

4. 使用済燃料共用プール等

4.1. 概要

4.1.1. 現状及び中期的見通し

使用済燃料共用プール等（以下、「共用プール」という。）は、運用補助共用施設内に設け、燃料取扱設備と燃料貯蔵設備等で構成する。

燃料取扱設備は、燃料取扱装置及び共用プールで取り扱う構内用輸送容器、使用済燃料乾式貯蔵容器（以下、「乾式貯蔵キャスク」という。）及び使用済燃料輸送貯蔵兼用容器（以下、「輸送貯蔵兼用キャスク」という。）で構成する。なお、これら容器については、「3. 使用済燃料プールからの燃料取り出し」及び「5. 使用済燃料乾式キャスク仮保管設備」に記載する。

燃料貯蔵設備は、共用プール、共用プール冷却浄化系、共用プール補機冷却系、共用プール補給水系等で構成する。

共用プール冷却浄化系は、ポンプ、熱交換器、ろ過脱塩装置、補助機器等で構成する。

その他設備として天井クレーン、使用済燃料輸送容器除染設備等がある。

共用プールには、現在、1～6号機の使用済燃料6,375体を貯蔵している。東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波により、電源設備の浸水により電源が喪失し、共用プール冷却浄化系は一時的に機能を喪失したが、現在は仮設電源設置と共用プール冷却浄化系を一部復旧し、安定した冷却を維持している。現在の共用プール内の状態を下表に示す。

使用済燃料 保管体数 (貯蔵容量) [体]	燃料ラック 材質	共用プー ル容量 [m ³]	共用プール 水温度 [°C] (平成24年5 月31日時点)	共用プール内水質 (平成24年5月15日採取)		共用プール 内の主な 貯蔵物
				塩化物 イオン [ppb]	放射性物質濃度 ^{※1} [Bq/cm ³]	
6,375 (6,840)	ステンレス製	約4,000	約26	約49	Cs137:約5.0×10 ⁻¹	使用済燃料

※1: 陽素131及びCs134は検出限界以下

平成24年度下期から計画している共用プールからの燃料取出開始時には、順次設備を復旧していくことから、より安定した冷却が可能となる見通しである。

また、今後、共用プールに、1～4号機原子炉建屋内の使用済燃料プールに現在貯蔵中の使用済燃料と新燃料（合計3,108体）の受け入れを計画しており、これらの燃料には、設置許可対象外の使用済燃料（7×7燃料）、新燃料（9×9燃料）、破損燃料が含まれる。

報告内容は、共用プールからの燃料取出開始時点のものであるが、共用プール冷却浄化系機能喪失時の共用プール水位評価については、1～4号機原子炉建屋内の使用済燃料プールに貯蔵中の燃料受入れも考慮している。

また、4号機新燃料（9×9燃料）の先行取り出しの受け入れ先である共用プールにおける新燃料の取り扱い等について、詳細を添付資料-4に示す。

4.1.2. 基本的対応方針及び中期の計画

今後、より安定した冷却を維持するために、共用プール冷却浄化系、共用プール補機冷却系及び共用プール補給水系の各設備について、津波の被害を受けた電源設備を除き復旧し、事故前の機能、構造強度等を有する本設設備に戻すことを基本方針としている。また、燃料取扱装置等についても、津波の被害を受けた電源設備を除き復旧し、事故前の機能、構造強度等を有する本設設備に戻すことを基本方針としている。

さらに、1～4号機原子炉建屋内の使用済燃料プールから受け入れる使用済燃料（7×7燃料、8×8燃料、新型8×8燃料、新型8×8ジルコニウムライナ燃料、高燃焼度8×8燃料及び9×9燃料）及び新燃料（9×9燃料）の破損及び塩分付着等を考慮して、共用プールの水質を維持するために必要な設備の改造または設置を行う計画としている。新たに改造または設置する設備は、設計がまとまり次第、工事着手までに報告し確認を受けるものとする。

4.1.3. 異常時の評価

共用プールにおける燃料集合体落下による敷地境界外の実効線量は十分小さく、周辺公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えない。

共用プール冷却浄化系が機能を喪失した異常時においても、共用プール水位が、水遮へいが有効とされる有効燃料頂部+2mに至るまでには、約30日の時間的余裕があるため、その間に共用プールの冷却機能の復旧作業を実施することで、使用済燃料から発生する崩壊熱を除去することが可能である。また、共用プールの冷却機能の復旧作業に長時間を要する場合にも、共用プール補給水系または消防車により共用プール水位を保つことが可能である。

4.2. 設計方針

(1) 未臨界性

共用プールは、容量いっぱい燃料集合体を収容した場合でも、通常時はもちろん、予想される外的条件が加わっても未臨界性を確保できる設計とする。

(2) 冷却及び浄化能力

共用プール冷却浄化系は、共用プール内に貯蔵する使用済燃料から発生する崩壊熱を除去でき、かつ共用プール水の不純物を除去できる能力を持つ設計とする。

使用済燃料の崩壊熱は、共用プール冷却浄化系の熱交換器によって、共用プール補機冷却系へ伝えられ、同系の空気冷却器によって大気に伝えられる設計とする。

(3) 非常用補給能力

津波等により外部電源が喪失した場合にも、共用プール補給水系を用いて共用プール水の補給ができる設計とする。

(4) 貯蔵容量

炉心全装荷量（1～6号機炉心全装荷量の合計）の約200%貯蔵できる容量を超えない容量とする。

(5) 遮へい

共用プール及びキャスク・ピット内の壁面及び底部はコンクリート壁による遮へいを施すとともに、使用済燃料の上部には十分な水深を保つことにより、遮へい効果を有する設計とする。

燃料取扱装置は、構内用輸送容器、乾式貯蔵キャスクまたは輸送貯蔵兼用キャスクと共用プール間の使用済燃料の移送操作及び収容操作が、使用済燃料の遮へい及び熱除去を考慮して、水面下で行うことができる設計とする。

(6) 漏えい防止及び漏えい検知

共用プール水の漏えいを防止するため、共用プール及びキャスク・ピットには排水口を設けない設計としている。また、共用プールに接続された配管が破損しても、共用プール水が流出しない設計としている。

また、万一の共用プール・ライニングの想定される破損による漏えいを検知するため漏えい水検出計及び水位警報装置を設ける。

(7) 構造強度

燃料取扱装置及び貯蔵設備は、地震荷重等の適切な組合せを考慮しても強度上耐え得るように設計する。

また、共用プールのライニングは、万一の燃料集合体の落下時にも共用プールの機能を失うような損傷を生じない設計とする。

(8) 落下防止

使用済燃料貯蔵ラック上には、重量物を吊った天井クレーンは通過させないようにし、重量物の貯蔵燃料への落下を防止できる設計とする。

燃料取扱装置の燃料つかみ機は、二重のワイヤや種々のインター・ロックを設け、また天井クレーンの主要要素は種々の二重化を施すことにより移送中の燃料集合体等の落下を防止できる設計とする。

(9) 除染

構内用輸送容器等の除染ができるようにする。

(10) 被ばく低減

燃料取扱装置及び燃料貯蔵設備は、放射線業務従事者の被ばくを合理的に達成できる限り低くするため、運用補助共用施設の建屋内に設置し、換気空調設備を有する設計とする。

(11) 燃料取扱場所のモニタリング

燃料取扱場所は、崩壊熱の除去能力の喪失に至る状態及び過度の放射線レベルを検出できるとともに、これを適切に放射線業務従事者に伝える設計とする。

(12) 格納及び空気浄化

貯蔵設備は運用補助共用施設の建屋内に設置し、換気空調設備を有する設計とする。

(13) 試験可能性

燃料取扱装置及び燃料貯蔵設備のうち安全機能を有する構築物、系統及び機器は、定期的に試験及び検査ができる設計とする。

(14) 火災防護

共用プール施設は、火災により共用プール施設の安全性が損なわれないようにする。

4.3. 主要設備

現在の設備状況を添付資料-1 に、設備の点検・復旧の概略工程計画を表 4-1 に示す。

運用補助共用施設平面図を図 4-1 に、共用プール概要図を図 4-2 に、系統概要図を図 4-3、図 4-4 に、共用プール冷却浄化系、共用プール補給水系、共用プール補機冷却系、燃料貯蔵区域換気空調系等の主要機器仕様を表 4-2 に示す。

今回報告する設備状況は、共用プールからの燃料取出開始時点のものであり、今後電源の復旧状況に合わせて、全復旧することを検討する。

また、設備信頼性、運用面の改善、津波、1～4 号機使用済燃料プール内の燃料受け入れの観点からも、設備の復旧、改造または設置等を必要に応じて実施していく計画としている。

(1) 共用プール（設計方針 (1), (4), (5), (6), (7), (11)）

(a) 共用プールは、鉄筋コンクリート造の設備で運用補助共用施設内にあり、1～6 号機原子炉建屋内の使用済燃料プールで 19 ヶ月以上冷却され、かつ運転中のデータ、シッピング検査等により健全であることを確認した使用済燃料（8×8 燃料、新型 8×8 燃料、新型 8×8 ジルコニウムライナ燃料、高燃焼度 8×8 燃料及び 9×9 燃料）を貯蔵し、貯蔵容量は炉心全装荷量（1～6 号機炉心全装荷量の合計）の約 200%である。

なお、乾式貯蔵キャスク仕立て時に発生するチャンネルボックス等も共用プールに貯蔵する。

(b) 使用済燃料貯蔵ラックは、ステンレス鋼を使用するとともに、適切な燃料間距離を保持することにより、容量いっぱい燃料を収容し、共用プール水温及びラック内燃料貯蔵位置等について想定される厳しい状態を仮定しても実効増倍率が 0.95 以下となる設計としている。

(c) 共用プール、キャスク・ピット壁の厚さ及び水深は遮へいを考慮して十分確保し、内面はステンレス鋼でライニングするとともに排水口を設けないことにより漏えいを防止している。また、万一の共用プール・ライニング及びキャスク・ピット・ライニングの想定される破損による漏えいを検知するため、漏えい水検出計及び水位警報装置を復旧する計画とする。漏えい水検出計及び水位警報装置を復旧するまでの間については、プール漏えい目視箱及びスキマ・サージ・タンク水位（現場の本設計器）を巡視点検で確認する。なお、スキマ・サージ・タンク水位計の指示はウェブカメラにより免震重要

棟でも確認することができる。

(d) 燃料取扱場所においてガンマ線レベルを連続的に監視し、線量率が設定値を超えた場合には燃料取扱場所に警報を発するエリア放射線モニタを復旧する計画とする。復旧までの間は、可搬式の警報機能付きエリアモニタなどの代替設備を設置し、燃料取扱場所において線量率が設定値を超えた場合には警報を発する。

(e) キャスク・ピットは、共用プールの横に別個に設け、万一のキャスクの落下事故の場合にも、共用プールの機能を喪失しない設計としている。また、万一の燃料集合体の落下時にも共用プールのライニングは機能を喪失しない設計としている。

(2) 共用プール冷却浄化系（設計方針（2）、（6））

共用プール冷却浄化系は、使用済燃料からの崩壊熱を共用プール補機冷却系により熱交換器で除去して共用プール水を冷却するとともに、ろ過脱塩装置で共用プール水をろ過脱塩して、共用プール及びキャスク・ピット水の純度及び透明度を維持する。

共用プール冷却浄化系は、1～6号機原子炉建屋内の使用済燃料プールに19ヶ月以上冷却された使用済燃料を年間900体ずつ貯蔵容量いっぱいまで受入れた場合の使用済燃料から発生する崩壊熱の合計として定義する通常最大熱負荷を、この系の熱交換器で除去し、1系列で共用プール水温がコンクリートの制限温度65℃を超えない、また2系列で共用プール水温が現場作業環境を考慮した温度52℃を超えない設計としている。

現状、2系列ある共用プール冷却浄化系のうち1系列を復旧した状態であるが、添付資料-2に示すとおり、熱交換器1基で今後の1～4号機の燃料の受入れを考慮しても共用プール水温を52℃以下に冷却することが可能である。したがって、当面は2系列ある共用プール冷却浄化系のうち1系列のみを使用して冷却を行うが、共用プール冷却浄化系ポンプについて保守性を考慮して2台に復旧し予備機を確保するとともに、残りの1系列についても点検時、異常時等に備えて熱交換器が使用できるよう準備する。また、共用プール水温（現場の本設計器、測定（検出器設置）場所：プール水を直接測定）を巡視点検で確認する。なお、共用プール水温計の指示はウェブカメラにより免震重要棟でも確認することができる。

また、共用プール冷却浄化系及び（3）共用プール補機冷却系のポンプの運転等系統状態の確認については巡視点検で実施している。

共用プールからスキマせきを越えてスキマ・サージ・タンクに流出する共用プール水は、ポンプで昇圧し、ろ過脱塩装置、熱交換器を通した後、共用プールのディフューザから吐出する設計としている。

共用プールに入る配管には逆止弁を設け、サイフォン効果により共用プール水が流出しない設計としている。

共用プール冷却浄化系は、スキマせきを越えてスキマ・サージ・タンクに流出する水をポンプで循環させるので、この系の破損時にも燃料プール水位はスキマせきより低下することはない。

なお、ろ過脱塩装置より発生する使用済イオン交換樹脂は、運用補助共用施設内の本設の沈降分離タンク（共用プールの設備寿命を40年として、発生する使用済イオン交換樹脂を収容できる容量として設計されている）で保管する。

また、本システムの電源は、外部電源喪失時に非常用ディーゼル発電機からの受電が可能となっている。

(3) 共用プール補機冷却系（設計方針（2））

共用プール補機冷却系は、共用プールで発生する崩壊熱等を共用プール冷却浄化系の熱交換器等によって冷却除去するとともに、この系の空気冷却器によって大気へ伝える。

現状、2系列ある共用プール補機冷却系のうち1系列を復旧した状態であるが、添付資料-2に示すとおり、空気冷却器1基で今後の1～4号機の燃料の受入れを考慮しても共用プール水温を52℃以下に冷却することが可能である。したがって、当面は2系列ある共用プール補機冷却系のうち1系列のみを使用して冷却を行うが、共用プール補機冷却系ポンプについて保守性を考慮して2台に復旧し予備機を確保するとともに、残りの1系列の空気冷却器についても点検時、異常時等に備えて電源を供給すれば使用できるよう準備する。なお、エアフィンクーラーについては、プール水温度を確認しながら運転台数の調整を行う。

また、本システムの電源は、外部電源喪失時に非常用ディーゼル発電機からの受電が可能となっている。

(4) 共用プール補給水系（設計方針（3））

共用プール補給水系は、通常時及び異常時に共用プール補給水貯蔵槽から共用プール補給水ポンプで昇圧し、共用プール水を補給する。

外部電源が喪失した場合にも、共用プール補給水系を用いて、共用プールへ水の補給ができる。現状、2台ある共用プール補給水ポンプのうち1台を復旧して使用しているが、通常1台運転であること、現状月数回の補給であること、長期停止した場合も消防車により共用プールへ水の補給が可能であることから、当面共用プール補給水ポンプは現状の1台復旧とするが、共用プールからの燃料取出開始までに2台目を復旧する。

また、現状、復旧した補給ラインによる共用プール補給水貯蔵槽への補給が可能となっている。

なお、消防車については、ろ過水タンク等（ろ過水タンク：OP. 41, 000、純水タンク No. 2: OP. 10, 000）の真水を水源とする。

(5) 燃料取扱装置（設計方針（8））

燃料取扱装置は、共用プール及びキャスク・ピットの上に設けるレール上を水平に移動するブリッジと、その上を移動するトロリで構成する。

また、燃料つかみ機は、二重のワイヤや種々のインター・ロックを設ける。燃料取扱作業による放射線業務従事者の被ばくを低減するため、燃料取扱装置は、遠隔自動で運転できるようにしている。燃料取り扱い開始までに本燃料取扱装置を復旧する。

(6) 使用済燃料輸送容器除染設備（設計方針（9））

使用済燃料輸送容器除染設備は、構内用輸送容器、乾式貯蔵キャスクまたは輸送貯蔵兼用キャスクの除染を行うため、共用プールに隣接して設けている。

(7) 天井クレーン（設計方針（8））

天井クレーンは、構内用輸送容器、乾式貯蔵キャスクまたは輸送貯蔵兼用キャスクの運搬等に使用する。

また、天井クレーンの主要要素は、種々の二重化（主巻装置のワイヤーロープ、ドラム等）を施しており、使用済燃料貯蔵ラック上には、重量物を通過させないように、天井クレーンにインターロックが設けられている。天井クレーンは、点検が終了しており機能上問題ないことを確認している。

(8) 燃料貯蔵区域換気空調系（設計方針（10）、（12））

燃料貯蔵区域換気空調系は、送・排風機、フィルタ等で構成する。

共用プールの管理区域に供給された空気は、フィルタを通した後、排風機により排気口から大気に放出する。

2台ある共用プールエリア送・排風機のうち、1台は予備機であること、また停止時は必要に応じて燃料取扱作業を中止することとしていることから、当面は送・排風機については各1台を復旧する。

(9) 使用済燃料輸送容器保管エリア

使用済燃料装填前あるいは装填後の構内用輸送容器、乾式貯蔵キャスク及び輸送貯蔵兼用キャスクを必要に応じて一時保管するため、運用補助共用施設内に使用済燃料輸送容器保管エリアを設けている。

(10) 電源

現在の電源構成図を図4-5に示す。

使用済燃料共用プール設備に電源を供給しているM/Cは異なる外部電源から供給されており、手動による受電切替が可能である。また、外部電源喪失時においても5号機及び6号機の非常用ディーゼル発電機からの受電が可能となっており、現在、非常用ディーゼル発電機（4B）からの受電が可能となっている。

使用済燃料共用プール設備の電源は、本設M/C及び仮設M/Cから本設P/C及び仮設P/Cを通じて直接、または更に仮設MCCを通じて供給されている。

今後、共用プールからの燃料取出開始までに復旧するポンプ等の電源についても、本設P/C、仮設P/C及び仮設MCCを用いる予定である。

(11) 構造強度（設計方針（7））

共用プールが健全であることは、プールからの漏えいがないことで確認している。また、運用補助共用施設の建屋全体のひび割れ状況確認で、健全性に影響を与えるような破損は見つかっていない。したがって、仮に共用プール冷却浄化系の配管等から漏えいが発生した場合でも、共用プール冷却浄化系は運用補助共用施設内に設置されているこ

とから、施設外への漏えいはないと考えている。運用補助共用施設共用プール棟の耐震壁について、基準地震動 S_s による耐震安全性評価を実施し、問題ないことを確認している。

共用プール冷却浄化系、共用プール補機冷却系及び共用プール補給水系の各設備については、津波の被害を受けた電源設備を除き、事故前の構造強度等を有する本設設備に戻す。共用プール冷却浄化系及び共用プール補機冷却系の各設備は、耐震設計審査指針上 B クラスとして、共用プール補給水系の各設備は A クラスとして位置づけられる本設設備であるが、現在復旧された設備について東北地方太平洋沖地震においても損傷は確認されていない。また、今後復旧する設備についても、地震後の簡易点検において地震による損傷は確認されていないが、今後、復旧時に詳細点検を行う。

仮に、地震により、共用プール冷却浄化系、共用プール補機冷却系及び共用プール補給水系の各設備が損傷しても、共用プール水位が、水遮へいが有効とされる有効燃料頂部+2m に至るまでには約 30 日の時間的余裕があるため、その間に消防車により共用プール水位を保つことが可能である。

(12) 津波対策

東北地方太平洋沖地震では、共用プール冷却浄化系、共用プール補機冷却系及び共用プール補給水系について、地下階に設置されていた電源設備以外のポンプ等の設備は床面より高い位置に設置されていたことにより被害は生じなかったが、同様に地下階に設置されていた電源盤等が浸水による被害を生じたため冷却機能を喪失した。

このため、余震により想定される津波対策としての仮設防潮堤の設置に加え、建屋の防水性向上対策等を行い、津波の影響を受けないように復旧を図る予定である。

現在は共用プール設備と同じく運用補助共用施設内に設置されている先行復旧予定の非常用ディーゼル発電機 (4B) の復旧に合わせ、まずは地下階の防水性向上対策を実施し、地下階の電源盤等の浸水による電源喪失リスクを低減させることで、冷却機能喪失リスクを低減している。今後、順次建屋全体の防水性向上対策を実施していく予定である。

(13) 火災防護 (設計方針 (14))

火災報知設備及び消火設備を復旧する。

復旧が完了するまでの期間は、初期消火の対応ができるように消火器を適切に配置する。

4.4. 運用 (設計方針 (13))

- (1) 共用プールの水位 (スキマ・サージ・タンク水位)、水温及び漏えい水の有無 (プール漏えい目視箱) を定期的を確認する。また、共用プール水を定期的に分析する。
- (2) 共用プール冷却浄化系及び共用プール補機冷却系のポンプの運転等系統状態を定期的を確認する。

- (3) 燃料取扱作業時、エリア放射線について、可搬式放射線モニタ等で連続監視し、指示が上昇した際には警報を発することにより、異常を放射線業務従事者に知らせる。可搬式放射線モニタ等は本設のエリア放射線モニタの復旧後は、本設に役割を移行する。

4.5. 保守管理（設計方針（13））

(1) 共用プール冷却浄化系、共用プール補機冷却系

定期的な巡視点検において機器の状態を監視し、異常の兆候が確認された場合に対応を行うこととする。

なお、「4.6. 異常時の措置（2）共用プール冷却機能の喪失」に示すとおり、共用プールの冷却機能停止後、共用プール水位が、水遮へいが有効で作業に支障をきたさないと評価される有効燃料頂部+2m に至るまでに最短でも約 30 日の時間的余裕があり、復旧に長時間を要する場合も消防車による共用プールへの水の補給が可能である。また、ポンプについては、今後 2 台に復旧し予備機を確保することとしている。

(2) 共用プール補給水系

定期的な巡視点検において機器の状態を監視し、異常の兆候が確認された場合に対応を行うこととする。

なお、現在共用プールへの冷却水の補給は月 3 回程度であり、巡視点検により共用プール補給水貯水槽の水位を確認している。また、(1) に記載のとおり長期停止した場合も消防車による共用プールへ水の補給が可能である。

(3) 燃料取扱装置

使用前の点検及び定期的な点検を実施する。

(4) 天井クレーン

使用前の点検及び定期的な点検を実施する。

(5) 燃料貯蔵区域換気空調系

定期的な巡視点検において機器の状態を監視し、異常の兆候が確認された場合に対応を行うこととする。

なお、送・排風機停止時は必要に応じて燃料取扱作業を中止することとしている。

以上のとおり、当面は、定期的な巡視点検において機器の状態を監視し、異常の兆候が確認された場合に対応を行うこととしているが、将来的には、電源及び各設備の復旧状況に合わせて計画的な保守管理への移行を検討する。

4.6. 異常時の措置

(1) 燃料集合体の落下

a. 原因

共用プール内における使用済燃料の取扱い中に、何らかの原因で燃料集合体が落下

し、放射性物質が放出される。

b. 対策及び保護機能

燃料集合体の落下を防止するため、次のような設計及び運転管理上の対策を講じる。

- (a) 燃料取扱装置は、燃料集合体の総重量を十分上回る重量に耐えることのできる強度に設計している。
- (b) 燃料つかみ機のワイヤを二重化している。
- (c) 燃料つかみ機は、圧縮空気が喪失した場合、燃料集合体が外れないフェイル・セーフ設計としている。
- (d) 燃料つかみ機が燃料集合体を確実につかんでいない場合には、吊り上げが出来ないようなインター・ロックを設けている。
- (e) 運転要領を十分整備し、よく訓練された監督者の直接指揮下で燃料取り扱い作業を行う運転管理体制とする。

c. 評価条件及び評価結果

設置許可申請書において、「共用プールにおける燃料集合体落下事象」は、「炉心上への燃料集合体の落下事象」と比較して、敷地境界外の実効線量は小さく、周辺公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えることはないと評価されている。

下表に、「炉心上への燃料集合体の落下事象」と「共用プールにおける燃料集合体落下事象」の評価条件と評価結果を示す。共用プールで取扱う使用済燃料は19ヶ月以上冷却された燃料であり、「炉心上への燃料集合体の落下事象」における冷却期間1日と比べて長いことからよう素及び希ガスは半減期に応じて減衰しており、また燃料集合体の落下高さの違いから破損燃料も少ない。したがって、大気中に放出される核分裂生成物の量は少なく、これによる敷地境界外の実効線量は、「炉心上への燃料集合体の落下事象」より小さい。

	原子炉建屋 ^{※2}	共用プール
燃料種類	9×9燃料	9×9燃料
落下場所	炉心	共用プール燃料ラック上
破損燃料体数	2.3体	2体
冷却期間	1日	19ヶ月
放出経路	スタック経由	地上放出
よう素 (I - 131 等価量) 大気放出量	$4.7 \times 10^{11} \text{Bq}$	$1.3 \times 10^7 \text{Bq}$
希ガス (γ線実効エネルギー0.5MeV換算値) 大気放出量	$3.2 \times 10^{14} \text{Bq}$	$4.2 \times 10^{11} \text{Bq}$
敷地境界での被ばく量	0.068mSv	0.068mSv 以下

※2：2～5号機について記載。

d. 判断基準への適合性の検討

c. に示したとおり、周辺公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない。

(2) 共用プール冷却機能の喪失

a. 原因

共用プール冷却中に、ポンプの故障や地震・津波等の原因により共用プールの冷却機能が喪失し、共用プール水の温度が上昇すると共に共用プール水位が低下する。

b. 対策及び保護機能

(a) 待機ポンプ（今後、待機ポンプを1台復旧する）を起動させる。

(b) 冷却機能喪失後、共用プールの冷却機能の復旧に長時間を要する場合は、共用プール補給水系により共用プール水の補給を行い、プール水位の異常な低下を防止する。

(c) 地震・津波等により電源喪失が発生し、共用プールの冷却機能が停止し、電源喪失の復旧に長時間を要する場合は、予め免震重要棟西側(OP. 36, 900)に待機している消防車の配備を行い、直接プールに注水を行うことにより、プール水位の異常な低下を防止する。

c. 評価条件及び評価結果

(a) 評価条件

- ・ 保守的に、使用済燃料から発生する崩壊熱は全て共用プール水の温度上昇及び共用プール水の蒸発に寄与するものとし、外部への放熱は考慮しないものとする。
- ・ 共用プール水の初期温度は 65℃とする。
- ・ 共用プール初期水位はオーバーフロー水位付近（有効燃料頂部+7.213m）とする。
- ・ 共用プールに貯蔵されている使用済燃料は、1～4号機使用済燃料プールに貯蔵されている使用済燃料等の受け入れに必要な体数を取り出す予定であるが、ORIGEN2を用いた崩壊熱評価において、保守的に共用プールからの燃料取出しは考慮しない。
- ・ 平成26年初頭からの3,4号機使用済燃料プールの燃料取出しを、平成28年初頭に1,2号機使用済燃料プールの燃料取出しを仮定し、平成26年初頭に3,4号機使用済燃料プールに貯蔵されている使用済燃料全数が、平成28年初頭に1,2号機使用済燃料プールに貯蔵されている使用済燃料全数が共用プールに移送されると仮定して、使用済燃料から発生する崩壊熱は下表に示す値とする。（実際の取り出し時期は確定していないため、取り出し時期が早まり、評価条件を超える場合は再評価を行う）

評価時期	(1) 共用プール 既存燃料の崩壊 熱	(2) 1, 2 号機使 用済燃料プール に貯蔵されてい る燃料の崩壊熱	(3) 3, 4 号機使 用済燃料プール 貯蔵されている 燃料の崩壊熱	共用プールで考 慮する発熱量
平成 23 年 10 月末	1. 10MW	—	—	1. 10MW
平成 24 年初頭	1. 10MW	—	—	1. 10MW
平成 25 年初頭	1. 06MW	—	—	1. 06MW
平成 26 年初頭	1. 03MW	—	0. 70MW	1. 73MW
平成 27 年初頭	1. 00MW	—	0. 59MW	1. 60MW
平成 28 年初頭	0. 98MW	0. 25MW	0. 52MW	1. 76MW

(b) 評価結果

共用プール水位が有効燃料頂部+2m に至るまで：約 30 日

d. 判断基準への適合性の検討

本事象に対する判断基準は、「使用済燃料から発生する崩壊熱を確実に除去できること」である。

共用プールの冷却機能が喪失した後、共用プール水位が、水遮へいが有効とされる有効燃料頂部+2m に至るまでには、最短でも約 30 日の時間的余裕がある。なお、水遮へいの効果については添付資料-3 に示すとおりである。このことから、他に緊急度の高い復旧作業がある場合は、そちらを優先して実施することになるが、共用プールの冷却機能の復旧作業を、事前準備が整い次第、速やかに実施することで、共用プール冷却を再開する。また、共用プールの冷却機能の復旧作業に長時間を要する場合にも、共用プール補給水系または消防車^{※3}により共用プール水位を保つことは十分可能である。

以上より、共用プールの冷却機能が喪失した場合でも、使用済燃料の冠水は確保され、使用済燃料から発生する崩壊熱が確実に除去されることから、判断基準は満足される。

※3：消防車による注水開始までの所要時間（目安）は、作業開始から約 3 時間。

4.7. 添付資料

添付資料-1 現在の設備状況

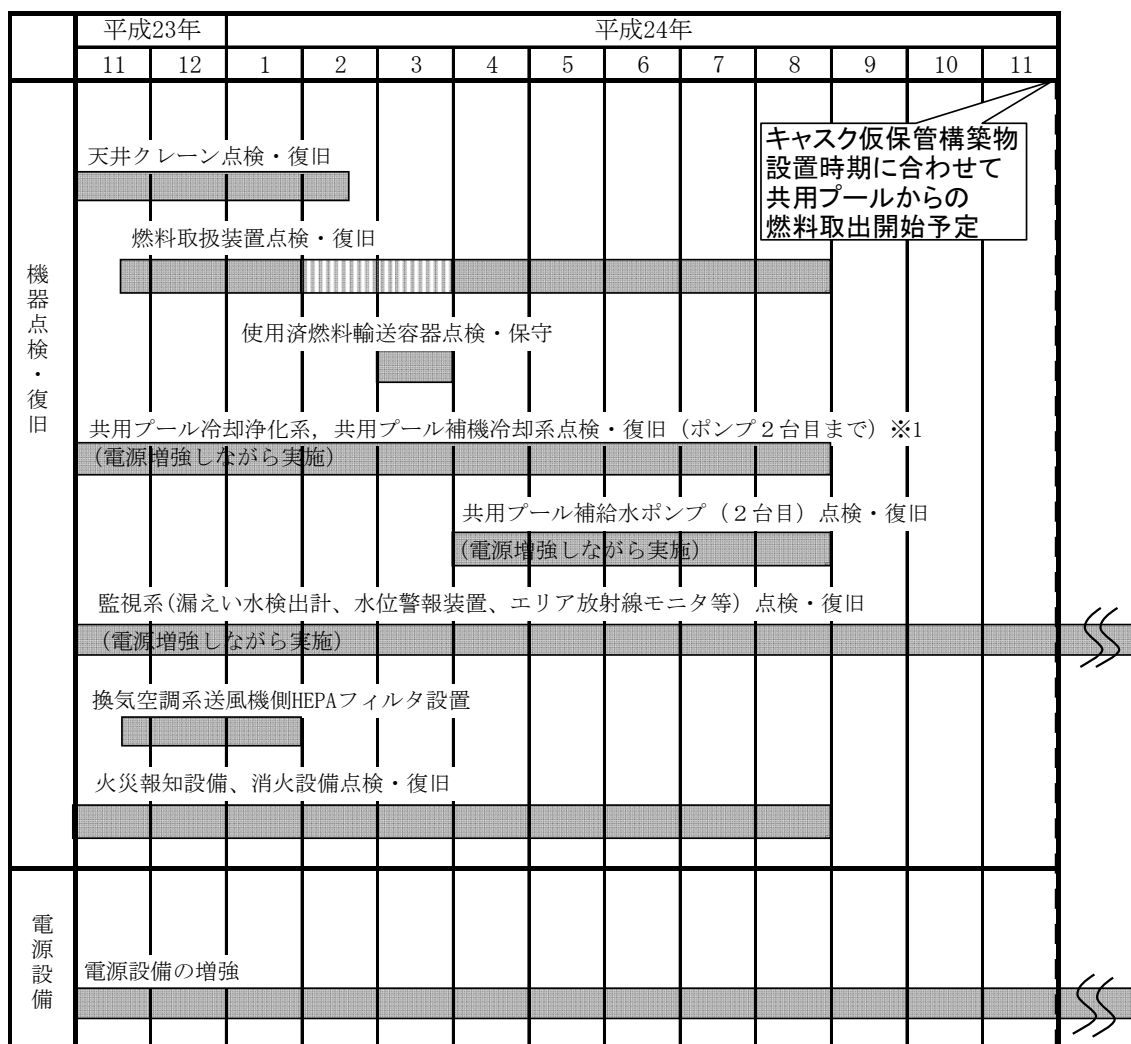
添付資料-2 「共用プール冷却浄化系及び共用プール補機冷却系」1 系列運転時の
共用プール水温度評価

添付資料-3 有効燃料頂部+2m での線量率評価

添付資料-4 共用プールにおける新燃料の取り扱い等に関する説明書

添付資料-5 運用補助共用施設共用プール棟の耐震壁の耐震安全性評価について

表 4-1 共用プールからの燃料取出開始までの点検・復旧工程（案）



※1：1～4号機使用済燃料プールからの燃料受け入れ開始前までには、片系でエアフィンクーラー6台を復旧する。

表 4-2 主要機器仕様

1. 共用プール冷却浄化系

(1) ポンプ

台 数	2 (うち 1 台は予備) 【3 (うち 1 台は予備)】
容 量	約 500m ³ /h/台

(2) 熱交換器

基 数	1 【2】
交換熱量	約 3.3MW/基 (約 2.8×10 ⁶ kcal/h/基)

(3) ろ過脱塩装置

形 式	圧力プリコート形
基 数	1 【2】
容 量	約 200m ³ /h/基

(【】内は全復旧した場合の仕様を示す。以下、同様。)

2. 共用プール補給水系

(1) 共用プール補給水貯蔵槽

基 数	1
容 量	約 430m ³
主要部材質	ステンレス鋼ライニング

(2) ポンプ

台 数	2
容 量	約 30m ³ /h/台

3. 共用プール補機冷却系

(1) ポンプ

台 数	2 (うち 1 台は予備) 【3 (うち 1 台は予備)】
容 量	約 650m ³ /h/台

(2) 空気冷却器

基 数	1 【2】
交換熱量	約 3.3MW/基 (約 2.9×10 ⁶ kcal/h/基)

4. 燃料貯蔵区域換気空調系

(1) 共用プールエリア送風機

台数	1【2（うち1台は予備）】
容量	約 93,000m ³ /h/台
形式	遠心式
静圧	180mmAq

(2) 共用プールエリア排風機

台数	1【2（うち1台は予備）】
容量	約 93,000m ³ /h/台
形式	遠心式
静圧	250mmAq

5. 使用済燃料輸送容器保管エリア

保管容量（構内用輸送容器、乾式貯蔵キャスク、輸送貯蔵兼用キャスクの合計）
10 基

6. 消防車

(1) A-1 級

台数	1（1～4号機共通）
規格放水圧力	0.85MPa
放水性能	168m ³ /h 以上
高圧放水圧力	1.4MPa
放水性能	120m ³ /h 以上
燃料タンク容量（燃料消費率）	130 リットル（37 リットル/h（180m ³ /h 送水時））

(2) A-2 級

台数	1（1～4号機共通）
規格放水圧力	0.85MPa
放水性能	120m ³ /h 以上
高圧放水圧力	1.4MPa
放水性能	84m ³ /h 以上
燃料タンク容量（燃料消費率）	63 リットル（37 リットル/h（180m ³ /h 送水時））

7. ろ過水タンク等

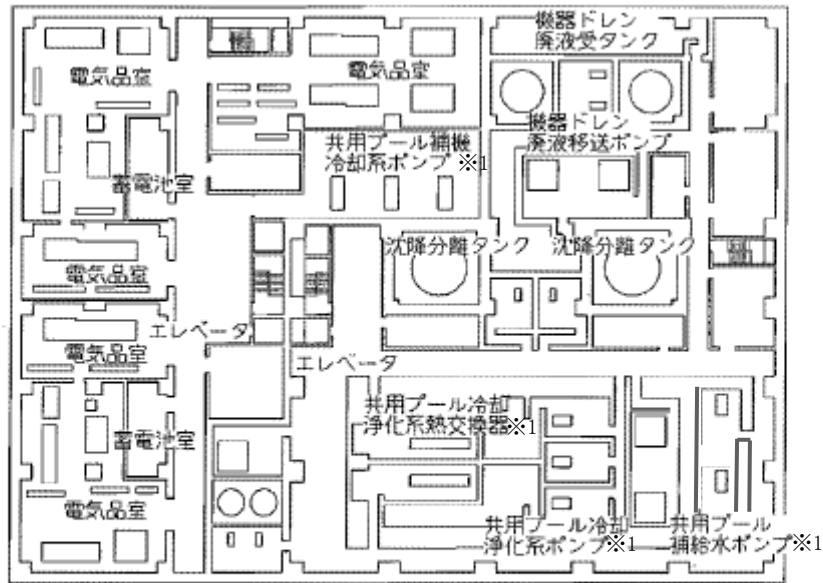
(1) ろ過水タンク

基 数 2

容 量 約 8,000m³/基

(2) 純水タンク No. 2

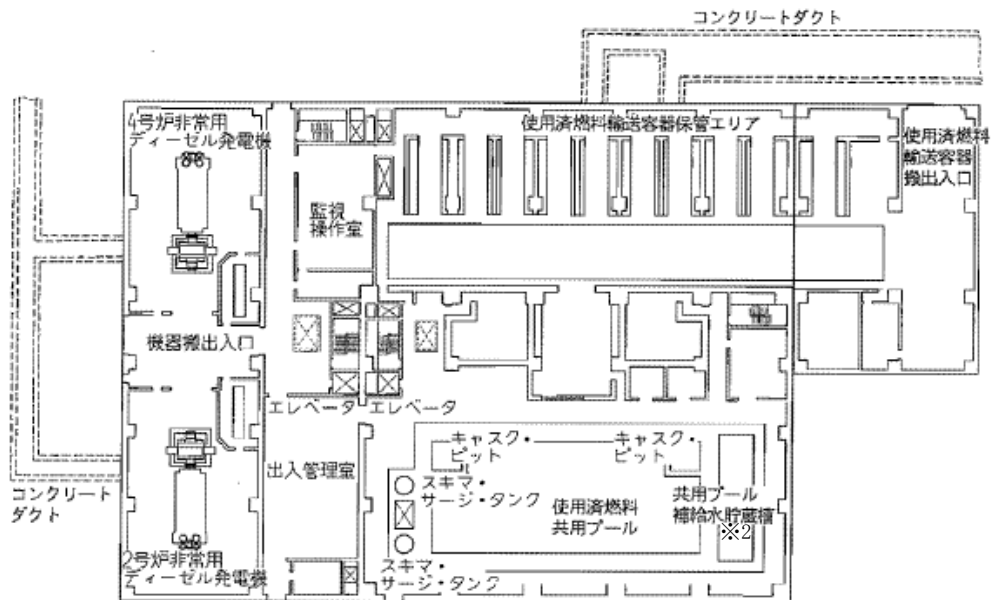
容 量 約 2,000m³



※1: 共用プール冷却浄化系ポンプ、共用プール補機冷却系ポンプ、共用プール補給水ポンプ、共用プール冷却浄化系熱交換器は、床面から高い位置に設置。

O.P.+2700mm

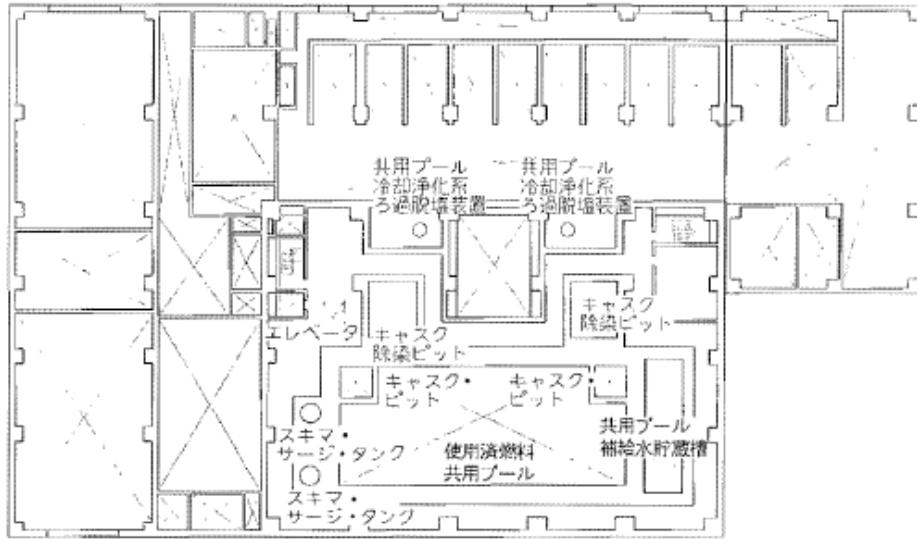
図 4-1-1 運用補助共用施設平面図 (その 1)



※2: 共用プール補給水貯蔵槽は、共用プール同様、鉄筋コンクリート造の設備。

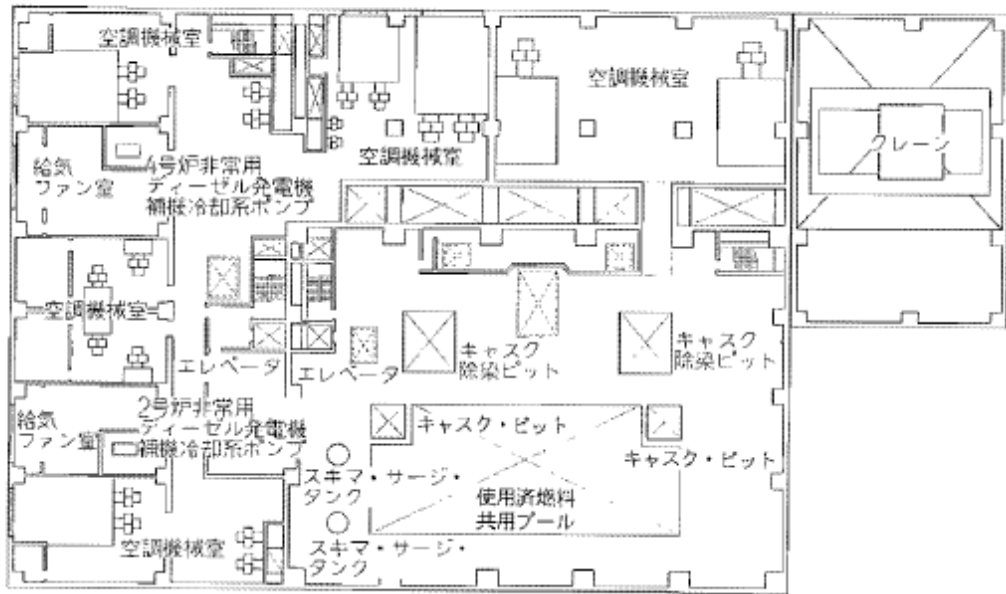
O.P.+10200mm

図 4-1-2 運用補助共用施設平面図 (その 2)



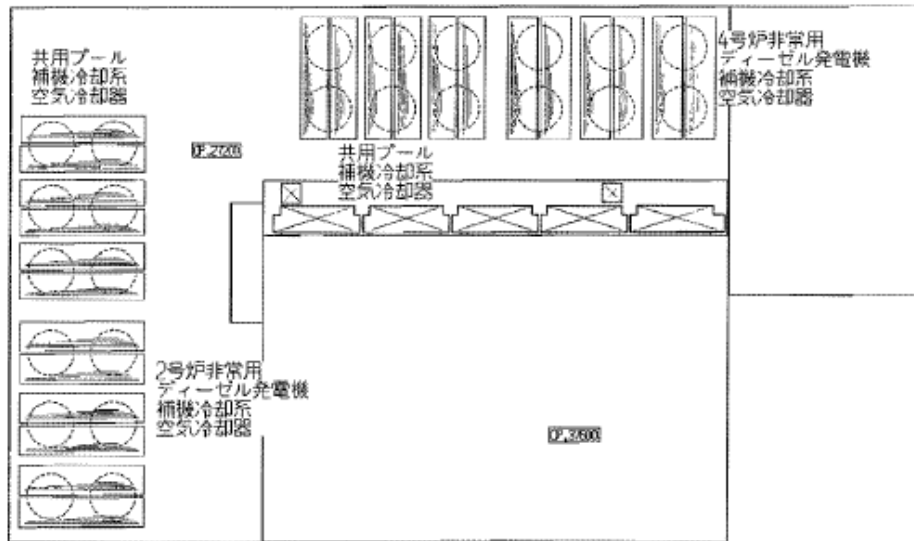
O.P. +15700mm

図 4-1-3 運用補助共用施設平面図 (その 3)



O.P. +19200mm, O.P. +20200mm

図 4-1-4 運用補助共用施設平面図 (その 4)



O.P. +27200mm, O.P. +37600mm

図 4-1-5 運用補助共用施設平面図 (その 5)

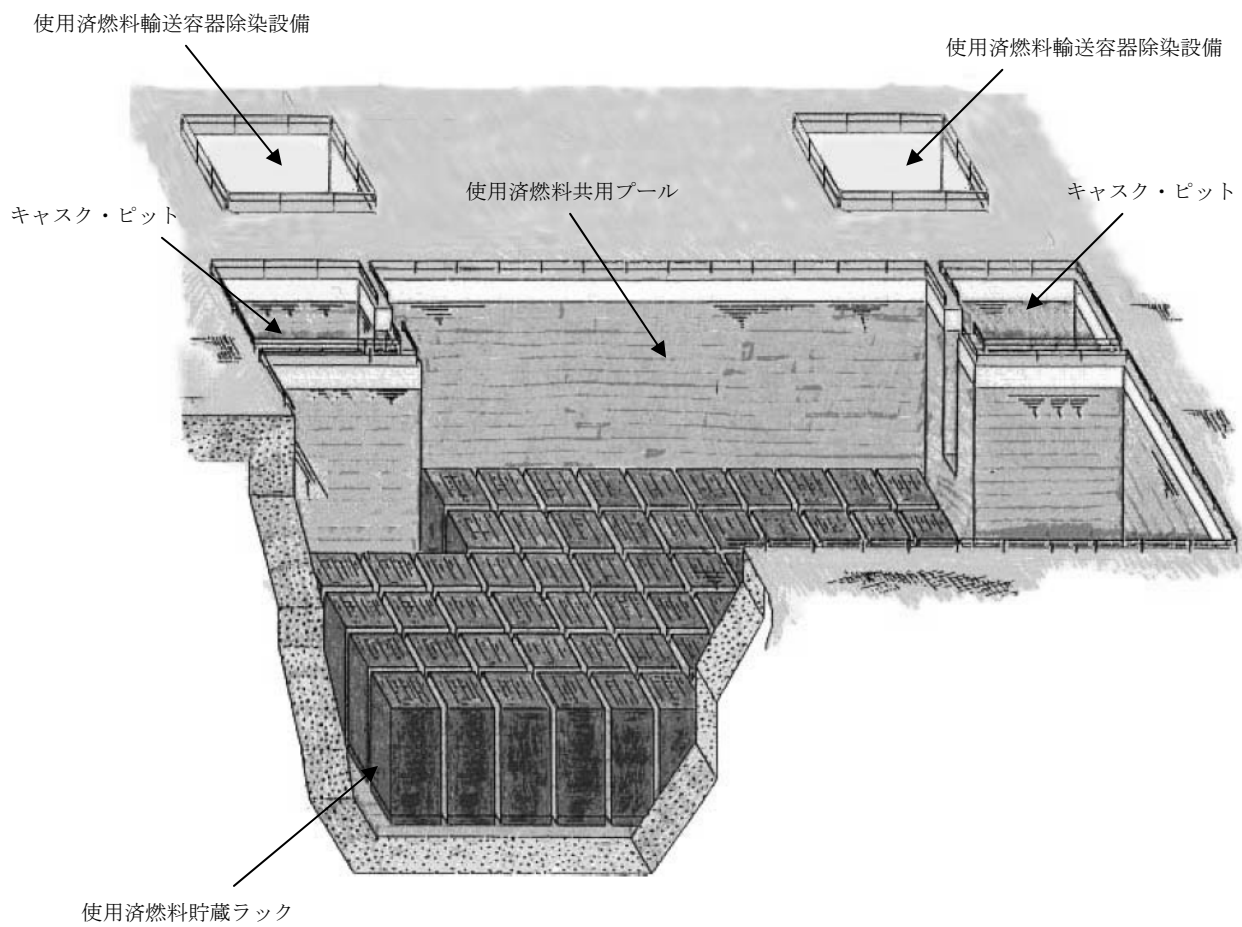


図 4-2 使用済燃料共用プール概要図

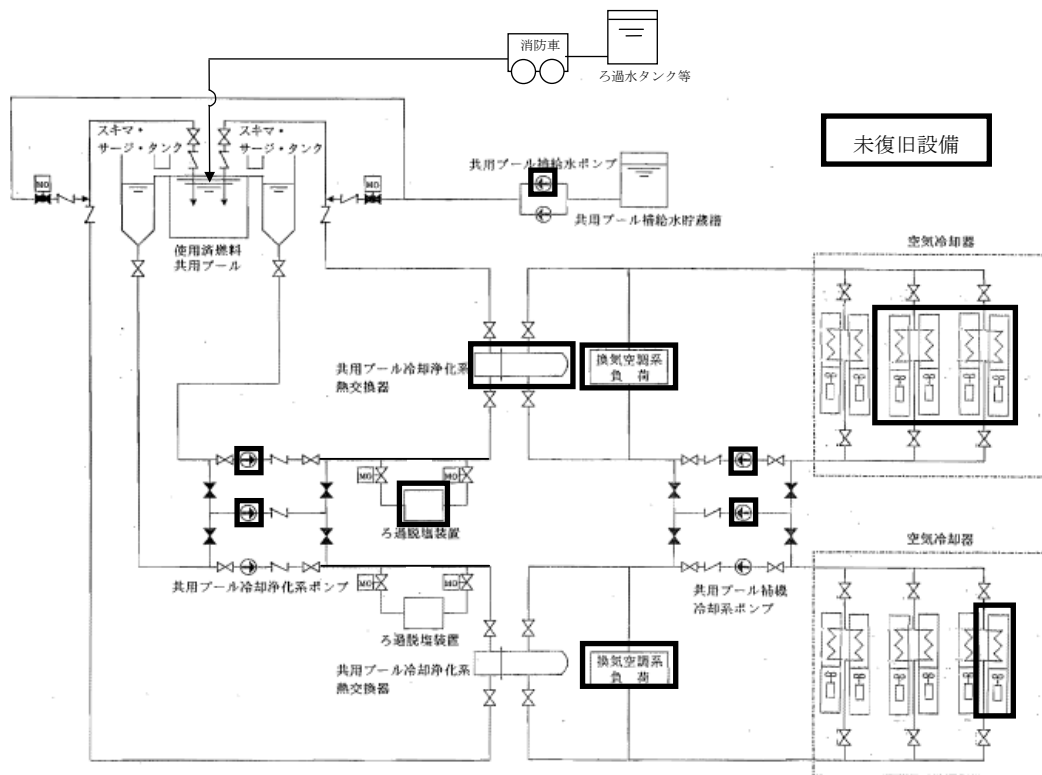


図 4-3-1 共用プール冷却浄化系、共用プール補機冷却系
及び共用プール補給水系概略系統図（現状：平成 24 年 5 月）

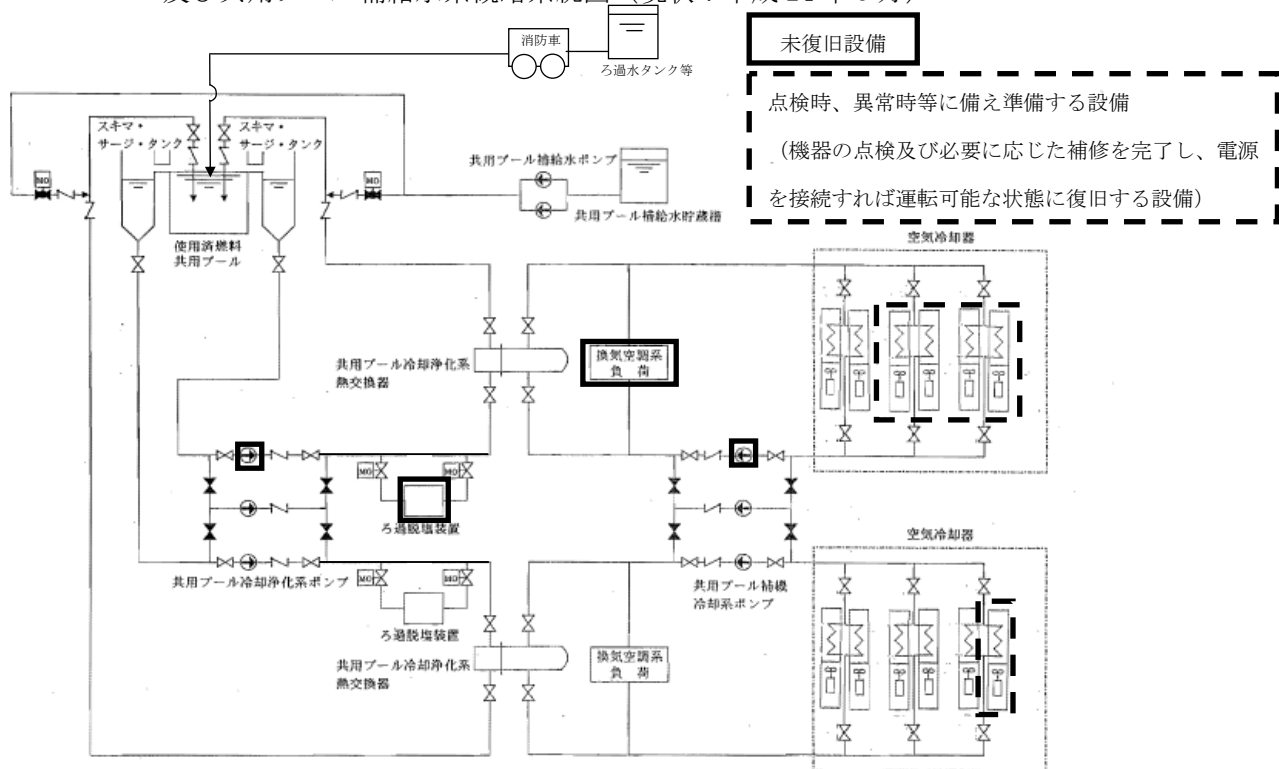


図 4-3-2 共用プール冷却浄化系、共用プール補機冷却系
及び共用プール補給水系概略系統図（共用プールからの燃料取出開始時）

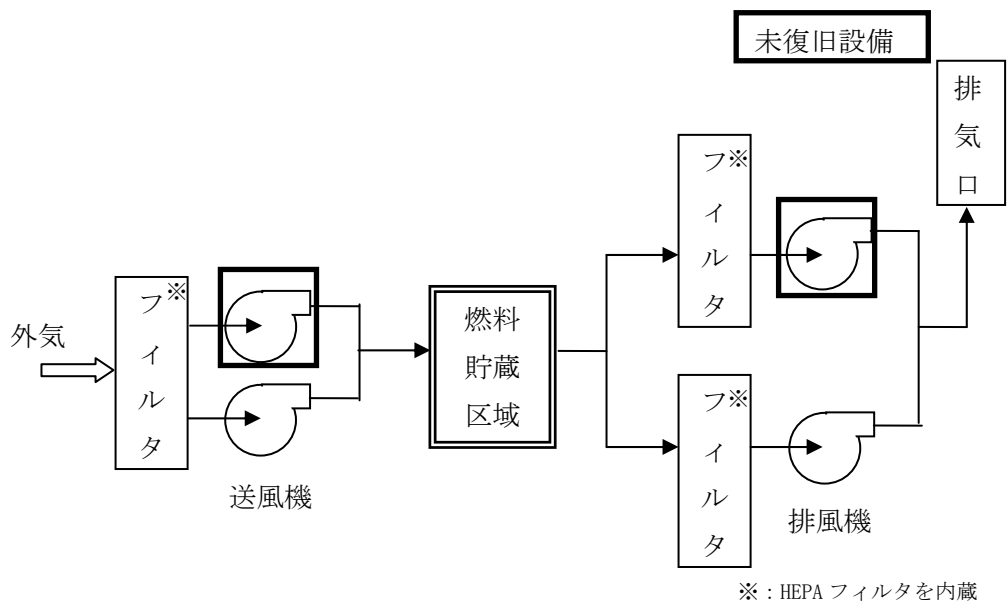


図 4-4 燃料貯蔵区域換気空調系概略系統図

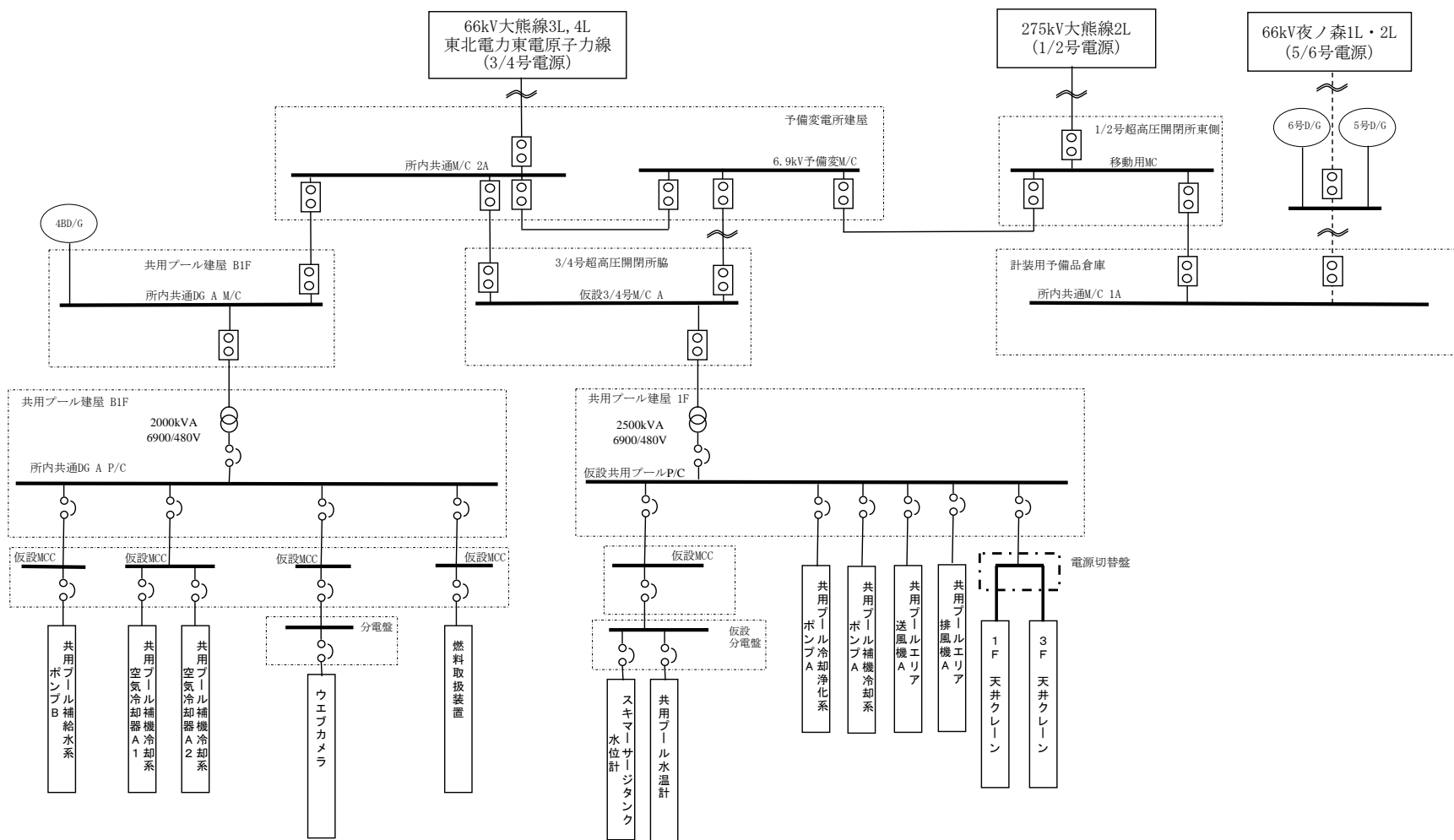


図 4-5 現在の電源構成図 (平成 24 年 5 月)

現在の設備状況

東北地方太平洋沖地震に伴い発生した津波により、運用補助共用施設の非管理区域地下1階に設置された電源設備は70～120cm程度浸水し、運用補助共用施設は全ての電源が喪失した。電源喪失により共用プール冷却浄化系の機能は喪失したが、共用プール水位については、使用済燃料頂部より高い水位が十分確保されていた。なお、共用プール水温度は一時的に73℃程度まで上昇したが、仮設電源の設置と共用プール冷却浄化系の一部復旧により水温は低下し、現在は概ね15～35℃程度を維持している。

(1) 燃料貯蔵設備

a. 共用プール

巡視点検において、プール漏えい目視箱及びスキマ・サージ・タンクの水位を確認することにより、プール水漏えいの有無を確認している。漏えい水検出計は平成24年6月に復旧されており、水位警報装置は点検復旧中である。スキマ・サージ・タンク水位計の指示は、ウェブカメラにより免震重要棟でも確認することができる。

使用済燃料貯蔵ラックは、外観点検等を実施する。

b. 共用プール冷却浄化系

3台ある共用プール冷却浄化系ポンプのうち1台を平成23年3月に復旧し、共用プール水を冷却している。ろ過脱塩装置は、平成24年4月に2台のうち1台を復旧している。

また、巡視点検において、共用プール水温度を確認し、冷却状態を確認している。なお、共用プール水温度計の指示は、ウェブカメラにより免震重要棟でも確認することができる。

c. 共用プール補給水系

2台ある共用プール補給水ポンプのうち1台は平成23年3月に復旧されており、共用プール補給水貯蔵槽からプールへ共用プール水を補給することができる。

集中廃棄物処理建屋の止水処理を行った際に、共用プール補給水貯蔵槽への補給は出来なくなったが、平成24年3月に補給水系を復旧している。

d. 共用プール補機冷却系

3台ある共用プール補機冷却系ポンプのうち1台を平成23年3月に復旧し、また、12台あるエアフィンクーラーのうち7台を平成24年5月までに復旧している。なお、空気冷却器は3ベイで1基（共用プール補機冷却系片系統に1基）を構成しており、1ベイあたり2台のエアフィンクーラーが配置されている。

(2) 燃料取扱装置

一時的に建屋内の湿度が高かったことから、錆の発生が見られる。現在、点検復旧中であり、健全性が確認されるまでは使用しない。

(3) 使用済燃料輸送容器

キャスク保管エリアで保管されていた使用済燃料輸送容器は、外観上異常はない。

また、震災時に使用済燃料輸送容器除染設備で点検していた使用済燃料輸送容器については、平成 24 年 3 月に点検を終了し問題ないことを確認している。

(4) その他設備

a. 天井クレーン

平成 24 年 2 月に点検は終了しており、機能上の問題がないことを確認している。

b. 使用済燃料輸送容器除染設備

外観上異常はない。

c. 燃料貯蔵区域換気空調系

燃料貯蔵区域換気空調系については、2 台ある共用プールエリア送風機のうち 1 台を平成 23 年 3 月に復旧している。また、2 台ある共用プールエリア排風機のうち 1 台を平成 23 年 3 月に運転可能としているが、現状停止している。

d. エリア放射線モニタ

現在、点検復旧中である。復旧までの間の燃料取扱作業時は、可搬式放射線モニタ等を用いて監視する。

「共用プール冷却浄化系及び共用プール補機冷却系」1系列運転時の共用プール水温度評価

1～4号機の使用済燃料プールに貯蔵されている使用済燃料の受入れを考慮した崩壊熱の最大値『約1.8MW（約 1.5×10^6 kcal/h）^{※1}』に対して、1系列運転（共用プール冷却浄化系熱交換器1基、共用プール冷却浄化系ポンプ1台、共用プール補機冷却系空気冷却器1基[エアフィンクーラー6台^{※2}]、共用プール補機冷却系ポンプ1台）時に、共用プール水温度が52℃以下になることの確認を行った。

※1：「4.6. 異常時の措置（2）共用プール冷却機能の喪失」を参照。

※2：1～4号機使用済燃料プールからの燃料受け入れ開始前までには、片系でエアフィンクーラー6台を復旧する。

1. 評価条件

評価条件は以下の通りである。

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|
| (1) 崩壊熱 | : 約1.8MW（約 1.5×10^6 kcal/h） |
| (2) 共用プール冷却浄化系管側（プール側）流量 | : 500m ³ /h |
| 共用プール冷却浄化系胴側（補機冷却系側）流量 | : 500m ³ /h |
| (3) 共用プール補機冷却系空気冷却器ファン側大気温度 | : 29.1℃ |
| 共用プール補機冷却系空気冷却器管側出口水温度 | : 38℃ |
| 共用プール補機冷却系管側流量 | : 650m ³ /h |
| (4) 換気空調系負荷 | : 約1.3MW（約 1.1×10^6 kcal/h） |

2. 評価結果

図1に評価結果を示す。共用プール水温度は47.3℃であり、1～4号機の使用済燃料プールに貯蔵されている使用済燃料の受入れを考慮した崩壊熱に対して、1系列運転時に共用プール水温度を52℃以下とすることが可能である。

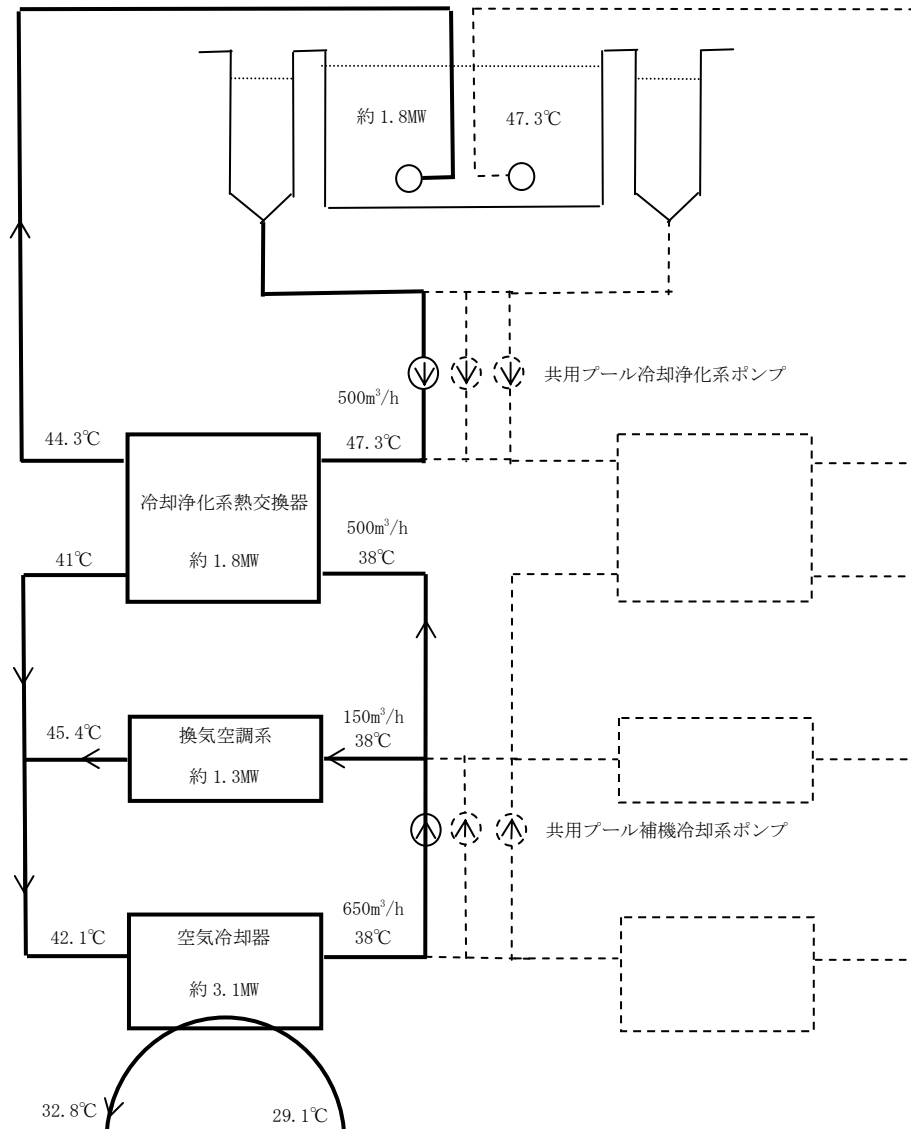


図 1 1 系列運転時熱バランス (1~4 号機使用済燃料受入れ時の崩壊熱)

有効燃料頂部+2m での線量率評価

共用プールの冷却浄化系及び補給水系の機能が喪失した場合、消防車を用いて共用プールの冷却を再開する必要がある。冷却再開にあたり、共用プール水位が有効燃料頂部+2m において共用プール 3 階フロアでの作業が可能な線量率であることの確認を行った。

1. 評価条件

評価条件は以下の通りである。

- (1) 使用済燃料の体数は 6,840 体とする。
- (2) 使用済燃料の燃焼度は保守的に 9×9 燃料の最高燃焼度 55GWd/t とする。
- (3) 冷却期間については、共用プールに移送される使用済燃料として冷却期間の最も短い 4 号機使用済燃料プールの使用済燃料を考慮する。

具体的な冷却期間は、4 号機停止（平成 22/11/30）から平成 26/1/1（4 号機使用済燃料取出時期として仮定）とする。

- (4) ORIGEN2 により使用済燃料の線源強度を計算し、この線源強度を用い MCNP により線量率を計算する。
- (5) 共用プール中心及び共用プール縁について、フロア高さの線量率を評価する。

2. 評価結果

下表に線量率の評価結果を示す。共用プール水位を有効燃料頂部+2m 確保することで、共用プール 3 階フロアにおける線量率を低く抑えることができる。したがって、作業員が共用プール 3 階フロアで消防車による注水作業を行うことは可能である。

場所	線量率 (mSv/h)
共用プール中心	0.6
共用プール縁	0.4

また、評価にあたっては使用済燃料の燃焼度及び冷却期間に保守性を持たせていることから、線量率は更に小さくなると考える。

共用プールにおける新燃料の取り扱い等に関する説明書

1. はじめに

4号機使用済燃料プールに貯蔵中の9×9新燃料2体を先行して取り出し、共用プールにて燃料構造部材の腐食状態等について調査することを計画している。

ここでは、共用プールにおける新燃料調査計画の作業計画及び安全性について説明する。

2. 新燃料調査計画及び注意事項

新燃料調査作業計画の概要と、安全対策を下記に示す。

作業内容	安全対策
1. 共用プールの燃料取扱設備を用い、新燃料輸送容器を共用プール3階まで移動する。(トラックから搬送台車へは1階天井クレーンの補助クレーン、1階から3階までの移動は3階天井クレーンの補助クレーン(以下、補助クレーン)を使用する。補助クレーンの代わりに天井クレーンを用いることも可能。(以下同じ))	<ul style="list-style-type: none"> 輸送容器の固縛状態を確認する。
2. 輸送容器を仮置きする。	<ul style="list-style-type: none"> 表面線量率が高い場合は鉛毛マットなどで遮へいする。 注意喚起の表示を行う。
3. 補助クレーンを用いて、新燃料2体を共用プール内の燃料貯蔵ラックに収納する。(調査開始まで水中保管する)	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料の上部を通過させない。
4. 補助クレーンを用いて、燃料貯蔵ラックから新燃料1体を取り出し、キャスク除染ピットに立て掛け固定している新燃料調査補助装置にセットする。(図2) 4-1 表面線量率が高く、取り扱い、調査が困難な場合は、補助クレーンを用いて燃料貯蔵ラックへ戻す。この場合、2体目の調査に取り掛かる。	<ul style="list-style-type: none"> 使用済燃料の上部を通過させない。 新燃料調査補助装置の壁面等への固定状態を確認する。 新燃料の新燃料調査補助装置への固定状態を確認する。
5. チャンネルボックスを取り外す。 5-1 瓦礫の噛み込み等によりチャンネルボックスが取り外せない場合は、当該燃料のチャンネルボックス取り外しを中止	<ul style="list-style-type: none"> 必要に応じて燃料表面を洗浄し、被ばく低減に努める。

し、新燃料は補助クレーンを用いて燃料貯蔵ラックへ移動する。この場合、2体目の新燃料のチャンネルボックスを取り外す。	
6. 補助クレーンを用いて新燃料調査補助装置を吊り上げ、共用プール3階床上に横置きする。(図4)	・新燃料の新燃料調査補助装置への固定状態を確認する。
7. 新燃料の腐食状態等を調査する。	・燃料棒の散逸を防ぐため、燃料棒を燃料集合体から完全に引き抜かない。
8. 調査済み新燃料を元の状態に戻す。	
9. 補助クレーンを用いて新燃料調査補助装置をキャスク除染ピットに立て掛け固定し、新燃料にチャンネルボックスを取り付ける。	・新燃料の新燃料調査補助装置への固定状態を確認する。 ・新燃料調査補助装置の壁面等への固定状態を確認する。
10. 補助クレーンを用いて新燃料を燃料貯蔵ラックへ貯蔵する。	・使用済燃料の上部を通過させない。

3. 新燃料調査の概要

調査で着目する燃料構造部材として、上部タイプレートと結合燃料棒の結合部、結合燃料棒（燃料被覆管）、結合燃料棒の下部タイプレートねじ込み部が挙げられる（図1）。

特に上下部タイプレートと結合燃料棒の結合部は、燃料被覆管材であるジルカロイ2と上下部タイプレート、ロックナット材であるステンレス鋼との異種金属接触部となっており、異種金属接触腐食が発生していないか、重点的に観察する。

上記から、調査実施項目として、下記の3点を計画している。

- ・燃料被覆管の表面を目視確認する。
- ・ロックナットを取り外し、異種金属接触部の状態を目視確認する。
- ・上部タイプレートを取り外した上で、下部タイプレートから結合燃料棒を引き抜き、異種金属接触部の状態を目視確認する。

なお、追加の調査要否に関しては、燃料の状況を確認した上で判断する。また、必要に応じてロックナットを新品に交換する。

調査終了後はチャンネルボックスを取り付け、共用プール内の燃料貯蔵ラックに貯蔵する。

4. 安全性

4.1 作業環境について

- ・ 主な作業場所となる共用プール 3 階の雰囲気線量率は高い所で 0.1mSv/h 程度であり、有人作業が可能である。

4.2 事前検討、作業資格

- ・ 作業手順書を作成し、事前に十分検討を行った上で作業を行う。
- ・ クレーンの運転には有資格者を配置する。

4.3 作業員被ばく低減について

- ・ 4 号機使用済燃料プール水の放射性物質濃度等に関する状況から、取り出した燃料の表面線量率は高くないと予想され、適切な遮へい、作業時間の設定により作業員が過剰に被ばくをする恐れはないと考えられるが、必要に応じて除染、遮へいを行うことで、被ばく低減に努めることとする。

4.4 4 号機から輸送される新燃料の搬入が共用プール水質に与える影響

4 号機から輸送される新燃料の表面に付着した水分に含まれる塩分等の溶解物及びチャンネルボックス内部に混入しているコンクリート等からのアルカリ成分等が共用プール水中に溶出することが考えられるが、

- ・ 4 号使用済燃料プール内の塩化物イオン濃度は 110ppm（平成 24 年 6 月 23 日）であり、十分低下している。
- ・ 水切りを行った後に輸送する。

ことから、燃料表面に付着している塩化物イオン等の不純物は極めて少量である。このため、共用プール水中に溶出する塩分、アルカリ成分等は極少量であり、共用プールの水質に影響を与えない。また、現在、共用プール水ろ過脱塩装置が 1 系統運転中であり、溶出した僅かな塩分、アルカリ成分等も除去できることから、共用プールの水質は現状通りに保つことが可能である。

なお、新燃料であるため、万一、燃料被覆管に貫通損傷があった場合でも、放射性物質の過度な溶出は無い。

4.5 新燃料及び新燃料調査補助装置の吊り上げの可否について

- ・ 補助クレーンの定格荷重は 5t であり、チャンネルボックス付き新燃料（約 300kg）と新燃料調査補助装置（約 100kg）の合計重量を吊り上げ可能である。なお、必要に応じて天井クレーンを使用する。

4.6 新燃料落下防止対策等について

- ・ 新燃料等を把持する場合は外れ防止機能付きのフックを使用し、把持状態を十分確認しながら慎重に吊り上げを行う。
- ・ 共用プールにおける新燃料吊り上げ作業は、既に復旧している建屋 1 階と 3 階の補助クレーンを用いて行う。補助クレーンは、これまで原子炉建屋において新燃料を取り扱ってきた補助クレーンと同じ安全機能（減速機、ブレーキの二重化）を有している。

- ・ クレーンで新燃料を吊り上げる場合、使用済燃料の上部を通過させない。また、他の重量物も使用済燃料の上部を通過させない。

4.7 新燃料の未臨界性について

- ・ 使用済 9×9 燃料を共用プール内の燃料貯蔵ラックに貯蔵した場合の未臨界性は既存の設置許可において確認されている。使用済 9×9 燃料の未臨界評価においては、燃料未照射状態から燃料寿命末期において最も反応度が高い状態を包絡するような評価を行っていることから、新燃料を燃料貯蔵ラックに貯蔵した場合でも臨界にはならない。
- ・ 新燃料輸送容器開梱直後の短期間、2 体の新燃料が共用プール 3 階フロアに存在することになるが、新燃料 2 体以下であれば冠水しても臨界にはならない。

4.8 臨界防止対策について

- ・ 新燃料輸送容器開梱後は、新燃料は速やかに共用プール内の燃料貯蔵ラックに収納し、以降、新燃料は 1 体ずつ取り扱う。
- ・ 燃料棒を燃料集合体から完全に引き抜かないため、燃料棒が散逸することは無い。
- ・ 燃料棒の解体(燃料被覆管等の切断)は行わないため、ペレットが散逸することは無い。

5. 異常時の評価・措置

5.1 新燃料等の落下

- ・ 4.6 項で述べたとおり、新燃料は安全機能を有したクレーンで取り扱うため、落下の恐れは無いものの、万一、新燃料を落下させた場合でも吊り上げる新燃料は使用済燃料の上部を通過させないことから、使用済燃料の破損による放射性物質の放散には至らない。

6. 設備主要仕様

(1) 共用プール 1 階天井クレーン

個数 1

(2) 共用プール 1 階 キャスク搬送台車

個数 1

(3) 共用プール 3 階天井クレーン

個数 1

(4) 新燃料調査補助装置

個数 1

7. 工程

表 1 新燃料先行取り出し 工程表 (案)

	7月	8月	9月
燃料取出し作業 (4号原子炉建屋)	<input type="checkbox"/> 準備作業 <input type="checkbox"/> 燃料取出し(2体)、共用プールへの移送 <input type="checkbox"/> 後片付け		
燃料調査 (共用プール)		<input type="checkbox"/> 装置等の準備 <input type="checkbox"/> 現地準備・調整 <input type="checkbox"/> 燃料調査 <input type="checkbox"/> 後片付け	

8. 新燃料調査補助装置について

新燃料調査補助装置をキャスク除染ピットに立て掛けたイメージを図 2 に、新燃料を新燃料調査補助装置にセットしたイメージを図 3 に、新燃料調査補助装置を共用プール床上に横置きしたイメージを図 4 に示す。本装置はチャンネルボックスを取り外した状態における燃料集合体保持にも対応しており、燃料集合体の転倒を防ぐため、上部タイプレート及びスペーサの 8 箇所を燃料集合体を保持する構造となっている。

装置の上部側にはシャックル (U 字型の掛け具) を設置でき、装置の吊り上げ時やキャスク除染ピットへの固定時に使用する。シャックルは左右両側に設置しており、それぞれ 1t 以上の荷重に耐える設計とすることから、燃料集合体を含めた装置の総重量約 400kg を吊り上げることが可能である。また、装置を起立状態としてキャスク除染ピットに設置する場合は、装置の転倒を防止するため、耐荷重 1t 以上のラッシングベルト等を用いて、除染ピット内の H 鋼に装置の上部と中間部の二箇所を固定する。

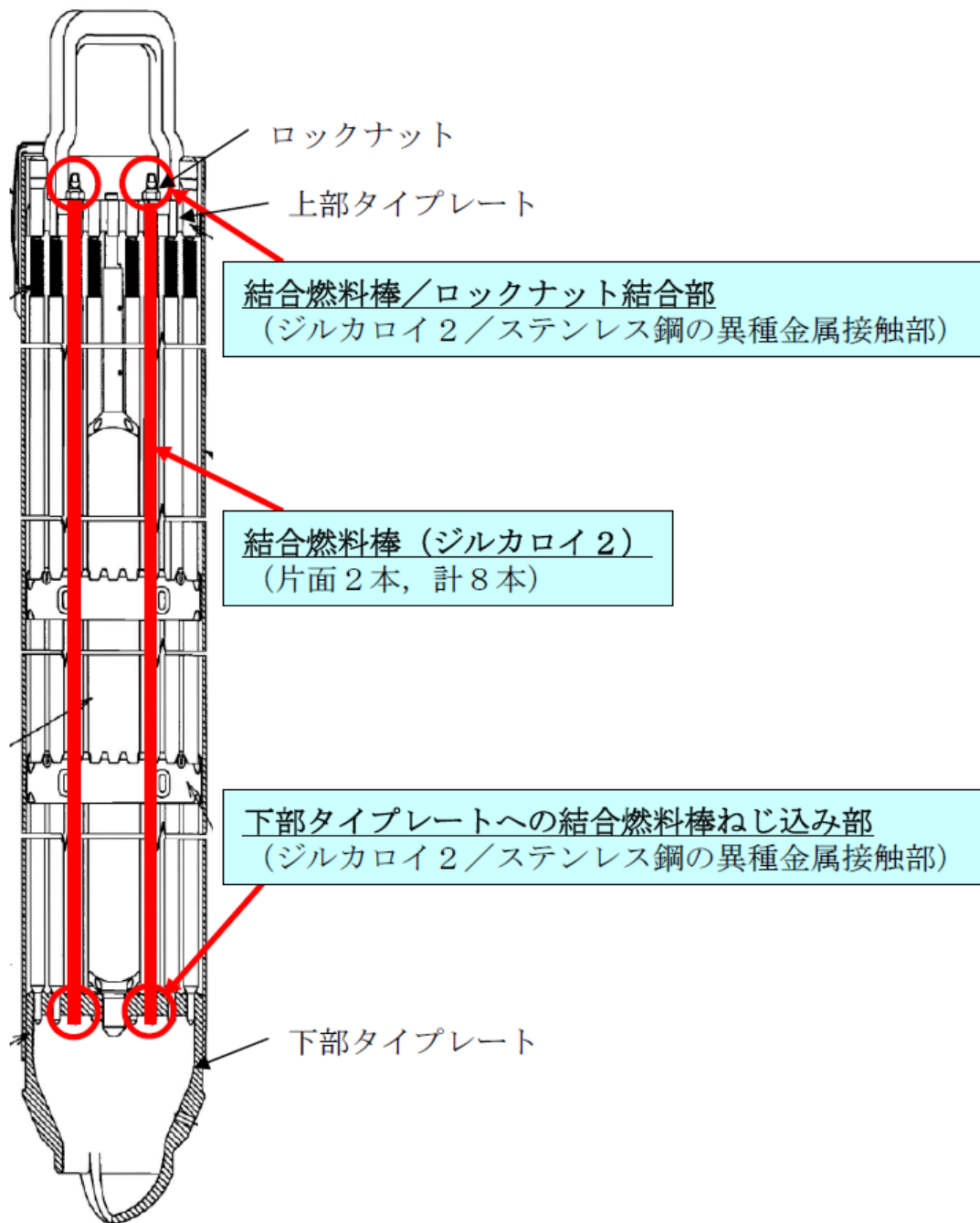
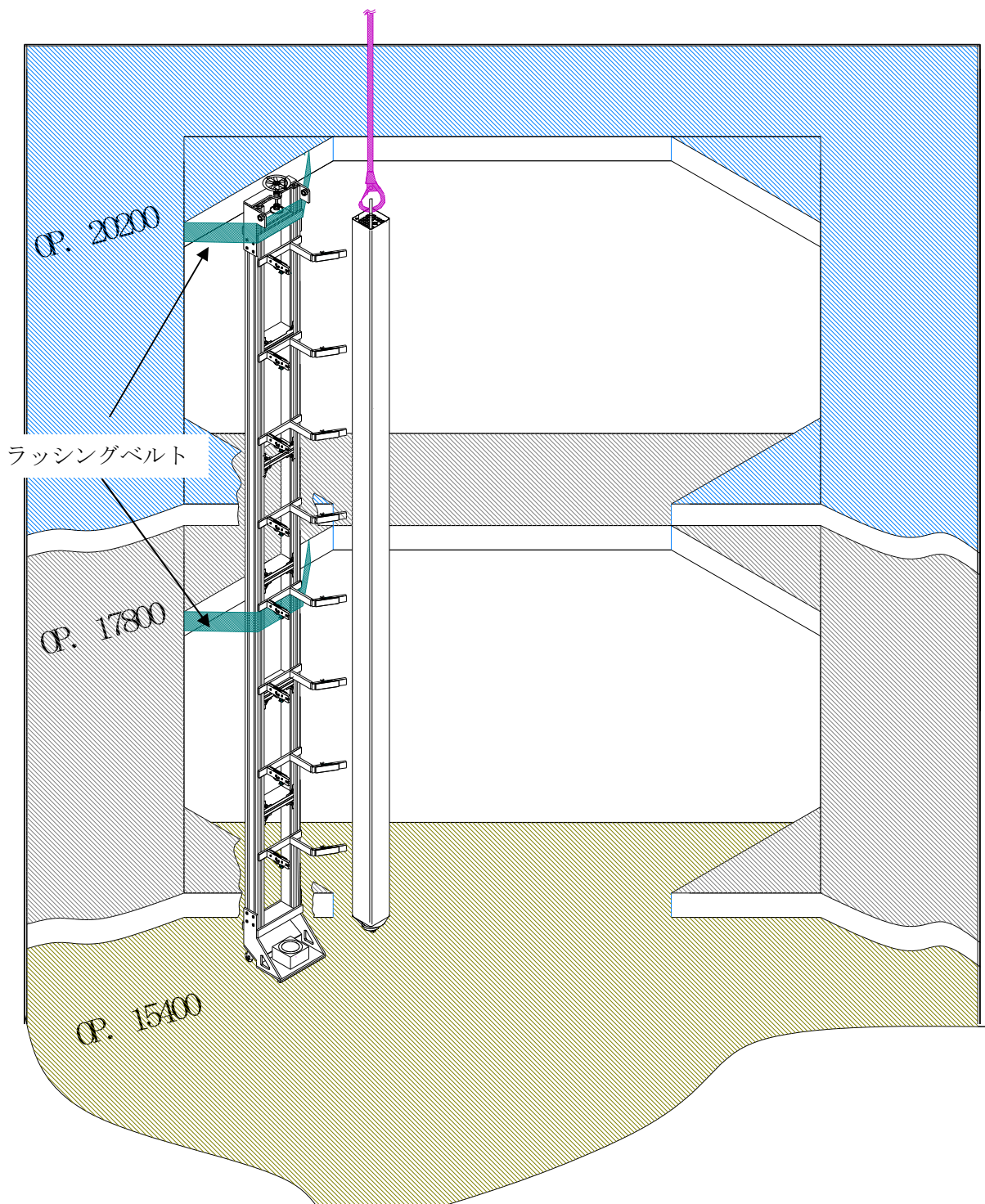
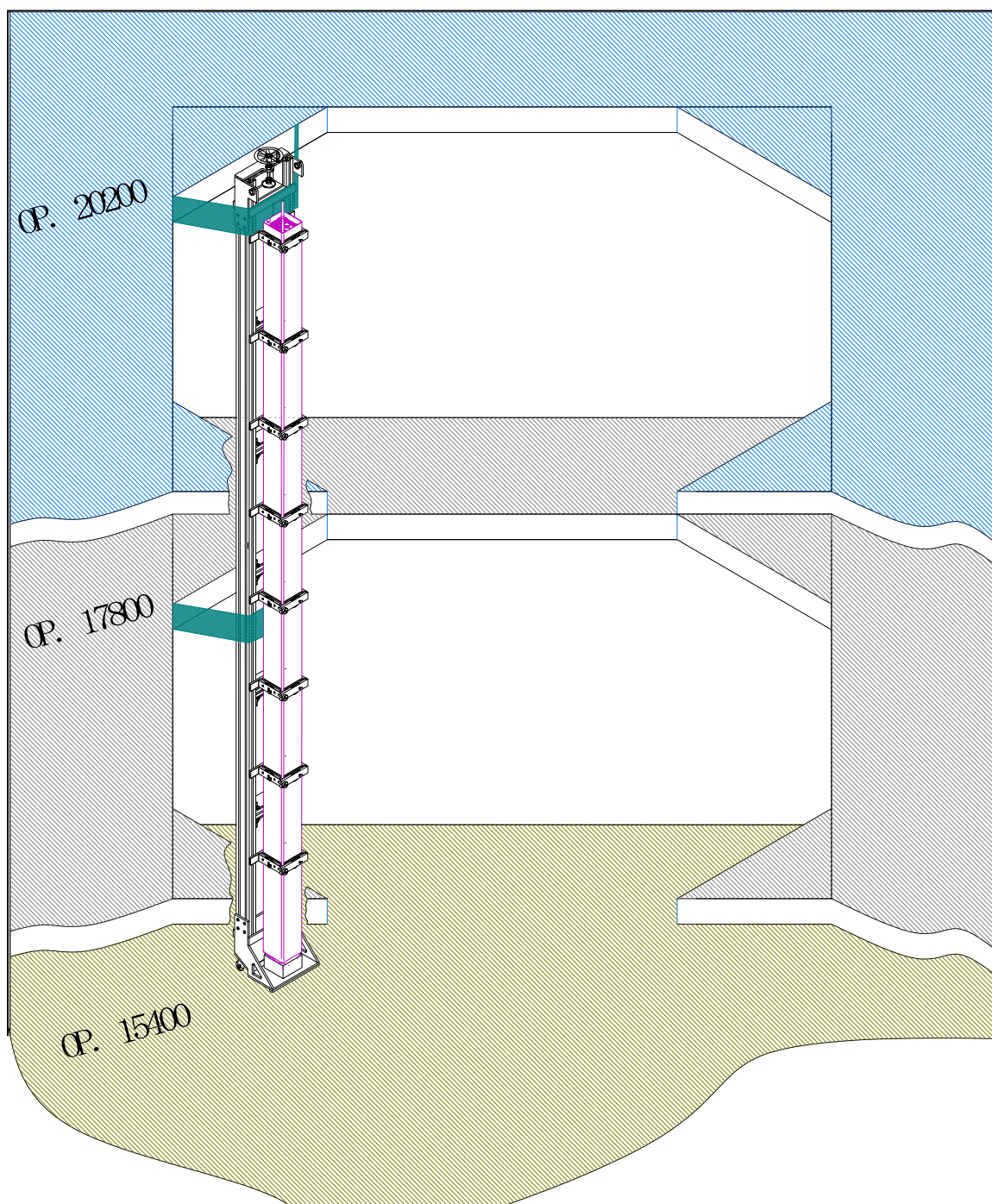


図1 新燃料調査での注目点



チャンネルボックス着脱時はキャスク除染ピット内に立て掛ける

図 2 新燃料調査補助装置①



チャンネルボックス着脱時はキャスク除染ピット内に立て掛ける

図 3 新燃料調査補助装置②

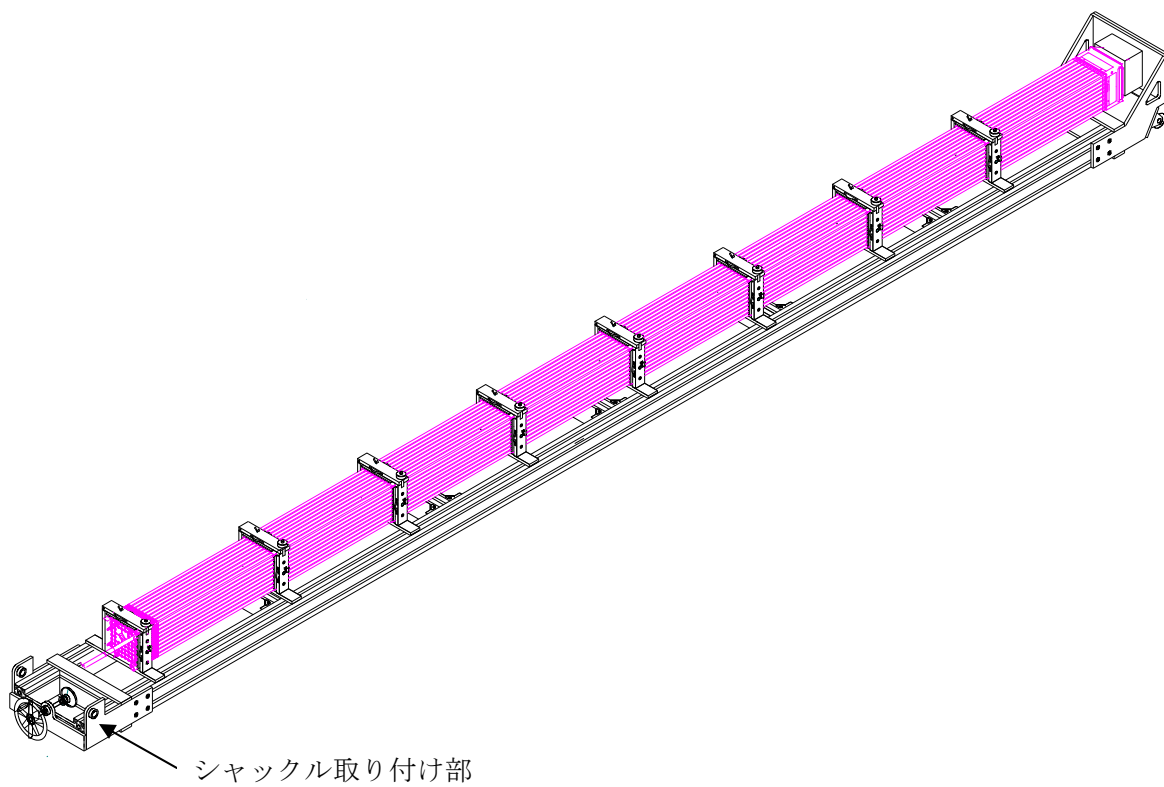


図 4 新燃料調査補助装置③

運用補助共用施設共用プール棟の耐震壁の耐震安全性評価について

1. 評価方針

運用補助共用施設共用プール棟（以下、PL/Bという）の耐震安全性評価は、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析によることとし、建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できるモデルを設定した上で行う。

2. 地震応答解析

(1) PL/Bの概要

PL/Bは、地上3階、地下1階の鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）の建物である。概略平面図（基礎版レベル）及び概略断面図を、図1～図3に、物性値を表1に示す。

PL/Bは、基礎底面からの高さが37.6m、地上部が27.6m、地下部が10.0mであり、平面が72.5m(NS方向)×54.5m(EW方向)で、厚さ2.7mの鉄筋コンクリート造の基礎版を介して富岡層(O.P. 0.0m)上に支持されている。

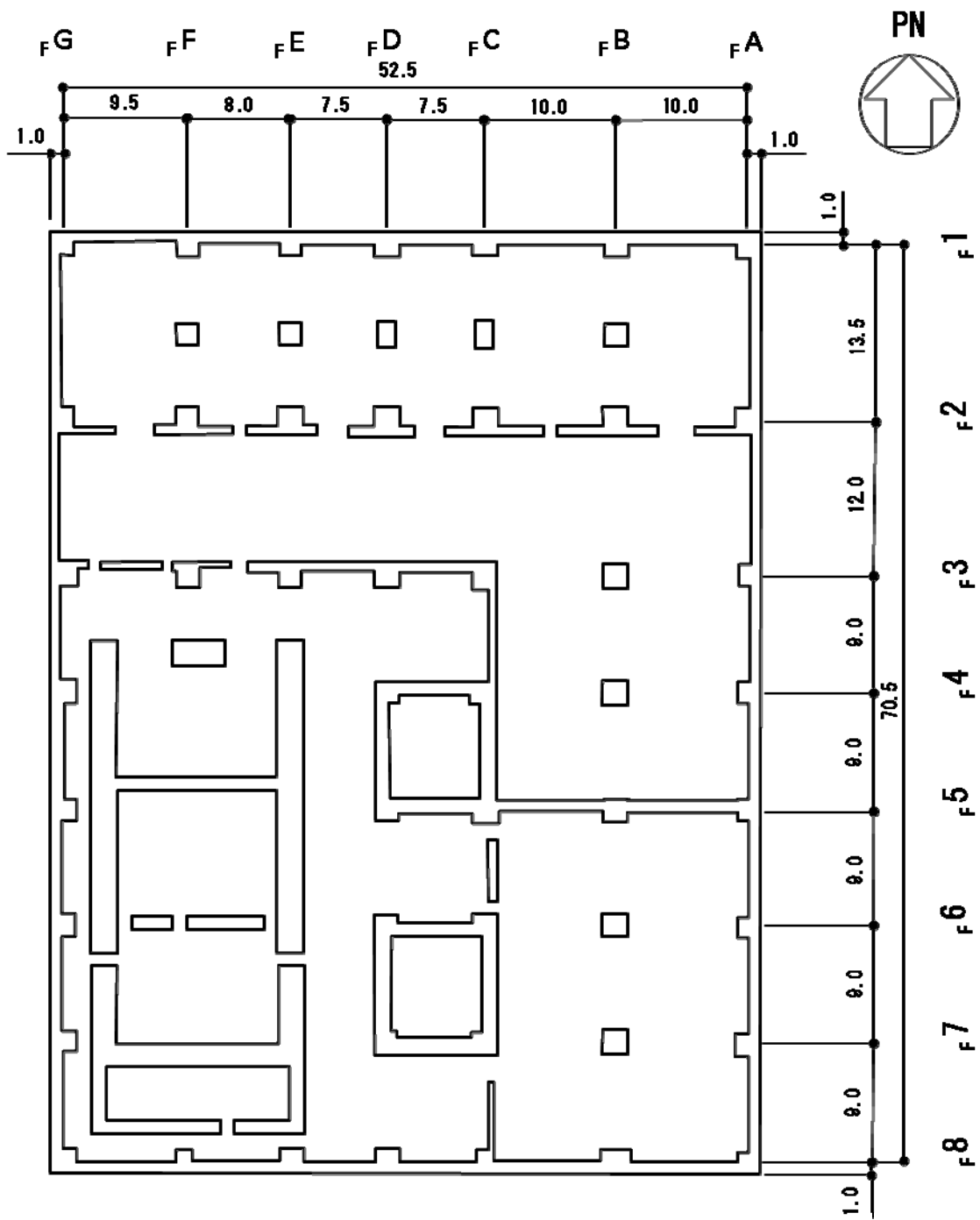


図1 PL/B 基礎版レベル平面図(O.P.2.7m) (単位 : m)

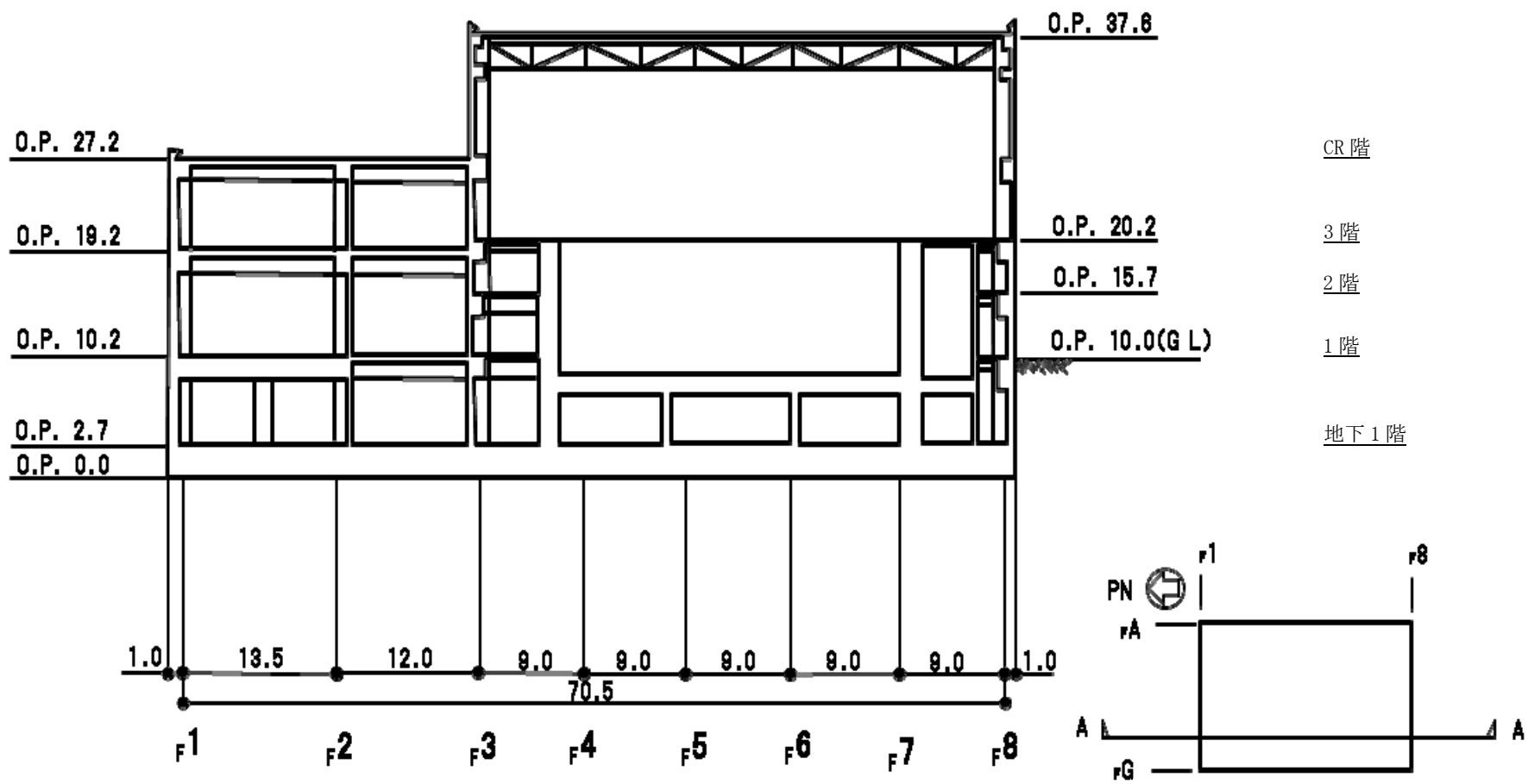


图2 PL/B NS方向断面图 (单位: m)

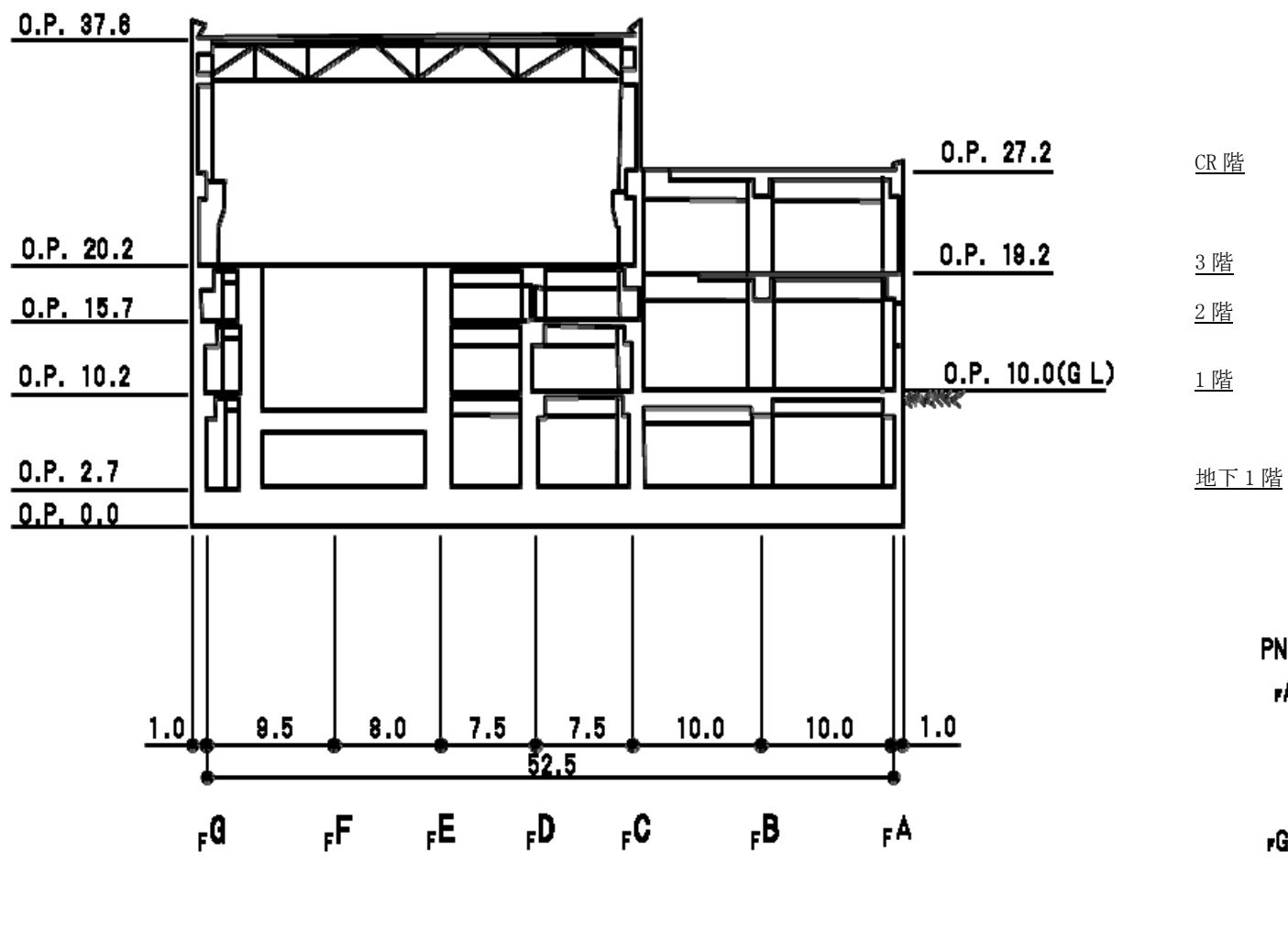


图3 PL/B EW方向断面图 (单位: m)

表 1 PL/B の物性値

	強度*1 F _c (N/mm ²)	ヤング係数*2 E (N/mm ²)	せん断弾性係数*2 G (N/mm ²)	ポアソン比 ν	単位体積重量*3 γ (kN/m ³)
コン クリ ート	40.0	2.81×10 ⁴	1.17×10 ⁴	0.2	24.5
鉄筋	SD345相当 (SD35)				

*1：強度は実状に近い強度（以下、「実強度」という。）を採用した。実強度の設定は、過去の圧縮強度試験データを収集し試験データのばらつきを考慮し圧縮強度平均値を小さめにまるめた値とした。

*2：実強度に基づく値を示す。

*3：鉄筋コンクリートの値を示す。

(2) 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮した、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。解析モデルの諸元を図4及び図5に示す。

地盤は、地盤調査に基づき水平成層地盤とし、基礎底面地盤ばねについては、「原子力発電所耐震設計技術指針 追補版 JEAG 4601 - 1991」（以下、「JEAG 4601 - 1991」という。）により、成層補正を行ったのち、振動アドミッタンス理論に基づいて、スウェイ及びロッキングばね定数を近似法により評価する。基礎底面地盤ばねには、基礎浮き上がりによる幾何学的非線形性を考慮する。図6に回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係を示す。

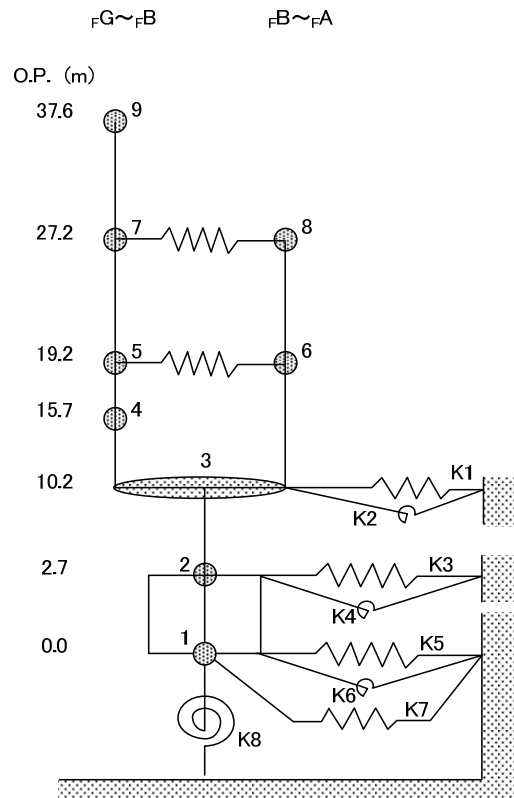
また、埋め込み部分の建屋側面地盤ばねについては、建屋側面位置の地盤定数を用いて、水平及び回転ばねを「JEAG 4601 - 1991」により NOVAK ばねに基づいて近似法により評価する。

なお、表2に地盤調査に基づく地盤定数を示す。

復元力特性は、建屋の方向別に、層を単位とした水平断面形状より「JEAG 4601 - 1991」に基づいて設定する。

地震応答解析は、上記復元力特性を用いた弾塑性時刻歴応答解析とする。

入力地震動は、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s を用いることとする。なお、埋め込みを考慮した解析モデルであるため、モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価する。また、建屋基礎底面レベルにおけるせん断力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。図7に、地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を、図8に解放基盤表面位置（O.P.-196.0m）における基準地震動 S_s-1 、 S_s-2 及び S_s-3 の加速度時刻歴波形（水平方向）を示す。



ヤング係数: $E=28.1$ (kN/mm²)
 ポアソン比: $\nu=0.2$
 減衰定数: $h=5\%$

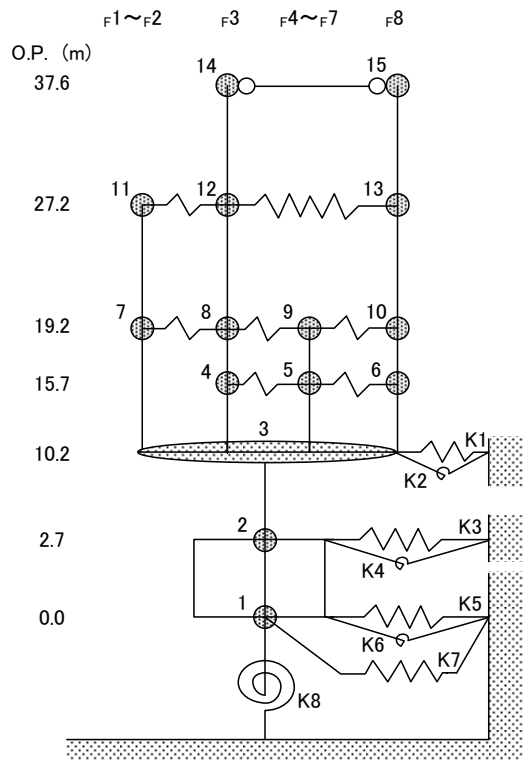
はり部材
(耐震壁)

9	41,840	8	39,680
	11.06		18.59
45.40			
18.09			
7	100,530	6	45,030
	50.38		21.61
81.90			
48.48			
5	137,540	4	98,480
	70.36		20.04
249.00			
68.20			
3			360,400
			152.05
333.40			
157.87			
2	237,620	凡例	
	105.00		
3951.00		質量 (kN)	
1730.70		回転慣性 ($\times 10^6$ kNm ²)	
1	125,540	せん断断面積 (m ²)	
	55.02	断面2次モーメント ($\times 10^3$ m ⁴)	

床せん断ばね (単位: $\times 10^6$ kN/m)

7	28.75	8
5	18.23	6

図4 PL/B 建屋の振動諸元(NS方向)



ヤング係数: $E=28.1$ (kN/mm²)
 ポアソン比: $\nu=0.2$
 減衰定数 : $h=5\%$

はり部材 (耐震壁)	14	20,900		15	20,940
		4.50			4.50
	19.70			19.70	
	3.94			3.94	
11	56,470	12	49,430	13	34,310
	10.37		14.05		10.15
64.00		22.40		35.90	
28.96		5.77		12.58	
7	59,770	8	28,060	9	76,270
	16.94		8.12	10	24.09
81.70		25.80		87.4	
36.95		7.08		4.27	
		4	8,180	5	79,250
			1.16		9.13
		25.00		108.6	
		7.70		4.43	
				41.00	
				18.23	
3					360,400
					101.79

	308.10
	95.52
2	237,620
	62.97
	3951.00
	978.00
1	125,540
	31.10

凡例

質点番号	重量 (kN)
	回転慣性 ($\times 10^6$ kNm ²)
せん断断面積 (m ²)	
断面2次モーメント ($\times 10^3$ m ⁴)	

床せん断ばね
 (単位: $\times 10^6$ kN/m)

	14	∞ (剛ばねとした)	15
11	19.32	12	3.56
7	15.71	8	10.08
		9	10.75
		4	5.14
		5	5.09
		6	

図5 PL/B 建屋の振動諸元(EW方向)

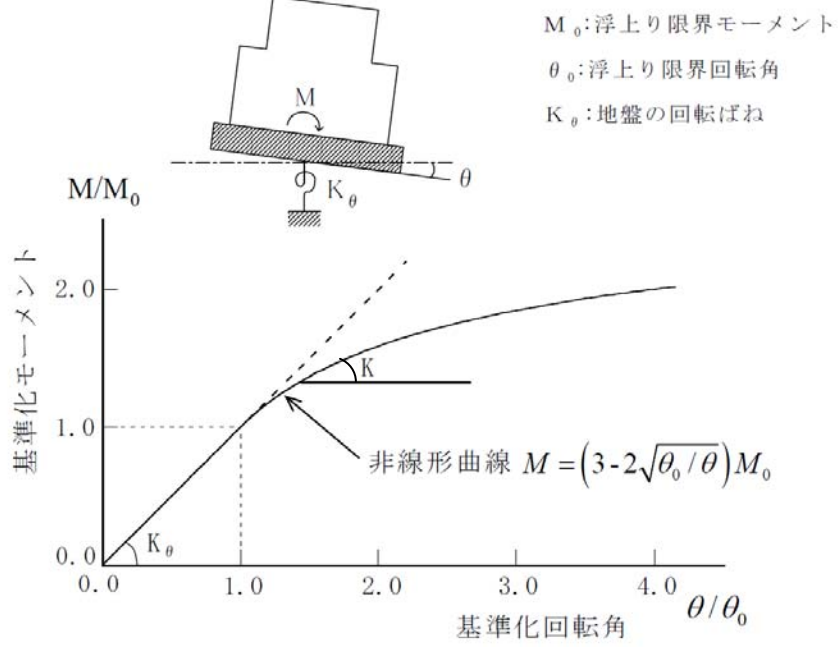


図6 回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

表 2(1) PL/B 地盤定数 (Ss-1H)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
2.7	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	7.3
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.69	3.41	0.79	7.88	3	12.7
-80.0		500	17.1	0.455	3.44	4.36	0.79	10.01	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.45	5.63	0.79	12.87	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.16	6.53	0.79	14.88	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2(2) PL/B 地盤定数 (Ss-2H)

標高 O. P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
2.7	砂岩	380	17.8	0.473	2.25	2.62	0.86	6.63	3	7.3
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.76	3.41	0.81	8.08	3	12.7
-80.0		500	17.1	0.455	3.53	4.36	0.81	10.27	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.56	5.63	0.81	13.19	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.29	6.53	0.81	15.26	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

表 2(3) PL/B 地盤定数 (Ss-3H)

標高 O.P. (m)	地質	せん断波 速度 Vs (m/s)	単位体積 重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比 ν	せん断 弾性係数 G (×10 ⁵ kN/m ²)	初期せん断 弾性係数 G ₀ (×10 ⁵ kN/m ²)	剛性 低下率 G/G ₀	ヤング 係数 E (×10 ⁵ kN/m ²)	減衰 定数 h (%)	層厚 H (m)
10.0										
2.7	砂岩	380	17.8	0.473	2.28	2.62	0.87	6.72	3	7.3
-10.0	泥岩	450	16.5	0.464	2.66	3.41	0.78	7.79	3	12.7
-80.0		500	17.1	0.455	3.40	4.36	0.78	9.89	3	70.0
-108.0		560	17.6	0.446	4.39	5.63	0.78	12.70	3	28.0
-196.0		600	17.8	0.442	5.09	6.53	0.78	14.68	3	88.0
		(解放基盤)	700	18.5	0.421	9.24	9.24	1.00	26.26	-

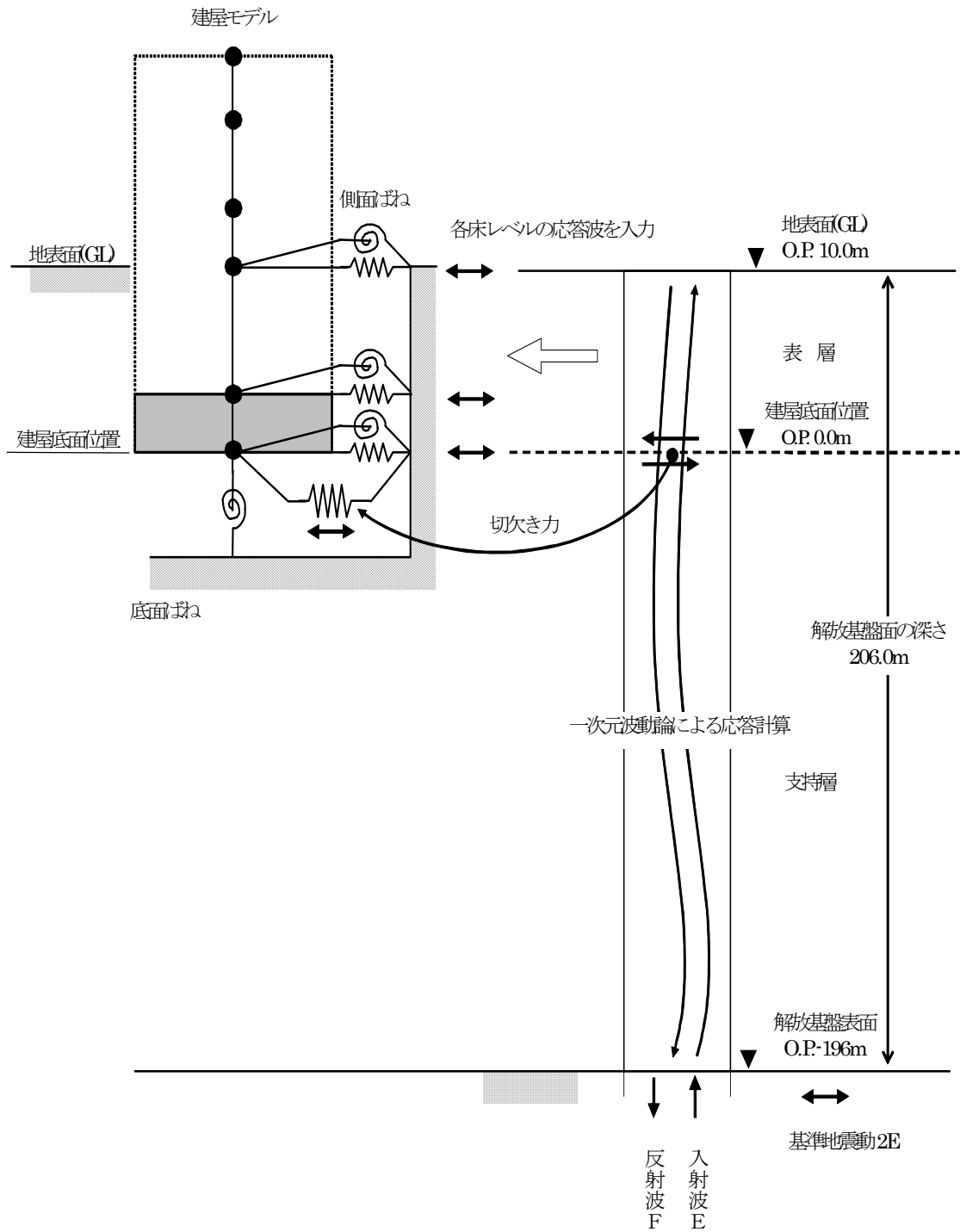
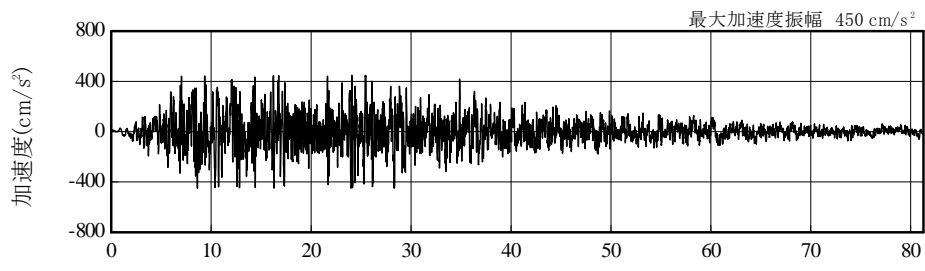
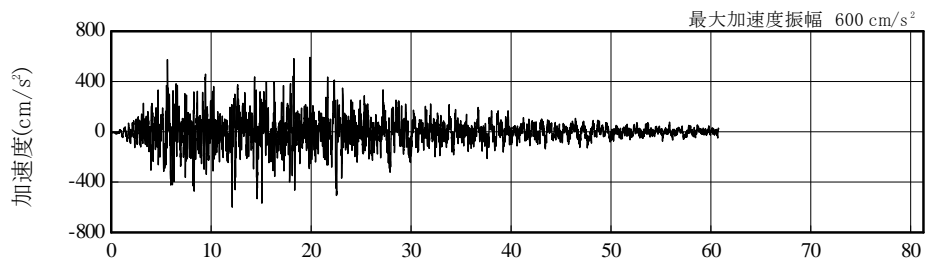


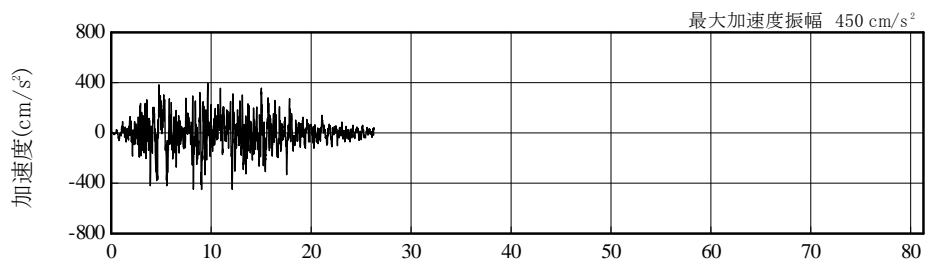
図7 PL/B 建屋-地盤連成系地震応答解析モデルの概要



時間(秒)
(Ss-1H)



時間(秒)
(Ss-2H)



時間(秒)
(Ss-3H)

図8 解放基盤表面位置における地震動の加速度時刻歴波形(水平方向)

(3) 地震応答解析結果

基準地震動 S_s による最大応答加速度を、図9及び図10に示す。

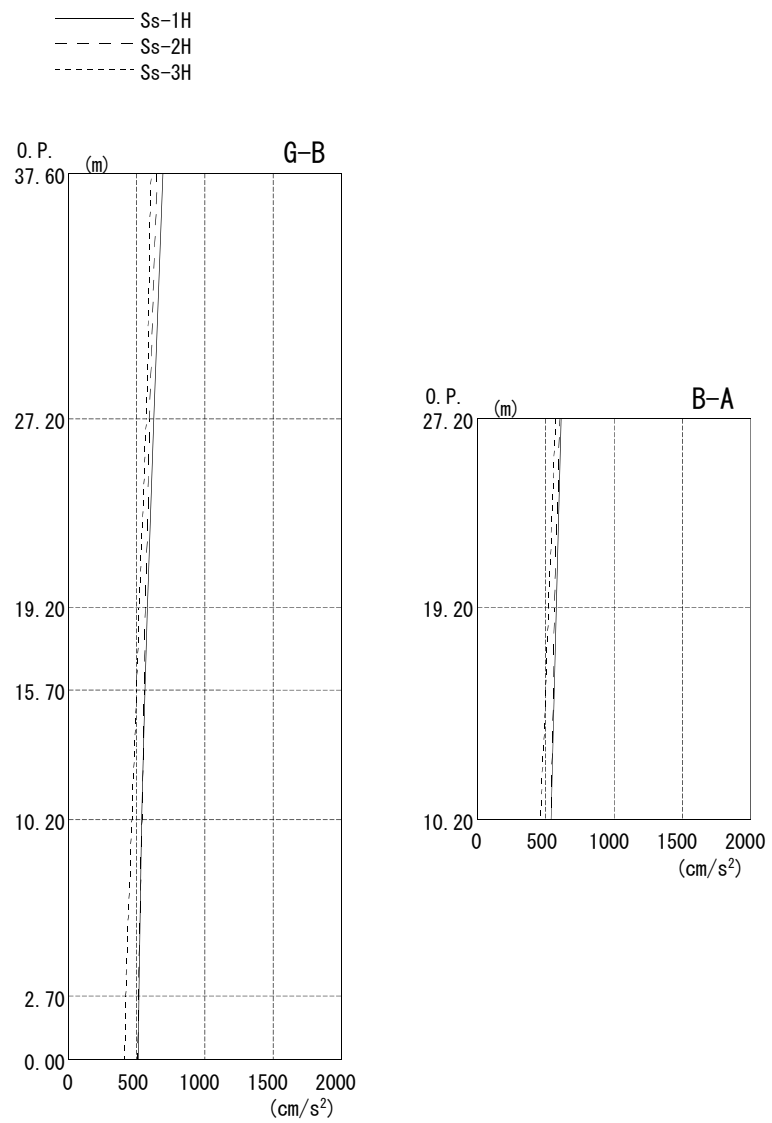


图9 PL/B 最大応答加速度(NS方向)

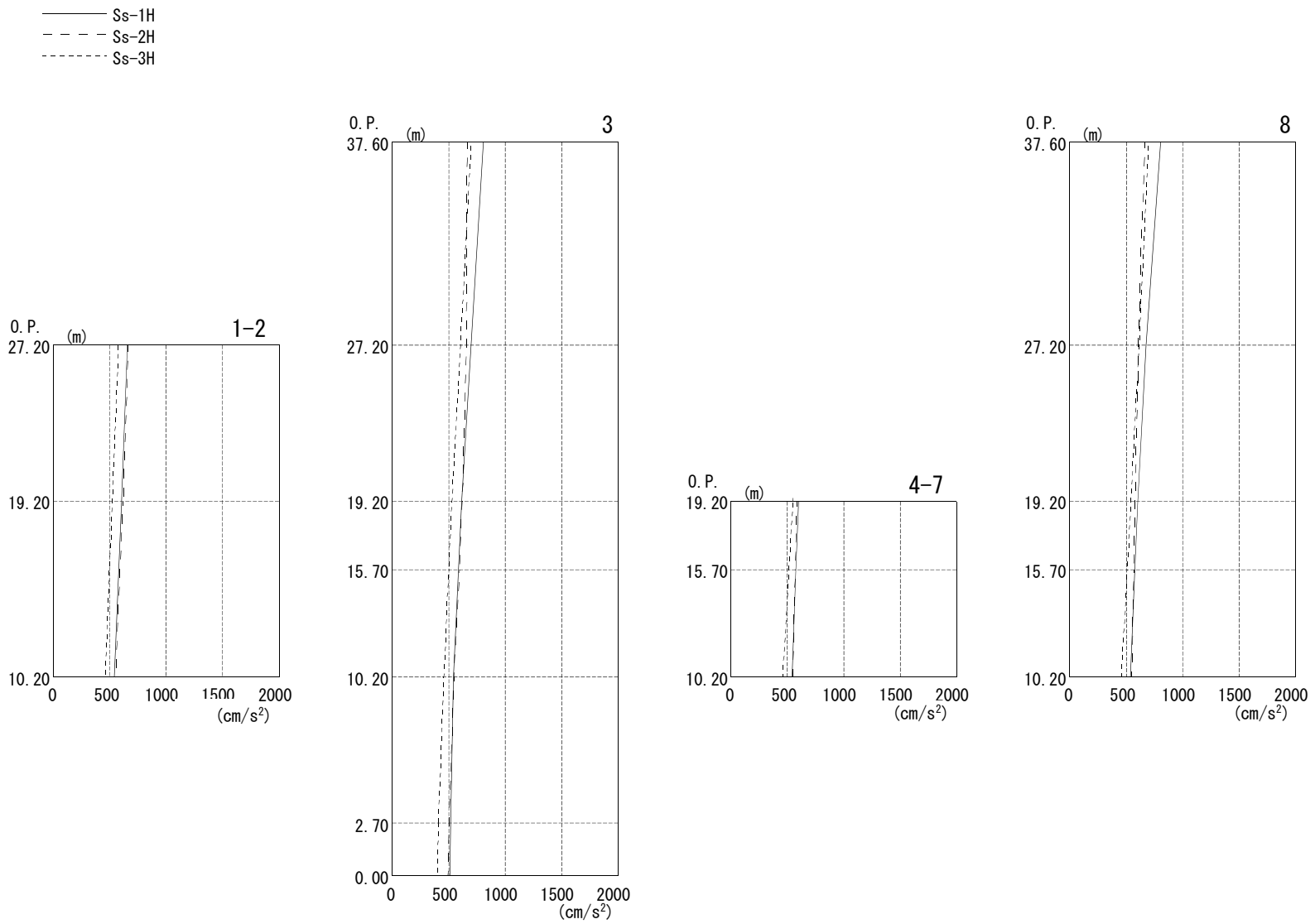


图10 PL/B 最大応答加速度(EW方向)

2. 耐震壁の耐震安全性評価

表3及び表4に耐震壁のせん断ひずみ一覧を示す。また、図11及び図12に基準地震動 S_s に対する最大応答値を耐震壁のせん断スケルトン曲線上に示す。耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.14×10^{-3} であり、耐震壁の評価基準値 (2.0×10^{-3}) に対して十分余裕がある。

表3 PL/B 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (NS方向)

階	S_s-1	S_s-2	S_s-3	評価基準値
CR階	0.06	0.06	0.05	2.0 以下
3階	0.10	0.09	0.09	
2階	0.10	0.09	0.09	
1階	0.10	0.09	0.09	
地下1階	0.11	0.11	0.10	

表4 PL/B 耐震壁のせん断ひずみ一覧 (EW方向)

階	S_s-1	S_s-2	S_s-3	評価基準値
CR階	0.10	0.09	0.09	2.0 以下
3階	0.12	0.11	0.10	
2階	0.12	0.12	0.11	
1階	0.14	0.14	0.12	
地下1階	0.12	0.13	0.11	

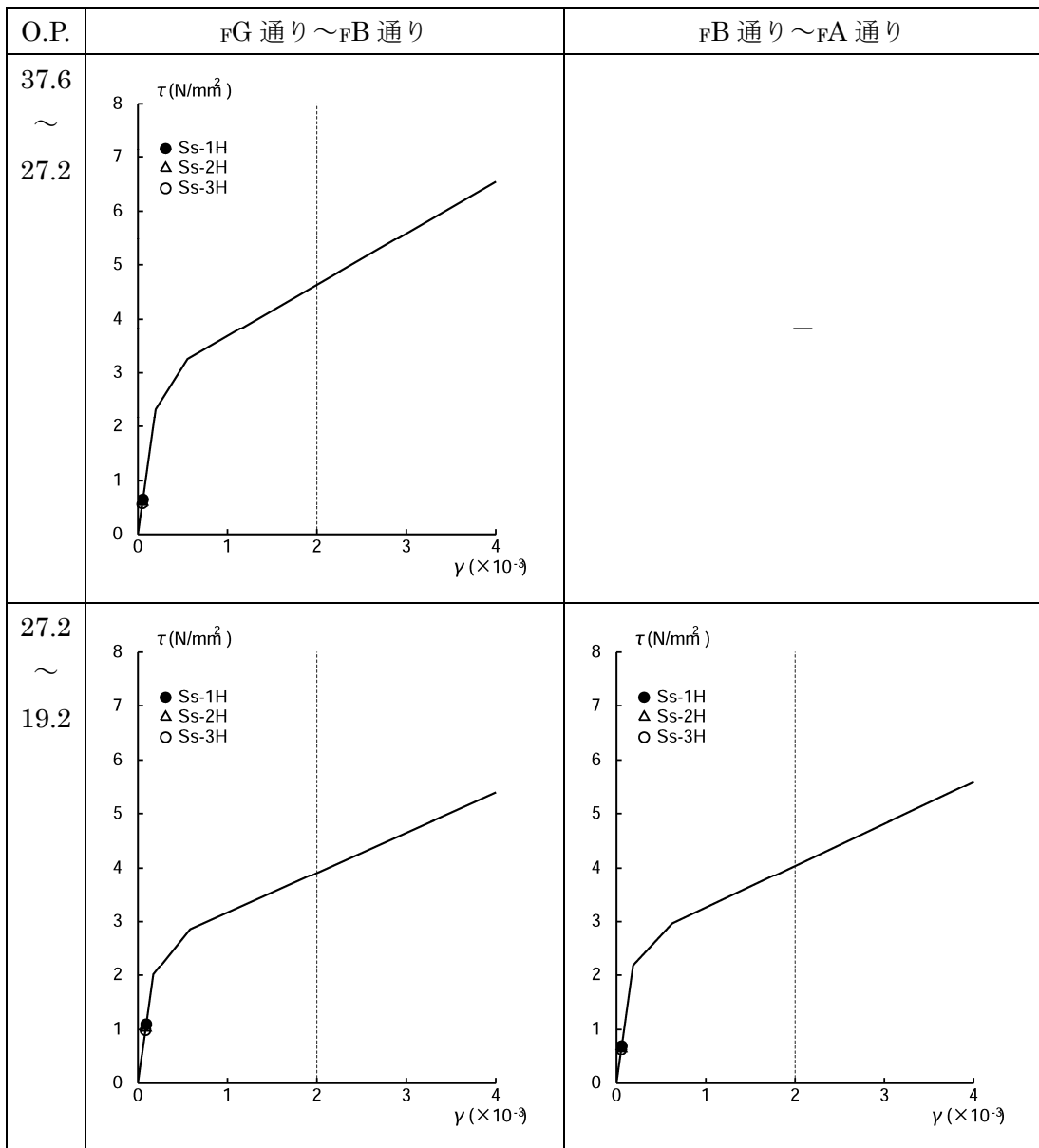


図 11(1) PL/B せん断スケルトン曲線上の最大応答値 NS 方向

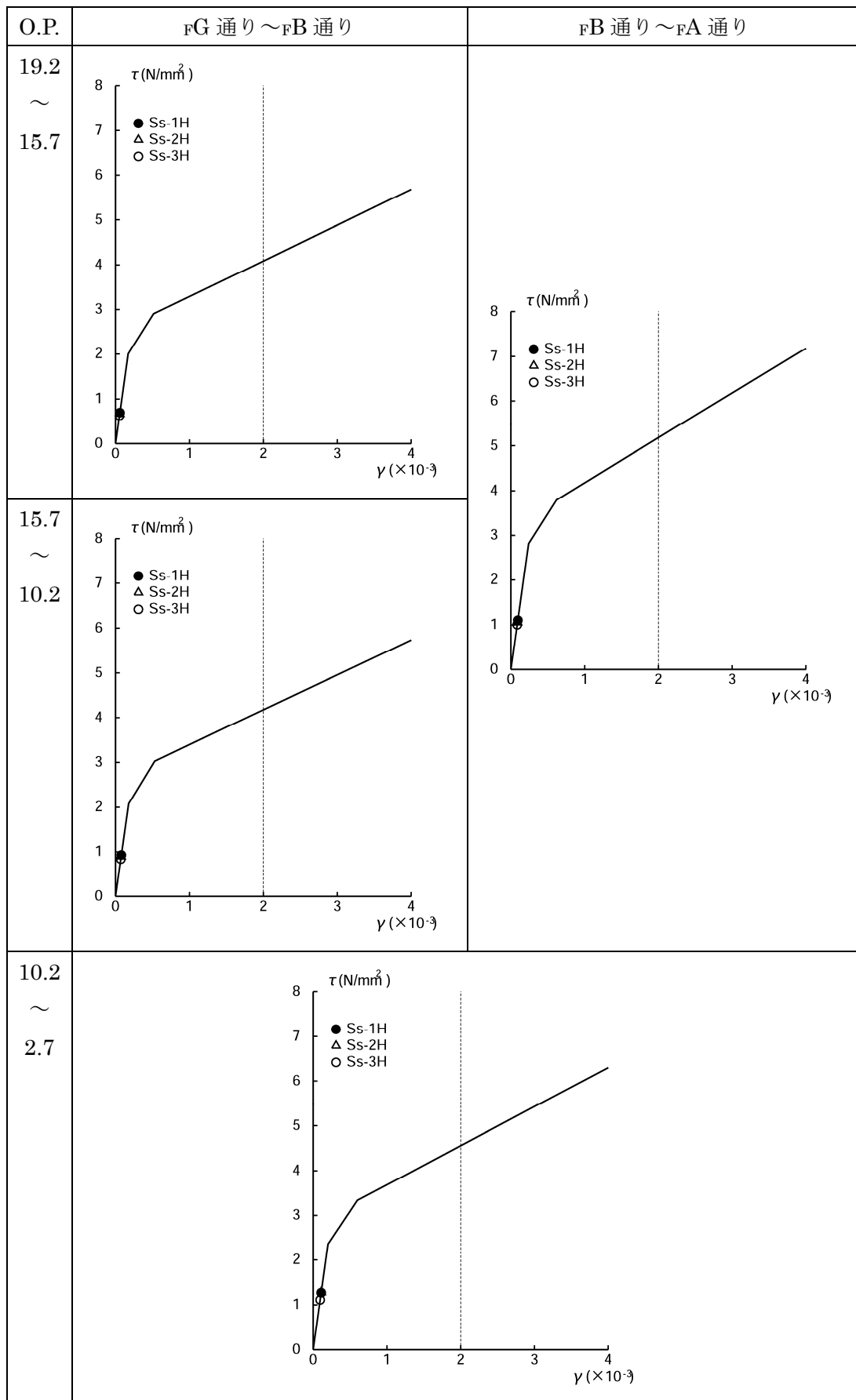


図 11(2) PL/B せん断スケルトン曲線上の最大応答値 NS 方向

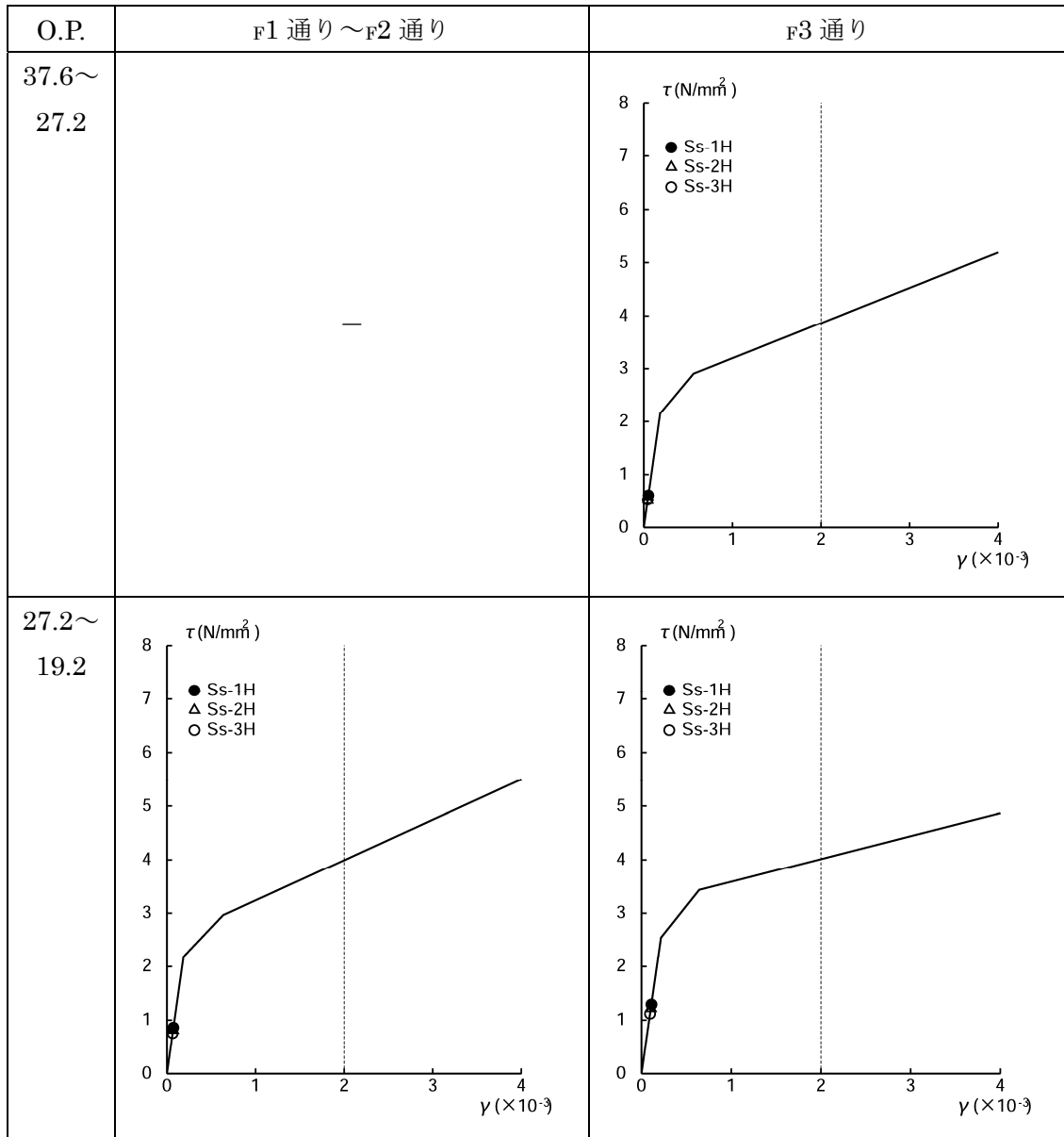


図 12(1) PL/B せん断スケルトン曲線上の最大応答値 EW 方向

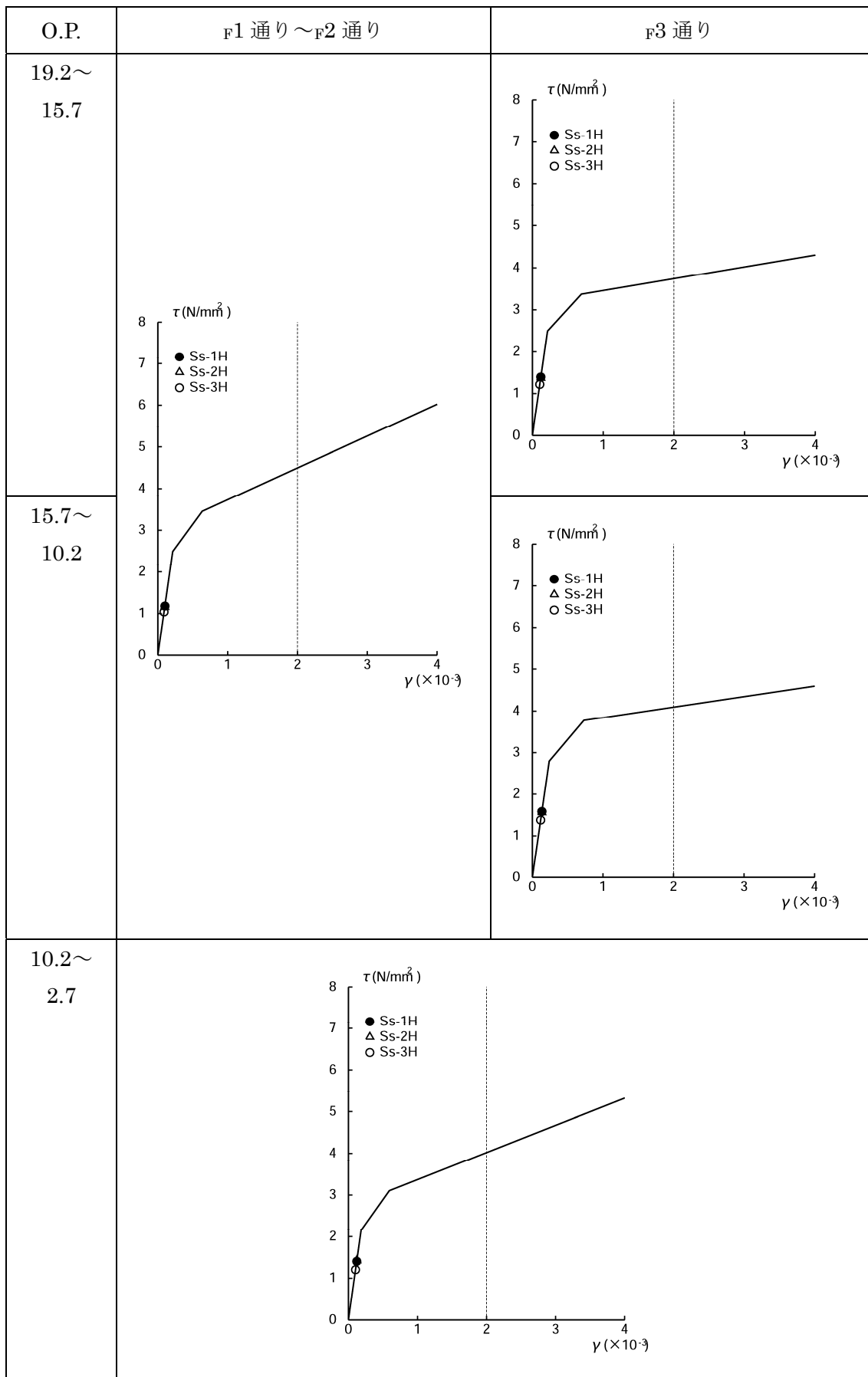


図 12(2) PL/B せん断スケルトン曲線上の最大応答値 EW 方向

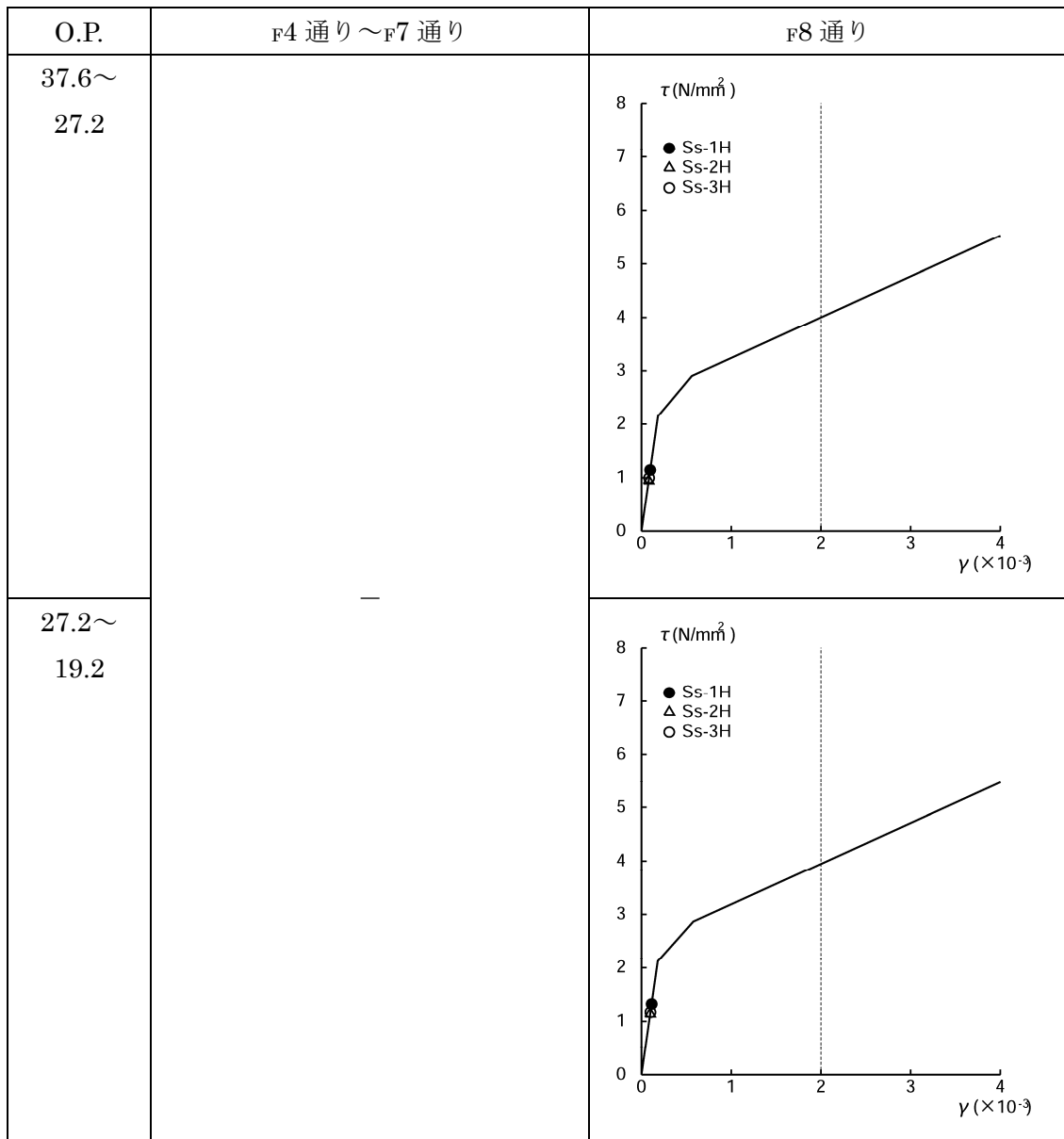


図 12 (3) PL/B せん断スケルトン曲線上の最大応答値 EW 方向

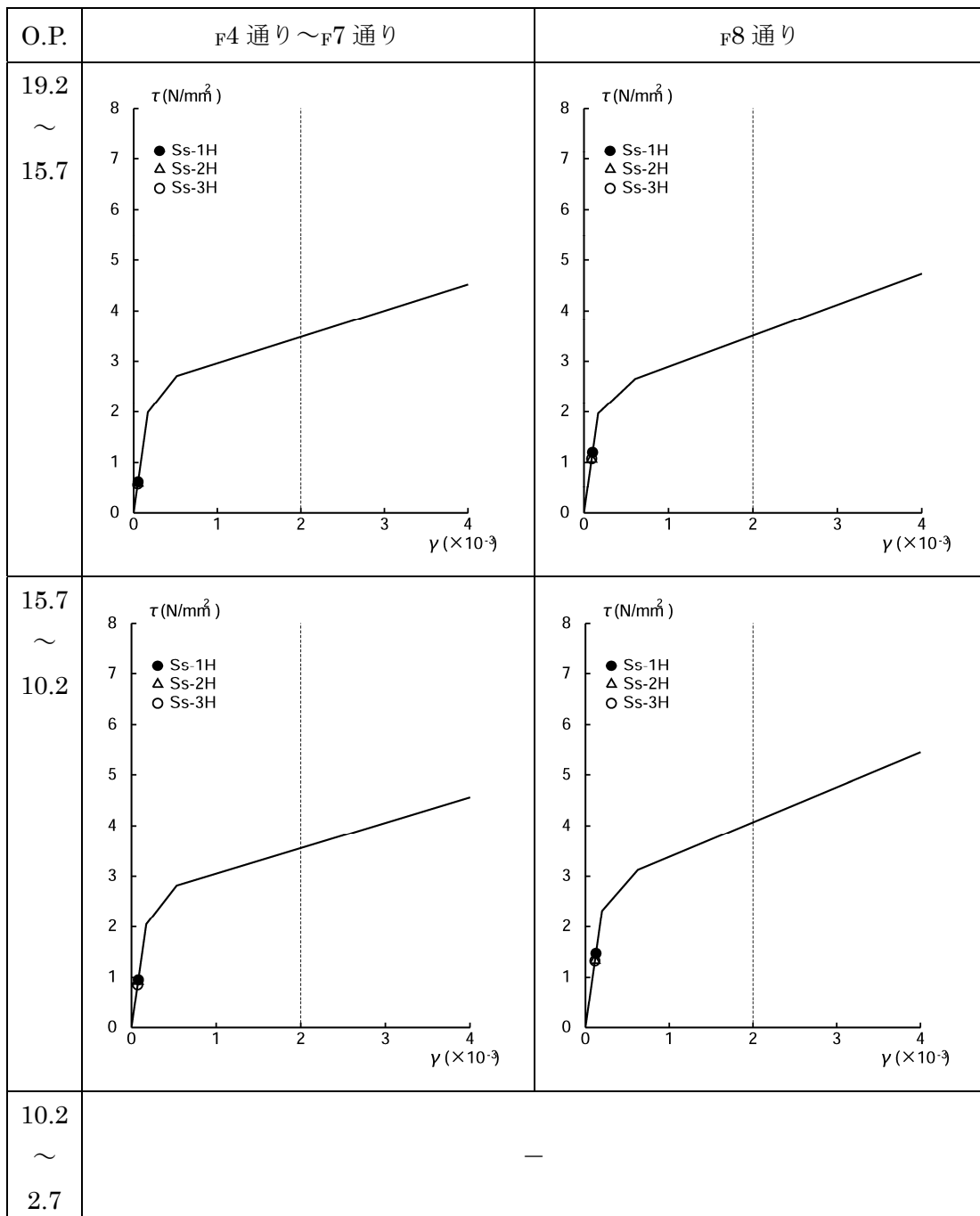


図12 (4) PL/B せん断スケルトン曲線上の最大応答値 EW方向