を健全に維持するための適切な保守及び修理ができる設計としているから、仮にレッド区域で耐震補強工事が必要になった場合であっても、同区域に立入りをして当該工事を行うことも可能であり、作業上必要な立入りをして耐震補強工事を行うことができないとする原告らの主張には理由がない。

第2 基準地震動に対し耐震性を確保することができないとする原告らの主張について

1 はじめに

原告らは、参加人が、本件再処理施設につき、基準地震動（注8） S_2 （その最大加速度（注9）は 3.75Gal （注9））に対し耐震性を有するようにするとして本件指定処分を受け、設計、建設したところ、その後、参加人が行った新耐震設計審査指針に照らした耐震安全性評価（以下「本件耐震バックチェッ

ク」という。)において、基準地震動 S_s の最大加速度が水平方向で 450Gal に引き上げられ、これに対し、「アクティブ試験によって人が立ち入ることができないレッドセル化した区画及びその中の耐震性の低い設備・機器」があることが明らかになったとし、また、参加人が福島第一原子力発電所事故後に実施した本件再処理施設の安全性に関する総合的評価(以下「本件ストレステスト」という。)において、「ストレステスト時の S_s 450Gal の 1.5 倍、 675Gal の地震が襲来した際に、いわゆる「クリフエッジ」に達し、本件施設は重大事故に見舞われるという計算結果となつたとし、これらを理由として、「基準地震動の 700Gal への引き上げで基準地震動に対する耐震性を有すると言えるか甚だ疑問がある」、「 700GAL は 450GAL の想定を 55 パーセント上回っており、確実な補強がされなければ、これらの施設の安全性は確保できないと考えられる」などと主張する(原告ら準備書面(178)、第2事件訴状64ないし83、102ないし104ページ、原告ら準備書面(207)7ないし11ページ、別紙1、別紙2、原告ら準備書面(210)3、4、13ページ、原告ら準備書面(216)7ページ)。

原告らのいう「基準地震動 700Gal 」とは、参加人が、再処理事業指定基準規則等の規制要求を踏まえて策定した基準地震動 $S_s - A$ (応答スペクトルに基づく手法による地震動評価) の最大加速度を指すものと解されるところ(丙E第2号証4-6-45、4-6-46、4-6-95ないし4-6-100ページ)、参加人は、この基準地震動 $S_s - A$ を含む基準地震動を策定した上で、耐震重要施設が、基準地震動による地震力(注10)に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように設計するなどの施設の耐震設計方針を示し(丙E第2号証30ないし40ページ)、原子力規制委員会から、令和2年7月29日付けで、参加人の示した基準地震動及び施設の耐震設計方針について、再処理事業指定基準規則7条及びその解釈別記2等に適合していることの確認を受け(乙A第53号証26ないし56ページ)、再処理事業所における再

処理の事業の変更の許可処分（本件事業変更許可処分）を受けた（被告らの令和5年9月22日付け準備書面（15）（以下「被告準備書面（15）」という。）36、37ページ）。そして、参加人は、令和2年12月24日、安全冷却水系（再処理設備本体用）の冷却塔B及びその飛来物対策設備等につき、再処理施設の設計及び工事の計画の変更の認可申請（令和4年7月28日付け補正、同年11月8日付け補正、同年12月5日付け補正を含む。以下「本件第1回設工認申請」という。）をし、同月21日、原子力規制委員会から、設計及び工事の計画の変更の認可を受け、同月26日、本件再処理施設のその他の施設すべてにつき、再処理施設の設計及び工事の計画の変更の認可申請及び同計画の認可申請（以下、併せて「本件第2回設工認申請」と総称し、本件第1回設工認申請と併せて「本件設工認申請」という。）をし、現在、原子力規制委員会の審査を受けているところである。

参加人は、本件再処理施設は基準地震動700Galに対し耐震性を確保することができないとする原告らの主張については、本件設工認申請において新規制基準の規制要求を踏まえて行う耐震設計（評価）を正解しない点において理由がなく（後記2）、本件第2回設工認申請の参加人の見通しに照らしても理由がないことを明らかにする（後記3）。

2 本件設工認申請における耐震設計（評価）の手法

本件再処理施設は、基準地震動700Galに対し耐震性を確保することができないとする原告らの主張に理由がないことを指摘するに当たり、まず、原告らの依拠する、本件耐震バックチェック及び本件ストレステストにおける耐震安全性評価について（後記（1））、次に、これに対する、新規制基準の規制要求を踏まえて行う耐震設計（評価）について（後記（2））それぞれ機器・配管系を中心に述べ、その後、両者の耐震評価手法を比較し（後記（3））、原告らの主張に理由がないことを明らかにする。

(1) 本件耐震バックチェック、本件ストレステストにおける耐震安全性評価

ア 本件耐震バックチェック

(ア) 概要

参加人は、本件再処理施設につき、再処理指針及び昭和56年に策定された耐震設計審査指針（旧指針）等を踏まえて、基準地震動 S_1 、 S_2 を策定するなどして本件指定処分を得、続いて、設計及び工事の方法の認可（平成5年4月14日以降9回に亘って受けた認可を併せて「本件既工認」という。）を得て、建設をした（被告の平成7年1月30日付け準備書面（4）44ないし79ページ、第2事件答弁書12、13ページ）²。その後、地震学及び地震工学に関する新たな知見の蓄積並びに原子炉施設の耐震設計技術の改良及び進歩があり、特に平成7年1月に発生した兵庫県南部地震により、断層の活動様式、地震動特性、構造物の耐震性等に係る貴重な知見が得られたなどとして、原子力安全委員会において平成18年9月19日付けで新耐震設計審査指針が決定されたこと（乙D第28号証）を踏まえて、参加人は新耐震設計審査指針に照らした耐震安全性の評価（本件耐震バックチェック）を実施した。これについては、被告の平成20年9月5日付け準備書面（24）（同書面は、貴庁平成5年（行ウ）第4号事件に係るものである。）、平成22年6月11日付け準備書面（25）（以下「被告準備書面（25）」という。）及び平成23年2月25日付け準備書面（27）において説明されているが、その概要は以下のとおりである。

すなわち、原子力安全・保安院が、平成18年9月20日付けで、参加人に対し、新耐震設計審査指針に照らした耐震安全性の評価（耐震バ

² 参加人が耐震設計審査指針（旧指針）に基づき策定した基準地震動 S_2-N の最大加速度は375Galであり（乙第1号証の2・4-6-108ページ）、原告らは、これを指して、参加人が当初基準地震動「375Gal」に対し耐震性を有するようにして設計、建設をした旨を主張しているものと解される。

ックチェック)を実施し、その結果を報告することを指示した(乙D第30号証)。これを受けて、参加人は、本件再処理施設につき、原子力安全・保安院の上記指示の際に示された「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について」(乙D第30号証別添2別添、以下「バックチェックルール」という。)に基づき耐震安全性評価(本件耐震バックチェック)を実施し、平成19年11月2日付けで、原子力安全・保安院に対し、策定した基準地震動 S_s ³に対し、安全上重要な建物・構築物の耐震安全性、安全上重要な機器・配管系の耐震安全性等が確保されていることを確認したことを報告した(乙D第31号証、丙E第36号証の1)。なお、参加人は、平成20年10月7日、平成21年4月16日、同年6月26日、同年12月4日に、それぞれ耐震安全性評価に係る報告書の一部補正を行った(丙E第36号証の2ないし5)。

原子力安全・保安院は、上記報告を検討した結果、参加人の行った本件再処理施設に係る基準地震動 S_s 、安全上重要な施設の耐震安全性等の評価は妥当であると判断し、その確認結果を平成21年6月29日にとりまとめ(同年12月11日に一部改訂、乙D第33号証)、同年7月9日(一部改訂については同年12月21日)、原子力安全委員会にこれを報告した。原子力安全委員会は、その下に設置した耐震安全性評価特別委員会から、原子力安全・保安院の行った上記評価が適切であると判断する旨の報告を受け、審議の結果、これを妥当なものと認め、決定をし(乙D第42号証)、これにより、本件再処理施設に係る本件耐震バック

³ 参加人が新耐震設計審査指針を踏まえて策定した基準地震動 S_s-1 (応答スペクトルに基づく手法による地震動評価)の最大加速度が 450 cm/s^2 (注9)であり(丙E第36号証の1・4-19)、原告らは、これを指して、本件耐震バックチェックにおいて、基準地震動 S_s の最大加速度が水平方向で「 450 Gal 」に引き上げられた旨を主張しているものと解される。

クチェックの手続は終了した。

(イ) 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

参加人の行った耐震安全性評価（本件耐震バックチェック）のうち、安全上重要な機器・配管系について、以下具体的に述べる。

a 評価対象

参加人は、新耐震設計審査指針上の耐震重要度分類（注11）Sクラスの機器・配管系を中心に評価対象とした⁴（乙D第30号証別添2別添の4、35ページ、丙E第36号証の1・7-1）。

b 地震応答解析

参加人は、建物・構築物のモデルに、解放基盤表面（注12）で定義される基準地震動から一次元波動論（注13）により評価した入力地震動（注14）を入力して地震応答解析（注15）を行い床の応答加速度（注16）の時刻歴（注17）を求め、これに基づき床応答スペクトル（注18）を算定し、更に、地盤や建物の物性等ばらつきが床応答に与える影響を考慮し、周期軸方向に±10パーセント拡幅した設計用床応答スペクトルを算定した（丙E第36号証の1・6-1、7-1、後記（2）イ（イ）参照）（別紙図3-1、3-2）。

c 構造強度の評価

参加人は、機器・配管系の構造強度につき、原則として、簡易評価（応答倍率法による評価）により発生値を算定した。すなわち、剛構造（注19）の機器については、前記bのとおり建物・構築物の地震応答解析により得られた基準地震動 S_s による床の最大応答加速度の1.2倍と本件既工認における床の最大応答加速度の1.2倍との比

⁴ 新耐震設計審査指針上の耐震重要度分類Bクラス及びCクラス等の施設で、その破損が、Sクラスの施設に影響を与えるおそれのある施設については、波及的影響評価を実施した。なお、配管系のように類似設備が多数存在する場合は、安全機能を維持する観点から仕様、使用条件等で適切にグループ化し、その代表設備について評価を行った。

(増加率)を求め、剛構造でない機器については、前記bのとおり建物・構築物の地震応答解析により得られた基準地震動 S_s による設計用床応答スペクトルと本件既工認における設計用床応答スペクトルとの比(増加率)を求め、各比(増加率)を本件既工認時の発生応力(注20)に乗じて、発生値を算定した(丙E第37号証3ページ)。この際、本件既工認時の発生応力のうち地震力(地震荷重(注10))による応力(地震応力)にのみ上記比(増加率)を乗じることと考えられるが、本件再処理施設に設置されている機器は、常温・常圧の機器が主体であり、発生応力の大部分が地震応力であるため、地震応力に、それ以外の荷重(自重、内圧等)による応力を加えた値に上記各比(増加率)を乗じることとし、これにより、発生値がより大きく算定されるようにした(同号証4ページ)(別紙図4)。

ただし、本件再処理施設の特徴的な機器及び上記応答倍率法による評価の結果、詳細評価が必要と判断された設備については、機器・配管系の振動特性に応じ、代表的な振動モード(注21)が適切に表現でき、地震荷重を適切に算定できるモデルを設定した上で、詳細評価(スペクトルモーダル解析法(注15)又は時刻歴応答解析法(注15)等による評価)を実施して発生値を算定した。

以上のとおり簡易評価又は詳細評価により求めた発生値と、評価基準値(原則としてその設備の機能に影響を及ぼすことがない値とし、社団法人日本電気協会(当時)の「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-補・1984、JEAG 4601-1987、JEAG 4601-1991 追補版」(以下、これらを併せて「JEAG 4601」という。)及び「発電用原子力設備規格設計・建設規格 JSME SNC1-2005」(以下、同規格の平成19年(2007年)版を含めて「JSME」という。)に準拠するとともに、他の規格基準

で規定されている値及び実験等で妥当性が確認されている値等)とを比較し、発生値が評価基準値以下であることを確認した。(被告準備書面(25)40ページ、乙D第30号証別添2別添の35ないし39ページ、丙E第36号証の1・7-1ないし7-4、丙E第37号証)

上記について、剛構造の機器につき評価した結果(応力比(発生値/評価基準値))が厳しい値となった本件再処理施設の使用済燃料受入れ・貯蔵建屋(FA建屋)(第2事件答弁書別紙2の②)の第1バーナブルポイズン切断装置A、Bを例にして述べると、基準地震動 S_s による床の最大応答加速度の1.2倍と本件既工認における床の最大応答加速度の1.2倍との比(増加率)を水平方向、鉛直方向それぞれ求め、これらの比のうち最も大きい値(1.52)を、本件既工認時の発生応力(114 N/mm^2)に乗じて発生値(174 N/mm^2)を算定し、これが評価基準値(184 N/mm^2)以下であること(応力比は0.95)を確認した。(丙E第36号証の1・7-7、丙E第37号証5、6、8ページ)

d 動的機能維持の評価

参加人は、地震時及び地震後に動的機能(注22)が要求される動的機器(排風機、横形ポンプ、弁等)の動的機能維持につき、原則として、機能確認済加速度(機種ごとに試験あるいは解析により、動的機能維持が確認された加速度(注9)をいう。)との比較を実施した。すなわち、剛構造の機器については、前記bのとおり建物・構築物の地震応答解析により得られた基準地震動 S_s による床の最大応答加速度と機能確認済加速度とを比較し、剛構造でない機器については、前記bのとおり建物・構築物の地震応答解析により得られた基準地震動 S_s による設計用床応答スペクトルから評価対象機器の応答加速度を求め、これと機能確認済加速度とを比較した。

ただし、この応答加速度が機能確認済加速度を上回る機器については、機器・配管系の振動特性に応じ、代表的な振動モードが適切に表現でき、地震荷重を適切に算定できるモデルを設定した上で、動的機能維持を確認する上で評価が必要となる項目につき、対象部位の構造強度評価又は動的機能維持評価を行い、発生値を算定した。

以上のとおり求めた加速度と機能確認済加速度とを比較し、又は、発生値と評価基準値（J E A G 4 6 0 1 に準拠するとともに、試験等で妥当性が確認されている値）とを比較し、いずれも、前者が後者以下であることを確認した。（被告準備書面（25）40ページ、乙D第30号証別添2別添の35ないし39ページ、丙E第36号証の1・7－3、7－5）

イ 本件ストレステスト

（ア）概要

参加人は、福島第一原子力発電所事故後、本件再処理施設の安全性に関する総合的評価（本件ストレステスト）を実施した。これについては、被告の令和3年1月15日付け準備書面（54）（以下「被告準備書面（54）」という。）42ないし46ページにおいて説明されているが、その概要は以下のとおりである。

すなわち、我が国におけるストレステストは、原子力安全・保安院が、福島第一原子力発電所事故後、原子力施設の安全性についての国民・住民の安心・信頼性を確保する目的で、欧州諸国で事業者の自主的取組みとして導入されたストレステストを参考に、法律的な手続によらない暫定的なルールに基づき、各原子力施設の安全評価を関係事業者に求めたものである（乙E第179号証参考3・1ページ）。原子力安全・保安院は、まず、既設の発電用原子炉施設の安全性に関する総合評価の実施を平成23年7月22日付けで指示し（乙E第179号証別添1）、次いで、

核燃料サイクル施設の安全性に関する総合評価の実施を同年11月25日付けで指示した(乙E第180号証)。これを受けて、参加人は、アクティブ試験期間中における本件再処理施設の安全性に関する総合的評価(本件ストレステスト)を実施し、原子力安全・保安院に対し、平成24年4月27日、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた六ヶ所再処理施設の安全性に関する総合的評価に係る報告書(使用前検査期間中の状態を対象とした評価)」(甲E第107号証、乙E第181号証)を提出し、同年7月25日、その誤記等について確認した結果を報告した。

なお、原子力安全・保安院は、既設の発電用原子炉施設の安全性に関する総合評価に関し、平成23年7月21日付けで「東京電力株式会社福島第一原子力発電所における事故を踏まえた既設の発電用原子炉施設の安全性に関する総合的評価に関する評価手法及び実施計画」(乙E第179号証別添2)を定めており、そこでは、事業者による評価には、①安全上重要な施設・機器等について、設計上の想定を超える事象に対して、どの程度の安全裕度が確保されているかを、許容値等(ただし、許容値が最終的な耐力に対して余裕をもって設定されている場合には、技術的に説明可能な範囲においてその余裕を考慮した値)に対しどの程度の裕度を有するかという観点から行う評価(一次評価)と、②設計上の想定を超える事象の発生を仮定し、評価対象の原子力発電所が、どの程度の事象まで燃料の重大な損傷を発生させることなく耐えることができるか、その安全裕度(耐力)を評価するもの(二次評価)とがであるとされている。そして、一次評価は、建物にあっては、設計上想定される最大の変形量を、変形はするが機能維持に問題のない変形量と比較するものであり、機器・配管系にあっては、地震の発生時に加わる力の設計上の想定値(計算値)を、設計基準上の許容値(技術的に示すことが可

能であれば許容値を超える値も適用することができる。)と比較するものであり、建物の倒壊や機器・配管系の機能が実際に失われる値までの裕度を評価する二次評価とは異なるものとされている(乙E第179号証参考2・5、6ページ、同参考3・4、5ページ)。参加人が原子力安全・保安院からの指示を受けて本件再処理施設につき実施した本件ストレステストは、この一次評価に相当するものである。

(イ) 耐震裕度の特定

原子力安全・保安院の平成23年11月25日付け「核燃料サイクル施設の安全性に関する総合的評価の評価手法及び実施計画」(乙E第184号証別添2)及び平成24年8月10日付け「再処理施設の安全性に関する総合的評価(ストレステスト)に係る評価の視点」において、ストレステストの具体的な評価手法として、地震、津波及びこれらの重畳といった自然現象等により、全交流電源喪失、崩壊熱除去機能喪失等の安全機能が喪失する事象が、「設計上の想定を超える事象」にまで進展すると仮定した場合に、評価対象施設がどの程度まで「設計上の想定を超える事象」に至ることなく耐えることができるかという観点から、施設の特徴に応じて「安全裕度を評価する」とこととされている。この「安全裕度を評価する」ことについては、「評価に設計上の許容値を用いる場合、最終的な耐力に比して余裕をもって(許容値が)設定されているのであれば、技術的に説明可能な範囲においてその余裕を考慮した値を用いても良い」との注釈が示されている。(被告準備書面(54)45ページ)

参加人は、上記を踏まえて、「設計上の想定を超える事象」に至る過程において関連する設備等を抽出し、これらが機能喪失する地震動の大きさを、基準地震動に対する余裕(耐震裕度)として評価し、「設計上の想定を超える事象」の耐震裕度を特定した。この耐震裕度は、抽出した設

備等について、原則として、前記アで述べた新耐震設計審査指針に照らした耐震安全性の評価（本件耐震バックチェック）における、評価基準値と基準地震動 S_s による地震力が作用した際の発生値（応力値（注20）等）との比によって算出し、関連する設備等のうち最も小さい耐震裕度の値をもって特定した（乙E第181号証40ないし43ページ）。

（2）新規制基準の規制要求を踏まえて行う耐震設計（評価）

ア 耐震設計方針

参加人は、再処理事業指定基準規則等の新規制基準の規制要求（被告の平成26年5月30日付け準備書面（32）15ないし22ページ、平成27年8月28日付け準備書面（37）、被告準備書面（54））を踏まえ、基準地震動を策定した上で、本件再処理施設につき以下のとおり耐震設計方針を示して本件事業変更許可処分を受けた。

すなわち、①本件再処理施設の安全機能を有する施設につき、地震の発生によって生ずるおそれがある安全機能を有する施設の安全機能の喪失及びそれに続く放射線による公衆への影響の観点から、耐震設計上の重要度をSクラス、Bクラス及びCクラスに分類し、それぞれの重要度に応じた地震力に十分耐えることができるように設計すること、②Sクラスの施設については、基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように設計し、また、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が0.5を下回らないような値で工学的判断に基づいて設定される弾性設計用地震動（注23） S_d による地震力又は静的地震力（注10）のいずれか大きい方の地震力に対して概ね弾性（注23）状態に留まる範囲で耐えることを確認し、Bクラス及びCクラスの施設は、静的地震力に対して概ね弾性状態に留まる範囲で耐えることを確認することなどの方針を示した（被告準備書面（15）36、37ページ、被告準備書面（24）（第2事件）13ページ、丙E第2号証30ないし37ページ）。

イ 機器・配管系の耐震設計（評価）の手順

参加人は、本件事業変更許可処分を受けた前記ア記載の耐震設計方針に基づき耐震設計（評価）をし、本件第1回設工認申請に係る認可を受け、現在、本件第2回設工認申請に係る審査を受けているところである。

設計及び工事の計画の認可に係る耐震設計に関わる審査については、原子力規制委員会が、「耐震設計に係る設工認審査ガイド」（乙E第344号証、平成25年6月19日原子力規制委員会決定、以下「耐震設工認ガイド」という。）を策定しており、これは、発電用軽水型原子炉施設の耐震設計の妥当性を確認するために活用することを目的として策定されたものであるが、その基本的な考え方は、再処理施設を含む原子力関係施設及びその他の原子炉施設にも参考となるものであるとされている（被告準備書面（24）（第2事件）14ページ）。また、耐震設工認ガイドにおいては、適用可能な耐震設計に関わる規格及び基準等としてJ E A G 4 6 0 1が示されている。そこで、参加人は、本件設工認申請において、本件再処理施設につき、耐震設工認ガイドやJ E A G 4 6 0 1を踏まえて耐震設計（評価）を行い又は行っているところである。このうち、Sクラスの機器・配管系については、基準地震動 S_s 又は弾性設計用地震動 S_d から求めた入力地震動を用いて地震応答解析を行って地震力（動的地震力（注10））を算定して設計用地震力を求め、応力解析（注20）を行って求めた設計用地震力による応力と、他の荷重による応力との組合せ応力が許容限界内にあることを確認するものであるところ（乙E第344号証21ないし30ページ、丙E第38号証479ないし492ページ）^{5・6}、以下、その

⁵ 耐震設工認ガイドでは、J E A G 4 6 0 1を適用する場合は、耐震設計審査指針（旧指針）によるAsクラスを含むAクラスの施設をSクラスの施設と、基準地震動 S_2 、 S_1 をそれぞれ基準地震動 S_s 、弾性設計用地震動 S_d と読み替えるものとされている（乙E第344号証6、7ページ）。

⁶ 耐震設工認ガイドやJ E A G 4 6 0 1では、機器・配管系の地震応答解析は、地盤・建物

手順を具体的に述べる。

(ア) 地盤モデルの設定、入力地震動の算定

基準地震動 S_s は解放基盤表面における地震動として策定されるものであり、解放基盤表面より上の地盤における増幅特性等を反映させるため、地盤モデルを設定の上、基本的には、一次元波動論等により地盤の応答解析を実施し、解放基盤表面における基準地震動 S_s から建物・構築物の基礎版における入力地震動を求める（乙E第344号証13ないし16ページ）。

(イ) 地震応答解析

次に、機器・配管系に作用する地震力（動的地震力）については、設計用床応答スペクトルを用いて、機器・配管系の設置位置における応答加速度を求め、これに基づき算定する（乙E第344号証23ないし26ページ）。

ここに、床応答スペクトルとは、建物・構築物を解析モデルに置き換え、その解析モデルに前記（ア）で述べた入力地震動を入力して地震応答解析を行い、機器・配管系の設置位置における応答加速度の時刻歴を求め、これを入力波として、1質点系（注24）の応答（応答加速度）

と機器・配管系とを連成させた地震応答解析モデルを設定して行う場合と、地盤・建物と機器・配管系とを連成させずに機器・配管系の地震応答解析モデルを設定して行う場合とがあり、大型機器は前者に該当し、タンク類、熱交換器、ポンプ及び配管等の機器は後者に該当するものとされている（乙E第344号証23、24ページ、丙E第38号証518ページ）。本件再処理施設の機器・配管系はすべて後者に該当するものとして耐震設計（評価）を行っており、本文でもこれを前提に述べる。また、J E A G 4 6 0 1 では、機器・配管系について、第1種機器（容器、管、ポンプ、弁）、第2種容器、第3種機器（容器、管、ポンプ、弁）、第4種容器又は第4種管、第5種管に分類し、それぞれについて応力解析の手順や許容応力状態等を定めているところ（丙E第38号証492、499ページ）、各種別は「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（昭和55年通商産業省告示第501号、以下「告示第501号」という。）に定めるところによるとされ（同号証499ページ）、本件再処理施設の機器・配管系は、告示第501号に定める第4種容器又は第4種管に該当する。ただし、第3種機器と第4種容器又は第4種管とは荷重の組合せ及び対応する許容応力状態が同一であり（同号証499ページ）、本件再処理施設の機器・配管系についても、上位である第3種機器の記載を参照して耐震設計（評価）を行っているから、本文では第3種機器の応力解析について述べる。

を求めた上で、機器・配管系の固有周期（注25）を横軸、応答加速度を縦軸、機器・配管系の減衰定数（注26）をパラメータとして図に表したものである。この床応答スペクトルにより、1質点系にモデル化された機器・配管系の固有周期に応じた応答加速度が求められる（丙E第38号証511ないし513ページ、513ページの図6.5.1-2、514ページの図6.5.1-3）。この床応答スペクトルにつき、これに影響を与える因子の変動をカバーするために、原則として、周期軸方向に±10パーセント拡幅したものを設計用床応答スペクトルとして用いる（同号証516ないし518ページ）。

そして、地震応答解析法（スペクトルモーダル解析法）により、上記設計用床応答スペクトルにより算出した機器・配管系の各固有モード（注21）の応答（応答加速度）を重ね合わせて最大応答を計算し、これを基に、地震力（設計用地震力）を求める（丙E第38号証564、565ページ）^{7・8}。

（ウ）応力解析（強度評価）

耐震性を確認する上で必要な箇所を評価対象部位とし、前記（イ）により算定した基準地震動 S_s による地震力（地震荷重）と、それ以外の

⁷ スペクトルモーダル解析法は、時々刻々と変化する各固有モードの応答のずれを考慮せず、その応答を重ね合わせて最大応答の近似解を求める方法である（例えば、ある建造物の1次モード（注21）（固有周期0.2s）の最大応答加速度が 180 cm/s^2 、2次モード（固有周期0.1s）の最大応答加速度が 150 cm/s^2 、3次モード（固有周期0.06s）の最大応答加速度が 60 cm/s^2 のとき、各固有モードの最大応答加速度を単純に合計した 390 cm/s^2 が当該建造物の最大応答加速度の近似解ということになる。）。ただし、各固有モードの応答値が同時刻に最大となることはほとんどなく、実際の応答よりも過大に加速度を評価することになるため、後処理としてSRSS法（各固有モードの応答値の二乗和平方根）等の数値的処理がされる（上記例の場合、SRSS法による最大応答加速度は 241 cm/s^2 となる。）。

⁸ なお、地震時の建造物の設計を支配するのは水平地震力であり、鉛直地震力の影響は小さいものと考えられるところ、本件再処理施設の建物等は、厚い壁で構成される鉄筋コンクリートの壁式構造であり、上下方向には特に剛性の高い構造となっているため、鉛直方向の地震力が本件再処理施設の耐震安全性に及ぼす影響は小さい（被告の平成15年3月13日付け準備書面（12）27ページ）。

荷重とを組み合わせた上で同評価対象部位に生ずる応力等を算定し、これが J E A G 4 6 0 1 又は J S M E の規定を参考に設定された許容限界を超えていないことを確認する。加えて、基準地震動 S_s による地震力に対する安全機能の保持を確実にするとの観点から、弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方と地震力以外の荷重とを組み合わせ、その結果発生する応力等が、J E A G 4 6 0 1 又は J S M E の規定を参考に設定された許容限界を超えていないことを確認する。(乙 E 第 3.4.4 号証 27 ないし 30 ページ)

上記の応力を算定するに当たり、容器類やポンプ類の大多数は剛体(注 27)であるから 1 質点系モデルとし、形状が複雑な容器、ポンプは多質点系モデル(注 24)とする(丙 E 第 38 号証 613 ページ)。その上で、対象機種的重要性、形状の複雑さ等に応じ、材料力学の基本的な式を用いて比較的簡便に応力を求める手法(以下、これを「簡便な定型式」という。)や、大型計算機を用いてより精密に応力を求める手法(有限要素法、シェル構造解析、はりによる解析、骨組構造解析等)を用いて応力を算定する(同号証 572、573 ページ)。

また、配管系については、これを直管部、曲がり部、分岐部、集中質量部等の標準的な構造要素に分け、このうち直管部のみをモデル化し、同部につき、動的解析等により算定した応力値及び固有振動数が許容値内にあるようにその支持間隔(支持スパン)(これを「標準支持間隔」という。)を算出し、直管部以外の曲がり部、分岐部、集中質量部等についても、直管部と同等以上の耐震性を確保すべく、標準支持間隔の応力以内及び振動数以上となるように設計する手法(定ピッチスパン法)⁹のほ

⁹ J E A G 4 6 0 1 には、定ピッチスパン法として、振動数基準定ピッチスパン法及び応力基準定ピッチスパン法が示されているが(丙 E 第 38 号証 719 ないし 725 ページ)、参加人は、本件再処理施設において、後者を採用しているから(丙 E 第 39 号証 3 ページ)、本文では、定ピッチスパン法につき後者のみ説明する。

か、比較的高温かつ大口径の配管については、これを多質点系でモデル化して解析を行う手法（多質点解析法）により応力を算定する（丙E第38号証617ないし624、718ないし729ページ）。

なお、前記（1）ア（イ）cのとおり、耐震バックチェックにおいては、原子力安全・保安院から示されたバックチェックルールで、より簡易な評価手法として応答倍率法による評価が許容されており、前記（1）イ（イ）のとおり、ストレステストにおいても、この耐震バックチェックにおける発生値を用いて耐震裕度を算出することが許容されているが、耐震設工認ガイド及びJ E A G 4 6 0 1では応答倍率法による評価は採用されていない。

（エ）応力解析（動的機能）

Sクラスの施設を構成する主要設備及び補助設備に属する機器のうち、地震時又は地震後に機能保持が要求される動的機器（弁、ポンプ等）については、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析の結果（応答値）が動的機能保持に関する評価基準値を超えていないことを確認する（乙E第344号証28、29ページ、丙E第38号証746、747ページ）。

（3）耐震評価手法の比較

前記（1）及び（2）でみたとおり、本件耐震バックチェック、本件設工認申請のいずれにおいても、機器・配管系について、建物・構築物のモデルに、基準地震動から求めた入力地震動を入力して地震応答解析を行って機器・配管系の設置位置における応答加速度やこれに基づく床応答スペクトルを算定し、その上で評価対象部位につき求めた応力値（発生値）が許容限界（評価基準値）を超えないことを確認する点に変わりはない。もっとも、ここにいう応力とは、物体に外力（荷重）が作用したときに物体内部に生ずる内力（抵抗力）について、当該物体の断面積で除した単位面積当たりの内力をいい、断面に対して垂直に作用する応力（垂直応力、鉛直応力）である引

張応力、圧縮応力、断面に対して平行に作用する応力であるせん断応力、曲げ応力等があるところ、これを算定する際の評価手法や設定する条件（物性値等）には様々なものがあり、簡易な評価手法や保守的な条件を用いれば算定される応力値（発生値）は大きな値となるし、費用と時間をかけて、精緻で詳細な評価手法を用いたり、現実的な条件を設定したりして解析すれば、算定される応力値（発生値）はより小さな値となる。そして、本件耐震バックチェックと本件設工認申請とでは、応力値（発生値）を算定する際の評価手法やその条件の設定が同一とは限らず、以下では、このうち、応力評価の手法について、各手法を用いたことにより算定される応力値（発生値）への影響に着目しながら述べる。

ア 本件耐震バックチェックにおける応力評価の手法

参加人は、前記（１）ア（イ）cで述べたとおり、本件再処理施設の本件耐震バックチェックにおいて、機器・配管系の応力解析につき、原子力安全・保安院から示されたバックチェックルールに基づき、原則として、後記イで述べるような簡便な定型式や大型計算機を用いて応力値を求めることなく、簡易評価（応答倍率法による評価）を実施し、剛構造の機器にあつては、基準地震動 S_s による床の最大応答加速度の 1.2 倍と本件既工認時における床の最大応答加速度の 1.2 倍との比（増加率）を求め、剛構造でない機器にあつては、基準地震動 S_s による設計用床応答スペクトルと本件既工認時の設計用床応答スペクトルとの比（増加率）を求め、各比（増加率）を本件既工認時の発生応力に乗じることにより発生値を算定した（丙E第37号証3ページ）。その際、本件既工認時の地震応力にのみ上記比（増加率）を乗じるのではなく、それ以外の荷重による発生応力を加えた値に上記比（増加率）を乗じ、また、複数の比（増加率）を求めた場合にはその比のうち最も大きい値を用いて発生値を算定するなどして、発生値がより大きく算定されるようにした（同号証4ページ）（別紙図

4)。

そして、参加人が、本件再処理施設の本件耐震バックチェックにおいて、このような応答倍率法による評価方法の妥当性を確認するため、鉛直地震動が大きく作用するクレーン類について、応答倍率法による発生値と詳細評価（スペクトルモーダル解析法等）による発生値とを比較したところ、いずれも前者が後者を上回っており、例えば使用済燃料受入れ・貯蔵建屋のバスケット取扱装置については、応答倍率法による発生値（ 301 N/mm^2 ）が詳細評価による発生値（ 74 N/mm^2 ）と比較して4倍以上の値となっていることを確認した（丙E第37号証9ページ）（別紙図5）。

ストレステストでは、耐震バックチェックにおける発生値を用いて耐震裕度を算出することが許容されており、参加人は、上記のようにして算定した発生値を用いて耐震裕度を特定した。

イ 本件設工認申請における機器・配管系の応力評価の手法

前記アに対し、参加人は、本件設工認申請において、機器・配管系の応力解析につき、耐震設工認ガイドやJ E A G 4 6 0 1を踏まえて耐震設計（評価）を行い又は行っているところである。以下では、耐震設工認ガイドやJ E A G 4 6 0 1における、簡便な定型式、大型計算機を用いてより精密に応力を求める手法（有限要素法等）、また、配管系の応力解析に係る、定ピッチスパン法、多質点解析法について述べる。

（ア）簡便な定型式

応力の算定については、簡便な定型式が知られており、この基本的な式を用いて応力を算定する際、荷重が分散される構造を考慮しない、異なる位置の異なる応力を組み合わせて評価応力とするなど、応力を評価する上で存在する様々な不確定性に対して安全側に見積もることにより保守性を持たせるようにしており、算定される応力値は真の応力値よりも大きくなる（丙E第38号証630、631、633、730、731

ページ)。

(イ) 有限要素法

大型計算機を用いてより精密に応力を求める手法(すなわち、前記(ア)で述べた簡便な定型式により応力を求めるのではなく、精密に応力を求める手法)として、有限要素法(Finite Element Method、以下「FEM解析」という。)が広く用いられている。

FEM解析とは、構造物を、有限個の要素に分割し、これらの要素と節点(各要素をつなぐもの)によりモデル化し、荷重条件等を入力して応力等を入力する手法をいう(丙E第38号証589ページ)。

ここにいう要素には、構造物を構成する一部を要素として表現するものとして、骨組構造に適用される線状の要素(棒要素、はり要素)、板構造や曲面構造(シェル構造)に適用される面状の要素(平板要素、曲面要素)があり(これらの要素は、次のソリッド要素と区別して構造要素と呼ばれる。)、更に、構造物を連続体の要素として表現するものとして、一般三次元体構造に適用される一般三次元体要素(ソリッド要素、連続体要素)等、複数の種類がある。また、要素の分割数も、計算機の記憶容量の上限に達するまで可能である。

そして、FEM解析による応力等の計算結果は、要素の種類と数の選択に依存している。すなわち、構造物の一部のみを要素としたり、要素数を少なくしたりすれば、入力した荷重が少ない節点に作用する(これを「集中荷重」という。)。他方、ソリッド要素を用いて、かつ、要素数を多くするなどして構造物を精緻にモデル化すれば、入力した荷重は多くの節点に分布する(これを「分布荷重」という。)。そして、分布荷重の方が出力される応力値は真の応力値により近い値(近似値)になる。ただし、このようなモデルの精緻化には手間と時間、費用を要するから、構造要素を用いてモデル化の方が効率的であり、解析の目的に応じて

要素の種類と数を選択するものとされている。(丙E第40号証23ないし51、54、65、72、76、89、90、97、146ページ、丙E第41号証43、45ページ、丙E第42号証19ないし21、30ないし32、45、46、58、69、70、72ページ)

(ウ) 定ピッチスパン法、多質点解析法

配管系の応力解析については、J E A G 4 6 0 1においては、定ピッチスパン法と多質点解析法とがある。参加人は、本件再処理施設において設置している大多数の配管につき、主に定ピッチスパン法を用いて評価するものの、高温かつ大口径の配管、及び、狹隘部等の配管については、多質点解析法を実施する方針としている。

定ピッチスパン法では、前記(2)イ(ウ)のとおり、配管の構造要素のうち直管部のみをモデル化して標準支持間隔を算出し、それ以外の部位についても標準支持間隔の応力以内及び振動数以上となるように設計する手法であるところ、直管部のモデル化に際し、一方の端は拘束するがもう一方の端は拘束しない条件(固定端—自由端)として扱っており、現実の配管に合わせて直管部の両方の端を拘束する条件(固定端—固定端)とする多質点解析法と比較して理論上1.5倍の保守性を有している¹⁰。また、多質点解析法では、現実の配管に合わせてモデル化しており、各形状、方向に複数の振動モードが発生し、それらの振動モードに応じた荷重がモデル全体に分散されるのに対し、定ピッチスパン法では、1次モードが支配的な直管部のみをモデル化しており、そこで発生した荷重がすべての方向に一律の値として作用するため、荷重が大き

¹⁰ より具体的に述べると、固定端—自由端のモデルでは $M = w L^2 / 8$ により、固定端—固定端のモデルでは $M = w L^2 / 12$ により、それぞれ曲げモーメント(注28)を求めることとされており、曲げモーメントを算出する式の係数に照らし、前者は後者と比較して1.5倍の保守性を有している。なお、Mは曲げモーメント、wは等分布荷重、Lは支持間隔を指す。

く算出される保守性を有している。そして、実際に、参加人が、直管部と直管部以外の 7 形状について、定ピッチスパン法を用いて算出した応力値¹¹と、多質点解析法を用いて算出した応力値とを比較したところ、前者が後者よりも大きいことを確認した。さらに、この場合の定ピッチスパン法を用いて算出した応力値には、同手法自体の保守性のほか、施工の結果として生じる保守性に起因するものも含まれているから、施工による保守性を排除し、同手法自体の保守性を確認する観点から、直管部と直管部以外の 7 形状について検討用モデルを設定し、定ピッチスパン法と多質点解析法とをそれぞれ用いて応力値を算出したところ、前者による応力値が後者による応力値よりも大きいことを確認した。

このように、参加人は、定ピッチスパン法が、多質点解析法と比較して少なくとも 1.5 倍以上の保守性を確保できることを確認している。

(丙 E 第 39 号証)

(4) 小括

以上のとおり、耐震設工認ガイド及び J E A G 4 6 0 1 では、機器・配管系の応力解析について、簡便な手法（簡便な定型式を用いた評価、定ピッチスパン法）から精緻で詳細な手法（F E M 解析、多質点解析法）まであり、簡便な手法であれば集中荷重等により大きな応力値が算出され、精緻で詳細な手法であれば選択した要素の種類、分割数に応じて集中荷重から分布荷重となりそれに伴い通常は真の応力値に近づくところ、参加人は、本件設工認申請において、この認められた範囲において、必要性、効率性を考慮しながら、応力評価の手法を選択するなどして耐震評価を行い又は行っているところである。これに対し、参加人は、機器・配管系について本件耐震バックチェックを行うに当たり、バックチェックルールに基づき、原則として、簡易

¹¹ 定ピッチスパン法では、直管部以外の形状について応力を算出していないが、多質点解析法を用いた応力評価と比較することを目的に、直管部以外の 7 形状について応力を算出した。

評価（応答倍率法による評価）により、かつ、より大きい値が算定されるようにして発生値を算定している。また、参加人が機器・配管系について本件ストレステストを実施する際も、本件耐震バックチェックにおいて算定した発生値を用いて耐震裕度を特定している。

本件耐震バックチェック及び本件ストレステストの結果から、本件再処理施設につき基準地震動 700 Gal に対し耐震性を確保することができない旨の原告らの主張は、上記のとおり、参加人が本件耐震バックチェック及び本件ストレステストにおいて簡易評価により算出した発生値の大きさ（耐震裕度の小ささ）のみに依拠したものであって、本件設工認申請では、より精緻で詳細な応力評価の手法を用いれば応力値（耐震裕度）も変わり得ることについて正解しない点において理由がない。

3 本件第2回設工認申請についての参加人の見通し

参加人は、本件再処理施設につき本件第2回設工認申請に係る審査を受けているところ、本件第2回設工認申請をした際の地盤モデルを変更しても、入力地震動に有意な影響を与えないことを確認しており（後記（1））、例えば、本件再処理施設において、使用済燃料をせん断・溶解した溶解液から、核分裂生成物を除去し、ウラン・プルトニウムを分離する抽出装置である環状形パルスカラムについて、その代表機器の各評価部位の応力値が許容限界を超えないことを確認しているところである（後記（2））。これらに照らしても、本件再処理施設につき基準地震動 700 Gal に対し耐震性を確保することができないとする原告らの主張には理由がない（後記（3））。

（1）地盤モデルの変更による入力地震動への影響の確認

前記2（2）イで述べたとおり、Sクラスの機器・配管系については、地盤モデルを設定の上、基準地震動から入力地震動を求め、この入力地震動を用いて地震応答解析、応力解析を行って応力を算定し、他の荷重による応力

との組合せ応力が許容限界内にあることを確認するものであるところ、参加人は、令和4年12月26日付けで本件第2回設工認申請をした際の地盤モデルを、同申請に係る審査を踏まえて変更し（以下、変更前の地盤モデルを「変更前地盤モデル」、変更後のモデルを「変更後地盤モデル」という。）、それに伴い、入力地震動を変更したことから、地震応答解析、応力解析を再度行って、機器・配管系に生ずる応力が許容限界内にあることの確認を行っているところである。しかしながら、以下述べる通り、上記地盤モデルの変更が（後記ア）、入力地震動に有意な影響を与えないことを確認している（後記イ）。

ア 地盤モデルの変更

参加人は、本件第2回設工認申請においては、本件敷地の地質構造が、鷹架層中のf-1断層及びf-2断層を境にした3つの領域に区分されることから（丙E第2号証4-6-17、4-4-543）、この3つの領域の各地盤（中央地盤、西側地盤、東側地盤）を地盤モデルとして入力地震動を求め、この入力地震動を用いて、Sクラスの各機器・配管系に生ずる応力が許容限界内にあることを確認した。

その後、参加人は、本件第2回設工認申請に係る審査を踏まえて、本件敷地においてPS検層（注29）等を改めて行い、速度構造（注30）（S波速度（注31）等）等のデータを複数地点で取得し、既を取得していたデータを含めそれらの信頼性を確認し、整理した上（丙E第43号証31ないし203ページ）、この整理したデータに基づき、上記3つの地盤について、地下構造を整理するエリア（中央地盤は中央エリア①ないし③、西側地盤は西側エリア①、東側地盤は東側エリア①ないし⑥の計10エリア）を設定した（同号証205、206ページ）。そして、各エリアにおいて、それぞれの地盤の特徴を捉えてパラメータを検討の上、地下構造を設定し（同号証207ないし252ページ）、設計に用いる地盤モデルを設定し

た（同号証253ないし302ページ）。その上で、参加人は、各地盤モデルについて、入力地震動を算定し（同号証303ないし665ページ）、現在、この入力地震動を用いて、Sクラスの各機器・配管系に生ずる応力が許容限界内にあることを確認しているところである。

イ 入力地震動への影響の確認

参加人は、本件事業変更許可申請において策定した基準地震動 S_s （ S_s-A 、 S_s-B1 ないし S_s-B5 、 S_s-C1 ないし S_s-C4 、丙E第2号証4-6-45、4-6-46ページ）のうち施設評価に最も影響が大きいと考えられる基準地震動 S_s-A 及び S_s-C1 から、変更前地盤モデルを用いて算定した入力地震動（以下「変更前入力地震動」という。）と変更後地盤モデルを用いて算定した入力地震動（以下「変更後入力地震動」という。）とを代表例を用いて比較した。

すなわち、まず、中央地盤モデル、中央エリア①については、分離建屋（AB建屋、第2事件答弁書別紙2の④）を代表として、その基礎底面位置（T. M. S. L.（注32）+34.39m）の変更前入力地震動の加速度応答スペクトルと変更後入力地震動の加速度応答スペクトルとを比較したところ、変更後入力地震動の方が変更前入力地震動よりも小さいものとなった（別紙図6-1）。これは、変更後地盤モデルを設定するに当たって検討したパラメータのうち岩盤部分の減衰定数を大きい値に変更したことによるものと考えられる。

次に、西側地盤、西側エリア①については、第1ガラス固化体貯蔵建屋（KB建屋、第2事件答弁書別紙2の⑫）を代表として、その基礎底面位置（T. M. S. L. +35.20m）の変更前入力地震動の加速度応答スペクトルと変更後入力地震動の加速度応答スペクトルとを比較したところ、周期帯によって若干大小関係が変動するが、ほぼ同じような結果となった（別紙図6-2）。これは、変更後地盤モデルを設定するに当たって

検討したパラメータのうち岩盤部分の物性値を小さい値に変更しそれに伴い応答増幅が大きくなる一方、同パラメータのうち岩盤部分の減衰定数を大きい値に変更しそれに伴い短周期側で応答増幅が小さくなり、総合的に変更前入力地震動と変更後入力地震動との間で差が小さくなったものと考えられる。

さらに、東側地盤、東側エリア①については、精製建屋（ＡＣ建屋、第２事件答弁書別紙２の⑤）を代表として、その基礎底面位置（Ｔ．Ｍ．Ｓ．Ｌ．＋３３．８０ｍ）の変更前入力地震動の加速度応答スペクトルと変更後入力地震動の加速度応答スペクトルとを比較したところ、変更後入力地震動の方が変更前入力地震動よりも小さいものとなった（別紙図６－３）。これは、中央地盤モデルと同様、変更後地盤モデルを設定するに当たって検討したパラメータのうち岩盤部分の減衰定数を大きい値に変更したことによるものと考えられる。

以上のとおり、参加人は、本件第２回設工認申請において、変更前地盤モデルによる変更前入力地震動を用いてＳクラスの各機器・配管系に生ずる応力が許容限界内にあることを確認しているところ、その後に行った地盤モデルの変更が入力地震動（変更後入力地震動）に有意な影響を与えないことを確認している。

（２）環状形パルスカラムの耐震評価

参加人は、以下述べる通り、本件第２回設工認申請において、本件再処理施設の分離建屋の分離設備、分配設備の環状形パルスカラム（後記ア）について、前記（１）で述べた変更後入力地震動を用いて地震応答解析、応力解析を行い、各評価部位の応力値が許容限界を超えないことを確認しているところである（後記イ）。

ア 環状形パルスカラムの概要

分離設備においては、溶解施設から受け入れた溶解液から、①抽出塔で、

TBP（りん酸三ブチル：tributyl phosphate の略）（注33）をn-ドデカン（normal-dodecane）（注33）で約30％に希釈した有機溶媒を用いて、ウラン及びプルトニウムを抽出し、大部分の核分裂生成物と分離し、さらに、抽出したウラン及びプルトニウムを含む有機溶媒を、②第1洗浄塔及び③第2洗浄塔に移送し、硝酸を用いて洗浄し、同伴する少量の核分裂生成物を除去する。また、抽出塔からの核分裂生成物を含む抽出廃液は、④TBP洗浄塔へ移送し、同伴するTBPを除去した後、液体廃棄物の廃棄施設の高レベル廃液処理設備へ移送する。（丙E第35号証6-4-95ないし6-4-100ページ）

分配設備においては、分離設備から受け入れたウラン及びプルトニウムを含む有機溶媒を、⑤プルトニウム分配塔で、硝酸溶液を用いて、ウランを含む有機溶媒と硝酸プルトニウム溶液とに分離する（丙E第35号証6-4-101ないし6-4-106ページ）。

以上の分離設備の①抽出塔、②第1洗浄塔、③第2洗浄塔、④TBP洗浄塔、及び、分配設備の⑤プルトニウム分配塔のいずれも環状形パルスカラムを用いている。

（第2事件答弁書22ページ、丙E第2号証152ないし155ページ）
（別紙図7-1、7-2）

イ 耐震評価

環状形パルスカラムは、外胴板と内胴板とから成る環状形の細長い二重円筒容器で構成し、内胴板は上下ふた板部を介して外胴板に接続しており、内胴板の内側に質量の大きい中性子吸収材（ステンレス被覆ほう素入りコンクリート）を有しているところ、これらの基本構造は、前記アで述べた5基の環状形パルスカラムに共通しており、その設計プロセスも、5基の環状形パルスカラムに共通している。また、建設時には基本形状である抽出塔を代表としてそれを模擬した試験体を用いた耐震試験や解析による

検証を行っていたこと、さらに、抽出塔が最も厳しい評価結果となる見通しが得られていたことから、抽出塔を代表として、FEM解析により各評価部位（①ふた板部、②内胴あて板部、③円錐部、④本体のラグ取付部（胴板）、⑤ラグ、⑥取付ボルト）の応力値を算出した。その結果、いずれの評価部位においても応力値（①ふた板部は279MPa（注34）、②内胴あて板部は195MPa、③円錐部は179MPa、④本体のラグ取付部（胴板）は26MPa、⑤ラグは19MPa、⑥取付ボルトは47MPa）が許容限界（①ないし④は315MPa、⑤は205MPa、⑥は153MPa）を超えないことを確認した¹²。（丙E第44号証55ないし101、302ないし338ページ）（別紙図8）

参加人は、上記の確認結果を、令和7年3月24日に開催された第547回核燃料施設等の新規制基準適合性に係る審査会合で原子力規制委員会に説明した（丙E第45号証）。

（3）小括

以上のとおり、参加人は、本件第2回設工認申請をした際の地盤モデルを変更しても、入力地震動に有意な影響を与えないことを確認しており、例えば、環状形パルスカラムの代表機器である抽出塔の各評価部位における変更後入力地震動を用いて算出した応力値が許容限界を超えないことを確認しているところであって、これらに照らしても、本件再処理施設につき基準地

¹² 前記2（2）アで述べたとおり、耐震重要度分類Sクラスの施設については、基準地震動 S_s による地震力に対してその安全機能が損なわれるおそれがないように設計し、また、基準地震動 S_s との応答スペクトルの比率が0.5を下回らないような値で工学的判断に基づいて設定される弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対して概ね弾性状態に留まる範囲で耐えることを確認するほか、地震を要因とする重大事故等に対処する重大事故等対処設備については、基準地震動 S_s を1.2倍した地震力に対して重大事故等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ように設計する（参加人の令和5年3月15日付け準備書面（4）58ページ）。発生応力としては基準地震動 S_s を1.2倍した地震力によるものが最大となり、許容限界（評価基準値）としては弾性範囲内であることが最小となること、本文で述べた評価結果は、いずれも基準地震動 S_s を1.2倍した地震力による発生応力が弾性範囲内であることを確認したものである（丙E第44号証88、338ページ）。

震動 700Gal に対し耐震性を確保することができないとする原告らの主張は、根拠を欠き、理由がない。

第3 結論

以上のとおり、参加人は、本件再処理施設において、レッド区域で耐震補強工事が必要になった場合であっても、同区域に立入りをして当該工事を行うことができ、かつ、本件設工認申請における耐震設計（評価）の手法や本件第2回設工認申請についての見通しに照らせば、耐震補強工事ができず、基準地震動に対し耐震性を確保することができないとする原告らの主張に理由がないことは明らかである。

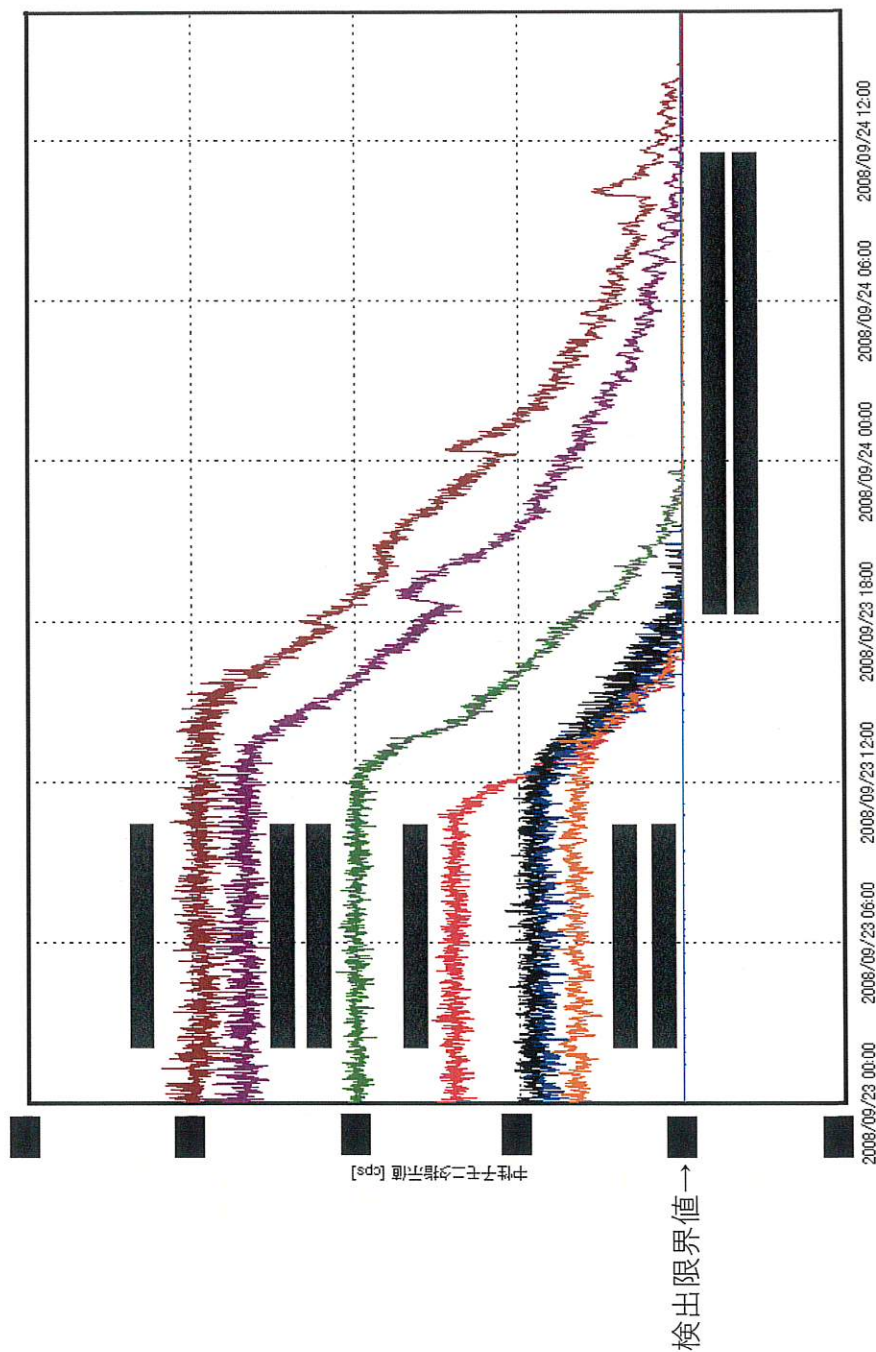
なお、第2・2（2）イ（ウ）（エ）で述べたとおり、本件設工認申請においては、耐震設計（評価）により確認した応力等が、JEAG4601又はJSMEの規定を参考に設定された許容限界（評価基準値）を超えないことを確認しているところ、この許容限界（評価基準値）は、実際に、機器・配管系が機能喪失する（損壊する）限界値に対して余裕をもった値に設定されている。本件再処理施設の機器・配管系が該当する第4種容器又は第4種管の1次一般膜応力（構造的な不連続部から離れた一般的な部位における板厚方向の平均応力）については、規格基準等で定められた材料の設計引張強さ（ S_u ）（注35）に0.6を乗じた値を許容限界として、 S_u に対して余裕をもった値としており（丙E第38号証501ページの種別「第3・4種」、許容応力状態「IV_AS」の「1次一般膜応力」欄）、加えて、 S_u の値自体も、材料のばらつきを考慮して保守的な値に設定されているところ、本件再処理施設の設備に使用される材料は、 S_u 値よりも強度のあるものが製作されていることから、上記許容限界の値には更に余裕がある。また、財団法人原子力発電技術機構及び独立行政法人原子力安全基盤機構が平成10年度から平成15年度にかけて、原子力発電所の実機配管系の特徴を有する試験体を多度津工学試験所（注36）の振動台に乗せ、設計評価上の応力が現行

許容応力の約8.5倍となる地震波（振動台加振限界相当）で繰返し加振試験を行ったところ、5回目の加振で疲労破損に至ることが確認され、1回の加振で疲労破損することを想定した場合現行の耐震設計手法の安全裕度が10倍以上であると評価されている（丙E第46号証18、22、151ないし156ページ）。

このように、本件再処理施設の機器・配管系については、第2・2で詳細に述べた耐震評価手法の保守性ほか設定する条件によるものを含む解析の保守性から生じる余裕（別紙図9の余裕①）、耐震評価の結果（応力値等）と許容限界の値との間の差から生じる余裕（別紙図9の余裕②）があり、これらについて、本件設工認申請の審査において確認されることとなるが、以上に加えて、許容限界の値と機器・配管系が現実に機能喪失する限界値との間の差にもまた余裕があり（別紙図9の余裕③）、本件再処理施設の機器・配管系はこれらの三つの耐震安全上の余裕を有していることも付言しておく。

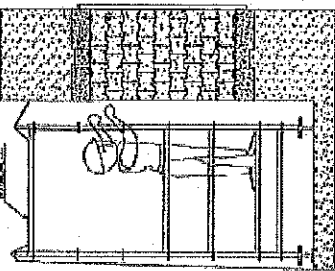
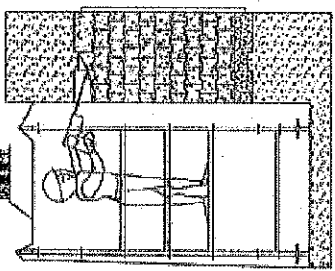
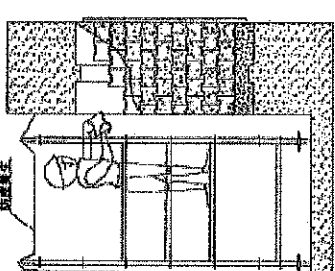
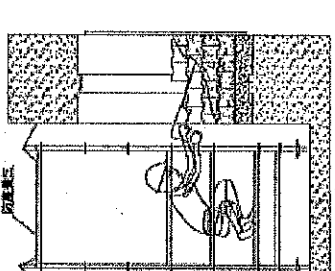
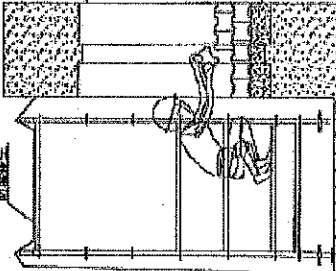
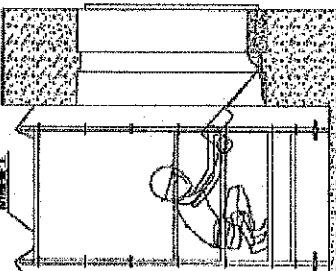
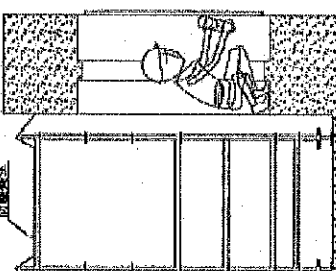
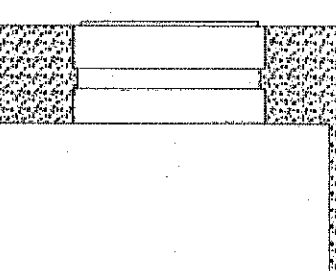
以 上

別紙図 1 中性子モニタ指示値の低減の実績

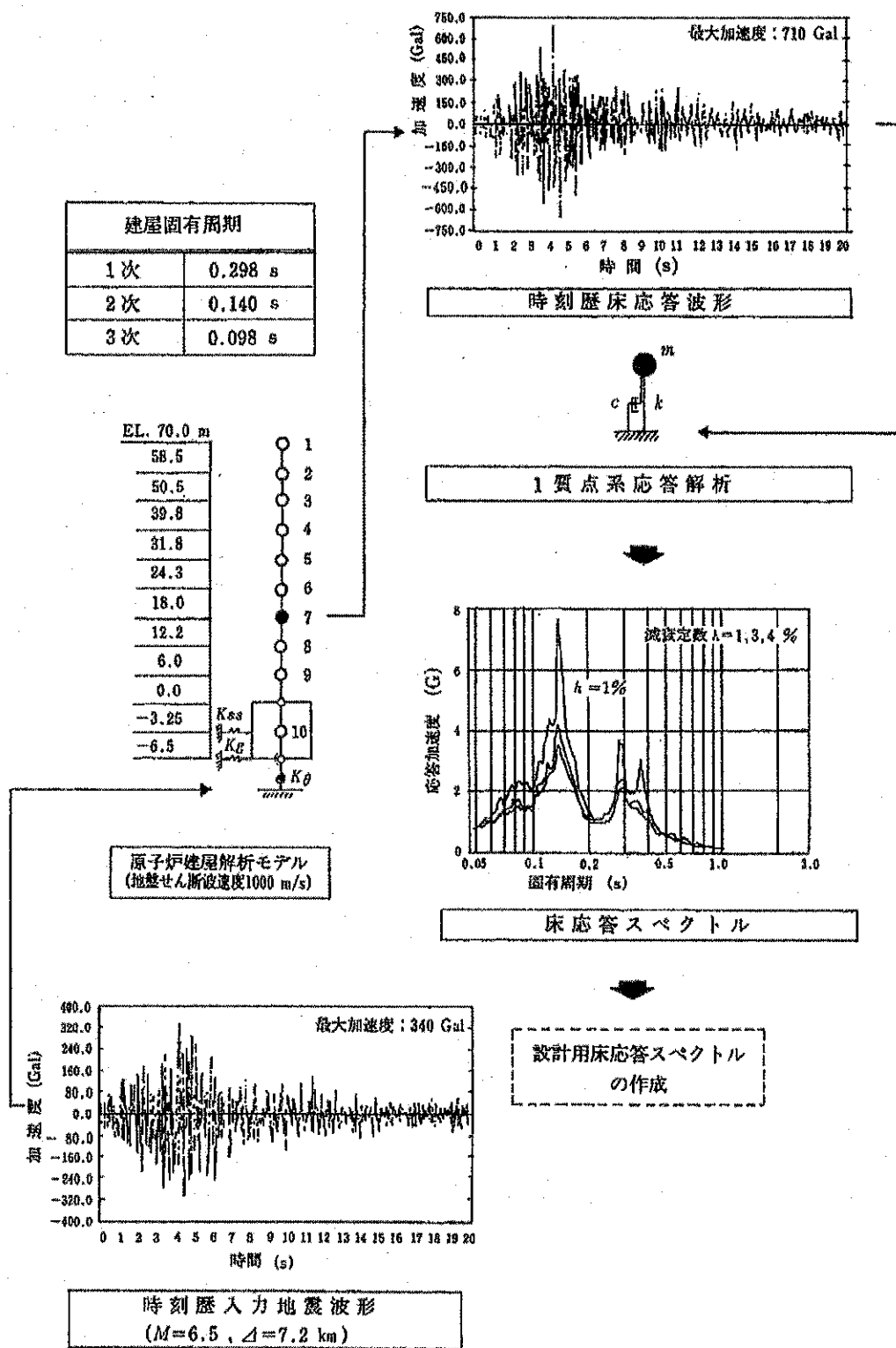


- ・ 上記は、分離工程の一部において、アクティブ試験の後、運転停止をし、機器内に硝酸等を供給して放射性物質を次工程へ追い出す措置を行った際の中性子モニタ指示値の低減例である。レッド区域に立入りが必要となった場合に行う措置もこれと同じである。
- ・ 中性子モニタを用いて核分裂により発生する中性子線の時間当たりの数 (cps) を計測し、これにより、機器内の放射性物質の量を推定できる。各グラフは、分離工程の主要な機器についての中性子モニタ指示値を示している。商業機密及び核不拡散の観点から、各機器名、及び、中性子モニタ指示値の具体的数値は開示できないが、上記措置の後、いずれの機器も中性子モニタ指示値が検出限界値以下を示しており、放射性物質の除去の効果を確認できる。

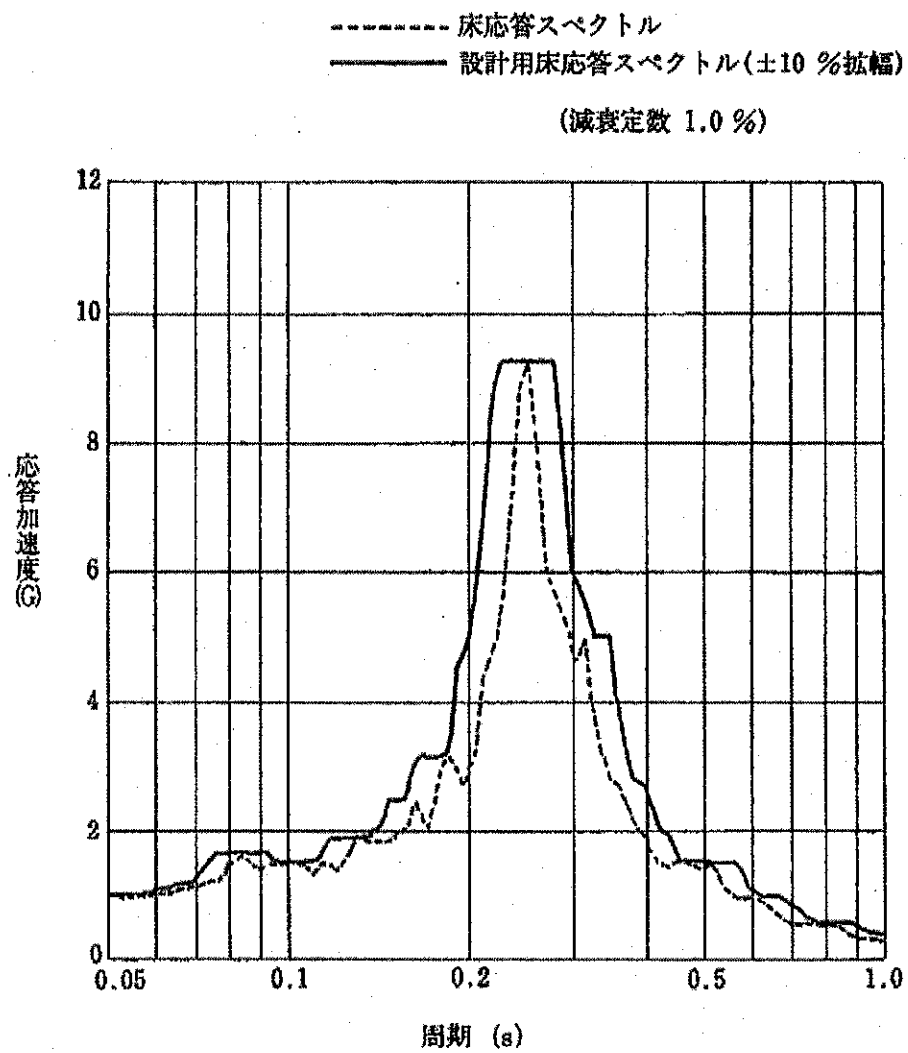
別紙図 2 ブロック閉止壁の撤去フロー例

1. 塗装除去 	2. 上部モルタル除去 	3. 上部遮へいブロック撤去 	4. 両端モルタル除去 
5. 下部遮へいブロック撤去 	6. 下部モルタル除去 	7. 閉止板(人道用扉)撤去 	8. 完了 

別紙図 3-1 床応答スペクトル作成例 (丙 E 第 38 号証 514 ページより)



別紙図 3-2 設計用床応答スペクトル例 (丙 E 第 38 号証 517 ページより)

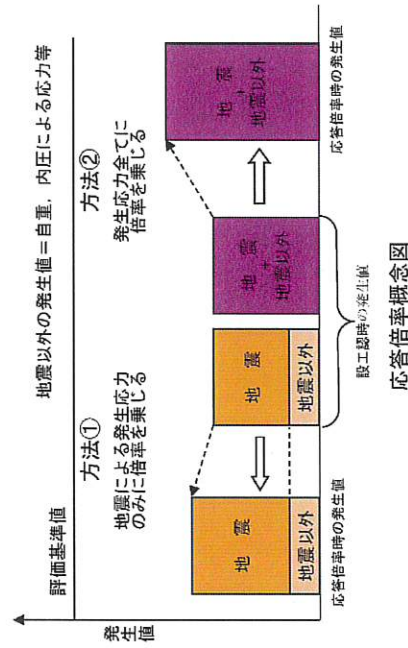


1. 応答倍率法による評価方法（2）

増加率（ β ）の乗じ方としては、下記に示す2パターン（方法①、②）が考えられる。

方法①：地震時の応力のみに応答比（増加率）を乗じる方法

方法②：地震時と地震以外の応力の和に応答比（増加率）を乗じる方法



再処理施設及び特定廃棄物管理施設に設置されている機器は、常温・常圧の機器が主体であり、発生応力の大部分が地震応力であるため、増加率（ β ）は『方法②』を用いて発生値を算定し、評価基準値と比較している。



3. 評価方法の妥当性確認

【応答倍率法と詳細評価の比較】

■確認方法

応答倍率法の評価方法の妥当性を確認するにあたり、鉛直地震動が大きく作用するクレーン類について応答倍率法の評価と詳細評価の比較を実施した。

■確認結果

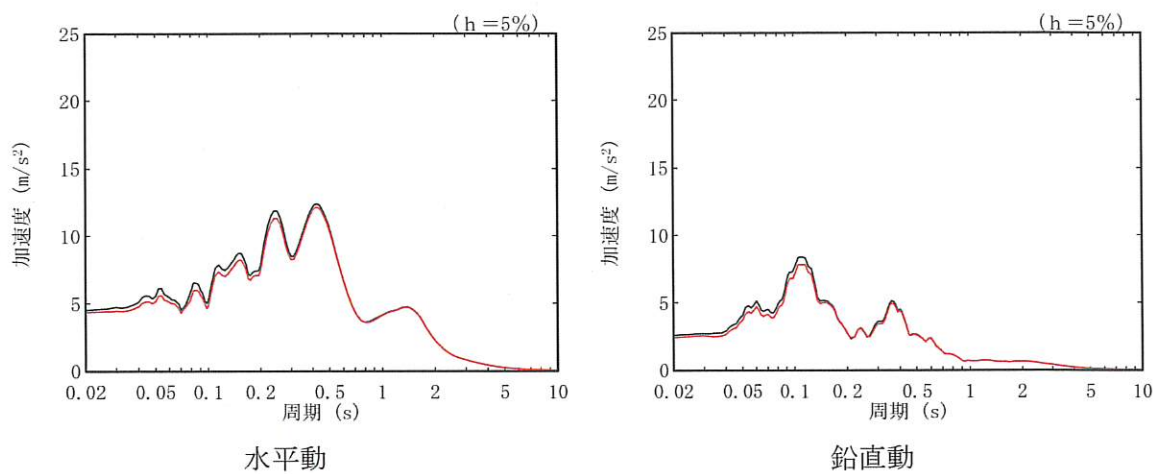
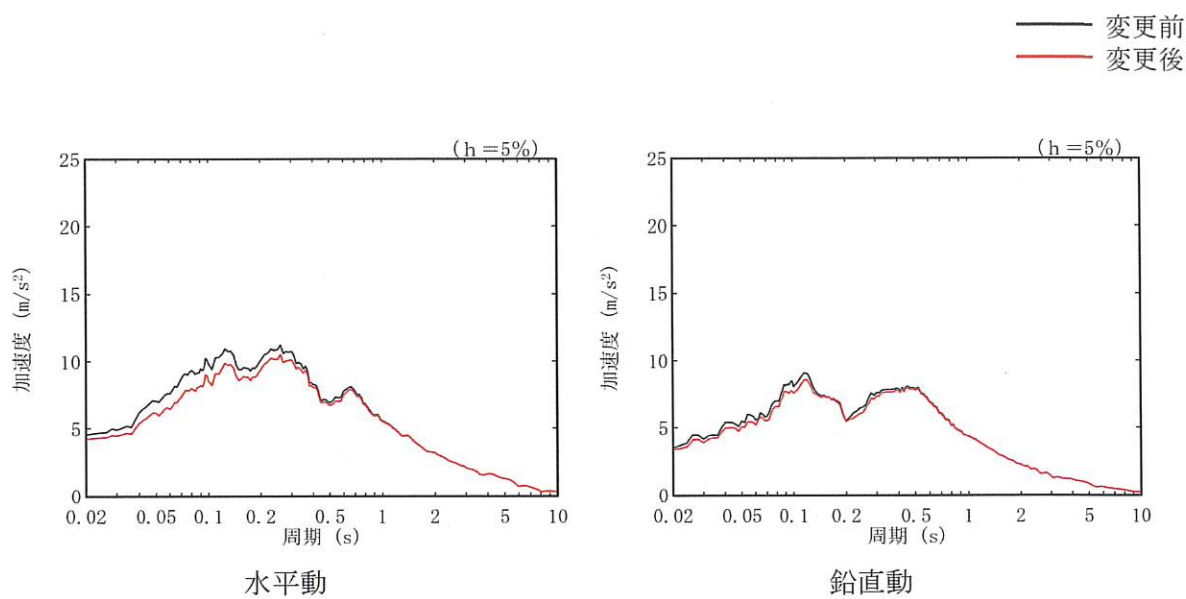
詳細評価による評価結果と応答倍率法による評価結果では、応答倍率法による結果の方が安全側の値を示す評価となっている。

(単位：N/mm²)

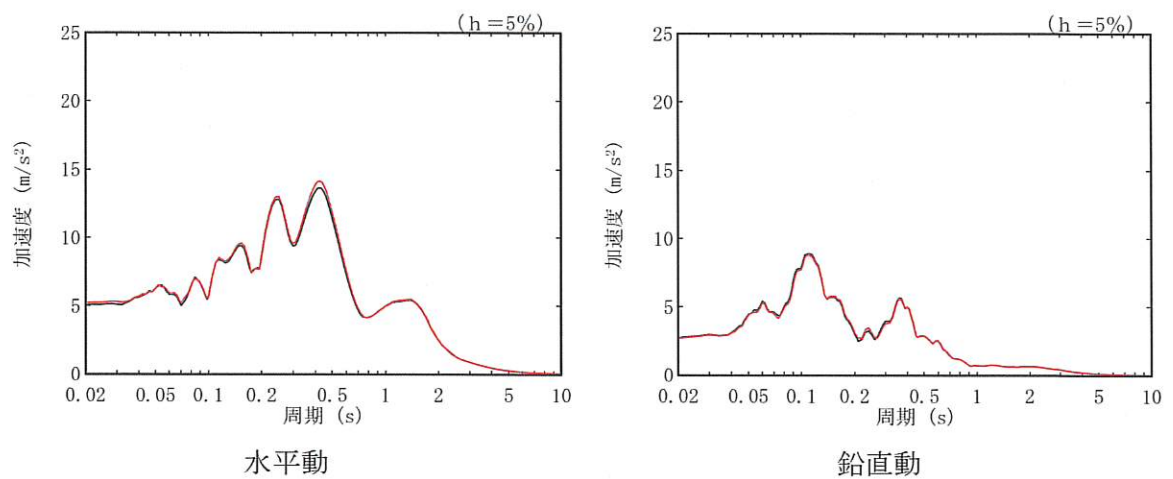
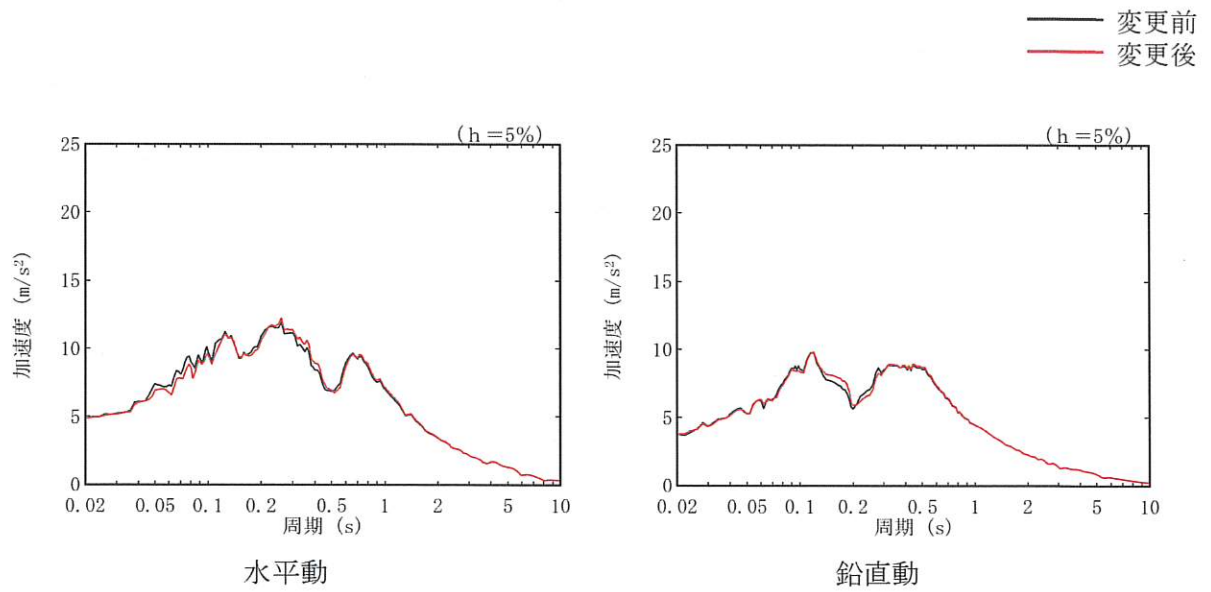
建屋名称 (略記名称)	評価対象設備	応答倍率法※1 による発生値	詳細評価※1 による発生値
使用済燃料 受入れ・貯蔵建屋 (FA 建屋)	燃料取扱装置	251	228
	バスケット 取扱装置	301	74
	燃料移送水中台車	172	84
	バスケット搬送機	347	180
	燃料取出し装置	350	226
第1ガラス固化体 貯蔵建屋(東棟) (KBE 建屋)	第1ガラス固化体 貯蔵建屋床面走行 クレーン	510	280
ガラス固化体 貯蔵建屋 (EB 建屋)	ガラス固化体貯蔵 建屋床面走行 クレーン	207	101
ガラス固化体 貯蔵建屋日棟 (EB2 建屋)	ガラス固化体貯蔵 建屋B棟床面走行 クレーン	401	204

※1：各設備において、評価基準値に対する発生値の割合が最大となるものを記載している。

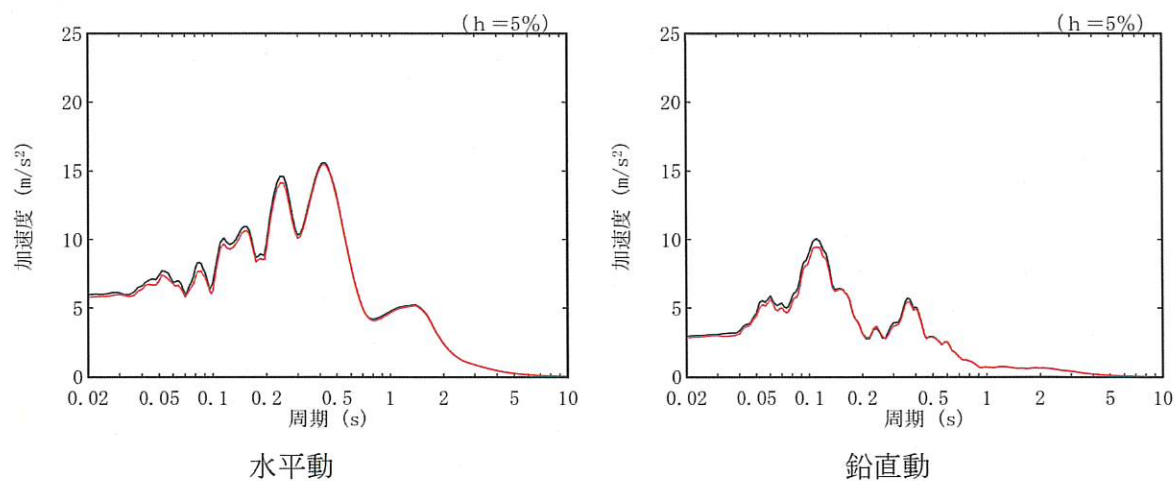
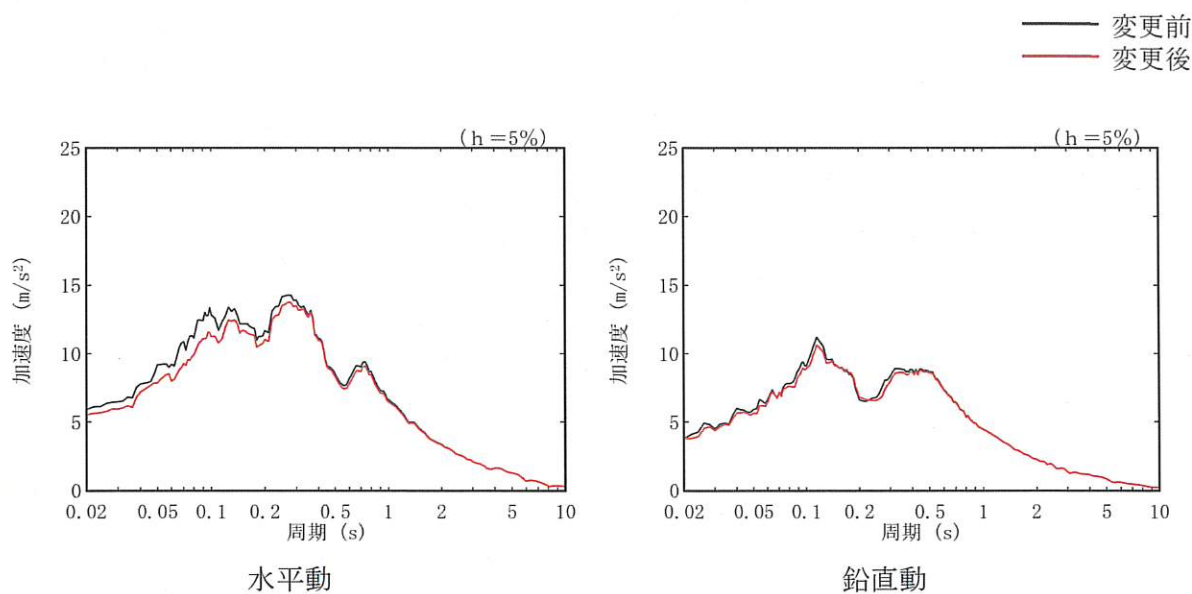
別紙図 6 - 1 入力地震動の加速度応答スペクトルの比較（中央地盤の分離建屋）



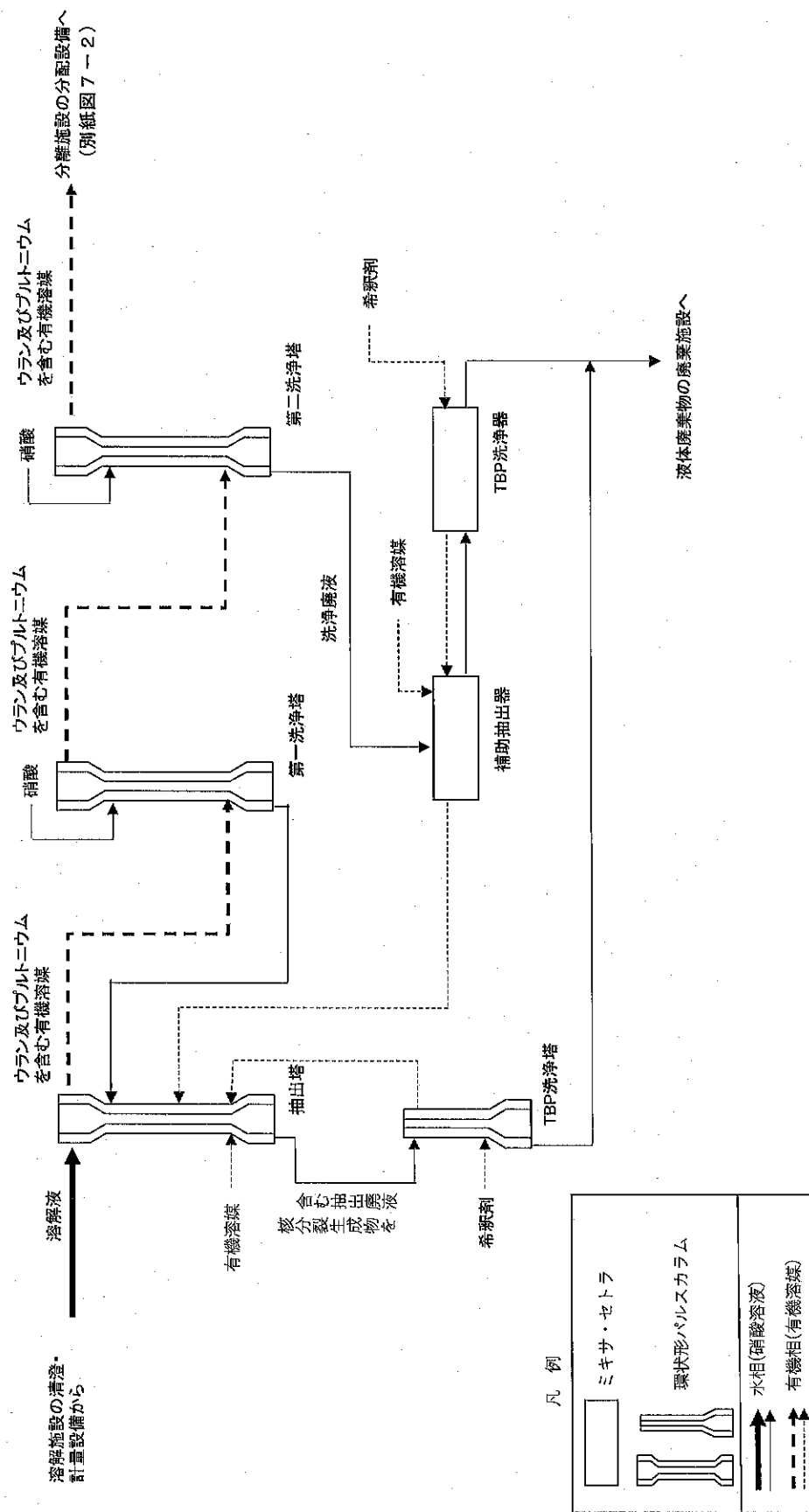
別紙図 6 - 2 入力地震動の加速度応答スペクトルの比較（西側地盤の第 1 ガラス
 固化体貯蔵建屋）



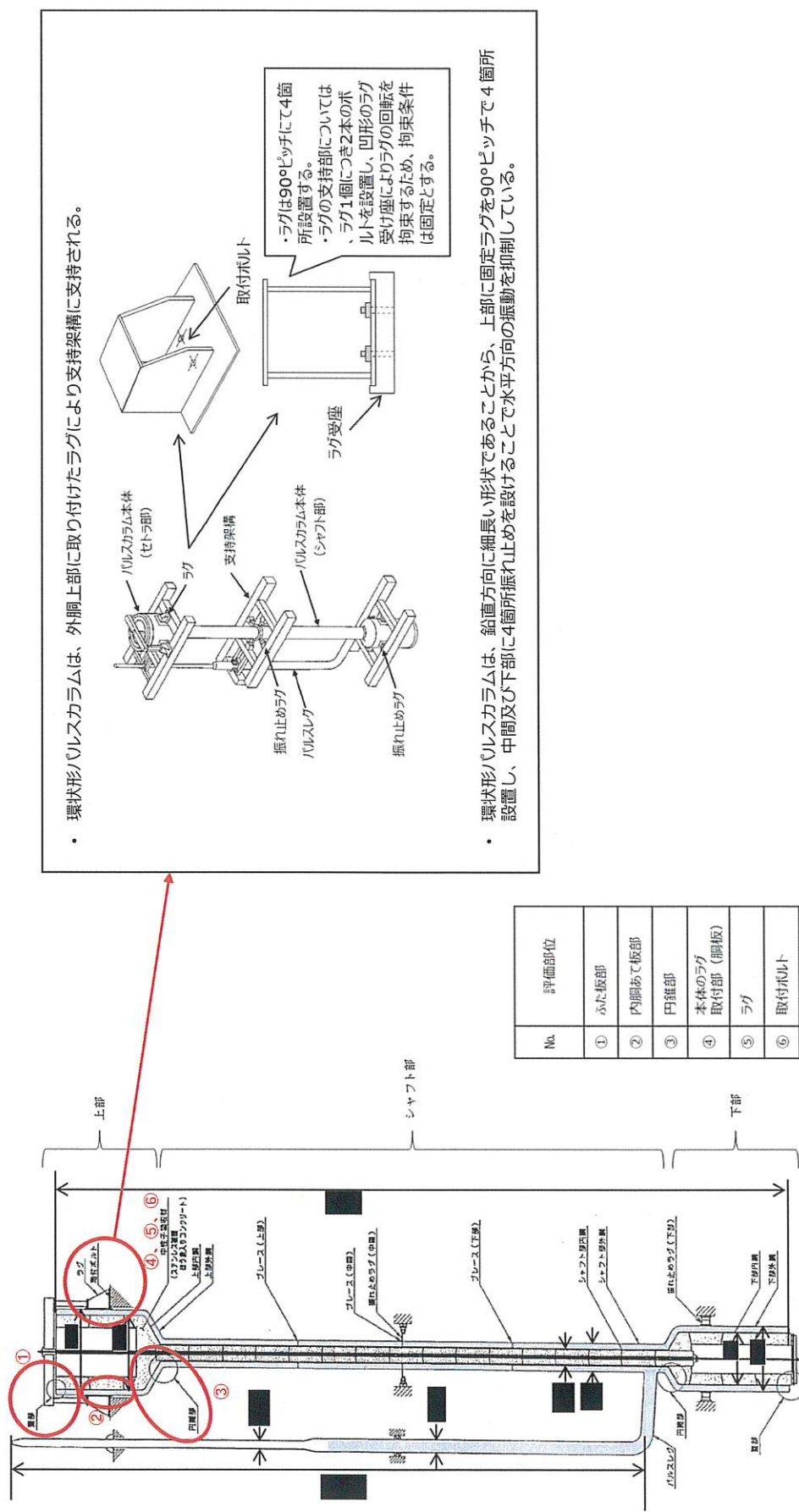
別紙図 6 - 3 入力地震動の加速度応答スペクトルの比較（東側地盤の精製建屋）



別紙図 7-1 分離施設の分離設備の概要図



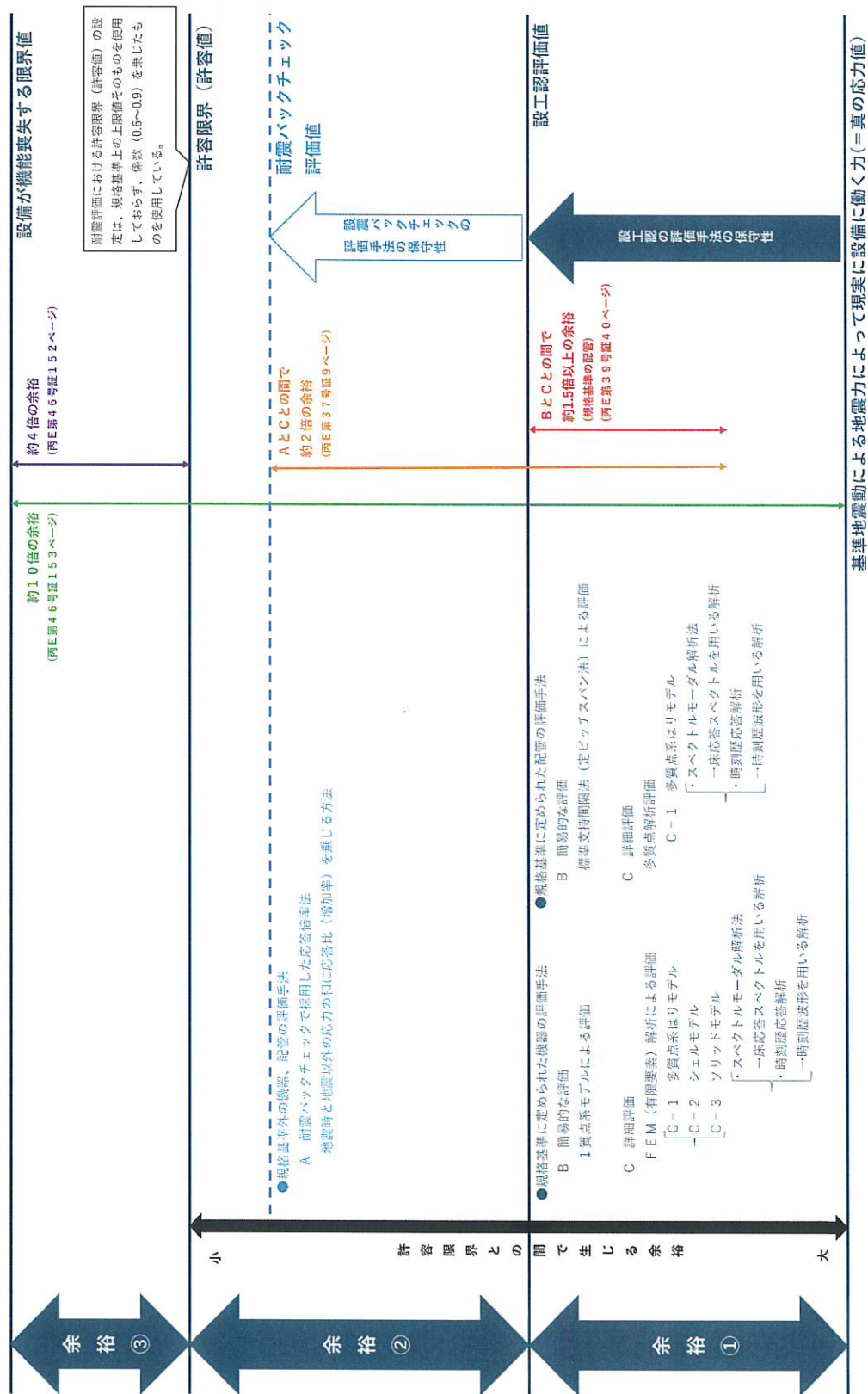
別紙図 8 環状形パルスカラムの評価部位 (丙E第44号証304、313、332ページより)



No.	評価部位
①	ふた・板部
②	内胴あて板部
③	円錐部
④	本体のラグ取付部 (脚板)
⑤	ラグ
⑥	取付ボルト

別紙図 9 設工認の耐震評価における余裕の全体像

注) 本図の「約●倍の余裕」という数値は例示であり、施設により異なる。



語句注

(注1) 安全機能、安全機能を有する施設

安全機能とは、再処理施設の運転時、停止時、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において、再処理施設の安全性を確保するために必要な機能をいう（再処理事業指定基準規則1条2項3号）。本件再処理施設における安全機能には、遮蔽機能、放射性廃棄物の放出管理機能、放射線監視機能、臨界防止機能、閉じ込めの機能、冷却機能、火災等による損傷の防止機能等が含まれる。

安全機能を有する施設とは、再処理施設のうち、安全機能を有するものをいう（再処理事業指定基準規則1条2項4号）。再処理事業指定基準規則第2章は、安全機能を有する施設について規定している。

(注2) 耐震重要施設

耐震重要施設とは、安全機能を有する施設のうち、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とされている施設であり（再処理事業指定基準規則6条1項）、具体的には、耐震重要度分類がSクラスの施設をいう。本件再処理施設においては、①その破損等により臨界事故を起こすおそれのある施設、②使用済燃料貯蔵設備の燃料貯蔵プール・ピット等、③ a 高レベル放射性液体廃棄物（高レベル廃液）を内包する系統及び機器のうち安全上重要な施設（固体廃棄物の廃棄施設のガラス溶融炉等）、b プルトニウムを含む溶液を内包する系統及び機器のうち安全上重要な施設（溶解設備の溶解槽等）、c a、bを収納するセル等、d a、b、cに関連する施設で放射性物質の外部への放出を抑制するための施設（換気設備のうち安全上重要な施設等）、④安全冷却水系、プール水冷却系、補給水設備、⑤安全圧縮空気系等が、それぞれ耐震重要施設に当たる。

(注3) 放射線業務従事者

放射線業務従事者とは、使用済燃料の再処理、再処理施設の保全、使用済燃料、使用済燃料から分離された物又はこれらによって汚染された物の運搬、貯蔵、廃棄又は汚染の除去等の業務に従事する者であって、管理区域に立ち入るものをいう（再処理規則1条2項5号）。

(注4) アクティブ試験

使用済燃料による総合確認試験（以下「アクティブ試験」という。）とは、実際に使用済燃料を再処理し、プルトニウムや核分裂生成物の取扱いに係る再処理施設の安全機能及び機器・設備の性能を確認するための試験をいう。

参加人は、本件指定処分の後、平成5年1月13日以降9回にわたり、原子炉等規制法（平成10年法律第62号による改正前のもの）45条1項前段に基づき、本件再処理施設の設計及び工事の方法の認可の申請を行い、同年4月14日、内閣総理大臣の権限の委任を受けた科学技術庁長官（当時）から、第1回の申請につき認可を受けて、同月28日、本件再処理施設の建設に着手した。

本件再処理施設のうち、平成11年12月3日に工事及び性能について使用前検査に合格し、平成12年12月19日に使用済燃料の受入れを開始した使用済燃料の受入れ施設及び貯蔵施設を除く施設について、参加人は、平成13年4月から各施設の安全機能及び生産性能の確認等を目的とする試験を行っている。同試験は、最初から使用済燃料を用いるのではなく、水、蒸気等を用いて機器の機能・性能を確認した上で使用する流体等を試薬、ウラン、使用済燃料と順次実際の取扱物に近づけていくとともに、試験対象を機器単体、系統、施設又は建屋、再処理施設全体へと範囲を広げて行う。これらの試験は、流体等の種類ごとに、通水作動試験（平成13年4月から平成16年9月まで）、化学試験（平成14年11月から平成17年12月まで）、ウラン試験（平成16年12月から平成

18年1月まで)、アクティブ試験(同年3月開始)に分かれ、参加人は、このうちウラン試験及びアクティブ試験を行うに当たり、それぞれ保安規定の変更認可の申請を行い、同申請につき認可を受け、また、通水作動試験ないしアクティブ試験を段階的に行う中で工事又は性能に係る使用前検査を受けている。

アクティブ試験は、実際に使用済燃料を再処理し、核分裂生成物の分離性能、ウランとプルトニウムの分配性能、環境への放出放射能、液体廃棄物及び固体廃棄物の処理性能等の確認を行うものであり、参加人は、平成25年6月には、アクティブ試験計画書に定める44の試験項目のうち40項目を終了し、残り4項目も着手済みであった。他方、この時既に、福島第一原子力発電所事故を契機とする原子炉等規制法の改正を受けた新規制基準の策定が進んでいたため、上記の4項目については、本件再処理施設が新規制基準に適合していることを確認された後に行うこととした。

(注5) セル

セルとは、プルトニウムを含む溶液及び粉末並びに高レベル廃液を内包する系統及び機器を収納する、鉄筋コンクリート等の壁で囲われた小部屋をいう。

(注6) マニプレータ

マニプレータとは、セル内の設備をセル外から遠隔で保守するための装置であり、セル外での操作によりセル内のつかみ部と呼ばれる部分で人間の手の動きを模擬することができる、マジックハンドのようなものである。

(注7) グローブボックス

グローブボックスとは、放射性物質による室内の汚染を防止するために、放射性物質の取扱作業を密封した状態で行うための箱をいう。通常グローブボックス

内の圧力は室内圧に対して負圧にしてある。作業はグローブボックス外からボックスに取り付けられたグローブを介して行う。

(注8) 基準地震動

基準地震動とは、再処理施設、原子炉施設等の耐震設計に用いるために策定する地震動をいう。

再処理事業指定基準規則7条3項は、「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。）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ない」と規定しており、基準地震動とは、その地震動による地震力が加わった際に耐震重要施設（同規則6条1項）の安全機能が損なわれるおそれがないことを確認するための役割を担っている。

再処理事業指定基準規則の解釈において、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」として策定されるものとされている（再処理事業指定基準規則の解釈別記2の6）。そして、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、それぞれ解放基盤表面（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持って想定される基盤（概ねせん断波速度（S波速度（ V_s ））＝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）の表面をいう。）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とされている（再処理事業指定基準規則の解釈別記2の6一）。

(注9) 加速度、最大加速度、Gal、 cm/s^2

地震動に関し、加速度とは、地震動による地盤や構築物等の速度がある時間内

に変化する割合をいう。

最大加速度とは、地震動の継続時間中に生じる加速度振幅（速度の単位時間当たりの変化の割合）の最大値をいう。

ガル（Gal）とは、加速度の単位であり、 $1\text{ Gal} = 1\text{ cm/s}^2$ である。
なお、重力加速度は 980 Gal である。

（注10）地震力、地震荷重、静的地震力、動的地震力

地震力とは、地震動により建物・構築物及び機器・配管系に作用する力をいう。

地震力には、時々刻々と変化する地震動に基づき求める動的地震力と、時間が経過しても変化しない一定の力を仮定する静的地震力がある。また、地震力が作用する方向により、水平地震力と鉛直地震力とに区別される。

上記のうち静的地震力は、一般建築物の耐震設計で広く用いられているものであり、一般建築物の構造基準である建築基準法との対比も分かりやすいことから、基準地震動や弾性設計用地震動による動的な解析と併せてSクラス（耐震設計審査指針（旧指針）ではAクラス）の施設の耐震設計の信頼性を高める役割を担っている。本来は動的な交番荷重（周期的に大きさが正負に繰り返し作用する荷重）である地震力を、水平方向又は鉛直方向に作用する、時間が経過しても変化しない一定の力に置き換えたものである。静的地震力は、水平方向については、建築基準関係規定による層せん断力係数に基づき算定し、鉛直方向については、建築基準関係規定では考慮されていないものの、高さ方向に一定な鉛直震度に基づき算定している。

地震荷重とは、厳密には地震力が建物・構築物及び機器・配管系に作用している荷重分布状態をいう。

（注11）耐震重要度分類

耐震重要度分類とは、各施設の安全機能が喪失した場合の影響の相対的な程度

(耐震重要度)に応じた分類をいう。原子力施設の耐震設計においては、耐震重要度の区分ごとに適切と考えられる設計用地震力に耐えられるように設計されなければならない。

耐震設計審査指針(旧指針)においては、「耐震設計上の重要度分類」として、施設の機能別に、A s クラス、A クラス、B クラス及びC クラスに区分されていた。

- ① A s クラス：A クラスのうち、特に重要なもの。
- ② A クラス：自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のあるもの、及びこれらの事態を防止するために必要なもの、並びにこのような事故発生の際に、外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、その影響や効果の大きなもの。
- ③ B クラス：A クラスで述べたことの影響、効果が比較的小さいもの。
- ④ C クラス：A 及びB クラスの施設以外であって、一般産業施設と同等の安全性を保持すればよいもの。

新耐震設計審査指針においては、旧指針における「耐震設計上の重要度分類」のクラスを見直し、旧指針におけるA クラス全体をA s クラスと同等に扱うこととして、すべてS クラスに区分し、S クラスの施設について基準地震動S s による地震力に対してその安全機能が保持できることを求めることとされた。すなわち、S クラスとは、自ら放射性物質を内蔵しているか又は内蔵している施設に直接関係しており、その機能喪失により放射性物質を外部に放散する可能性のあるもの、並びにこれらの事故発生の際に外部に放散される放射性物質による影響を低減させるために必要なものであって、その影響の大きいものをいう。B クラス及びC クラスは、変更されていない。

新規制基準においては「耐震重要度分類」とされ、S クラスの施設として、新

たに津波防護施設等が加わっているものの、新耐震設計審査指針と同様の分類の考えをとっている。

(注12) 解放基盤表面

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持って想定される基盤の表面をいう。解放基盤表面は、概ねS波速度が 700 m/s 以上の硬質地盤に設定するものとされている。本件再処理施設では標高 -70 m に設定されている。

自由表面とは、面に対する垂直方向の応力が0となる面をいう。

なお、岩盤の硬さとS波速度とには相関性があり、硬い岩盤ほどS波速度が大きくなる。

(注13) 一次元波動論

一次元波動論とは、地層が水平に成層していると仮定し、地層の各境界面において、反射波及び透過波を波動方程式を用いて求めて重ね合わせることで、地表をはじめ地盤の任意の箇所の応答（応力、変位、加速度等）を算定する手法である。

(注14) 入力地震動

入力地震動とは、建物・構築物及び機器・配管系の解析モデルに入力して地震応答解析を行うための地震動をいい、解放基盤表面における地震動として策定される基準地震動に対する、地震動入力位置の地盤の応答を評価したものである。

(注15) 地震応答解析、スペクトルモーダル解析法、時刻歴応答解析法

応答とは、地盤、建物・構築物及び機器・配管系が地震動を受けた際の、当該

地盤、建物・構築物及び機器・配管系自体の揺れをいい、この揺れ方の特徴を応答性状という。

地震応答解析とは、地震動によって地盤、建物・構築物及び機器・配管系が受ける影響（応答）を解析的に求めること全般をいう。その手法として、地盤については等価線形解析や逐次積分法等、建物・構築物及び機器・配管系についてはスペクトルモーダル解析法や時刻歴応答解析法等が挙げられる。原子力発電所や再処理施設の耐震設計においては、地震動に対して、地盤、建物・構築物及び機器・配管系の各部が、どのような力を受けたり変形したりするかを検討するために、これらを適切な解析モデルに置き換え、地震応答解析を行っている。

スペクトルモーダル解析法とは、機器・配管系の地震応答値を求める解析法をいう。機器・配管系には解析モデルの質点の数だけ固有周期が存在するところ、評価対象となる機器・配管系が設置されている床ごとに、固有周期を変数とした最大応答加速度の曲線（応答スペクトル）をあらかじめ求めておき、そのうえで機器・配管系が有する各固有周期に対応した振動形状（固有振動モード）ごとの最大応答値を求め、それらの固有振動モードごとの最大応答値を重ね合わせることで、機器・配管系の地震応答値を求める。

時刻歴応答解析法とは、地震動に対する建物・構築物及び機器・配管系の各部の応答を検討するために、地盤や建物・構築物等を適切な解析モデルに置き換え、入力地震動を入力して、建物・構築物及び機器・配管系の各部が受ける力と揺れの大きさを時々刻々に求める解析法をいう。

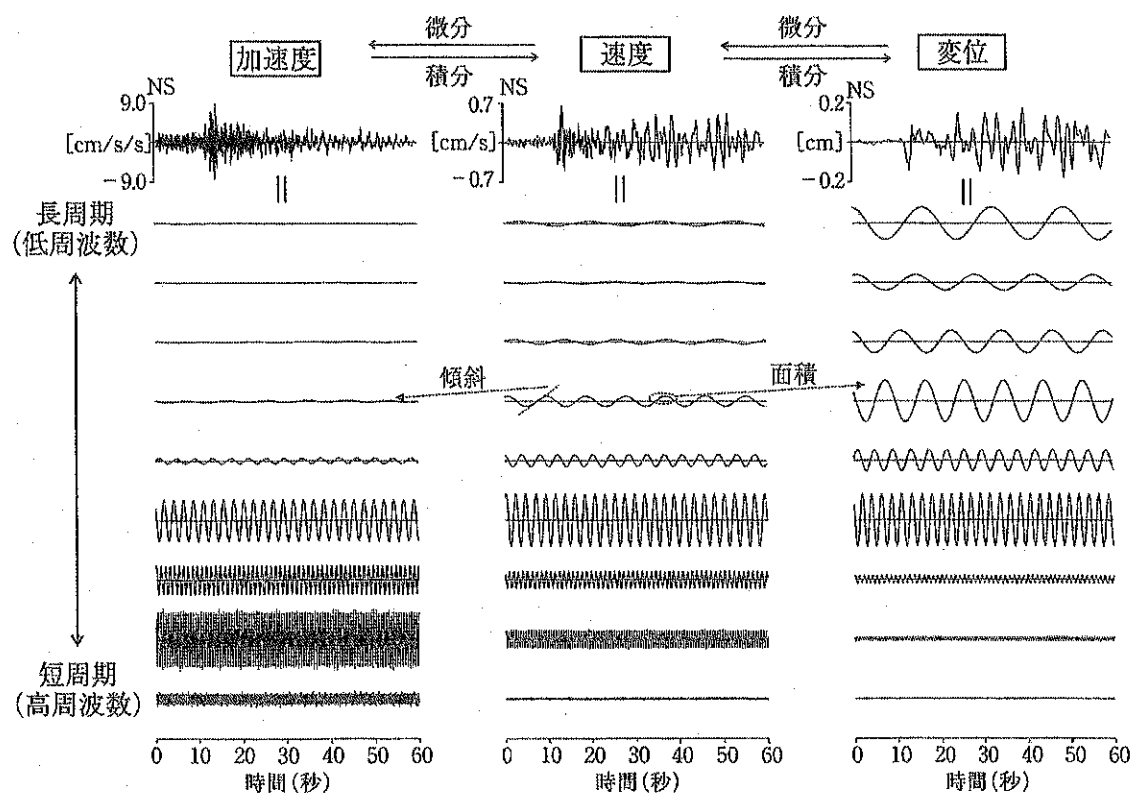
（注 1 6） 応答加速度

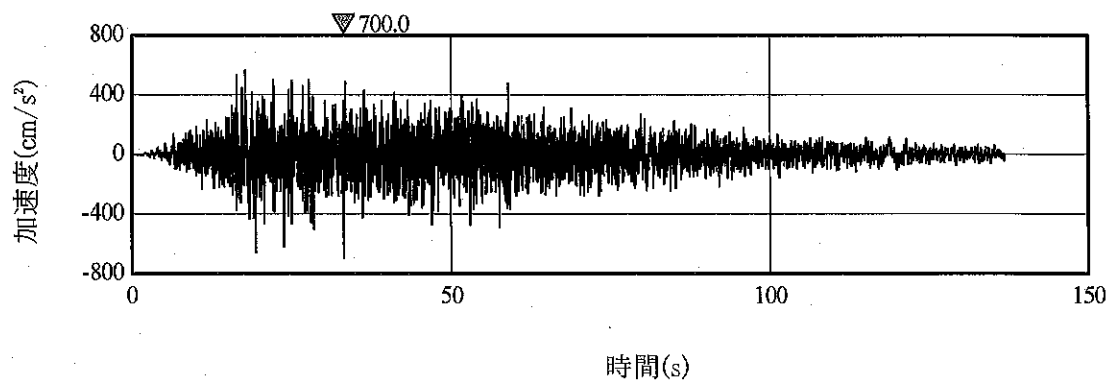
応答とは、建物・構築物及び機器・配管系が地震動を受けた際の、当該建物・構築物及び機器・配管系自体の揺れをいい、この揺れ方の特徴を応答性状という。

応答加速度とは、建物・構築物及び機器・配管系が地震動を受けた際の応答を表すパラメータのうち、当該建物・構築物及び機器・配管系の任意の箇所における加速度をいう。

(注17) 時刻歴（波形）

時刻歴波形とは、ある地震によって放出された地震波がある評価地点に到達した際の時々刻々と変化する地盤の揺れ（地震動）を表す波形をいう。時刻歴波形は、横軸に時間を取り、縦軸には加速度、速度又は変位をとる。

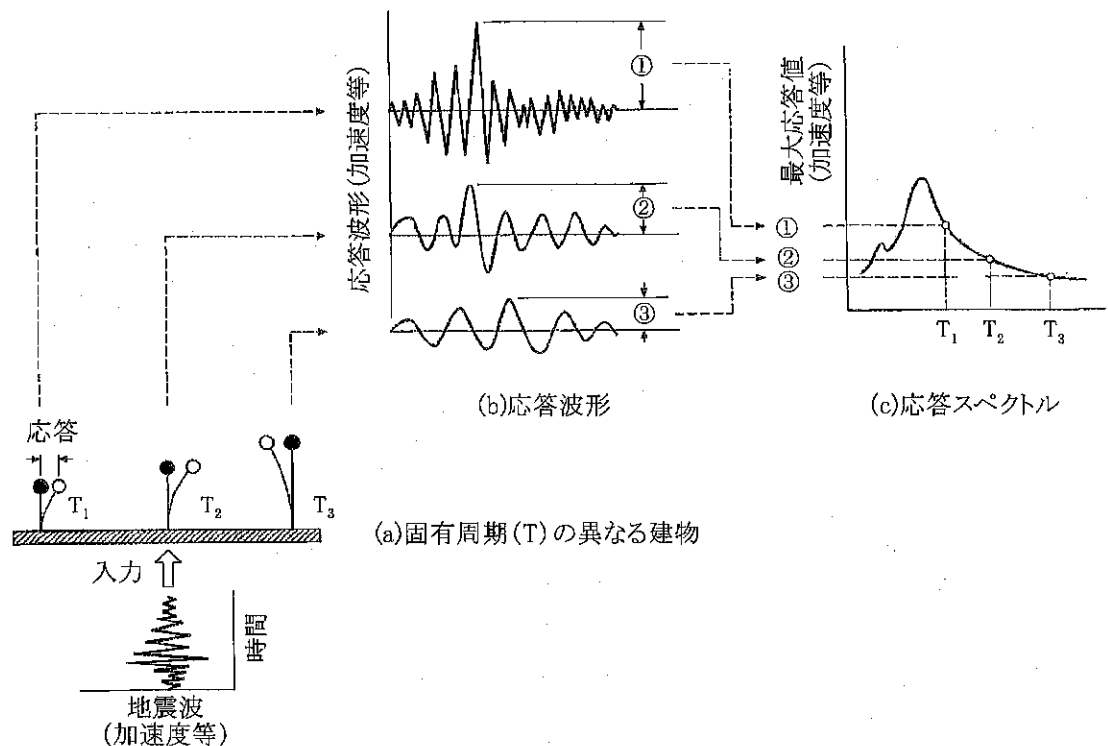




加速度時刻歴波形の例（基準地震動 $S_s - A_H$ ）

（注18）応答スペクトル

応答スペクトルとは、地震動が様々な固有周期を持つ建物・構築物及び機器・配管に対して、どのような揺れ（応答）を生じさせるかを、グラフの縦軸に加速度等の応答値、横軸に固有周期をとって、一見して分かりやすいように描いたものをいう。応答スペクトルは、応答値のとり量の種類（加速度、速度、変位等）により、加速度応答スペクトル、速度応答スペクトル又は変位応答スペクトル等と称される。加速度応答スペクトルを作成することにより、建物・構築物及び機器・配管の固有周期が分かれば、建物・構築物及び機器・配管系に作用する地震力の大きさを把握することができる。



(注19) 剛構造

強度とは、ある物質が破壊するか、それが役に立たなくなるときの応力をいう。剛性とは、荷重が作用した場合の構造物又は構造物材の変形に対する抵抗の度合いをいう。剛性は、材料の性質、部材断面の形状、構造物の固定方法等により定まる。

構造物の剛性が相対的に高く、地震動等による外力を受けた場合に、変形を起こしにくい構造物を剛構造という。これに対して、外力を受けた場合に変形を起こしやすい構造物（例えば、超高層ビル）を柔構造という。

構造物の固有周期は、その重量と剛性とで決まるため、相対的にみて柔構造の構造物の固有周期は長周期であり、剛構造の構造物の固有周期は短周期である。

J E A G 4 6 0 1 では、1 次固有振動数が 20 Hz 以上（周期にすると 0.05 s 以下）の構造物が剛構造とされている。

(注 2 0) 応力、応力値、応力解析

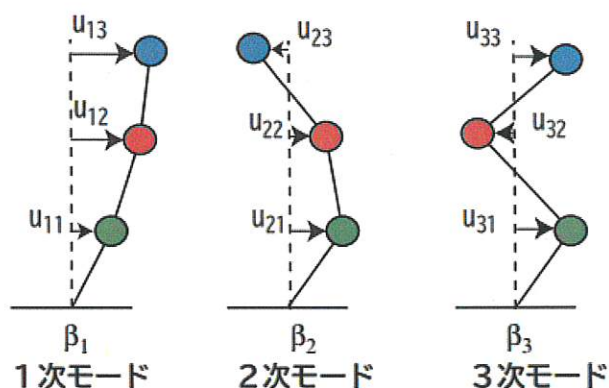
応力（応力値）とは、ある物体に対して外部から与えられた力（外力）が作用したとき、これに抵抗するように物体内部で生ずる力又はその単位面積当たりの力をいう。

応力解析とは、作用する外力により、物体に生じる応力（応力値）を求める解析をいう。

(注 2 1) 振動モード、固有モード、1次モード

振動モードとは、構造物等が入力（地震波等）に反応して揺れる（応答）ときの振動形態をいう。構造物等には解析モデルの質点の数だけ固有周期（特定の揺れやすい周期）が存在するところ、各固有周期に対応した振動形態を固有モード（固有振動モード）という。

固有モード（固有振動モード）は、その固有周期が長い順に1次モード、2次モード…と呼ばれ、実際にはほとんどの場合、1次モードが最も変形する揺れとなるため支配的（構造物等全体の揺れ（応答）に最も大きな影響力を持つ）となる。



(注 2 2) 動的機能

動的機能とは、原子力発電所や再処理施設の機器・配管系の設備のうち、安全機能を果たすための動作に係る機能をいう。

原子力発電所や再処理施設の耐震評価においては、地震時又は地震後に、動的機能が要求されるポンプ、弁等の機器について、地震時又は地震後にも動的機能が維持されることを確認するため、対象機器の地震時の応答加速度と、既往の研究や試験により動的機能が維持されることが確認されている加速度（機能確認済加速度）との比較等により動的機能維持評価を行う。

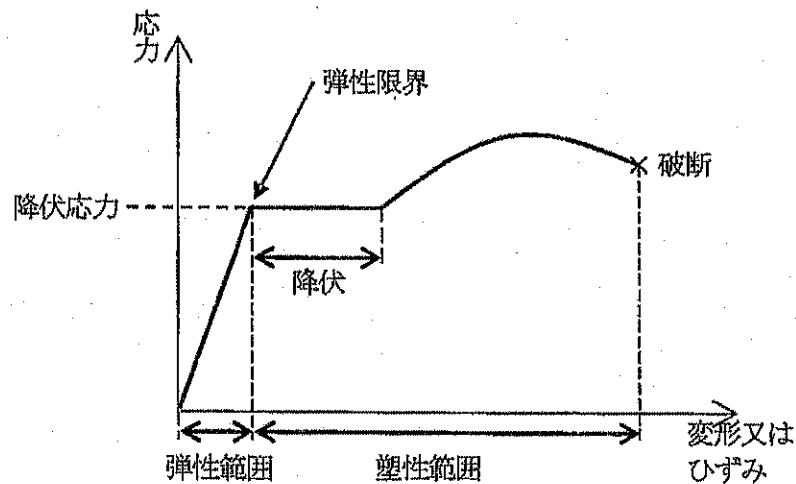
（注 2 3）弾性、弾性設計用地震動

物体に力を加えたときに生じた変形（ひずみ）が、その力を除いたときに完全に元の状態に戻る性質を弾性といい、弾性範囲とは、ひずみと応力とがほぼ比例するとみなせる範囲をいう。

例えば、鋼材に引っ張る力を加えた場合、荷重（力）の大きさに応じて変形し、荷重を除くと元の状態に戻る。しかし、荷重がある大きさを超えた時点で、それ以上の力を加えなくても変形が急激に進む。この荷重の限界点を弾性限界、一定以上の力を加えなくても変形が進む現象を降伏、このときの応力を降伏応力という。降伏後は力を除いても元の状態には戻らなくなる。また、降伏後さらに力を加えていくと、破断に至る。

降伏点とは、弾性限界における降伏応力をいう。

物体に力を加えたときに生じた変形（ひずみ）がその力を除いたときに完全には元の状態に戻らず、永久的な変形（ひずみ）が残る性質を塑性といい、この変形を塑性変形という。



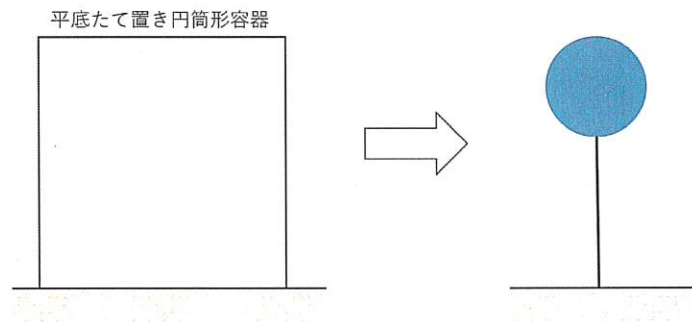
弾性設計とは、施設が地震力（地震により物体に作用する力）に対して耐えるために、ある地震力に対して施設全体として概ね弾性範囲に留まるよう設計することをいう。

弾性設計用地震動とは、施設が地震力に対して耐えるために、ある地震力に対して施設全体として概ね弾性範囲になるよう設計する際に用いる地震動をいう。

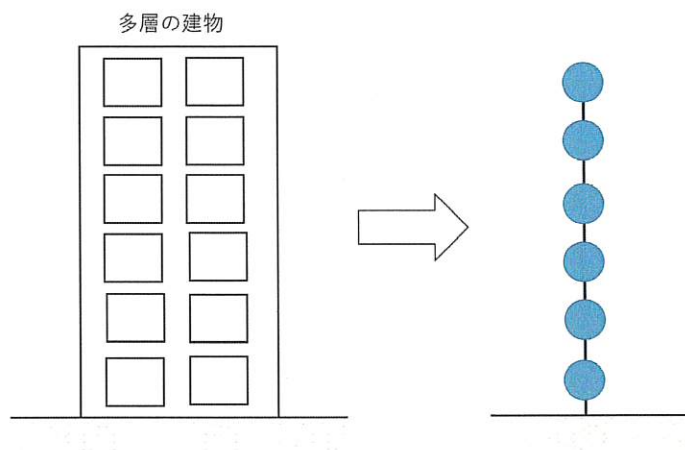
(注24) 1質点系（モデル）、多質点系（モデル）

質点系モデルとは、建物など物体の質量をある点（質点）に集中させて軸ばねで支えるモデルをいう。1質点系（モデル）とは、質量を1つの点（質点）に集中させるモデルであり、多質点系（モデル）とは、質量を複数の点（質点）に集中させるモデルである。

建物・構築物及び機器・配管系の地震応答解析による耐震安全性評価に当たっては、建物・構築物の質量を各階とも床面に集中させ、各部位の剛性や減衰等を考慮した多質点系モデルを用いる。「串団子モデル」ともいわれている。



1 質点系モデルの例



多質点系モデルの例

(注 2 5) 固有周期

固有周期とは、建物・構築物及び機器・配管系の特定の揺れやすい周期をいう。

(注 2 6) 減衰定数

耐震設計において減衰とは、構造物の材料などの抵抗によって地震による揺れが時間の経過とともに小さくなり収束する現象をいう。

減衰定数とは、物体が揺れようとしているとき、それを押し返して揺れない状態とどれくらい隔たっているかを表す無次元量（単位をもたない数量）のことをいい、減衰の大きさを表す。減衰定数が大きいほど減衰が大きく揺れが早く収束し、減衰定数が小さいほど減衰が小さく揺れが収まりにくい。上記の物体が揺れ

ようとしているとき、それを押し返して揺れない状態との比率で、例えば、単に 0.05 又は 5 % と表記されることがある。

設計で用いる減衰定数は、建物・構築物、機器・配管系それぞれに安全側の値が設定される。

(注 27) 剛体

剛体とは、変形を生じない仮想的物体をいう。1 質点系の振り子のばねを無限に硬くしていった極限のものは剛体であり、これはすなわち、振り子の質点が地表面と接着した状態である。

なお、理論上、剛体の固有周期は 0 秒であるが、地震計の測定性能上、周期 0 秒を表現できないため、実務上、剛体の固有周期は 0.02 秒として取り扱われている。

(注 28) 曲げモーメント

曲げモーメントとは、機器・配管等の部材などに作用する外力や応力の一つで、部材を曲げるように作用する力のことをいう。

(注 29) P S 検層

P S 検層とは、ボーリング孔を利用して、地下を伝播する弾性波（P 波及び S 波）の深さ方向の速度分布を測定する方法をいい、速度検層ともいう。

(注 30) 速度構造

地盤には硬いものも軟らかいものもあるが、一般的には深い地盤ほど硬い。また、地震波は、硬い地盤では速く、軟らかい地盤では遅く伝播する。速度構造とは、これらの地震波の伝播速度の地盤における分布状況のことをいい、通常、地盤の地質・地質構造等による影響を受ける。

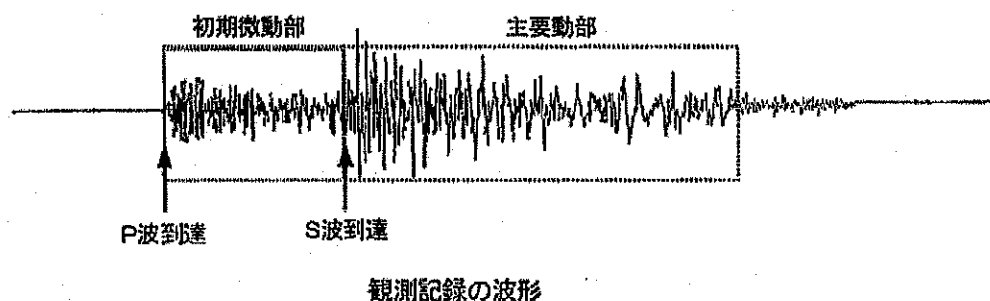
(注3 1) S波速度

岩石中では、縦波（疎密波）と横波（せん断波）の2種類の弾性波（弾性体の中を伝わる波）が伝わり、地震学では、縦波をP波（Primary wave）、横波をS波（Secondary wave）という。

P波の伝播する速度をP波速度（ V_p ）といい、S波の伝播する速度をS波速度（ V_s ）という。

P波はS波よりも伝播する速度が速く、カタカタとした短周期の初期微動部（P波が到達してからS波が到達するまでの小刻みな揺れの部分）を構成し、S波は地震動の主要動部（S波が到達した後の大きく揺れている部分）を構成する。

これらの弾性波速度は、岩盤の硬さの指標や安定性の検討等に用いられる。



(注3 2) T. M. S. L.

T. M. S. L. とは、東京湾における平均海面（Mean Sea Level）をいう。

標高とは、基準面からの高さをいう。国土地理院（測量法）では、T. M. S. L. を基準面（0 m）としており、そこからの高低差として表記される。

平均海面とは、潮汐や気圧の変化等により絶えず変化している海面の高さ（潮位）を長年に亘って観測し、その平均から定めた高さであり、T. M. S. L. は、東京都中央区新川にある霊岸島水位観測所の明治6年から明治12年までの潮位記録を基に高さが定められている。

(注 3 3) T B P、n - ドデカン

有機溶媒とは、有機性の溶媒をいう。本件再処理施設では、ウランとプルトニウムの抽出剤として、T B P（りん酸三ブチル、りん酸トリブチル：tributyl phosphate の略）をn - ドデカン（normal-dodecane）で約 3 0 %に希釈した有機溶媒を用いている。

T B Pは、水に難溶の無色の液体である。金属元素の溶媒抽出に多く用いられ、再処理で重用されている。

n - ドデカンは、パラフィン炭化水素に属し、水に不溶の液体である。ドデカンには幾つかの異性体が存在するが、炭素原子が直鎖状のものをn - ドデカンという。

(注 3 4) M P a

M P aとは、圧力の単位をいう。 $1 \text{ M P a} = 10.2 \text{ k g} / \text{c m}^2$ である。

(注 3 5) 設計引張強さ (S u)

設計引張強さ (S u)とは、設計で用いる引張強さのことをいう。

実際に材料が有する引張強さは、設計引張強さ (S u)よりも大きな値となっている。

なお、引張強さとは、材料に引張り力を与え、材料が破断する際の応力をいう。

(注 3 6) 多度津工学試験所

多度津工学試験所とは、原子力発電施設の地震に対する安全性、信頼性の実証試験を行うため、昭和 5 7 年に香川県仲多度郡多度津町に設置されていた、財団法人原子力発電技術機構（当時）の工学試験所をいう。同試験所は、世界最大級の大型高性能振動台設備を有し、縦横 1 5 mの大きさであり、最大で 1 0 0 0 t

の試験体を載せて、水平方向に最大1800Gal、垂直方向に最大900Galで、同時に揺らすことができた。

同試験所では、振動台完成後の昭和55年度から平成14年度までは財団法人原子力発電技術機構が、平成15年度から平成16年度までは独立行政法人原子力安全基盤機構が、原子力発電所の安全上重要な設備について、実機に近い縮尺模型試験体を振動台に設置して加振し、耐震裕度、地震時の機能維持、耐震設計手法の妥当性を確認する原子力発電施設耐震信頼性実証試験を行った。

略語例

再処理規則	使用済燃料の再処理の事業に関する規則（昭和46年総理府令第10号）
再処理事業指定基準規則	再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第27号）
再処理事業指定基準規則の解釈	再処理施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（平成25年11月27日原管研発第1311275号原子力規制委員会決定）
線量告示	核原料物質又は核燃料物質の製錬の事業に関する規則等の規定に基づく線量限度等を定める告示（平成27年8月31日原子力規制委員会告示第8号）
再処理指針	再処理施設安全審査指針（昭和61年2月20日原子力安全委員会決定）
耐震設計審査指針（旧指針）	発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定）
新耐震設計審査指針	平成18年9月19日に改訂された耐震設計審査指針（「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」等の耐震安全性に係る安全審査指針類の改訂等

について（平成18年9月19日原子力安全委員会決定））

本件再処理施設

再処理事業所における再処理施設

再処理事業所

本件再処理施設を設置する参加人の事業所（本件指定申請をした当時の名称は六ヶ所事業所であり、平成4年7月1日に六ヶ所再処理・廃棄物事業所と、平成6年7月1日に再処理事業所と、名称を順次変更した。）

本件敷地

本件再処理施設の敷地

本件指定処分

日本原燃サービス株式会社（平成4年7月1日、日本原燃産業株式会社を合併するとともに、商号を日本原燃株式会社（参加人）に変更している。）が平成元年3月30日付けで内閣総理大臣に対して行った再処理事業所における再処理の事業の指定の申請に対し、参加人が平成4年12月24日付けで内閣総理大臣から受けた再処理事業所における再処理の事業の指定

本件事業変更許可
申請

参加人が平成26年1月7日付けで原子力規制委員会に対して行った再処理事業所における再処理の事業の変更許可の申請

本件事業変更許可 参加人が令和２年７月２９日付けで本件事業変更
処分 許可申請に対し原子力規制委員会から受けた再処
理事業所における再処理の事業の変更許可

福島第一原子力発 平成２３年（２０１１年）東北地方太平洋沖地震に
電所事故 伴う津波に起因して生じた東京電力株式会社（当
時）福島第一原子力発電所における事故