

2.16 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設

2.16.1 基本設計

2.16.1.1 設置の目的

放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設は、汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性核種（トリチウムを除く）を十分低い濃度になるまで除去する多核種除去設備、多核種除去設備の処理済水を貯留するタンク、槽類から構成する。

2.16.1.2 要求される機能

- (1) 発生する液体状の放射性物質の量を上回る処理能力を有すること。
- (2) 発生する液体状の放射性物質について適切な方法によって、処理、貯留、減衰、管理等を行い、放射性物質等の濃度及び量を適切な値に低減する能力を有すること。
- (3) 放射性液体廃棄物が漏えいし難いこと。
- (4) 漏えい防止機能を有すること。
- (5) 放射性液体廃棄物が、万一、機器・配管等から漏えいした場合においても、施設からの漏えいを防止でき、又は敷地外への管理されない放出に適切に対応できる機能を有すること。
- (6) 施設内で発生する気体状及び固体状の放射性物質及び可燃性ガスの検出、管理及び処理が適切に行える機能を有すること。

2.16.1.3 設計方針

(1) 放射性物質の濃度及び量の低減

多核種除去設備は、汚染水処理設備で処理した水を、ろ過、凝集沈殿、イオン交換等により周辺環境に対して、放射性物質の濃度及び量を合理的に達成できる限り低くする設計とする。

(2) 処理能力

多核種除去設備は、滞留水の発生原因となっている雨水、地下水の建屋への流入量を上回る処理容量とする。

(3) 材料

多核種除去設備の機器等は、処理対象水の性状を考慮し、適切な材料を用いた設計とする。

(4) 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

多核種除去設備の機器等は、液体状の放射性物質の漏えい防止及び敷地外への管理されない放出を防止するため、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいの発生を防止するため、機器等には適切な材料を使用するとともに、タンク水位の検出器、インターロック回路等を設ける。
- b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は、漏えいの早期検出を可能にするとともに、漏えい液体の除去を容易に行えるようにする。
- c. タンク水位、漏えい検知等の警報については、シールド中央制御室等に表示し、異常を確実に運転員に伝え適切な措置をとれるようにし、これを監視できるようにする。
- d. 多核種除去設備の機器等は、可能な限り周辺に堰を設けた区画内に設け、漏えいの拡大を防止する。また、処理対象水の移送配管類は、万一、漏えいしても排水路を通じて環境に放出することがないように、排水路から可能な限り離隔するとともに、排水路を跨ぐ箇所はボックス鋼内等に配管を敷設する。さらに、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。

(5) 被ばく低減

多核種除去設備は、遮へい、機器の配置等により被ばくの低減を考慮した設計とする。

(6) 可燃性ガスの管理

多核種除去設備は、水の放射線分解により発生する可燃性ガスを適切に排出できる設計とする。また、排出する可燃性ガスに放射性物質が含まれる可能性がある場合には、適切に除去する設計とする。

(7) 健全性に対する考慮

放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

2. 16. 1. 4 供用期間中に確認する項目

多核種除去設備処理済水に含まれる除去対象の放射性核種濃度（トリチウムを除く）が『実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示』に示される濃度限度（以下、「告示濃度限度」という）以下であること。

2. 16. 1. 5 主要な機器

多核種除去設備は、3系列から構成し、各系列は前処理設備と多核種除去装置で構成する。さらに共通設備として、前処理設備から発生する沈殿処理生成物及び放射性核種を吸着した吸着材を收容して貯蔵する高性能容器、薬品を供給するための薬品供給設備、多核種除去設備の運転監視を行う監視制御装置、電源を供給する電源設備等で構成する。なお、2系列運転で定格処理容量を確保するが、R0濃縮塩水の処理を早期に完了させる観点から、

3 系列同時運転も可能な構成とする。また、装置の処理能力を確認するための試料採取が可能な設備とする。

多核種除去設備は電源が喪失した場合、系統が隔離されるため、電源喪失による設備から外部への漏えいが発生することはない。

多核種除去設備の主要な機器はシールド中央制御室の監視・制御装置により遠隔操作及び運転状況の監視を行う。監視・制御装置は、故障により各設備の誤動作を引き起こさない構成とする。また、運転員の誤操作、誤判断を防止するため、装置毎に配置する等の配慮を行うとともに、特に重要な装置の緊急停止操作についてはダブルアクションを要する等の設計とする。

多核種除去設備で処理された水は、処理済水貯留用タンク・槽類で貯留する。

(1) 多核種除去設備

a. 前処理設備

前処理設備は、アルファ核種、コバルト 60、マンガン 54 等の除去を行う鉄共沈処理設備及び吸着阻害イオン（マグネシウム、カルシウム等）の除去を行う炭酸塩沈殿処理設備で構成する。

鉄共沈処理は、後段の多核種除去装置での吸着材の吸着阻害要因となる除去対象核種の錯体を次亜塩素酸により分解すること及び処理対象水中に存在するアルファ核種を水酸化鉄により共沈させ除去することを目的とし、次亜塩素酸ソーダ、塩化第二鉄を添加した後、pH 調整のために苛性ソーダを添加して水酸化鉄を生成させ、さらに凝集剤としてポリマーを投入する。

また、炭酸塩沈殿処理は、多核種除去装置での吸着材によるストロンチウムの除去を阻害するマグネシウム、カルシウム等の 2 価の金属を炭酸塩により除去することを目的とし、炭酸ソーダと苛性ソーダを添加し、2 価の金属の炭酸塩を生成させる。

沈殿処理等により生成された生成物は、クロスフローフィルタにより濃縮し、高性能容器に排出する。

b. 多核種除去装置

多核種除去装置は、1 系列あたり 1 4 塔の吸着塔及び 2 塔の処理カラムで構成する。

多核種除去装置は、除去対象核種に応じて吸着塔、処理カラムに収容する吸着材（活性炭、キレート樹脂等）の種類が異なっており、処理対象水に含まれるコロイド状及びイオン状の放射性核種を分離・吸着処理する機能を有する。なお、吸着塔は 2 塔分の増設が可能である。

吸着塔に含まれる吸着材は、所定の容量を通水した後、高性能容器へ排出する。また、処理カラムに含まれる吸着材は、所定の容量を通水した後、処理カラムごと交換する。吸着材を収容した高性能容器あるいは使用済みの処理カラムは、使用済セシウム吸着塔

一時保管施設にて貯蔵する。

c. 高性能容器 (HIC ; High Integrity Container)

高性能容器は使用済みの吸着材，沈殿処理生成物を貯蔵する。

使用済みの吸着材は，収容効率を高めるために脱水装置 (SEDS ; Self-Engaging Dewatering System) により脱水処理される。

沈殿処理生成物の高性能容器への移送は自動制御で行い，使用済みの吸着材の移送は手動操作によって行う。なお，使用済み吸着材の移送は現場で輸送状況を確認し操作する。高性能容器内の貯蔵量は，水位センサにて監視する。交換した使用済みの高性能容器は，使用済セシウム吸着塔一時保管施設で貯蔵する。高性能容器取扱い時に落下による漏えいを発生させないよう高性能容器への補強体等を取り付ける。

d. 薬品供給設備

薬品供給設備は，各添加薬液に対してそれぞれタンクを有し，沈殿処理や pH 調整のため，ポンプにより薬品を前処理設備や多核種除去装置に供給する。添加する薬品は，次亜塩素酸ソーダ，苛性ソーダ，炭酸ソーダ，塩酸，塩化第二鉄，ポリマーである。

何れも不燃性であり，装置内での反応熱，反応ガスも有意には発生しない。

e. 電源設備

電源は，異なる 2 系統の所内高圧母線から受電できる構成とする。なお，電源が喪失した場合でも，設備からの外部への漏えいは発生することはない。

f. 橋形クレーン

高性能容器，処理カラムを取り扱うための橋形クレーンを 2 基設ける。

(2) 多核種除去設備関連施設

a. 処理済水貯留用タンク・槽類

処理済水貯留用タンク・槽類は，多核種除去設備の処理済水を貯留する。

タンク・槽類は，鋼製の円筒形タンクもしくは地下貯水槽を使用する。

2. 16. 1. 6 自然災害対策等

(1) 津波

多核種除去設備及び関連施設は，アウターライズ津波が到達しないと考えられる O.P. 30m 以上の場所に設置する。

(2) 台風

台風による設備の損傷を防止するため、上屋外装材は建築基準法施行令に基づく風荷重に対して設計している。

(3) 積雪

積雪による設備の損傷を防止するため、上屋外装材は建築基準法施行令および福島県建築基準法施行規則細則に基づく積雪荷重に対して設計している。

(4) 落雷

接地網を設け、落雷による損傷を防止する。

(5) 竜巻

竜巻の発生の可能性が予見される場合は、設備の停止・隔離弁の閉止操作等を行い、汚染水の拡大防止を図る。また、車両などの飛来物によって、設備を破壊させることがないよう、車両を設備から遠ざける措置をとる。

(6) 火災

火災発生を防止するため、消防法基準に準拠した対策を実施する。また、初期消火ができるよう近傍に消火器を設置する。

2.16.1.7 構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

多核種除去設備等を構成する機器は、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」において、廃棄物処理設備に相当するクラス3機器と位置付けられる。この適用規格は、「JSME D NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）で規定される。ただし、福島第一原子力発電所構内の作業環境、機器等の設置環境等が通常時と大幅に異なっているため、設計・建設規格の要求を全て満足して設計・製作・検査を行うことは困難である。

従って、可能な限り設計・建設規格のクラス3機器相当の設計・製作・検査を行うものの、JIS等の規格に適合した一般産業品の機器等や、設計・建設規格に定める材料と同等の信頼性を有する材料・施工方法等を採用する。

(2) 耐震性

多核種除去設備等を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のBクラス相当の設備と位置づけられ、耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠する。

2.16.1.8 機器の故障への対応

(1) 機器の単一故障

多核種除去設備は、3つの処理系列を有し、電源についても多重化している。そのため、動的機器、電源系統の単一故障については、処理系列の切替作業等により、速やかな処理の再開が可能である。

(2) 除染能力の低下

放射性核種の濃度測定の結果、有意な濃度が確認された場合には、処理済水を再度多核種除去設備に戻す再循環処理を実施する。

(3) 高性能容器の落下

高性能容器については、多核種除去設備での運用を考慮した高さから落下しても容器の健全性に問題ないことが確認されているものを使用する。

また、万一の容器落下破損による漏えい時の対応として、回収作業に必要な吸引車等を配備し、吸引車を操作するために必要な要員を確保する。また、漏えい回収訓練及び吸引車の点検を定期的に行う。

2.16.2. 基本仕様

2.16.2.1. 主要仕様

(1) 多核種除去設備

処理方式	凝集沈殿方式＋吸着材方式
処理容量・処理系列	250m ³ /日/系列×3 系列（1 系列は予備）

(2) バッチ処理タンク

基 数	2 基（1 系列あたり）
容 量	33.1 m ³

(3) スラリー移送ポンプ(完成品)

台 数	1 台（1 系列あたり）
容 量	36 m ³ /h

(4) 循環タンク

基 数	1 基（1 系列あたり）
容 量	5.87 m ³

(5) 循環ポンプ 1（完成品）

台 数	1 台（1 系列あたり）
容 量	191 m ³ /h

(6) デカントポンプ（完成品）

台 数	1 台（1 系列あたり）
容 量	120 m ³ /h

(7) デカントタンク

基 数	1 基（1 系列あたり）
容 量	35.57 m ³

(8) 供給ポンプ 1（完成品）

台 数	1 台（1 系列あたり）
容 量	12.5 m ³ /h

- | | | |
|------|------------------|------------------------|
| (9) | 共沈タンク | |
| | 基 数 | 1 基 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 3.42 m ³ |
| (10) | 供給タンク | |
| | 基 数 | 1 基 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 3.69 m ³ |
| (11) | 供給ポンプ 2 (完成品) | |
| | 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 12.5 m ³ /h |
| (12) | 循環ポンプ 2 (完成品) | |
| | 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 313 m ³ /h |
| (13) | 吸着塔入口バッファタンク | |
| | 基 数 | 1 基 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 6.52 m ³ |
| (14) | ブースターポンプ 1 (完成品) | |
| | 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 12.5 m ³ /h |
| (15) | ブースターポンプ 2 (完成品) | |
| | 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 12.5 m ³ /h |
| (16) | 吸着塔 | |
| | 基 数 | 14 基 (1 系列あたり) |
| (17) | 処理カラム | |
| | 基 数 | 2 基 (1 系列あたり) |

- | | | |
|------|--------------------|------------------------|
| (18) | 移送タンク | |
| | 基 数 | 1 基 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 4.12 m ³ |
| | | |
| (19) | 移送ポンプ (完成品) | |
| | 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| | 容 量 | 12.5 m ³ /h |
| | | |
| (20) | 前段クロスフローフィルタ (完成品) | |
| | 台 数 | 2 台 (1 系列あたり) |
| | | |
| (21) | 後段クロスフローフィルタ (完成品) | |
| | 台 数 | 6 台 (1 系列あたり) |
| | | |
| (22) | 出口フィルタ (完成品) | |
| | 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| | | |
| (23) | 高性能容器 (完成品) | |
| | 基 数 | 12 基 (多核種除去設備での設置台数) |
| | 容 量 | 2.86 m ³ |
| | | |
| (24) | 苛性ソーダ貯槽 (完成品) | |
| | 基 数 | 1 基 |
| | 容 量 | 15 m ³ |
| | | |
| (25) | 炭酸ソーダ貯槽 (完成品) | |
| | 基 数 | 2 基 |
| | 容 量 | 50 m ³ |
| | | |
| (26) | 次亜塩素酸ソーダ貯槽 (完成品) | |
| | 基 数 | 1 基 |
| | 容 量 | 3 m ³ |
| | | |
| (27) | 塩酸貯槽 (完成品) | |
| | 基 数 | 1 基 |
| | 容 量 | 30 m ³ |

(28) 塩化第二鉄貯槽（完成品）

基 数	1 基
容 量	4 m ³

(29) サンプルタンク

<u>基 数</u>	<u>4 基</u>
<u>容 量</u>	<u>1100 m³</u>

(30) 処理済水移送ポンプ

<u>台 数</u>	<u>2 台</u>
<u>容 量</u>	<u>40 m³/h</u>

表 2. 1 6 - 1 主要配管仕様 (1 / 2)

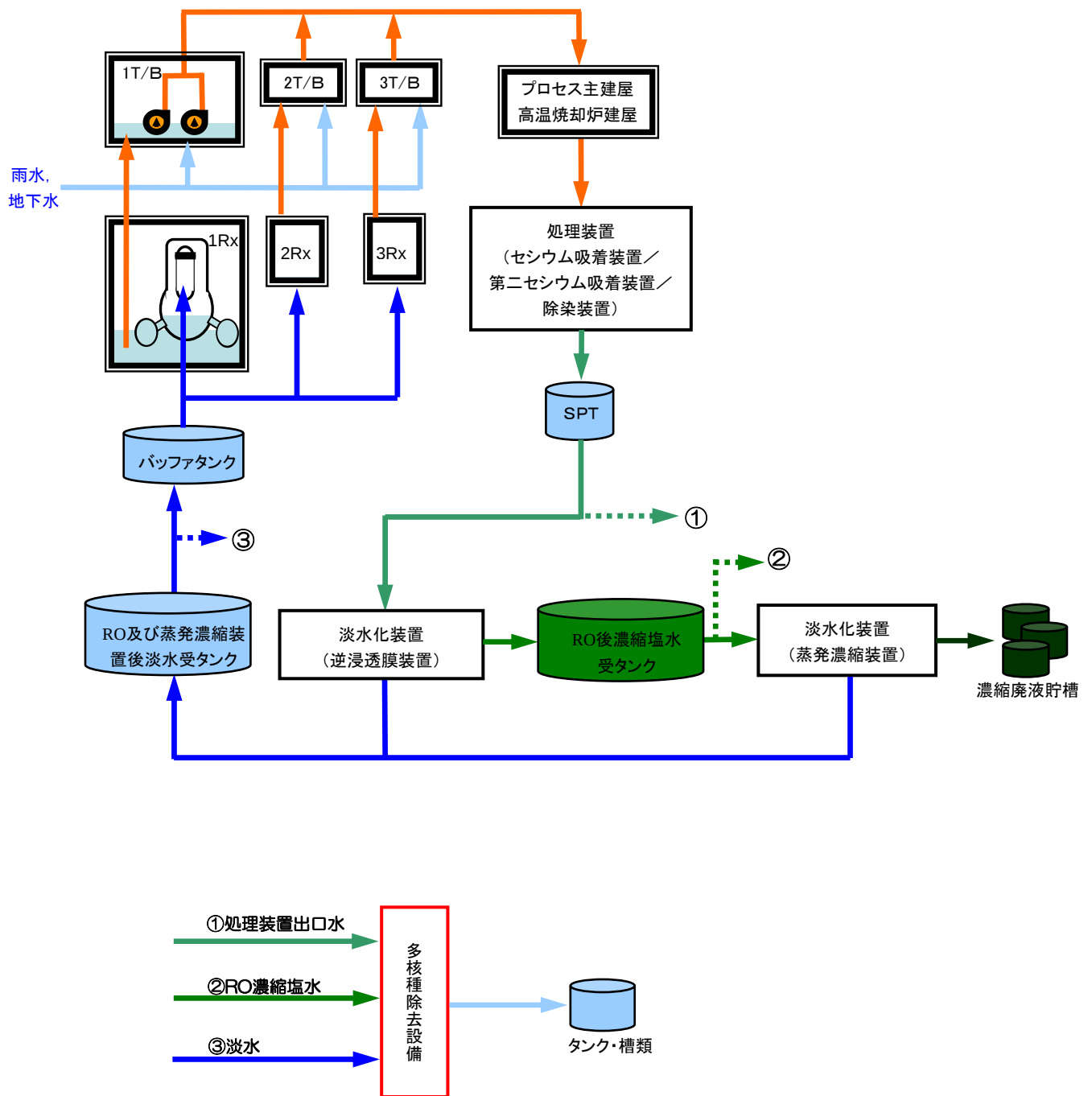
名 称	仕 様	
中低濃度タンクから 多核種除去設備入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 1. 15MPa 40℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 80 STPG370 1. 15MPa 40℃
多核種除去設備入口から ブースターポンプ 1 まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 80 STPG370 0. 98MPa 60℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	25A/Sch. 40 32A/Sch. 40 50A/Sch. 40 65A/Sch. 40 100A/Sch. 40 125A/Sch. 40 150A/Sch. 40 200A/Sch. 40 250A/Sch. 40 300A/Sch. 40 SUS316L 0. 98MPa 60℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 150A 相当 EPDM 0. 98MPa 60℃
ブースターポンプ 1 から 移送タンクまで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	32A/Sch. 40 50A/Sch. 40 SUS316L 1. 37MPa 60℃
(耐圧ホース)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 EPDM 1. 37MPa 60℃

表 2. 1 6 - 1 主要配管仕様 (2 / 2)

名 称	仕 様	
移送タンクから 多核種除去塔出口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	32A/Sch. 40 50A/Sch. 40 SUS316L 1. 15MPa 60℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 80 STPG370 1. 15MPa 60℃
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 80 100A/Sch. 80 STPG370 1. 15MPa 40℃
多核種除去設備出口から 地下貯水槽まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 1. 0MPa 40℃

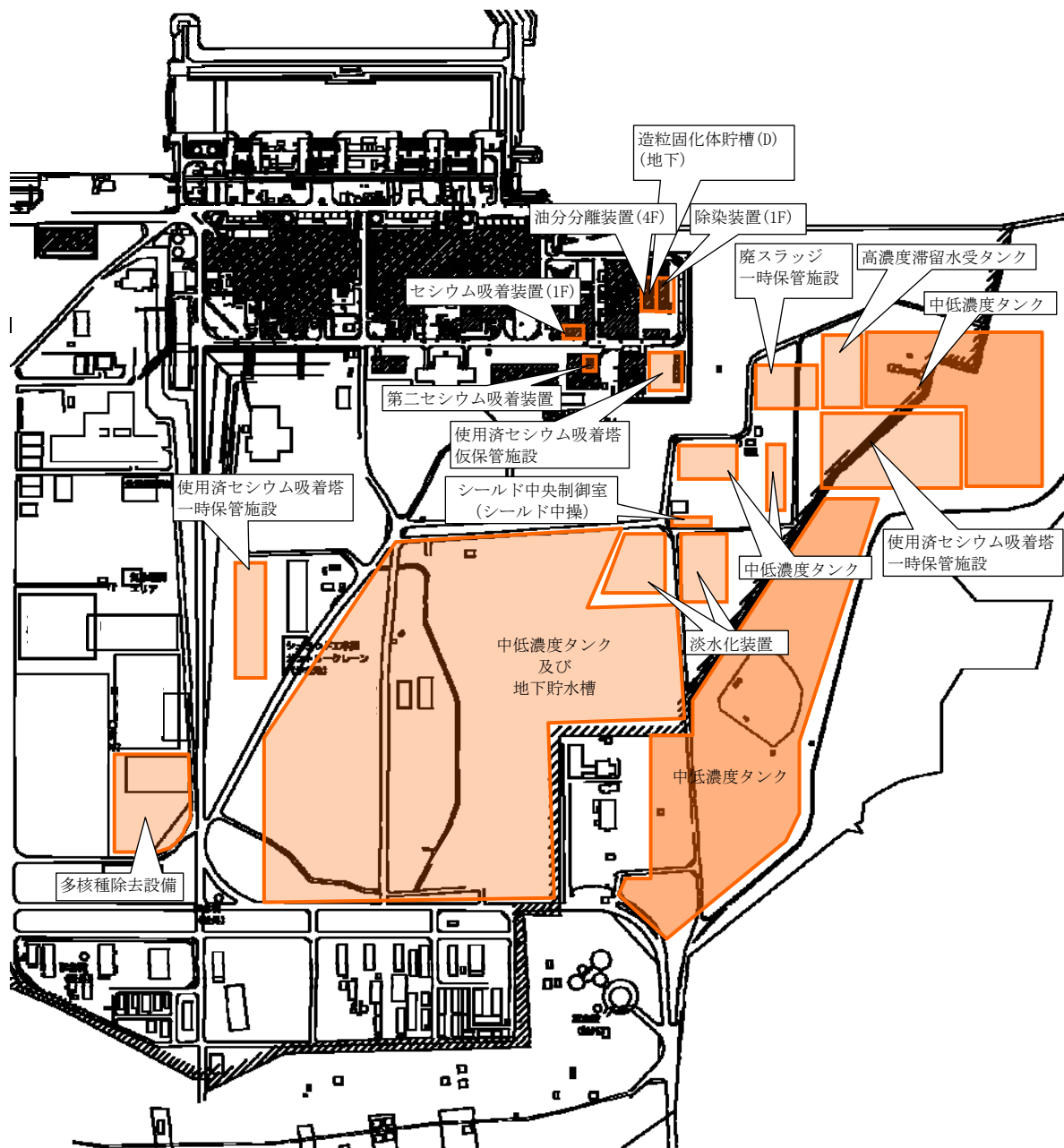
2.16.3 添付資料

- 添付資料－１： 全体概要図及び系統構成図
- 添付資料－２： 放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震性等の評価結果
- 添付資料－３： 多核種除去設備上屋の耐震性に関する検討結果
- 添付資料－４： 多核種除去設備等の具体的な安全確保策
- 添付資料－５： 高性能容器の健全性評価
- 添付資料－６： 除去対象核種の選定
- 添付資料－７： 高性能容器落下破損時の漏えい物回収作業における被ばく線量評価
- 添付資料－８： 放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設の試験及び工事計画



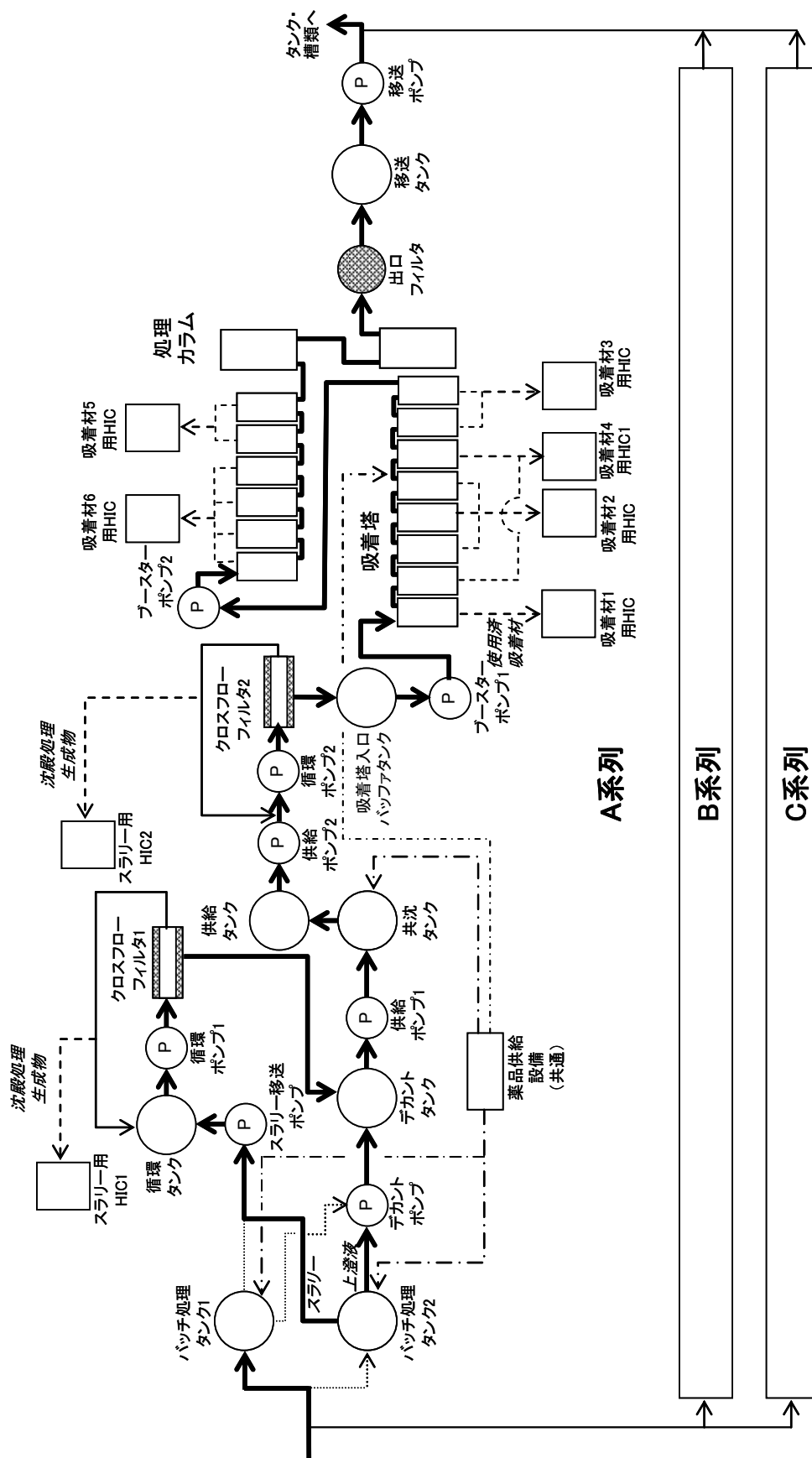
(a) 配置概要

図－ 1 汚染水処理設備並びに多核種除去設備等の全体概要図



(b) 配置概要

図-2 汚染水処理設備等の全体概要図



図－3 多核種除去設備の系統構成図

放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震性等の評価結果

放射性液体廃棄物処理設備等を構成する設備について、構造強度評価の基本方針及び耐震性評価の基本方針に基づき構造強度及び耐震性等の評価を行う。

1.1 基本方針

1.1.1 構造強度評価の基本方針

多核種除去設備等を構成する機器は、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」において、廃棄物処理設備に相当するクラス 3 機器と位置付けられる。この適用規格は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）で規定される。ただし、福島第一原子力発電所構内の作業環境、機器等の設置環境等が通常時と大幅に異なっているため、設計・建設規格の要求を全て満足して設計・製作・検査を行うことは困難である。

従って、可能な限り設計・建設規格のクラス 3 機器相当の設計・製作・検査を行うものの、JIS 等の規格に適合した一般産業品の機器等や、設計・建設規格に定める材料と同等の信頼性を有する材料・施工方法等を採用する。

1.1.2 耐震性評価の基本方針

多核種除去設備等を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の B クラス相当の設備と位置づけられ、耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」（以下、「耐震設計技術規程」という。）等に準用する。

また、参考評価として、基準地震動 S_s 相当の水平震度に対して健全性が維持されることを確認する。

1.2 評価結果

1.2.1 ポンプ類

(1) 構造強度評価

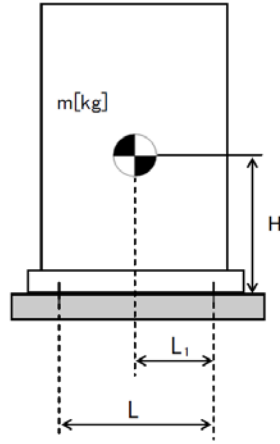
ポンプは一般産業品とするため、設計・建設規格の要求には必ずしも適合しない。しかしながら、以下により高い信頼性を確保した。

- ・公的規格に適合したポンプを選定する。
- ・耐腐食性（塩分対策）を有したポンプを選定する。
- ・試運転により、有意な変形や漏えい、運転状態に異常がないことを確認する。

(2) 耐震性評価

a. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果，基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表１）。



- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- m : 機器重量
- g : 重力加速度
- H : 据付面からの重心までの距離
- L₁ : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A_b : 基礎ボルトの軸断面積
- C_H : 水平方向設計震度
- C_V : 鉛直方向設計震度

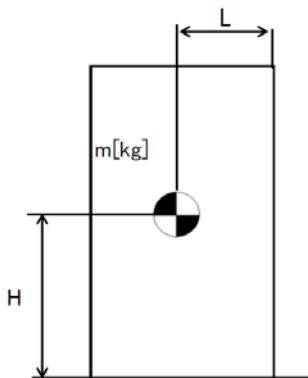
$$\text{基礎ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

b. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し，それらを比較することにより転倒評価を実施した。評価の結果，地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さくことから，転倒しないことを確認した。また，地震による転倒モーメント＞自重による安定モーメントとなるものについては，a. での計算により基礎ボルトの強度が確保されることから転倒しないことを確認した(表１)。



- C_H : 水平方向設計震度
- m : 機器重量
- g : 重力加速度
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 転倒支点から機器重心までの距離

$$\text{地震による転倒モーメント} : M_1 = m \times g \times C_H \times H$$

$$\text{自重による安定モーメント} : M_2 = m \times g \times L$$

表 1 : ポンプ耐震評価結果 (1 / 2)

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
スラリー移送ポンプ	本体	転倒	0.36	3.17×10^5	6.71×10^5	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	1	139	MPa
循環ポンプ 1	本体	転倒	0.36	2.34×10^6	4.70×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	4	133	MPa
デカントポンプ	本体	転倒	0.36	6.84×10^5	1.32×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	2	139	MPa
供給ポンプ 1	本体	転倒	0.36	1.95×10^5	4.80×10^5	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	1	139	MPa
供給ポンプ 2	本体	転倒	0.36	3.28×10^5	7.36×10^5	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	2	139	MPa
循環ポンプ 2	本体	転倒	0.36	2.59×10^6	5.21×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	4	133	MPa
ブースターポンプ 1	本体	転倒	0.36	4.85×10^5	1.02×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	2	139	MPa
ブースターポンプ 2	本体	転倒	0.36	4.85×10^5	1.02×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	2	139	MPa
移送ポンプ	本体	転倒	0.36	1.95×10^5	4.80×10^5	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	—	—	MPa
		せん断	0.36	1	139	MPa
<u>処理済水移送ポンプ</u>	<u>本体</u>	<u>転倒</u>	<u>0.36</u>	<u>8.30×10^5</u>	<u>1.10×10^6</u>	<u>N・mm</u>
	<u>基礎</u>	<u>引張</u>	<u>0.36</u>	<u>—</u>	<u>—</u>	<u>MPa</u>
	<u>ボルト</u>	<u>せん断</u>	<u>0.36</u>	<u>2</u>	<u>141</u>	<u>MPa</u>

※引張評価の算出値「—」については、引張応力が作用していない。

表 1 : ポンプ耐震評価結果 (2 / 2)

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
スラリー移送ポンプ	本体	転倒	0.80	7.04×10^5	6.71×10^5	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	1	180	MPa
		せん断	0.80	3	139	MPa
循環ポンプ 1	本体	転倒	0.80	5.18×10^6	4.70×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	1	173	MPa
		せん断	0.80	8	133	MPa
デカントポンプ	本体	転倒	0.80	1.52×10^6	1.32×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	1	180	MPa
		せん断	0.80	5	139	MPa
供給ポンプ 1	本体	転倒	0.80	4.33×10^5	4.80×10^5	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	－	－	MPa
		せん断	0.80	2	139	MPa
供給ポンプ 2	本体	転倒	0.80	7.29×10^5	7.36×10^5	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	－	－	MPa
		せん断	0.80	3	139	MPa
循環ポンプ 2	本体	転倒	0.80	5.74×10^6	5.21×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	1	173	MPa
		せん断	0.80	9	133	MPa
ブースターポンプ 1	本体	転倒	0.80	1.08×10^6	1.02×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	1	180	MPa
		せん断	0.80	4	139	MPa
ブースターポンプ 2	本体	転倒	0.80	1.08×10^6	1.02×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	1	180	MPa
		せん断	0.80	4	139	MPa
移送ポンプ	本体	転倒	0.80	4.33×10^5	4.80×10^5	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	－	－	MPa
		せん断	0.80	2	139	MPa
<u>処理済水移送ポンプ</u>	<u>本体</u>	<u>転倒</u>	<u>0.80</u>	<u>1.90×10^6</u>	<u>1.10×10^6</u>	<u>N・mm</u>
	<u>基礎</u>	<u>引張</u>	<u>0.80</u>	<u>3</u>	<u>183</u>	<u>MPa</u>
	<u>ボルト</u>	<u>せん断</u>	<u>0.80</u>	<u>5</u>	<u>141</u>	<u>MPa</u>

※引張評価の算出値「－」については、引張応力が作用していない。

1.2.2 タンク類，吸着塔及び処理カラム

(1) 構造強度評価

タンク類は，SUS316L もしくは炭素鋼（ライニング付）とするが材料の調達において一般産業品とするため，材料証明がなく，設計・建設規格の要求には必ずしも適合しない。しかしながら，以下により高い信頼性を確保した。

- ・工場にて溶接を行い高い品質を確保する。
- ・水張りによる溶接部の漏えい確認等を行う。

また，吸着塔及び処理カラムは，SUS316L とするが材料の調達において一般産業品とするため，材料証明がなく，設計・建設規格の要求には必ずしも適合しない。しかしながら，以下を考慮することで，高い信頼性を確保した。

- ・公的規格に適合した一般産業品の SUS316L を用いて吸着塔，処理カラムを製作する。
- ・溶接継手は，PT 検査，運転圧による漏えい確認等を行う。
- ・工場にて溶接を行い高い品質を確保する。

a. スカート支持たて置円筒形容器

スカート支持たて置円筒形容器については，設計・建設規格に準拠し，板厚評価を実施した。評価の結果，水頭圧（開放型タンク），最高使用圧力（密閉型タンク）に耐えられることを確認した（表 2）。

（開放型の場合）

$$t = \frac{D_i H \rho}{0.204 S \eta}$$

t : 胴の計算上必要な厚さ

D_i : 胴の内径

H : 水頭

ρ : 液体の比重

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

（密閉型の場合）

$$t = \frac{P D_i}{2 S \eta - 1.2 P}$$

t : 胴の計算上必要な厚さ

D_i : 胴の内径

P : 最高使用圧力

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

ただし，t の値は炭素鋼，低合金鋼の場合は t = 3.00[mm]以上，その他の金属の場合は t = 1.50[mm]以上とする。

表 2：スカート支持たて置円筒形容器板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
バッチ処理タンク	胴板	1.50	7.80
	鏡板	2.67	7.80
循環タンク	胴板	1.50	7.80
	鏡板	1.14	8.35
デカントタンク	胴板	3.00	7.45
	鏡板	1.26	6.00
共沈タンク	胴板	3.00	4.60
	鏡板	0.31	3.90
供給タンク	胴板	3.00	4.60
	鏡板	0.32	3.90
吸着塔	胴板	9.57	16.50
	鏡板	10.18	18.50
処理カラム	胴板	12.29	18.70
	鏡板	13.09	20.70

b. 平底たて置円筒形容器

平底たて置円筒形容器については，設計・建設規格に準拠し，板厚評価を実施した。評価の結果，水頭圧に耐えられることを確認した(表 3)。

$$t = \frac{D_i H \rho}{0.204 S \eta}$$

t : 胴の計算上必要な厚さ
 D_i : 胴の内径
 H : 水頭
 ρ : 液体の比重
 S : 最高使用温度における材料の許容引張応力
 η : 長手継手の効率

ただし， t の値は炭素鋼，低合金鋼の場合は $t = 3.00[\text{mm}]$ 以上，その他の金属の場合は $t = 1.50[\text{mm}]$ 以上とする。

表 3：平底たて置円筒形容器板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
吸着塔入口バッファタンク	胴板	1.50	7.80
	底板	3.00	23.70
移送タンク	胴板	3.00	4.60
	底板	3.00	14.45

c. 三脚たて置円筒形容器

三脚たて置円筒形容器については、設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価の結果、最高使用圧力に耐えられることを確認した（表 4）。

$$t = \frac{PD_i}{2S\eta - 1.2P}$$

t ：胴の計算上必要な厚さ
 D_i ：胴の内径
 P ：最高使用圧力
 S ：最高使用温度における材料の許容引張応力
 η ：長手継手の効率

ただし、 t の値は炭素鋼、低合金鋼の場合は $t = 3.00[\text{mm}]$ 以上、その他の金属の場合は $t = 1.50[\text{mm}]$ 以上とする。

表 4：三脚たて置円筒形容器板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
出口フィルタ	胴板	1.92	3.50
	鏡板	1.34	3.10

d. 円筒型タンク

円筒型タンクについては、設計・建設規格に準拠し、板厚評価を実施した。評価の結果、水頭圧に耐えられることを確認した（表 5）。

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

t : 胴の計算上必要な厚さ

Di : 胴の内径

H : 水頭

ρ : 液体の比重

S : 最高使用温度における材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

ただし、t の値は炭素鋼，低合金鋼の場合は t = 3.00[mm]以上，その他の金属の場合は t = 1.50[mm]以上とする。

表 5：円筒型タンク板厚評価結果

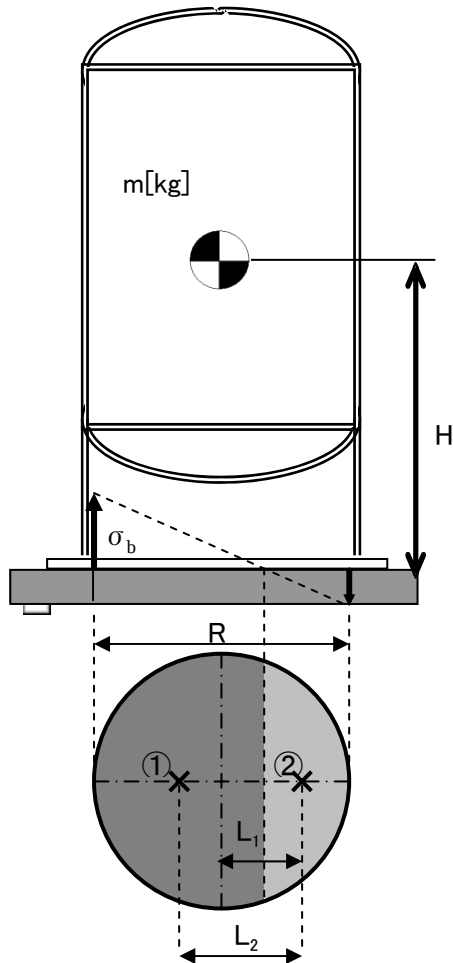
機器名称	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
サンプルタンク	タンク板厚	5.89	12.00

(2)耐震性評価

a. スカート支持たて置円筒形容器

(a) 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果，基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表 6）。



m : 機器重量

g : 重力加速度

H : 据付面からの重心までの距離

n : 基礎ボルトの本数

A_b : 基礎ボルトの軸断面積

C_H : 水平方向設計震度

C_V : 鉛直方向設計震度

C_t : 中立軸の位置より求める係数

σ_b : 基礎ボルトに作用する引張応力

F_t : 基礎ボルトに作用する引張力

① : 基礎ボルトに作用する引張力の作用点

② : 基礎部に作用する圧縮力の作用点

R : 基礎ボルトのピッチ円直径

L_1 : 基礎ボルトのピッチ円中心から②までの距離

L_2 : ①から②までの距離

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力: } F_t = \frac{1}{L_2} \left(m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1 \right)$$

$$\text{基礎ボルトに作用する引張応力: } \sigma_b = \frac{2\pi \times F_t}{n \times A_b \times C_t}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力: } \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

(b) 胴板の強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して、胴板の強度評価を実施した。

一次一般膜応力 σ_0 を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表 [6](#))。

$$\sigma_0 = \text{Max}\{\sigma_{0t}, \sigma_{0c}\}$$

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

σ_{0t} : 一次一般膜応力 (引張側)

σ_{0c} : 一次一般膜応力 (圧縮側)

σ_ϕ : 胴の周方向応力の和

σ_{xt} : 胴の軸方向応力の和 (引張側)

σ_{xc} : 胴の軸方向応力の和 (圧縮側)

τ : 地震により胴に生じるせん断応力

(c) スカートの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して、スカートの強度評価を実施した。

組合せ応力 σ_s を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表 [6](#))。

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

σ_1 : スカートの質量による軸方向応力

σ_2 : スカートの鉛直方向地震による軸方向応力

σ_3 : スカートの曲げモーメントによる軸方向応力

τ : 地震によるスカートに生じるせん断応力

また、座屈評価を下記の式により行い、スカートに座屈が発生しないことを確認した(表 [6](#))。

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_3}{f_b} \leq 1$$

σ_1 : スカートの質量による軸方向応力

σ_2 : スカートの鉛直方向地震による軸方向応力

σ_3 : スカートの曲げモーメントによる軸方向応力

f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力

f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力

η : 座屈応力に対する安全率

表 6：スカート支持たて置円筒形容器耐震評価結果（1 / 2）

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
バッチ処理 タンク	胴板	一次一般膜	0.36	15	163	MPa
	スカート	組合せ	0.36	10	205	MPa
		座屈	0.36	0.05	1	-
	基礎 ボルト	引張	0.36	1	130	MPa
		せん断	0.36	33	101	MPa
循環タンク	胴板	一次一般膜	0.36	8	163	MPa
	スカート	組合せ	0.36	9	205	MPa
		座屈	0.36	0.04	1	-
	基礎 ボルト	引張	0.36	1	131	MPa
		せん断	0.36	18	101	MPa
デカント タンク	胴板	一次一般膜	0.36	12	233	MPa
	スカート	組合せ	0.36	17	241	MPa
		座屈	0.36	0.10	1	-
	基礎 ボルト	引張	0.36	1	440	MPa
		せん断	0.36	21	338	MPa
共沈タンク	胴板	一次一般膜	0.36	5	233	MPa
	スカート	組合せ	0.36	10	241	MPa
		座屈	0.36	0.05	1	-
	基礎 ボルト	引張	0.36	11	180	MPa
		せん断	0.36	11	139	MPa
供給タンク	胴板	一次一般膜	0.36	6	233	MPa
	スカート	組合せ	0.36	11	241	MPa
		座屈	0.36	0.06	1	-
	基礎 ボルト	引張	0.36	9	180	MPa
		せん断	0.36	13	139	MPa
吸着塔	胴板	一次一般膜	0.36	41	163	MPa
	スカート	組合せ	0.36	4	205	MPa
		座屈	0.36	0.02	1	-
	基礎 ボルト	引張	0.36	2	131	MPa
		せん断	0.36	3	101	MPa
処理カラム	胴板	一次一般膜	0.36	48	163	MPa
	スカート	組合せ	0.36	4	205	MPa
		座屈	0.36	0.02	1	-
	基礎 ボルト	引張	0.36	1	131	MPa
		せん断	0.36	12	101	MPa

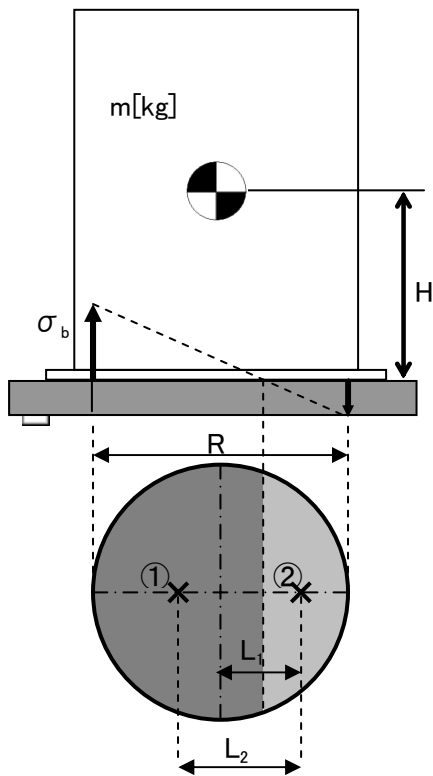
表 6：スカート支持たて置円筒形容器耐震評価結果（2 / 2）

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
バッチ処理 タンク	胴板	一次一般膜	0.80	21	163	MPa
	スカート	組合せ	0.80	17	205	MPa
		座屈	0.80	0.08	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	75	131	MPa
		せん断	0.80	26	101	MPa
循環タンク	胴板	一次一般膜	0.80	12	163	MPa
	スカート	組合せ	0.80	16	205	MPa
		座屈	0.80	0.07	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	42	121	MPa
		せん断	0.80	39	101	MPa
デカント タンク	胴板	一次一般膜	0.80	20	233	MPa
	スカート	組合せ	0.80	32	241	MPa
		座屈	0.80	0.17	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	63	440	MPa
		せん断	0.80	47	338	MPa
共沈タンク	胴板	一次一般膜	0.80	8	233	MPa
	スカート	組合せ	0.80	20	241	MPa
		座屈	0.80	0.10	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	72	180	MPa
		せん断	0.80	25	139	MPa
供給タンク	胴板	一次一般膜	0.80	10	233	MPa
	スカート	組合せ	0.80	21	241	MPa
		座屈	0.80	0.10	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	73	180	MPa
		せん断	0.80	28	139	MPa
吸着塔	胴板	一次一般膜	0.80	41	163	MPa
	スカート	組合せ	0.80	8	205	MPa
		座屈	0.80	0.04	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	16	131	MPa
		せん断	0.80	7	101	MPa
処理カラム	胴板	一次一般膜	0.80	48	163	MPa
	スカート	組合せ	0.80	8	205	MPa
		座屈	0.80	0.03	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	39	131	MPa
		せん断	0.80	26	101	MPa

b. 平底たて置円筒形容器

(a) 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果，基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表7）。



m : 機器重量

g : 重力加速度

H : 据付面からの重心までの距離

n : 基礎ボルトの本数

A_b : 基礎ボルトの軸断面積

C_H : 水平方向設計震度

C_V : 鉛直方向設計震度

C_t : 中立軸の位置より求める係数

σ_b : 基礎ボルトに作用する引張応力

F_t : 基礎ボルトに作用する引張力

① : 基礎ボルトに作用する引張力の作用点

② : 基礎部に作用する圧縮力の作用点

R : 基礎ボルトのピッチ円直径

L_1 : 基礎ボルトのピッチ円中心から②までの距離

L_2 : ①から②までの距離

$$\text{基礎ボルトに作用する引張力: } F_t = \frac{1}{L_2} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力: } \sigma_b = \frac{2\pi \times F_t}{n \times A_b \times C_t}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力: } \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

(b) 胴板の強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して、胴板の強度評価を実施した。

一次一般膜応力 σ_0 を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表7)。

$$\sigma_0 = \text{Max}\{\sigma_{0t}, \sigma_{0c}\}$$

$$\sigma_{0t} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

$$\sigma_{0c} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\}$$

σ_{0t} : 一次一般膜応力 (引張側)

σ_{0c} : 一次一般膜応力 (圧縮側)

σ_ϕ : 胴の周方向応力の和

σ_{xt} : 胴の軸方向応力の和 (引張側)

σ_{xc} : 胴の軸方向応力の和 (圧縮側)

τ : 地震により胴に生じるせん断応力

また、座屈評価を下記の式により行い、胴板に座屈が発生しないことを確認した(表7)。

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_3}{f_b} \leq 1$$

σ_1 : 胴の空質量による軸方向圧縮応力

σ_2 : 胴の鉛直方向地震による軸方向応力

σ_3 : 胴の水平方向地震による軸方向応力

f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力

f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力

η : 座屈応力に対する安全率

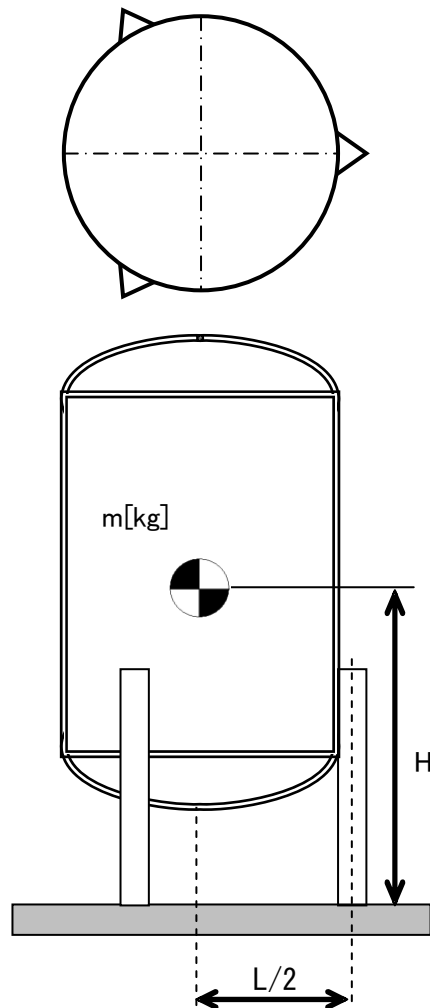
表 7：平底たて置円筒形容器耐震評価結果

機器名称	評価部位		水平震度	算出値	許容値	単位
吸着塔入口 バッファタ ンク	胴板	一次 一般膜	0.36	7	163	MPa
		座屈	0.36	0.04	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.36	6	131	MPa
		せん断	0.36	10	101	MPa
	胴板	一次 一般膜	0.80	14	163	MPa
		座屈	0.80	0.08	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	55	131	MPa
		せん断	0.80	21	101	MPa
移送タンク	胴板	一次 一般膜	0.36	5	233	MPa
		座屈	0.36	0.03	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.36	2	180	MPa
		せん断	0.36	12	139	MPa
	胴板	一次 一般膜	0.80	11	233	MPa
		座屈	0.80	0.05	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	52	180	MPa
		せん断	0.80	26	139	MPa

c. 三脚たて置円筒形容器

(a) 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 縦形容器用レグ」の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表 8）。



L : 脚断面の図心の描く円の直径

m : 機器重量

g : 重力加速度

H : 据付面からの重心までの距離

A_b : 基礎ボルトの軸断面積

C_H : 水平方向設計震度

C_V : 鉛直方向設計震度

$$\text{基礎ボルトの引張応力: } \sigma_b = \frac{1}{3 \times A_b} \left(\frac{4 \times m \times g \times C_H \times H}{L} - m \times g \times (1 - C_V) \right)$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力: } \tau_b = \frac{1}{3 \times A_b} (m \times g \times C_H - 0.1 \times m \times g \times (1 - C_V))$$

(b)脚の強度評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 縦形容器用レグ」の強度評価方法に準拠して、脚の強度評価を実施した。

組合せ応力 σ_s を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表8)。

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

σ_1 : 脚の質量による軸方向応力

σ_2 : 脚の鉛直方向地震による軸方向応力

σ_3 : 脚の曲げモーメントによる軸方向応力

τ : 地震による脚に生じるせん断応力

また、座屈評価を下記の式により行い、脚に座屈が発生しないことを確認した(表8)。

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_1 + \sigma_2)}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_3}{f_b} \leq 1$$

σ_1 : 脚の質量による軸方向応力

σ_2 : 脚の鉛直方向地震による軸方向応力

σ_3 : 脚の曲げモーメントによる軸方向応力

f_c : 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力

f_b : 曲げモーメントに対する許容座屈応力

η : 座屈応力に対する安全率

(c)胴板の強度評価

耐震設計技術規程並びに「JPI-7R-71-96 石油学会規格 縦形容器用レグ」の強度評価方法に準拠して、胴板の強度評価を実施した。

一次一般膜応力 σ_0 を下記の通り評価し、許容値を下回ることを確認した(表8)。

$$\sigma_0 = \text{Max}\{\sigma_{0\phi}, \sigma_{0x}\}$$

$$\sigma_{0x} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x5} + \sigma_{x7}$$

$$\sigma_{0\phi} = \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi7}$$

$\sigma_{0\phi}$: 一次一般膜応力 (周方向)

σ_{0x} : 一次一般膜応力 (軸方向)

$\sigma_{\phi1}$: 内圧による周方向応力

σ_{x1} : 内圧による軸方向応力

σ_{x2} : 運転時質量による軸方向応力

σ_{x5} : 地震力により生じる

転倒モーメントによる軸方向応力

$\sigma_{\phi7}$: 胴の鉛直方向地震による周方向応力

σ_{x7} : 胴の鉛直方向地震による軸方向応力

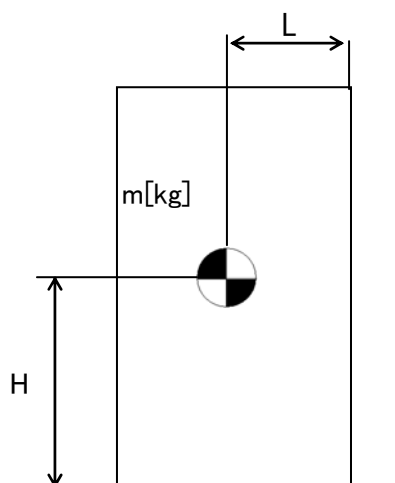
表 8：三脚たて置円筒形容器耐震評価結果

機器名称	評価部位		水平震度	算出値	許容値	単位
出口 フィルタ	胴板	一次一般膜	0.36	37	163	MPa
	脚	組合せ	0.36	57	205	MPa
		座屈	0.36	0.29	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.36	37	153	MPa
		せん断	0.36	3	118	MPa
	胴板	一次一般膜	0.80	37	163	MPa
	脚	組合せ	0.80	120	205	MPa
		座屈	0.80	0.61	1	－
	基礎 ボルト	引張	0.80	92	153	MPa
		せん断	0.80	6	118	MPa

c. 円筒型タンク

(a) 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さいことから、転倒しないことを確認した（表 9）。



C_H ： 水平方向設計震度

m ： 機器質量

g ： 重力加速度

H ： 据付面からの重心までの距離

L ： 転倒支点から機器重心までの距離

地震による転倒モーメント： $M_1 = m \times g \times C_H \times H$

自重による安定モーメント： $M_2 = m \times g \times L$

表 9 : 円筒型タンク耐震評価結果

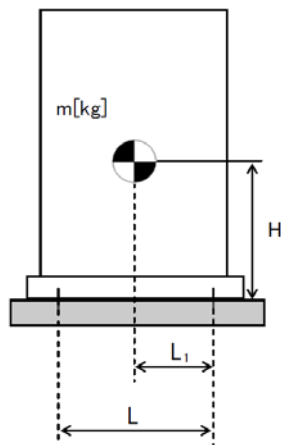
機器名称	評価部位	評価項目	水平地震動	算出値	許容値	単位
サンプルタンク	本体	転倒	0.36	2.20×10^{10}	7.20×10^{10}	N・mm
			0.80	4.80×10^{10}		

1.2.3 スキッド

(1) 耐震性評価

a. 基礎ボルトの強度評価

耐震設計技術規程の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果、基礎ボルトの強度が確保されることを確認した（表 10）。



L : 基礎ボルト間の水平方向距離

m : 機器重量

g : 重力加速度

H : 据付面からの重心までの距離

L₁ : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離

n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数

n : 基礎ボルトの本数

A_b : 基礎ボルトの軸断面積

C_H : 水平方向設計震度

C_V : 鉛直方向設計震度

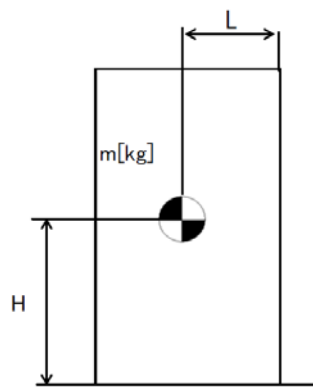
$$\text{基礎ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} (m \times g \times C_H \times H - m \times g \times (1 - C_V) \times L_1)$$

$$\text{基礎ボルトの引張応力} : \sigma_b = \frac{F_b}{n_f \times A_b}$$

$$\text{基礎ボルトのせん断応力} : \tau_b = \frac{m \times g \times C_H}{n \times A_b}$$

b. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さく、転倒しないことを確認した。また、地震による転倒モーメント＞自重による安定モーメントとなるものについては、a. での計算により基礎ボルトの強度が確保されることから転倒しないことを確認した（表 [10](#)）。



C_H : 水平方向設計震度

m : 機器重量

g : 重力加速度

H : 据付面からの重心までの距離

L : 転倒支点から機器重心までの距離

地震による転倒モーメント : $M_1 = m \times g \times C_H \times H$

自重による安定モーメント : $M_2 = m \times g \times L$

表 10：スキッド耐震評価結果（1 / 4）

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
バッチ処理タンク スキッド	本体	転倒	0.36	9.27×10^8	1.08×10^9	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	23	139	MPa
バッチ処理タンク 用弁スキッド	本体	転倒	0.36	5.29×10^6	1.85×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	6	139	MPa
循環タンク スキッド	本体	転倒	0.36	4.04×10^8	4.94×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	25	139	MPa
循環タンク 用弁スキッド	本体	転倒	0.36	5.42×10^6	1.16×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	8	139	MPa
スラリー移送ポンプ スキッド	本体	転倒	0.36	1.80×10^6	5.75×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	5	139	MPa
クロスフローフィルタ スキッド1	本体	転倒	0.36	6.80×10^7	1.40×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	16	139	MPa
デカントタンク スキッド	本体	転倒	0.36	4.71×10^8	7.95×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	50	139	MPa
共沈・供給タンク スキッド	本体	転倒	0.36	9.16×10^7	1.56×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	16	139	MPa
クロスフローフィルタ スキッド2	本体	転倒	0.36	1.14×10^8	2.11×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	25	139	MPa
吸着塔入口 バッファタンク スキッド	本体	転倒	0.36	8.61×10^7	1.04×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	13	139	MPa
ブースターポンプ1 スキッド	本体	転倒	0.36	2.56×10^6	7.62×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	5	139	MPa
ブースターポンプ2 スキッド	本体	転倒	0.36	2.44×10^6	8.36×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	5	139	MPa

※引張評価の算出値「－」については、引張応力が作用していない。

表 10：スキッド耐震評価結果（2 / 4）

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
吸着塔 スキッド 1	本体	転倒	0.36	1.50×10^8	2.28×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	21	139	MPa
吸着塔 スキッド 2	本体	転倒	0.36	1.33×10^8	1.91×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	19	139	MPa
吸着塔 スキッド 3	本体	転倒	0.36	1.33×10^8	1.91×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	19	139	MPa
吸着塔 スキッド 4	本体	転倒	0.36	1.22×10^8	1.88×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	18	139	MPa
処理カラム スキッド	本体	転倒	0.36	1.04×10^8	1.43×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	13	139	MPa
出口移送 スキッド	本体	転倒	0.36	3.12×10^7	9.77×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	18	139	MPa
ALPS入口弁 スキッド（Ⅰ）	本体	転倒	0.36	1.89×10^7	6.14×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	5	139	MPa
ALPS入口弁 スキッド（Ⅱ）	本体	転倒	0.36	3.13×10^6	1.42×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	3	139	MPa
ALPS出口弁 スキッド	本体	転倒	0.36	6.57×10^6	2.27×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	3	139	MPa
排水タンク スキッド	本体	転倒	0.36	2.90×10^7	8.44×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	18	139	MPa
HIC遮へい体	本体	転倒	0.36	9.28×10^7	2.05×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.36	－	－	MPa
		せん断	0.36	23	139	MPa

※引張評価の算出値「－」については、引張応力が作用していない。

表 10：スキッド耐震評価結果（3 / 4）

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
バッチ処理タンク スキッド	本体	転倒	0.80	2.06×10^9	1.08×10^9	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	116	171	MPa
		せん断	0.80	51	139	MPa
バッチ処理タンク 用弁スキッド	本体	転倒	0.80	1.18×10^7	1.85×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	—	—	MPa
		せん断	0.80	13	139	MPa
循環タンク スキッド	本体	転倒	0.80	8.97×10^8	4.94×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	112	165	MPa
		せん断	0.80	55	139	MPa
循環タンク 用弁スキッド	本体	転倒	0.80	1.21×10^7	1.16×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	1	180	MPa
		せん断	0.80	17	139	MPa
スラリー移送ポンプ スキッド	本体	転倒	0.80	4.00×10^6	5.75×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	—	—	MPa
		せん断	0.80	10	139	MPa
クロスフローフィルタ スキッド 1	本体	転倒	0.80	1.52×10^8	1.40×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	4	180	MPa
		せん断	0.80	36	139	MPa
デカントタンク スキッド	本体	転倒	0.80	1.05×10^9	7.95×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	44	73	MPa
		せん断	0.80	112	139	MPa
共沈・供給タンク スキッド	本体	転倒	0.80	2.04×10^8	1.56×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	11	180	MPa
		せん断	0.80	35	139	MPa
クロスフローフィルタ スキッド 2	本体	転倒	0.80	2.53×10^8	2.11×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	14	166	MPa
		せん断	0.80	54	139	MPa
吸着塔入口 バッファタンク スキッド	本体	転倒	0.80	1.92×10^8	1.04×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	57	180	MPa
		せん断	0.80	27	139	MPa
ブースターポンプ 1 スキッド	本体	転倒	0.80	5.69×10^6	7.62×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	—	—	MPa
		せん断	0.80	11	139	MPa
ブースターポンプ 2 スキッド	本体	転倒	0.80	5.41×10^6	8.36×10^6	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	—	—	MPa
		せん断	0.80	11	139	MPa

※引張評価の算出値「—」については、引張応力が作用していない。

表 10：スキッド耐震評価結果（4 / 4）

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
吸着塔 スキッド 1	本体	転倒	0.80	3.32×10^8	2.28×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	35	177	MPa
		せん断	0.80	47	139	MPa
吸着塔 スキッド 2	本体	転倒	0.80	2.94×10^8	1.91×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	34	180	MPa
		せん断	0.80	41	139	MPa
吸着塔 スキッド 3	本体	転倒	0.80	2.94×10^8	1.91×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	34	180	MPa
		せん断	0.80	41	139	MPa
吸着塔 スキッド 4	本体	転倒	0.80	2.70×10^8	1.88×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	27	180	MPa
		せん断	0.80	39	139	MPa
処理カラム スキッド	本体	転倒	0.80	2.30×10^8	1.43×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	31	180	MPa
		せん断	0.80	28	139	MPa
出口移送 スキッド	本体	転倒	0.80	6.93×10^7	9.77×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	－	－	MPa
		せん断	0.80	40	139	MPa
ALPS入口弁 スキッド（Ⅰ）	本体	転倒	0.80	4.19×10^7	6.14×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	－	－	MPa
		せん断	0.80	10	139	MPa
ALPS入口弁 スキッド（Ⅱ）	本体	転倒	0.80	6.96×10^6	1.42×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	－	－	MPa
		せん断	0.80	7	139	MPa
ALPS出口弁 スキッド	本体	転倒	0.80	1.46×10^7	2.27×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	－	－	MPa
		せん断	0.80	6	139	MPa
排水タンク スキッド	本体	転倒	0.80	6.44×10^7	8.44×10^7	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	－	－	MPa
		せん断	0.80	40	139	MPa
HIC遮へい体	本体	転倒	0.80	2.07×10^8	2.05×10^8	N・mm
	基礎 ボルト	引張	0.80	1	173	MPa
		せん断	0.80	50	139	MPa

※引張評価の算出値「－」については、引張応力が作用していない。

1.2.4 高性能容器

(1) 構造強度評価

高性能容器本体は、ポリエチレン製の容器であり設計・建設規格の要求に適合するものではない。しかしながら、高性能容器は、米国において低レベル放射性廃棄物の最終処分に使用されている容器であり、米国 NRC (Nuclear Regulatory Commission, 原子力規制委員会) から権限を委譲されたサウスカロライナ州健康環境局 (S.C. Department of Health and Environmental Control) の認可を得ており、多数の使用実績がある。

a. 収容物重量に対する評価

高性能容器の収容物重量は容積から決定しており、当該型式の高性能容器の設計重量は約 4.5t である。多核種除去設備で使用する高性能容器への収容物の重量は最大で 3.5t とすることから、収容物重量に対して十分な強度を有している。

b. 圧力に対する評価

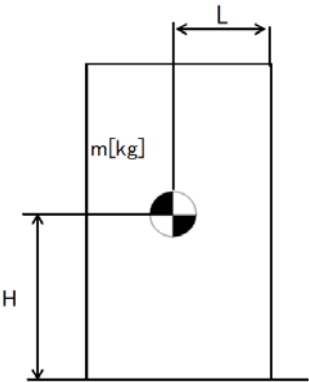
当該型式の高性能容器の外圧に対する設計圧力は、25 kPa である。多核種除去設備で用いる高性能容器の外圧は屋外設置のため大気圧程度であることから、設計圧力を満足している。

一方、内圧に対しては、サウスカロライナ州健康環境局の認可に当たり、50 kPa で試験を行い、容器に歪みがないことを確認している。高性能容器は、ベント機能を設けていることから、多核種除去設備で使用する際の内圧は、大気圧程度となり、試験圧力を満足している。

(2)耐震性評価

a. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し，それらを比較することにより転倒評価を行った。評価の結果，地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さく，転倒しないことを確認した（表 [1.1](#)）。



C_H ：水平方向設計震度
 m ：機器重量
 g ：重力加速度
 H ：据付面からの重心までの距離
 L ：転倒支点から機器重心までの距離

地震による転倒モーメント： $M_1 = m \times g \times C_H \times H$
自重による安定モーメント： $M_2 = m \times g \times L$

表 [1.1](#) 評価結果

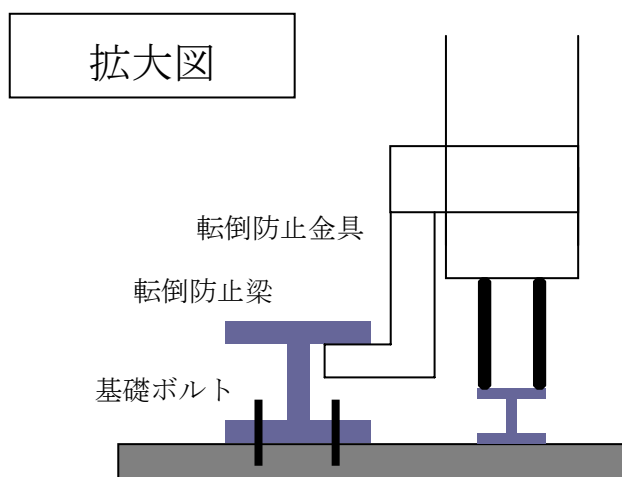
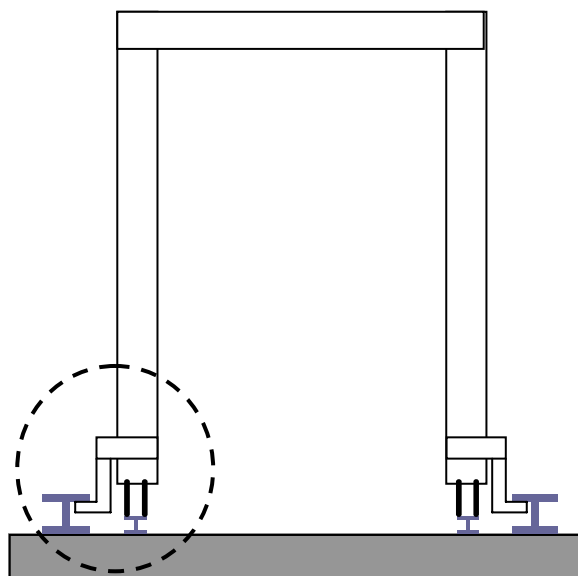
機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
高性能容器 (補強体付き)	本体	転倒	0.36	2.04×10^7	4.56×10^7	N・mm
			0.80	4.52×10^7		

1.2.5 クレーン類

(1)耐震性評価

a. 基礎ボルト等の強度評価

耐震設計技術規程並びに「クレーン構造規格」の強度評価方法に準拠して評価を実施した。評価の結果、基礎ボルト・転倒防止金具・転倒防止梁の強度が確保されることを確認した（表1.2）。



b. 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらを比較することにより転倒評価を実施した。評価の結果、地震による転倒モーメントが自重による安定モーメントより小さくなるものについては、転倒しないことを確認した。また、地震による転倒モーメントが自重による安定モーメントより大きくなるものについては、a. での計算により基礎ボルト・転倒防止金具・転倒防止梁の強度が確保されることから転倒しないことを確認した（表1.2）。

表 1.2：クレーン類耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
高性能容器 交換用クレーン	本体	転倒	0.36	5.47×10^4	7.44×10^4	kg・m
	基礎ボルト	引張	0.36	－	－	kg
	転倒防止金具	変形	0.36	－	－	N/mm ²
	転倒防止梁	変形	0.36	－	－	N/mm ²
	本体	転倒	0.80	1.21×10^5	7.44×10^4	kg・m
	基礎ボルト	引張	0.80	542	1435	kg
	転倒防止金具	変形	0.80	37.7	175	N/mm ²
	転倒防止梁	変形	0.80	12.4	175	N/mm ²
処理カラム 交換用クレーン	本体	転倒	0.36	2.24×10^4	2.25×10^4	kg・m
	基礎ボルト	引張	0.36	－	－	kg
	転倒防止金具	変形	0.36	－	－	N/mm ²
	転倒防止梁	変形	0.36	－	－	N/mm ²
	本体	転倒	0.80	4.96×10^4	2.25×10^4	kg・m
	基礎ボルト	引張	0.80	467	1435	kg
	転倒防止金具	変形	0.80	32.5	175	N/mm ²
	転倒防止梁	変形	0.80	10.7	175	N/mm ²

※ 算出値「－」については、引張荷重・応力が作用していない。

1.2.6 配管

(1) 構造強度評価

a. 配管（鋼管）

配管（鋼管）はステンレスまたは炭素鋼の一般産業品とするため、設計・建設規格の要求には必ずしも適合しない。しかしながら、以下により高い信頼性を確保する。

- ・ 公的規格に適合した配管（鋼管）を選定する。
- ・ 溶接継手は、運転圧による漏えい確認もしくは代替検査を行う。
- ・ 可能な限り工場にて溶接を行い、現地での溶接作業を少なくする。

また、配管（鋼管）には保温材を取り付け凍結防止対策を施す。

b. 配管（ポリエチレン管）

配管（ポリエチレン管）は鋼材ではなく、一般産業品であるため、設計・建設規格の要求に適合するものではない。しかしながら、配管（ポリエチレン管）は、一般に耐食性、電気特性（耐電気腐食）、耐薬品性を有しており、鋼管と同等の信頼性を有している。また、以下により高い信頼性を確保する。

- ・ 日本水道協会規格に適合したポリエチレン管を採用する。
- ・ 継手は、可能な限り融着構造とする。

また、配管（ポリエチレン管）には保温材を取り付け凍結防止対策を施す。なお、本対策は、配管（ポリエチレン管）の紫外線劣化対策を兼ねる。

c. 配管（耐圧ホース）

配管（耐圧ホース）は鋼材ではなく、一般産業品であるため、設計・建設規格の要求に適合するものではない。しかしながら、以下により高い信頼性を確保する。

- ・ 耐圧ホースで発生した過去の不適合のうち、チガヤによる耐圧ホースの貫通に関してはチガヤが生息する箇所においては鉄板敷き等の対策を施す。
- ・ 継手金属と樹脂の結合部（カシメ部）の外れ防止対策として、結合部に外れ防止金具を装着する。
- ・ 通水等による漏えい確認を行う。

(2) 耐震性評価

a. 配管（鋼管）

配管（鋼管）は、原子力発電所の耐震設計に用いられている定ピッチスパン法等によりサポートスパンを確保する。

b. 配管（ポリエチレン管）

配管（ポリエチレン管）は、可撓性を有しており地震により有意な応力は発生しない。

c. 配管（耐圧ホース）

配管（耐圧ホース）は、可撓性を有しており地震により有意な応力は発生しない。

以上

多核種除去設備上屋の耐震性に関する検討結果

1. Bクラス施設としての評価

1.1 評価方針

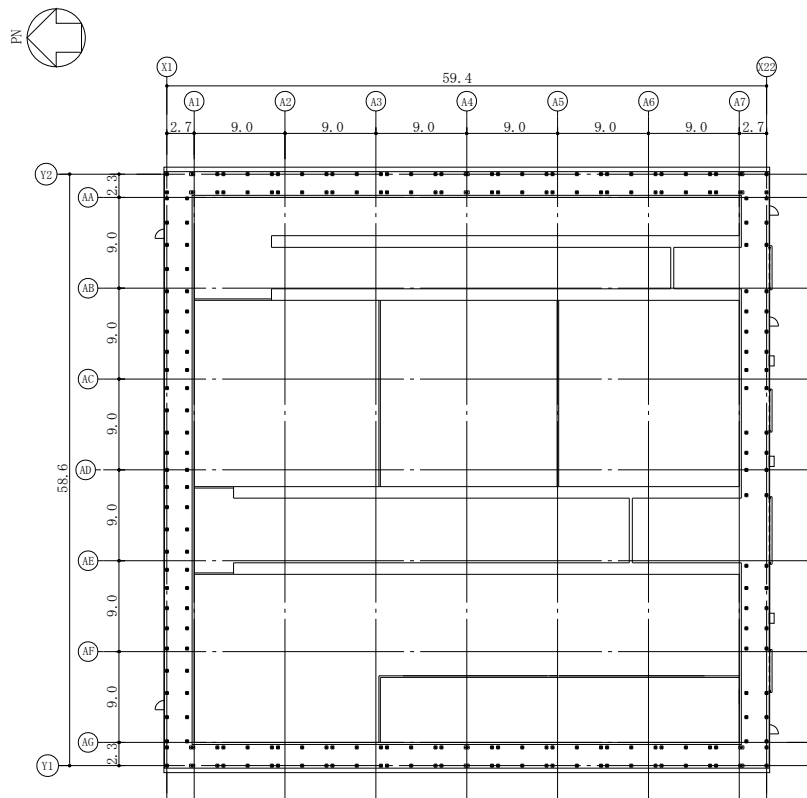
多核種除去設備上屋は、耐震設計審査指針上のBクラス相当の建物と位置づけられるため、耐震Bクラスとしての評価を実施する。

多核種除去設備建屋は、地上1階建で平面が59.4m（NS）×58.6m（EW）の鉄骨造の建物である。基礎底面からの高さは約20.2mであり、地上高さは約18.9mである。基礎スラブは厚さ1.5mのべた基礎で、長期許容支持力170kN/m²以上の地盤に設置する。建屋の平面図及び断面図を図－1～図－4に示す。

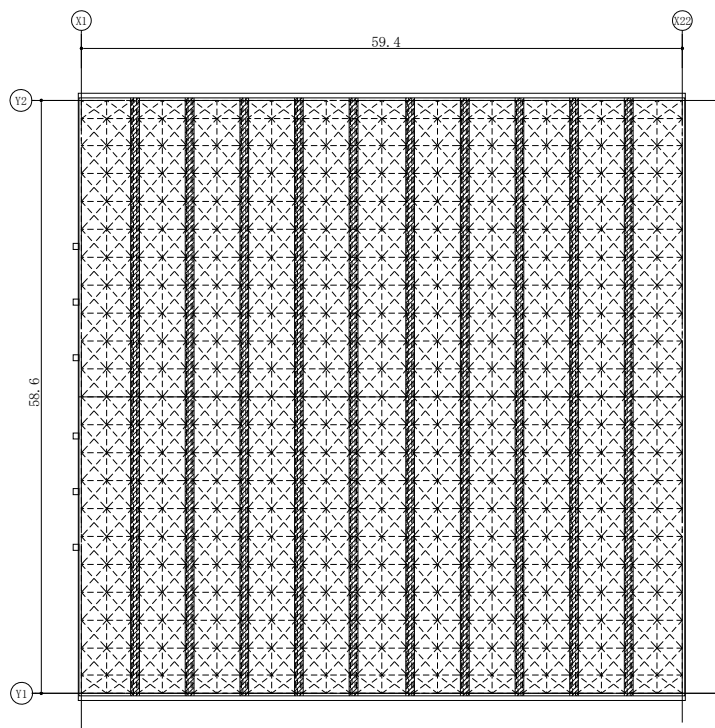
建物に加わる地震時の水平力を、NS方向はブレース、EW方向は柱・梁ともトラス形式のフレームで負担する。

耐震性の評価は、地上1階の地震層せん断力係数として0.3を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。

多核種除去設備建屋の評価手順を図－5に示す。



图一 1 建屋平面图 (O.P. 37.7) (单位 : m)



图一 2 屋根平面图 (O.P. 56.4) (单位 : m)

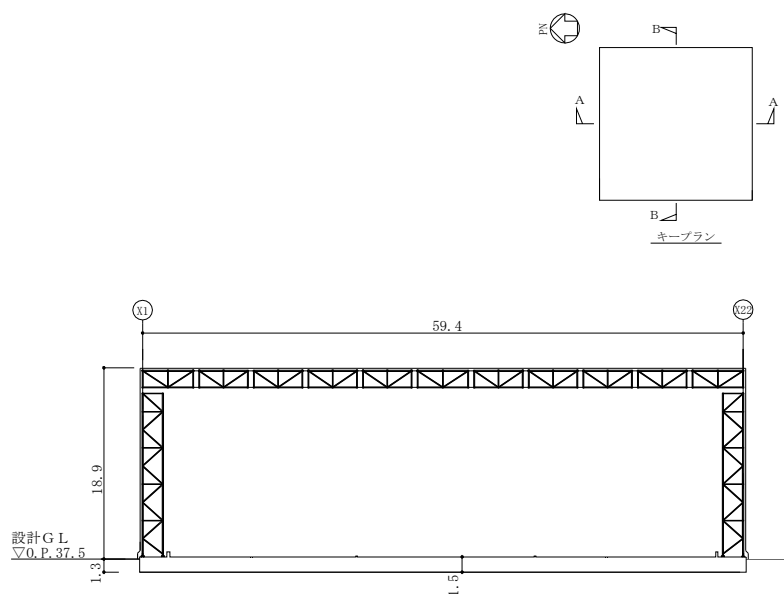


図-3 A-A断面図 (NS 方向) (単位 : m)

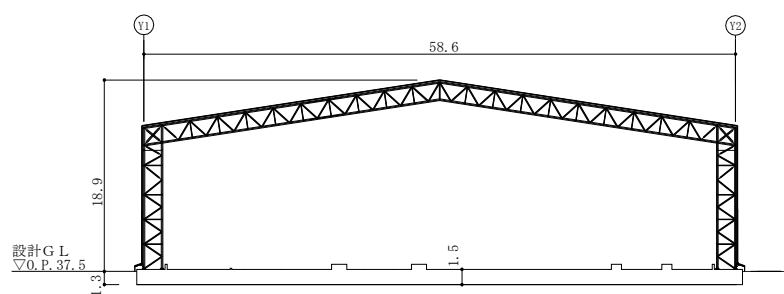
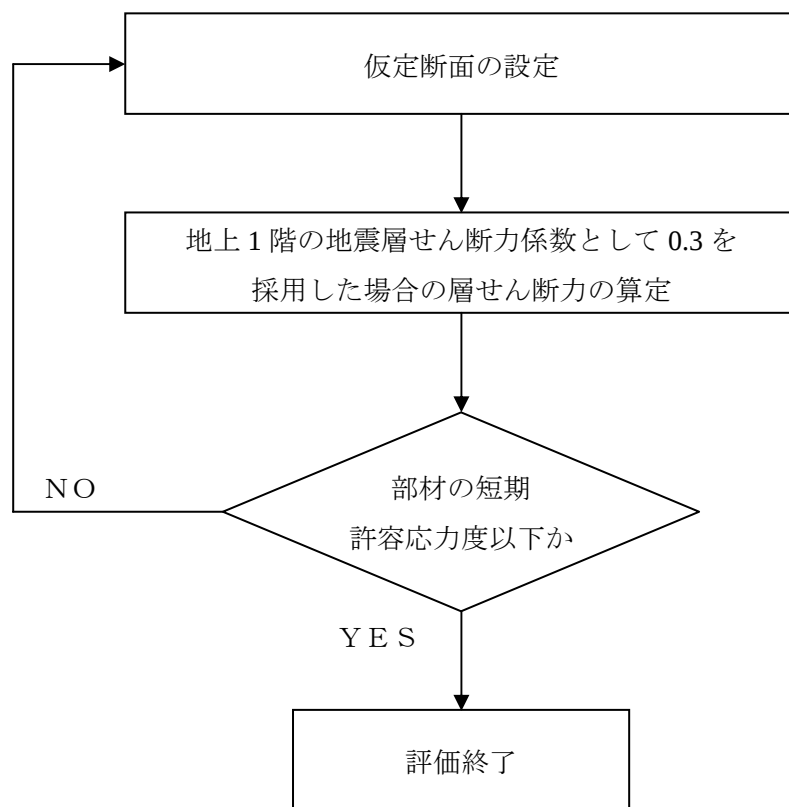


図-4 B-B断面図 (EW 方向) (単位 : m)



図ー5 Bクラス施設としての建屋の耐震安全性評価手順

1.2 評価条件（検討に用いる設計用地震力の設定）

地震層せん断力係数及び設計用地震力を表－１に示す。評価に用いる材料の許容応力度を表－２～表－４に、基礎地盤の許容支持力度を表－５に示す。

表－１ 地震層せん断力係数及び設計用地震力

O. P. (m)	W_i (kN)	地震層せん断力係数		設計用地震力 (S_B) (kN)	
		NS	EW	NS	EW
56.2～37.7	4250	0.30		1275	

表－２ 構造用鋼材の許容応力度

(単位：N/mm²)

	板厚	材料	基準強度 F	許容応力度
構造用鋼材	$t \leq 40\text{mm}$	SS400, SN400B STK400, STKR400	235	「鋼構造設計規準」 に従って左記 F の 値により求める。
	$t \leq 40\text{mm}$	SM490C SNR490B	325	

表－３ コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm²)

		長 期		短 期	
		圧縮	せん断	圧縮	せん断
基礎 スラブ	$F_c = 30$	10	0.79	20	1.18

表－４ 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm²)

		長 期		短 期	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
基礎 スラブ	SD345	215※	195	345	345

※：呼び径 D29 以上の太さの鉄筋に対しては 195 とする。

表－５ 基礎地盤の許容支持力度

(単位：N/mm²)

	長 期	短 期
支持地盤	0.17	0.34

注：建築基準法施行令第 93 条及び平成 13 年国土交通省告示第 1113 号に基づき算定した。

1.3 評価結果

(1) 上部架構の評価結果

解析モデルは、全ての部材を線材置換した立体モデルで、柱脚はピンとする。

検討により得られた部材応力の内、応力度／短期許容応力度が最大となる鉄骨部材の断面検討結果を表－6に示す。

これより鉄骨部材の応力度は、短期許容応力度以下であることを確認した。

表－6 鉄骨部材の応力度と短期許容応力度

部位	荷重条件	応力度 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	応力度／短期許容応力度
トラス梁 (STK400)	積雪荷重	62 (圧縮)	170 (圧縮)	0.37
トラス柱 (STK400)	積雪荷重	56 (圧縮)	162 (圧縮)	0.35

(2) 基礎スラブの評価結果

基礎スラブの応力解析は、弾性地盤上に支持された版として有限要素法を用いて行う。解析モデルは、四辺形の均質等方な板要素により構成し、支持地盤は等価な弾性ばねとしてモデル化する。

必要鉄筋比が最大となる要素と面外せん断力が最大となる要素の断面検討結果を表－ 7 及び表－ 8 に示す。

これより、設計鉄筋比は必要鉄筋比を上回り、また面外せん断力は短期許容せん断力以下であることを確認した。基礎スラブ配筋図を図－ 6 に示す。

なお、基礎地盤に生じる接地圧は短期で最大 0.08 N/mm^2 であり、基礎地盤の短期許容支持力度 0.34 N/mm^2 以内となっている。

表－ 7 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果

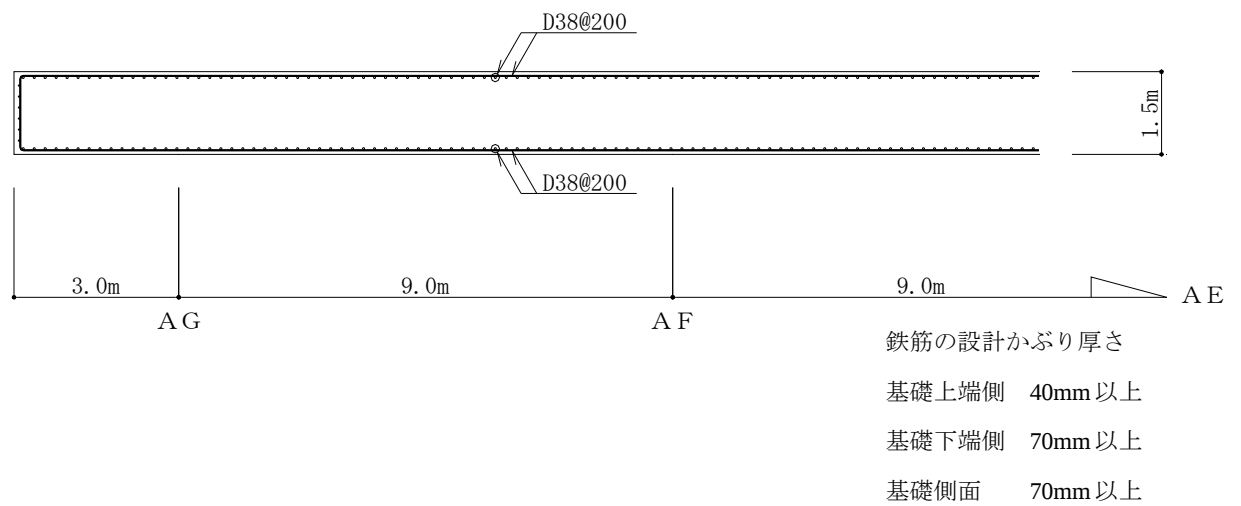
応 力		必要鉄筋比 (%)	設計鉄筋比 (%)	必要鉄筋比 ／設計鉄筋比
軸 力※ (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)			
65	619	0.10	0.38	0.27

※：圧縮を正とする。

表－ 8 面外せん断力に対する検討結果

応 力 面外せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN/m)	応力／短期許容せん断力
500	1316	0.38

以上のことから、設計用地震力に対する耐震安全性は確保されているものと評価した。



図－6 基礎スラブ配筋図（A1 通り）

2.基準地震動 S_s に対する評価

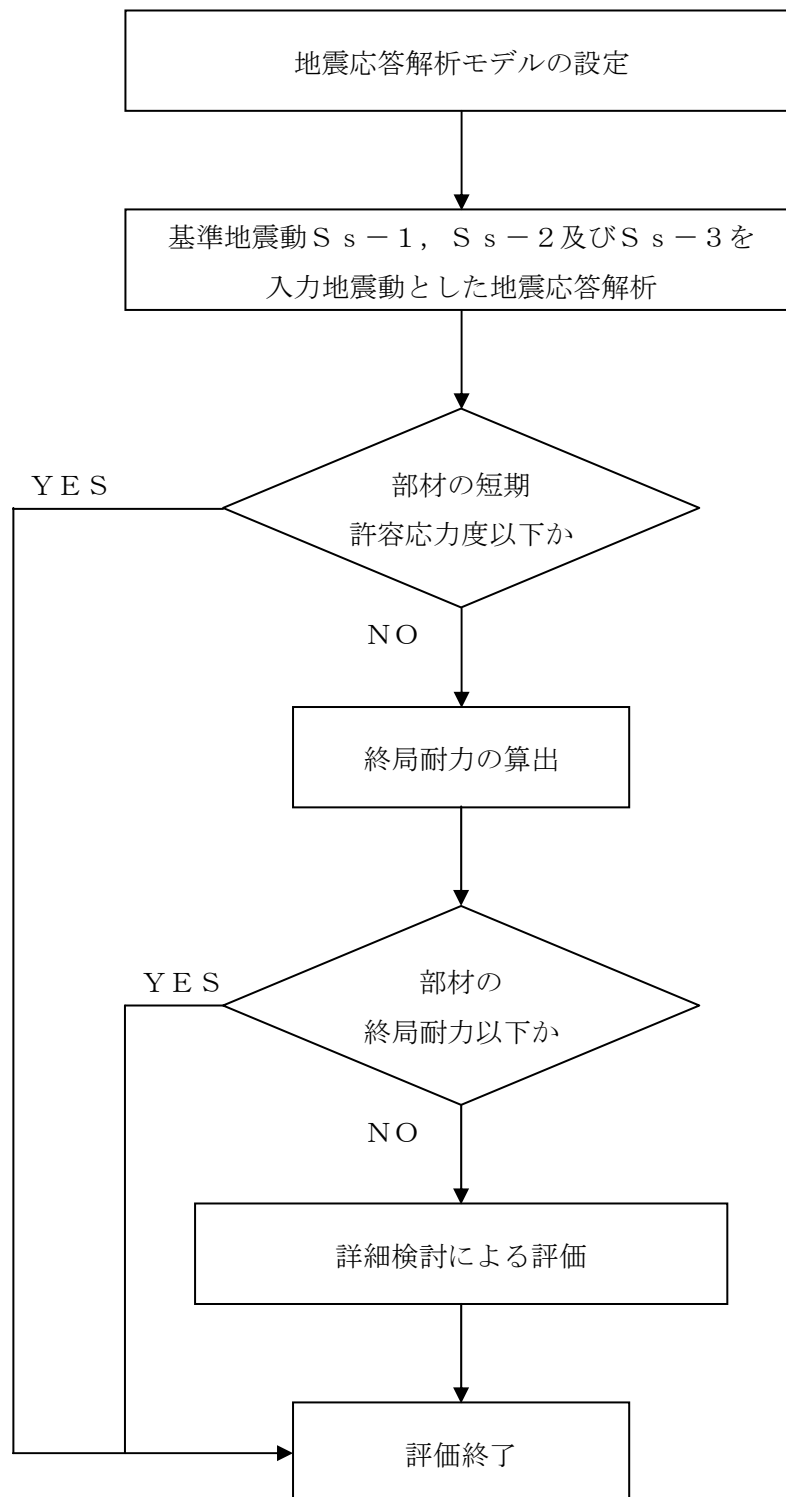
2.1 解析評価方針

建屋について、参考評価として基準地震動 S_s による地震力に対し、崩壊しないことを確認する。

解析モデルは、基礎及び地上階の曲げ、せん断及び軸剛性を評価した質点系モデルとする。

部材の評価は、地震応答解析により得られた当該部位の応力に対して、部材の終局耐力と比較することによって行う。ただし、部材応力が短期許容応力度以下である場合は、終局耐力との比較を省略する。

基準地震動 S_s に対する建屋の耐震性評価手順を図－7に示す。

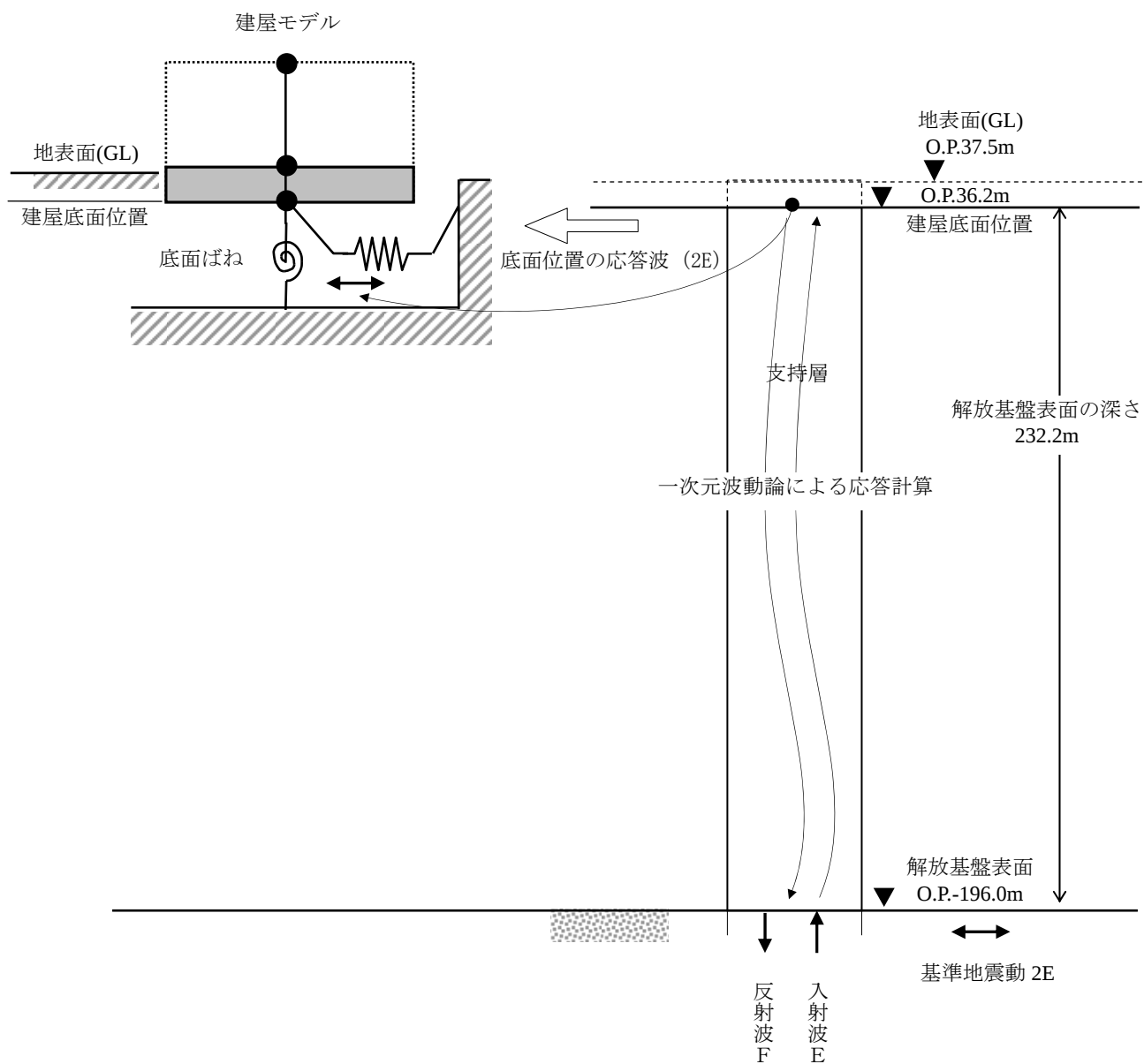


図－7 基準地震動 S_s に対する建屋の耐震性評価手順

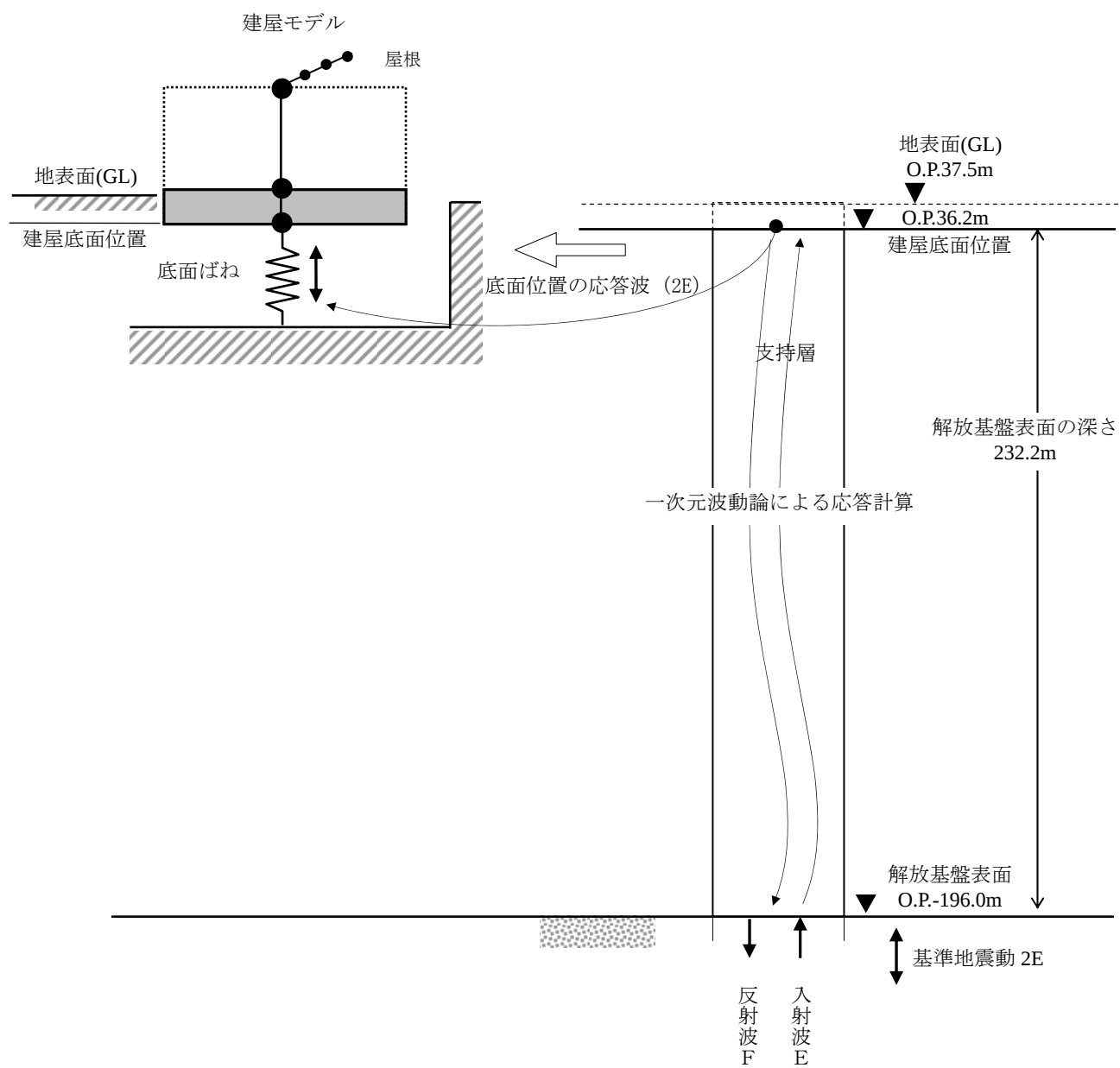
2.2 解析に用いる入力地震動

建屋への入力地震動は、「福島第一原子力発電所『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』の改訂に伴う耐震安全性評価 中間報告書」（原管発管 19 第 603 号 平成 20 年 3 月 31 日付）にて作成した解放基盤表面レベルに想定する $S_s - 1$ 、 $S_s - 2$ 及び $S_s - 3$ に基づき算定することとする。

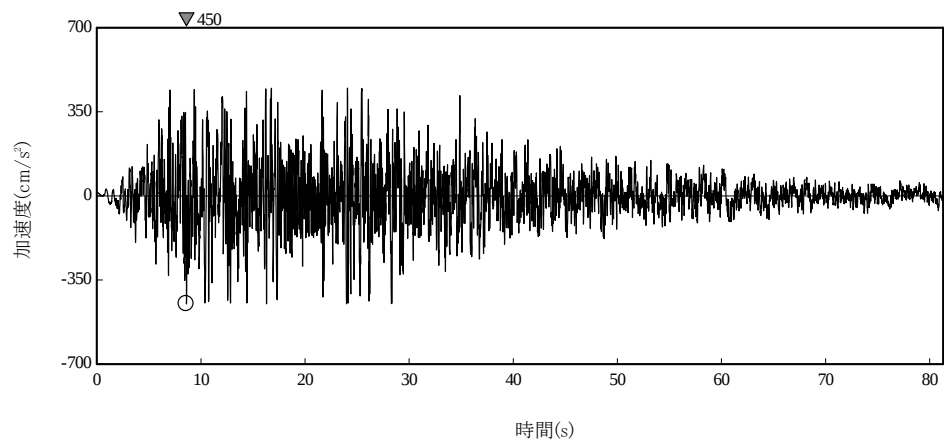
地震応答解析に用いる入力地震動の概念図を図－8 及び図－9 に示す。この建屋の解析モデルは、建屋と地盤の相互作用を考慮したスウェイ・ロッキングモデルである。モデルに入力する地震動は、一次元波動論に基づき、解放基盤表面レベルに想定する基準地震動 S_s に対する地盤の応答として評価する。解放基盤表面位置（O.P.-196.0m）における基準地震動 $S_s - 1$ 、 $S_s - 2$ 及び $S_s - 3$ の加速度波形を図－10 及び図－11 に示す。



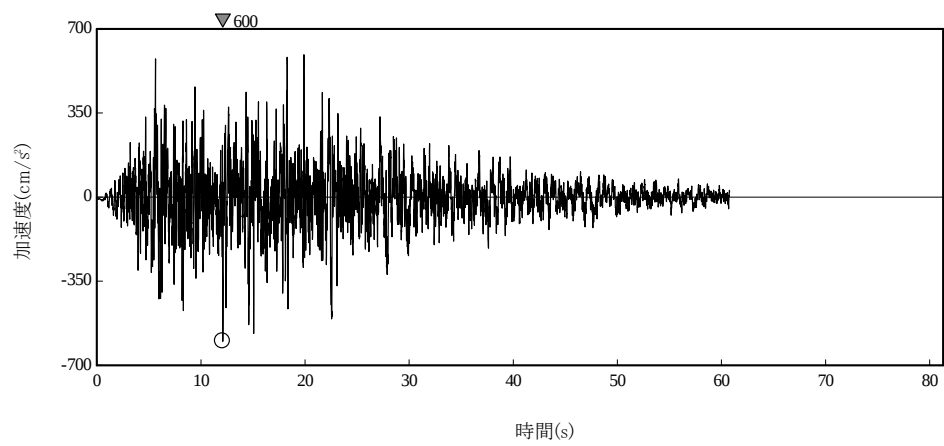
図ー 8 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図（水平方向）



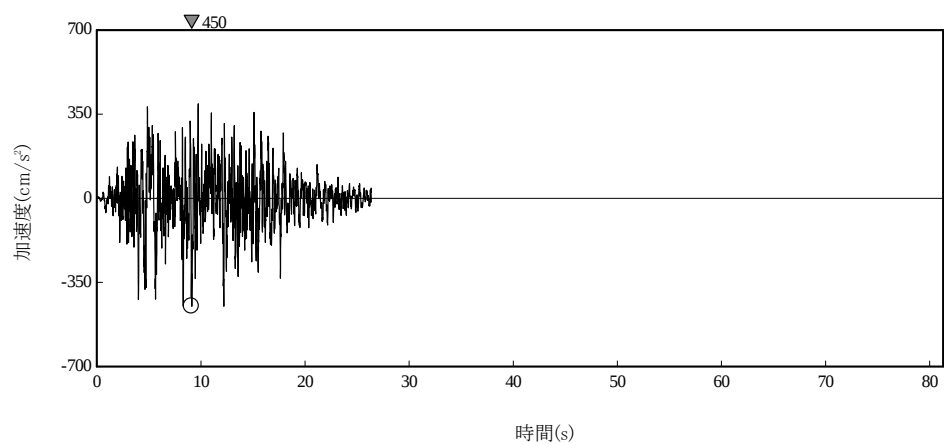
図ー 9 地震応答解析に用いる入力地震動の概念図（鉛直方向）



(S s - 1_H)

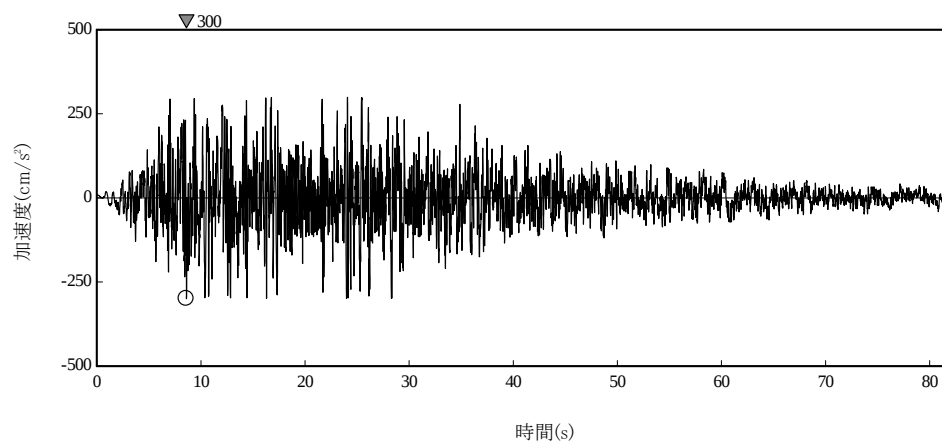


(S s - 2_H)

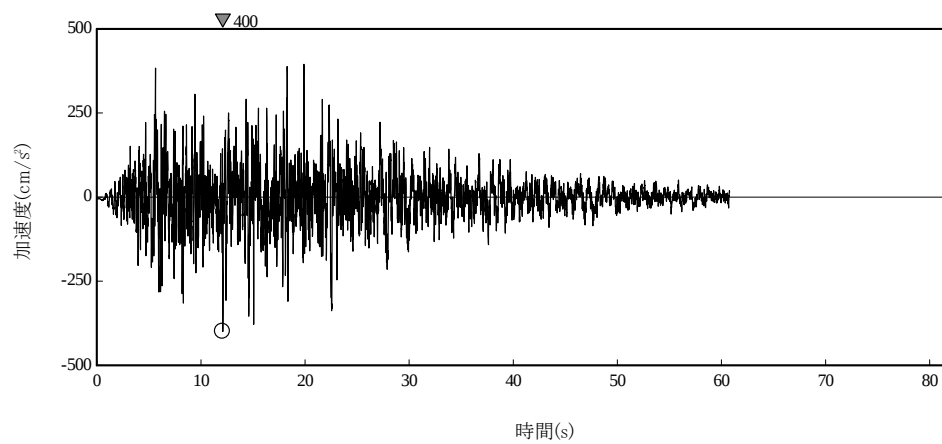


(S s - 3_H)

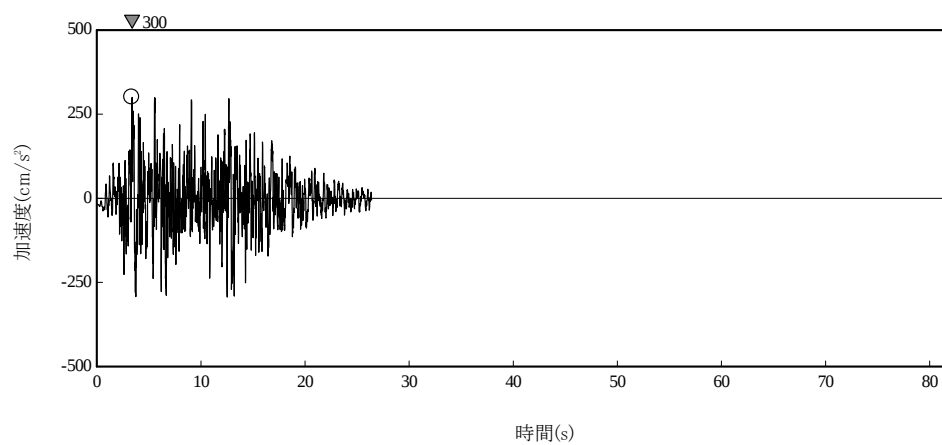
図－１０ 解放基盤表面位置における地震動の加速度波形（水平方向）



(S s - 1 v)



(S s - 2 v)



(S s - 3 v)

図－１ １ 解放基盤表面位置における地震動の加速度波形（鉛直方向）

2.3 地震応答解析モデル

基準地震動 S_s に対する建屋の地震応答解析は、「2.2 解析に用いる入力地震動」で算定した入力地震動を用いた動的解析による。

地震応答解析モデルは、水平方向については建屋の曲げ変形とせん断変形を考慮した質点系、鉛直方向はトラス柱の上下軸変形及びトラス梁の曲げ変形とせん断変形を考慮した質点系とし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成系モデルとする。解析に用いる物性値は以下のとおりとし、建屋解析モデルの諸元を表－9及び表－10に示す。

a) コンクリート

- ・ヤング係数 $E = 2.44 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ($F_c = 30 \text{ N/mm}^2$) ; 基礎部
- ・ポアソン比 $\nu = 0.2$
- ・単位体積重量 $\gamma = 24 \text{ kN/m}^3$
- ・減衰定数 $h = 5\%$

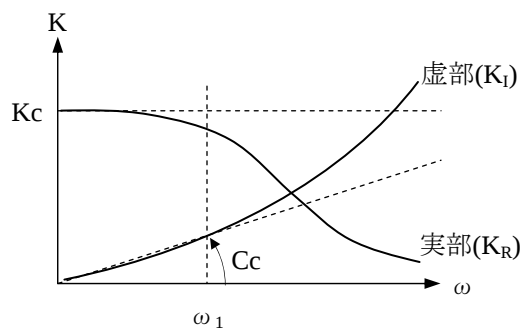
b) 鉄骨

- ・ヤング係数 $E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$
- ・ポアソン比 $\nu = 0.3$
- ・単位体積重量 $\gamma = 77 \text{ kN/m}^3$
- ・減衰定数 $h = 2\%$

地盤定数は、水平成層地盤と仮定し、地震時のせん断ひずみレベルを考慮して定めた。解析に用いた地盤定数を表－11～表－13に示す。

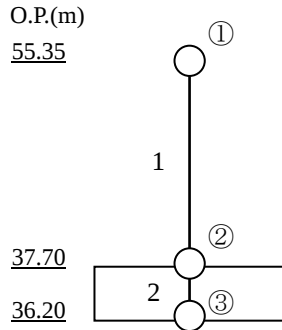
基礎底面地盤ばねについては、「JEAC4601-2008」に示された手法を参考にして、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づいて、水平方向はスウェイ及びロッキングばねを、鉛直方向は鉛直ばねを近似的に評価する。

地盤ばねは振動数に依存した複素剛性として得られるが、図－12に示すようにばね定数 (K_c) として実部の静的な値を、また、減衰係数 (C_c) として建屋－地盤連成系の1次固有振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。



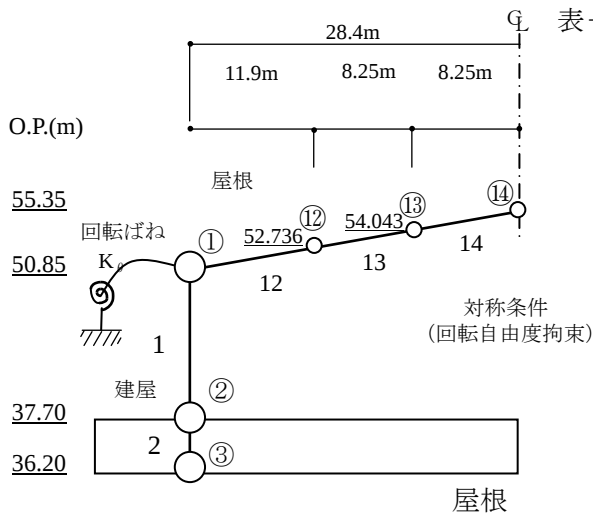
図－12 地盤ばねの近似

表-9 建屋の振動諸元(水平方向)



質点 番号	質点重量 W(kN)	回転慣性 重量 I_G ($\times 10^6 \text{ kN} \cdot \text{m}^2$)	部材 番号	せん断 断面積 $A_s (\text{m}^2)$	断面二次 モーメント $I (\times 10^5 \text{ m}^4)$
①	3700	—	—	—	—
			1	$7.90 \times 10^{-3} \text{ (NS)}$ 29.0×10^{-3}	—
②	132790	39.87	2	3600.0	10.8
			—	—	—
③	64800	19.46	—	—	—
・基礎形状 60.0m(NS) $\times$ 60.0m(EW) $\times$ 1.5m(厚さ) ・総重量 201290 kN					

表-10 建屋の振動諸元(鉛直方向)



建屋

質点 番号	質点重量 W(kN)	部材 番号	軸断面積 A(m ²)
①	1140	—	—
		1	465.0×10^{-3}
②	132790	—	—
		2	3600.0
③	64800	—	—

屋根

質点 番号	質点重量 W(kN)	部材 番号	軸断面積 $A(\times 10^{-3} \text{m}^2)$	せん断 断面積 $A_s(\times 10^{-3} \text{m}^2)$	断面二次 モーメント $I(\text{m}^4)$
①	1140	—	—	—	—
		12	382	67.3	0.277
⑫	1120	13	332	61.8	0.241
		14	354	65.5	0.257
⑬	960	—	—	—	—
⑭	480	—	—	—	—
		—	—	—	—

柱端部回転ばね $K_{\theta} = 2.36 \times 10^7 \text{ kN} \cdot \text{m/rad}$

表－１１ 地盤定数（ $S_s - 1_H$ ）

標高 O. P. (m)	層厚 (m)	地質	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比	初期 せん断波速度 V_{S0} (m/s)	初期 せん断弾性係数 G_0 (kN/m ²)	$S_s - 1_H$ 地震時				
							剛性低下率 G/G_0	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	せん断波速度 V_s (m/s)	縦波速度 V_p (m/s)	減衰定数 h (%)
36.2 ～ 28.3	7.9	段丘 堆積層	15.6	0.480	315	158,000	0.58	92,000	240	1,230	7
28.3 ～ 1.9	26.4	砂岩	17.8	0.473	380	262,000	0.63	165,000	302	1,330	8
1.9 ～ -10.0	11.9	泥岩	16.5	0.464	450	341,000	0.77	263,000	395	1,530	3
-10.0 ～ -80.0	70.0		17.1	0.455	500	436,000	0.77	336,000	439	1,530	3
-80.0 ～ -108.0	28.0		17.6	0.446	560	563,000	0.77	434,000	492	1,580	3
-108.0 ～ -196.0	88.0		17.8	0.442	600	653,000	0.75	490,000	520	1,610	3
-196.0 ～	—	解放基盤	18.5	0.421	700	924,000	—	924,000	700	1,890	—

表－１２ 地盤定数（ $S_s - 2_H$ ）

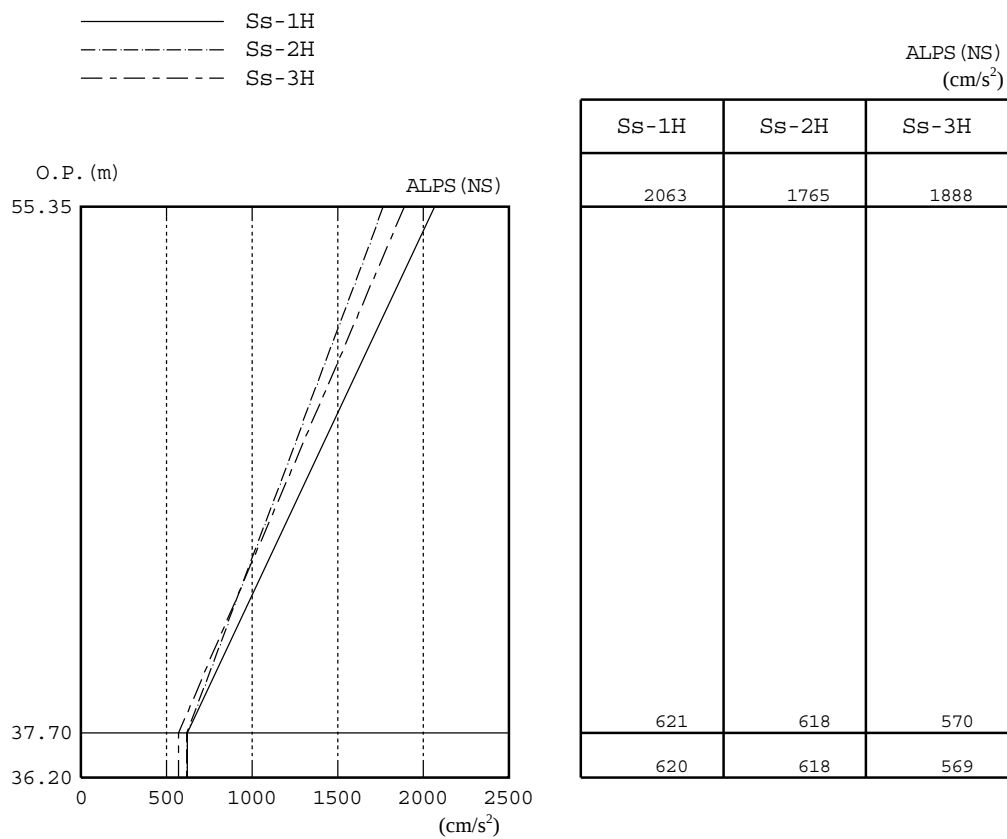
標高 O. P. (m)	層厚 (m)	地質	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比	初期 せん断波速度 V_{S0} (m/s)	初期 せん断弾性係数 G_0 (kN/m ²)	$S_s - 2_H$ 地震時				
							剛性低下率 G/G_0	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	せん断波速度 V_s (m/s)	縦波速度 V_p (m/s)	減衰定数 h (%)
36.2 ～ 28.3	7.9	段丘 堆積層	15.6	0.480	315	158,000	0.57	90,000	238	1,210	7
28.3 ～ 1.9	26.4	砂岩	17.8	0.473	380	262,000	0.64	168,000	304	1,340	8
1.9 ～ -10.0	11.9	泥岩	16.5	0.464	450	341,000	0.78	266,000	398	1,530	3
-10.0 ～ -80.0	70.0		17.1	0.455	500	436,000	0.78	340,000	442	1,540	3
-80.0 ～ -108.0	28.0		17.6	0.446	560	563,000	0.82	462,000	507	1,630	3
-108.0 ～ -196.0	88.0		17.8	0.442	600	653,000	0.81	529,000	540	1,670	3
-196.0 ～	—	解放基盤	18.5	0.421	700	924,000	—	924,000	700	1,890	—

表－１３ 地盤定数（S_s－3_H）

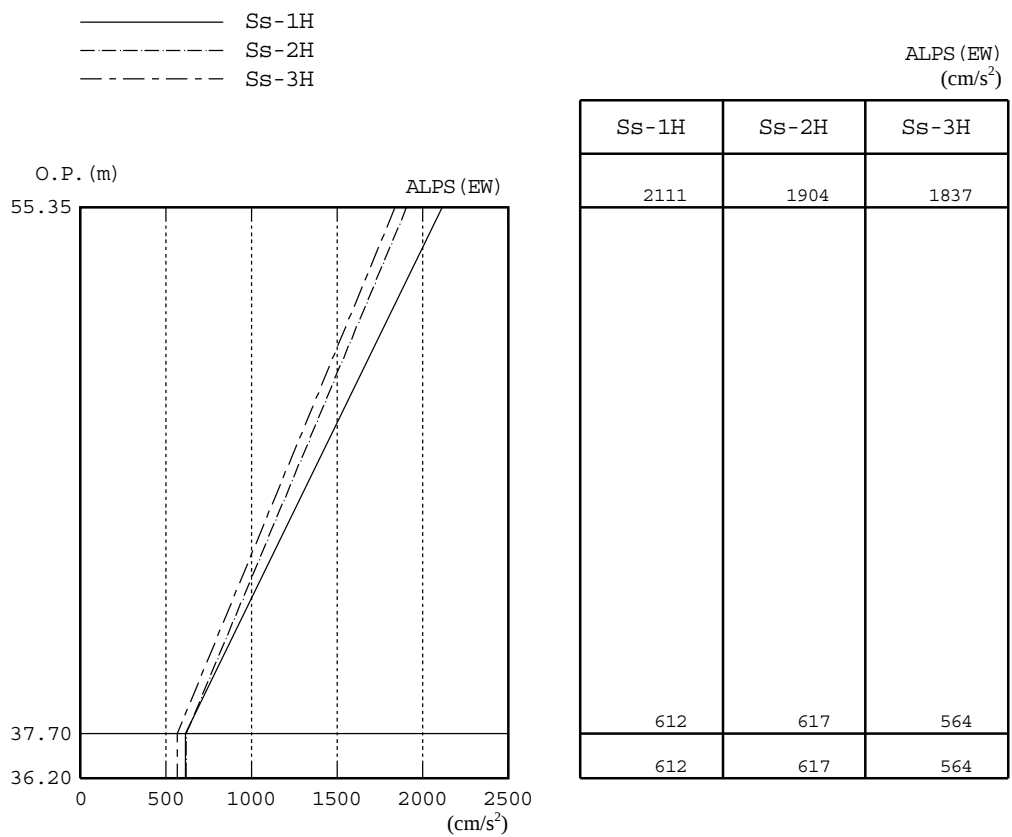
標高 O. P. (m)	層厚 (m)	地質	単位体積重量 γ (kN/m ³)	ポアソン比	初期 せん断波速度 V _{S0} (m/s)	初期 せん断弾性係数 G ₀ (kN/m ²)	S _s －3 _H 地震時				
							剛性低下率 G/G ₀	せん断弾性係数 G (kN/m ²)	せん断波速度 V _s (m/s)	縦波速度 V _p (m/s)	減衰定数 h (%)
36.2 ～ 28.3	7.9	段丘 堆積層	15.6	0.480	315	158,000	0.60	95,000	244	1,250	6
28.3 ～ 1.9	26.4	砂岩	17.8	0.473	380	262,000	0.66	173,000	309	1,360	7
1.9 ～ -10.0	11.9	泥岩	16.5	0.464	450	341,000	0.78	266,000	398	1,530	3
-10.0 ～ -80.0	70.0		17.1	0.455	500	436,000	0.76	331,000	436	1,520	3
-80.0 ～ -108.0	28.0		17.6	0.446	560	563,000	0.73	411,000	479	1,530	3
-108.0 ～ -196.0	88.0		17.8	0.442	600	653,000	0.77	503,000	526	1,630	3
-196.0 ～	—	解放基盤	18.5	0.421	700	924,000	—	924,000	700	1,890	—

2.4 地震応答解析結果

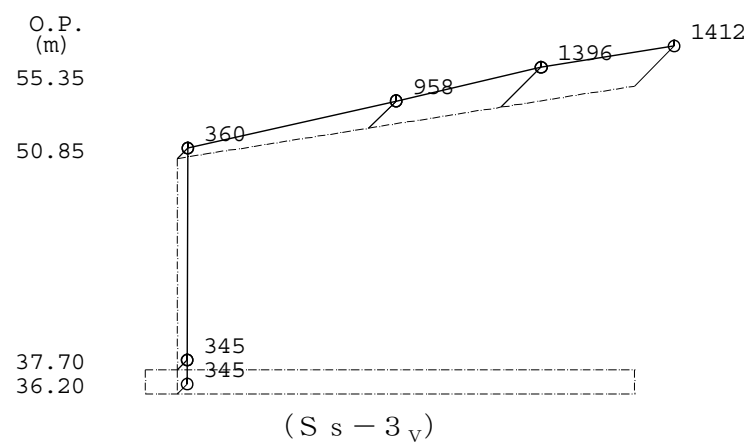
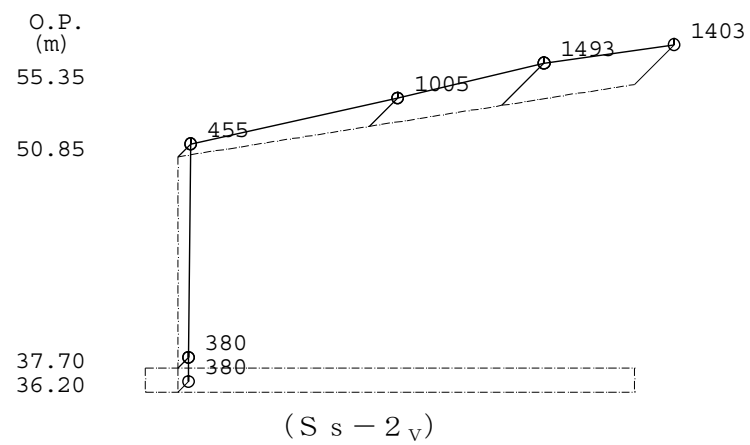
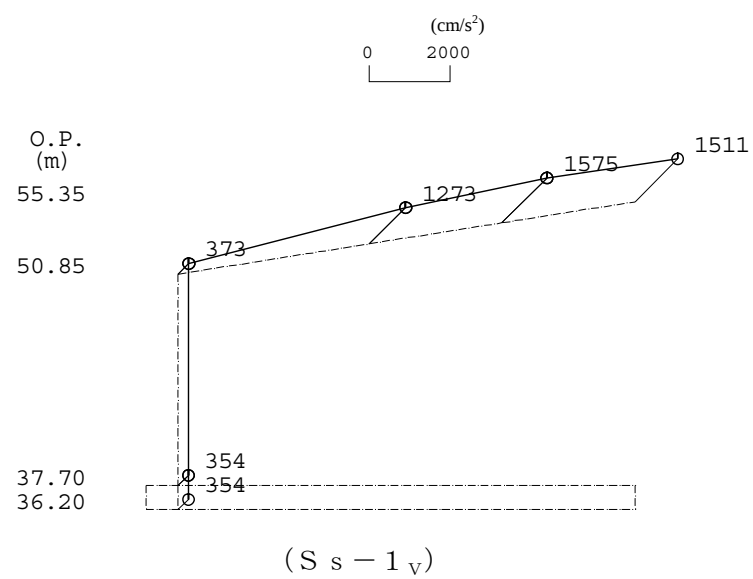
地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向及び鉛直方向の最大応答加速度を図－13～図－15に示す。



図－1 3 最大応答加速度（NS 方向）



図－1 4 最大応答加速度（EW 方向）



図一 1 5 最大応答加速度 (鉛直方向)

2.5 耐震安全性評価結果

(1) 上部架構の評価結果

地震応答解析により得られた部材応力の内、応力度／短期許容応力度が最大となる鉄骨部材の断面検討結果を表－１４に示す。

これより地震応答解析による鉄骨部材の応力度は、短期許容応力度以下であることを確認した。

表－１４ 鉄骨部材の応力度と短期許容応力度

部位	方向	応力度 (N/mm ²)	短期許容応力度※ (N/mm ²)	応力度／短期許容応力度
トラス梁 (STK400)	NS	121 (圧縮)	157 (圧縮)	0.78
トラス柱 (STK400)	NS	132 (圧縮)	172 (圧縮)	0.77

※：F 値を 1.1 倍している。

(2) 基礎スラブの評価結果

必要鉄筋比が最大となる要素と面外せん断力が最大となる要素の断面検討結果を表－15及び表－16に示す。

これより、設計鉄筋比は必要鉄筋比を上回り、また面外せん断力は短期許容せん断力以下であることを確認した。

なお、基礎地盤に生じる接地圧は最大 0.14 N/mm^2 であり、基礎地盤の短期許容支持力度 0.34 N/mm^2 以内となっている。

表－15 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果

応 力		必要鉄筋比 (%)	設計鉄筋比 (%)	必要鉄筋比 ／設計鉄筋比
軸 力※ (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)			
-240	889	0.17	0.38	0.45

※：圧縮を正とする。

表－16 面外せん断力に対する検討結果

応 力 面外せん断力(kN/m)	短期許容 せん断力(kN/m)	応力／短期許容せん断力
741	1316	0.57

以上のことから、 S_s 地震力に対する耐震安全性は確保されているものと評価した。

以上

多核種除去設備等の具体的な安全確保策

多核種処理設備等は、高濃度の放射能を扱う設備ため、漏えい防止対策、放射線遮へい・崩壊熱除去、可燃性ガス滞留防止について具体的に安全確保策を以下の通り定め、実施する。

1. 放射性物質の漏えい防止等に対する考慮

(1) 漏えい発生防止

- a. 処理対象水、処理済水の移送配管は、耐腐食性を有するポリエチレン管、ステンレスの鋼管もしくは十分な肉厚を有する炭素鋼の鋼管を基本とする。(別添－ 1)
- b. 放射性流体を内包する配管のうち、ポリエチレン管より可撓性を有する配管を使用する必要がある箇所（各スキッド間、各吸着塔間、吸着材排出ライン、処理カラム取合部、脱水装置）は、耐圧ホース（EPDM；エチレンプロピレンジエンモノマー）を使用する。ただし、福島第一原子力発電所で発生した耐圧ホース（PVC；ポリ塩化ビニル）と継手金属との結合部（カシメ部）の外れ事象に鑑み、耐圧ホース（EPDM）と継手金属の結合部（カシメ部）に外れ防止金具を装着する。
- c. 吸着塔、処理カラムは、耐腐食性を有する SUS316L とする。(別添－ 1)
- d. 高性能容器本体は、強度、耐腐食性、耐久性、耐放射線性、耐薬品性に優れたポリエチレンとする。(別添－ 1)
- e. 鋼材もしくはポリエチレンの継手部は、可能な限り溶接構造もしくは融着構造とする。また、漏えい堰等が設置されない移送配管等で継手部がフランジ構造となる場合には、継手部に漏えい拡大防止カバーを設置する。
- f. タンク・槽類には水位検出器を設け、オーバーフローを防止する。
- g. ポンプの軸封部は、漏えいの発生し難いメカニカルシール構造とする。

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

- a. 多核種除去設備はスキッド毎に漏えいパンを設け、エリア外への漏えいを防止するとともに、漏えい検知器を設ける。また、多核種除去設備設置エリアの最外周及びその内側にも漏えいの拡大を防止する堰を設ける。さらに、カメラを設けてシールド中央制御室で漏えいを監視する。
- b. 継手部は、漏えい拡大防止カバーで覆った上で中に吸水シートを入れ、漏えい水の拡大防止に努める。
- c. 漏えいを検知した場合には、シールド中央制御室に警報を発し、運転操作員によりカメラ、流量等の運転監視パラメータ等の状況を確認し、適切な対応を図る。また、大量の漏えいが確認された場合には、緊急停止スイッチにより多核種除去設備の運転を停止する。

- d. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、多核種除去設備設置エリアには床塗装を実施する。
- e. 万一漏えいが発生した場合でも構内排水路を通じて環境に汚染水が放出することがないように、排水路から可能な限り離隔して配管等を敷設するとともに、排水路を跨ぐ箇所は、ボックス鋼内等に配管を敷設する。また、ボックス鋼端部から排水路に漏えい水が直接流入しないように土のうを設ける。
- f. 多核種除去設備の設置エリアは、エリア放射線モニタにより連続的に監視し、放射線レベルが高い場合にはシールド中央制御室及び現場に警報を発する。

2. 放射線遮へい・崩壊熱除去

(1) 線源条件の設定

放射線遮へい・崩壊熱除去評価で必要となる高性能容器、各吸着塔での線源強度は、処理対象水の放射能濃度を、発電所構内で貯留している R0 濃縮塩水及び処理装置出口水のサンプリングデータから保守的に設定し、さらに、前処理設備、多核種除去装置での核種除去性能を考慮して決定する。

(2) 放射線遮へい・被ばく低減に対する考慮

- a. 多核種除去装置、高性能容器等からの放射線による雰囲気線量当量率（機器表面から 1m の位置）が 1mSv/h 以下となるように遮へいを設ける。また、多核種除去設備からの直接線・スカイシャイン線による敷地境界での実効線量を低減するための遮へいをクロスフローフィルタスキッド及び循環弁スキッドに設ける。
- b. ポンプ等の動的機器は、保守作業を考慮し遮へい体内が高線量雰囲気となる吸着塔スキッドとは区分して配置するとともに、作業スペースを確保する。さらに、保守作業時の放射線業務従事者の被ばく低減のため、機器のフラッシングが行える構成とする。
- c. 多核種除去設備の運転操作等に係る放射線業務従事者以外の者が不要に近づくことがないように、標識等を設ける。さらに、放射線レベルの高い区域は標識を設け、運転操作等に係る放射線業務従事者の被ばく低減を図る。
- d. 高性能容器輸送時は、適切な遮へい機能を有する鋼製の容器に収容し、放射線業務従事者の被ばく低減を図る。（別添－2）

(3) 崩壊熱除去

- a. 処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水により熱除去する。
- b. 使用済みの吸着材あるいは沈殿処理生成物を収容する高性能容器、処理カラムのうち、最も発熱量が大きいストロンチウム吸着材を収容する高性能容器の貯蔵時において
- c. も、容器の健全性に影響を与えるものではない。

3. 可燃性ガスの滞留防止

- a. 多核種除去設備では、水の放射線分解により発生する可燃性ガスは、通水時は処理対象水により排出される。また、多核種除去設備の運転停止時は、発熱量が大きいストロンチウム吸着材を収容している吸着塔のベントを開ける運用とする。
- b. 使用済みの吸着材、沈殿処理生成物を収容する高性能容器は、可燃性ガスの発生を考慮して圧縮活性炭高性能フィルタを介したベント孔を設ける。

以上

多核種除去設備に使用する材料の適合性評価

1. はじめに

多核種除去設備は，RO 濃縮塩水等进行处理することから，系統内の塩化物イオン濃度が高く，また，前処理設備等での薬液注入により，pH が変動することから，多核種除去設備の使用環境における材料の適合性について評価を実施した。

2. 使用環境における材料の適合性について

多核種除去設備を構成する主な機器の材料選定理由を表 1 に示す。表 1 の材料のうち，SUS316L，炭素鋼に対する耐食性について評価を行った。

表 1 多核種除去設備を構成する主な機器の使用材料と選定理由

機器	材料	選定理由
吸着塔及び 処理カラム	SUS316L	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから，耐食性に優れる SUS316L を使用する。
高性能容器	ポリエチレン	収容するスラリー及び吸着材の脱水後の残水には，海水由来の塩分が含まれていることから，約 20 年の貯蔵期間を想定し，金属材料よりも耐食性に優れるポリエチレンを使用する。
タンク類	SUS316L 炭素鋼 (ゴムライニング付)	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから，耐食性に優れる SUS316L 及び炭素鋼（ゴムライニング付）を使用する。
配管 (鋼管)	SUS316L 炭素鋼	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから，耐食性に優れる SUS316L を使用する。また，全面腐食の懸念はあるが，十分な肉厚が確保されている炭素鋼を使用する。
配管 (ポリエチレン管)	ポリエチレン	耐食性に優れることから，屋外配管に主に使用する。
配管 (耐圧ホース)	EPDM (エチレンプロピレン ジエンモノマー)	可撓性のある配管を使用する必要がある箇所（各スキッド間（各スキッド間，各吸着塔間，吸着材排出ライン等））に使用する。

2.1 ステンレス鋼（SUS316L）及び炭素鋼の耐食性について

ステンレス鋼（SUS316L）及び炭素鋼の腐食モードを表2に示す。これらの腐食モードに対する耐食性について、表3に示す使用範囲を考慮し評価を実施した。ただし、ガルバニック腐食については、絶縁パッキンや絶縁ボルト等を使用しており、異材溶接箇所はないことから、評価対象外とした。

表2 使用材料における腐食モード

使用材料	腐食モード
ステンレス鋼 (SUS316L)	塩化物応力腐食割れ (SCC)
	すきま腐食
	孔食
	全面腐食
炭素鋼	全面腐食
	ガルバニック腐食※

※評価対象外

表3 ステンレス鋼（SUS316L）及び炭素鋼を使用する範囲の環境

使用材料	使用範囲	塩化物イオン 濃度[ppm]	常用温度 [℃]	最大流速 [m/s]	pH
ステンレス鋼 (SUS316L)	前処理ステージⅠ (バッチ処理タンク入口配管のみ)	13000	40	2.6	7
	前処理ステージⅠ (バッチ処理タンク入口配管以外)	13000	60	1.7	7.5～8.5
	前処理ステージⅡ	13000	60	2.8	11.8～12.2
	多核種吸着塔 1～5 塔目	13000	40	1.5	11.8～12.2
	多核種吸着塔 6～14 塔目 処理カラム～移送ポンプ	13000	40	1.5	6～7
炭素鋼	ALPS 入口～前処理ステージⅠ 移送ポンプ～ALPS 出口	13000	40	1.7	6～7

a. ステンレス鋼の塩化物応力腐食割れ（SCC）

塩化物応力腐食割れ（SCC）の発生には、使用温度と塩化物イオン濃度が寄与する。塩化物イオン濃度が10ppmを超える条件においては一般的に316系のSCC発生限界温度は100℃といった値がよく用いられており、使用温度60℃、塩化物イオン濃度13000ppmの使用環境では、塩化物応力腐食割れ（SCC）が発生する可能性は低いと考えられる。

1)

1) 化学工学協会編: “多管式ステンレス鋼熱交換器の応力腐食割れ,” 化学工業社 (1984).

b. ステンレス鋼のすきま腐食

すきま腐食の発生には、使用温度と塩化物イオン濃度が寄与する。SUS316 において、使用温度 60℃、塩化物イオン濃度 13000ppmの使用環境下では、すきま腐食が発生する可能性は否定できない。¹⁾このため、すきま腐食が発生する可能性のある箇所について定期的な点検・保守を行っていく。

c. ステンレス鋼の孔食

孔食の発生には、自然電位、使用温度、塩化物イオン濃度が寄与する。ステンレス鋼の自然電位はpHに依存し、pHが低いほど自然電位は高く孔食が発生する可能性が高くなるが多核種除去設備の使用環境pH = 6 では 0.137 V vs. SCE程度であり、使用温度 60℃、塩化物イオン濃度 13000ppmという条件は、孔食が発生する可能性が低い領域であることから、多核種除去設備の使用環境においては、孔食が発生する可能性は低いと考えられる。²⁾³⁾

d. ステンレス鋼の全面腐食

全面腐食の発生には、pH及び流速が寄与する。pH6～12.2 の使用環境では不動態皮膜は安定である。また、最大流速 2.8m/s (9.2feet/s) では、全面腐食が進行する速度は小さいと考えられる。⁴⁾⁵⁾

e. 炭素鋼の全面腐食

使用温度 30℃、塩化物イオン濃度 12000ppmにおける腐食速度は 0.85mm/year程度である。一般的に温度が高いほど腐食速度は増加傾向にあり、20℃に対して、40℃では 1.4 倍程度である。以上の点を考慮すると、使用温度 40℃、塩化物イオン濃度 13000ppmにおける腐食速度は、1.2mm/year程度となる。⁶⁾⁷⁾

多核種除去設備で使用する炭素鋼配管の肉厚は、50A のもので 5.5mm であり、2～3 年程度は使用上問題ないと判断できる。また、定期的な点検・保守についても併せて行っていく。

1) 宮坂松甫他、「ポンプの高信頼性と材料」、ターボ機械 第 36 巻 第 9 号、2008 年 9 月

2) M. Akashi, G. Nakayama, T. Fukuda: CORROSION/98 Conf., NACE International, Paper No. 158 (1998).

3) ステンレス協会編: “ステンレス鋼データブック,” 日刊工業新聞社, p. 270 (2000).

4) ステンレス協会編、ステンレス鋼便覧 第 3 版、日刊工業新聞社

5) 腐食防食協会編、腐食・防食ハンドブック、丸善

6) 木下ら、防食技術, 32, 31-36(1983)

7) 腐食防食協会: “金属の腐食・防食 Q&A コロージョン 110 番”, 丸善, P10(1988)

2.2 腐食に対する対応方針

評価結果から、ステンレス鋼及び炭素鋼に対する対応方針を表4に示す。

表4 腐食に対する対応方針

使用材料	腐食モード	対応方針
ステンレス鋼 (SUS316L)	すきま腐食	・ 運転中の巡視点検 ・ 代表部位に対する定期的な分解点検等 ・ 万一の漏えい対策として、当該部位のビニール養生および受けパン設置
炭素鋼	全面腐食	・ 運転中の巡視点検 ・ 代表部位に対する定期的な肉厚測定等

ステンレス鋼（SUS316L）は、海水ポンプ等の海水環境で使用される材質としては最も一般的であり、これまでの使用実績を考慮しても、運転開始直後に腐食が発生する可能性は低いと考えられる。しかしながら、腐食発生の可能性は否定できないことから、表4の対応方針を保全計画に反映する。

以 上

高性能容器に対する線量当量率評価結果

1. 概要

放射線遮へい・被ばく低減を考慮するにあたり、高性能容器（HIC）に対する線量当量率評価を実施した。

2. 評価条件

（1）線源

前処理で発生するスラリーと吸着材をそれぞれ線源として設定した。また、スラリー及び吸着材 1～6 は HIC 内に均一に充填されるものとした。

なお、吸着材 7 については、含まれる放射性物質の濃度が低く、また、処理カラムによる遮へい効果が高いため、線量当量率としては低くなることから評価対象から除外した。

（2）評価モデル

スラリーを充填する HIC の評価モデルを図 1 に、吸着材を充填する HIC の評価モデルを図 2 に示す。HIC は円柱形状でモデル化し、スラリー及び吸着材は均一に充填するものとした。なお、実際の運転状態を考慮し、スラリーを充填する HIC は、遮へい体の上部に開口部を設け、吸着材を充填する HIC は遮へい体の上部に開口部は設けないものとして評価を実施した。評価点は、水平方向（線源領域の中心位置）及び高さ方向に遮へい体表面から 1m に設定した。

（3）評価方法

線量評価では、制動エックス線を考慮した γ 線線源強度を核種生成減衰計算コード ORIGEN-S により求め、線量当量率の計算には点減衰積分コード QAD-CGGP2R を使用した。

3. 評価結果

評価点における各々の HIC の線量当量率を表 1 に示す。また、HIC 容器表面の線量当量率を表 2 に示す。

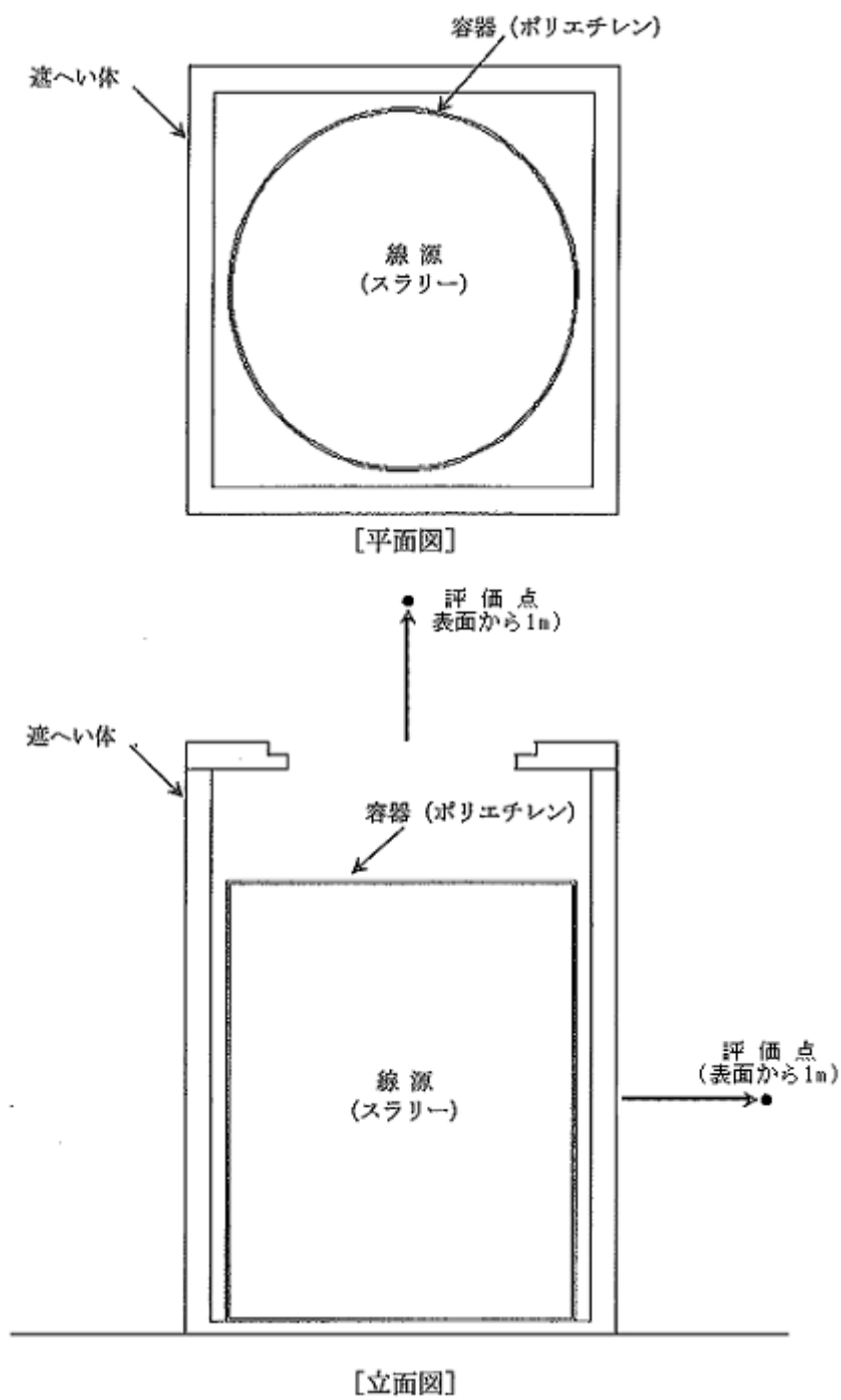


図1 スラリーを充填する HIC の評価モデル

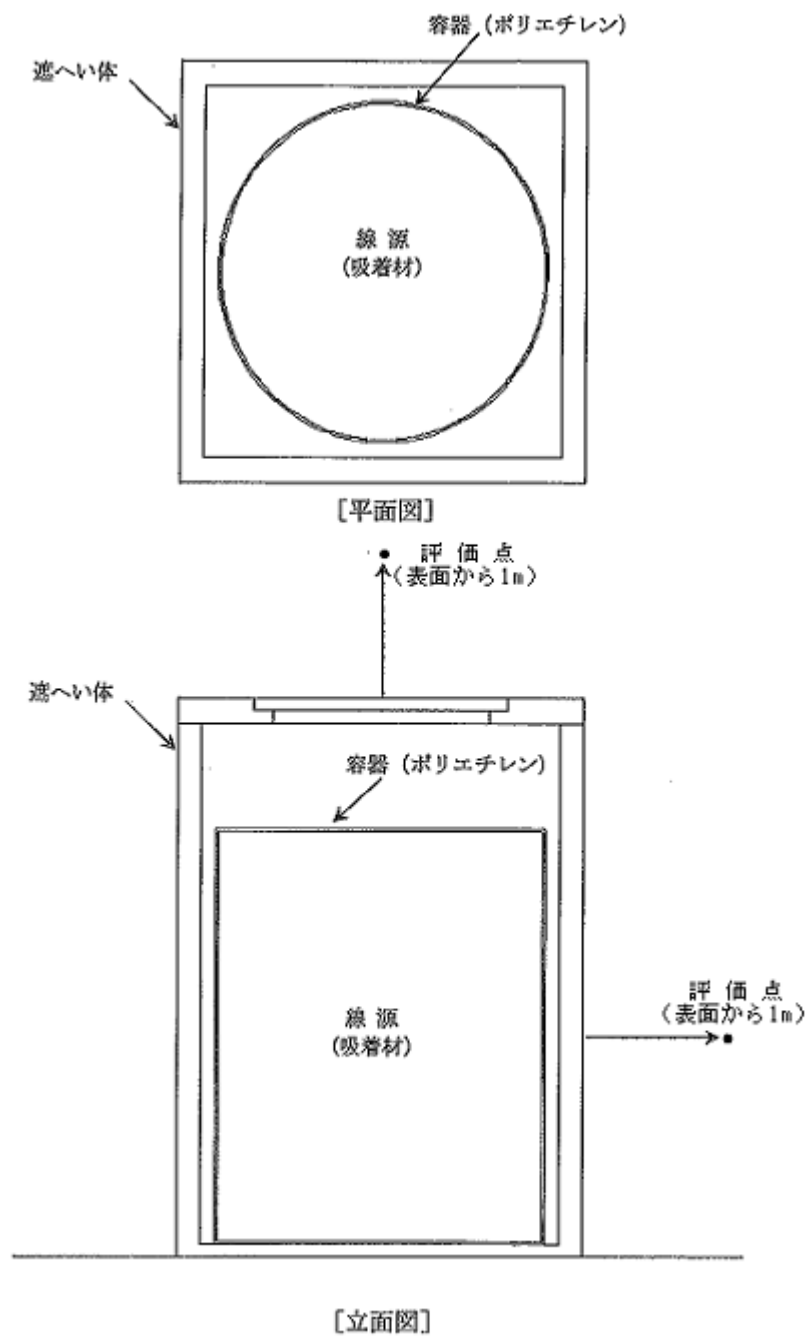


図2 吸着材を充填する HIC の評価モデル

表 1 遮へい体表面から 1m における HIC の線量当量率評価結果

HIC 充填物		遮へい体	線量当量率(mSv/h) ^{※1}	
			水平方向	上部方向
スラリー	鉄共沈処理	鉄 112mm	9.1E-02	1.2E+01
	炭酸塩沈殿処理	鉄 112mm	1.2E-02	2.9E+00
吸着材	吸着材 1/4	鉄 112mm	2.8E-16	2.6E-16
	吸着材 2	鉄 112mm	5.9E-02	4.2E-02
	吸着材 3	鉄 112mm	4.5E-01	3.3E-01
	吸着材 6	鉄 112mm	4.1E-02	3.1E-02
	吸着材 5	鉄 112mm	5.3E-03	3.9E-03

※1 遮へい体表面から 1m における線量当量率

表 2 HIC 容器表面における線量当量率評価結果

HIC 充填物		線量当量率(mSv/h) ^{※2}	
		水平方向	上部方向
スラリー	鉄共沈処理	1.2E+02	1.3E+02
	炭酸塩沈殿処理	2.8E+01	3.0E+01
吸着材	吸着材 1/4	8.0E-01	8.4E-01
	吸着材 2	1.2E+02	1.3E+02
	吸着材 3	4.7E+02	5.1E+02
	吸着材 6	7.0E+01	7.6E+01
	吸着材 5	9.9E+00	1.1E+01

※2 HIC 容器表面における線量当量率

高性能容器の健全性評価

1. 概要

多核種除去設備で発生する使用済みの吸着材及び沈殿処理生成物の貯蔵は、耐久性、耐放射線性、耐薬品性に優れた高性能容器（HIC;High Integrity Container）（以下、「HIC」という）を使用する。今回、HIC を福島第一原子力発電所構内で貯蔵することから、この健全性について評価した。

2. 主要仕様

HICの主要仕様を表 1 に、概略図を図 1 に示す。サウスカロライナ州健康環境局（S. C. Department of Health and Environmental Control）（以下、SC DHECという）は、大きさ等の異なる数種類の型式のHICを認可しており、多核種除去設備で使用するHICはこのうち 1 型式である。更に、HICには落下時の健全性を確保するため、鋼製の補強体等を取り付ける（図 2）。

表 1 主要仕様

項目		仕様
材 料	本体	ポリエチレン
寸 法	外径	1,524 mm (60 インチ)
	高さ	1,828.8 mm (72 インチ)
	最小厚さ	11.4 mm (0.45 インチ)
容 量		2.86 m ³
最高使用圧力		25 kPa
重 量	空重量	0.27 ton
	最大重量	約 4.9 ton (収容物及び蓋等付属品含む)

3. 健全性評価

(1) 腐食・化学的影響について

a. 収容物（化学成分）

HIC 本体はポリエチレンで構成されており、一部の有機溶媒を除き、一般的な化学薬品に対して良好な耐性を有する。

HIC に収容する吸着材（表 2）、沈殿処理生成物及び処理過程で添加する薬品成分（次亜塩素酸ソーダ、苛性ソーダ、炭酸ソーダ、塩酸、塩化第二鉄、ポリマー）が、SC DHEC の認可において HIC への収容を禁止した成分を含まず、収容物の化学成分に対してポリエチレンは安定している。

表2 HIC に収容する吸着材の種類

No. ※1	吸着材の組成	除去対象核種
1	活性炭	コロイド
2	チタン酸塩	Sr (M^{2+})
3	フェロシアン化合物	Cs
4	Ag 添着活性炭	I
5	酸化チタン	Sb
6	キレート樹脂	Co (M^{2+} , M^{3+})
7	樹脂系吸着材	Ru, 負電荷コロイド

※1 : No. 1～No. 6 は吸着塔, No. 7 は処理カラム

b. 水分・水質

多核種除去設備で使用する HIC は、自由水体積で 100%までの範囲を取り得るが、HIC 本体を構成するポリエチレンは水に対して安定であり、水分が HIC の健全性に影響を与えることはない。

また、多核種除去設備において、pH は 6～12.2 となる仕様であるが、HIC 本体のポリエチレンは耐アルカリ性が高いため、水質が HIC の健全性に影響を与えることはない。

(2) 耐熱性について

HIC の設計温度は、IAEA Safety Standards に示される A 型輸送容器に対する使用温度の条件 ($-40^{\circ}\text{C}\sim 70^{\circ}\text{C}$ (158°F)) に余裕をみて、 -40°C から 76.6°C (170°F) とする。米国認可時の試験では、 170°F においてポリエチレンの材料特性を維持できることが確認されている。

多核種除去設備で使用する HIC は、屋外配置であり、使用環境の温度下限は -10°C を想定していることから、設計温度下限については問題ない。一方、設計温度上限については、HIC の温度評価結果は、最も発熱量が大きいストロンチウム吸着材（吸着材 2）を収容する場合において、一時保管施設貯蔵時は HIC 容器温度で約 60°C となる。さらに夏期の太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度上昇を考慮しても、HIC 容器表面温度は約 73°C となることから、HIC の設計温度 76.6°C に対して低い（別添－1）。また、ポリエチレンは、 95°C のクリープ試験において、長期間にわたり屈曲点が現れていないことから、想定される使用環境において貯蔵時の熱負荷における劣化はない（別添－2）。このため、温度について十分に余裕があり、HIC の温度監視は不要である。

(3) 耐放射線性について

HICは照射線量 10^6 Gyとして設計している。また、SC DHECの認可に当たり、 3×10^6 Gyの照射まで材料特性（強度・延性）が維持されることを確認している。多核種除去設備で使用するHICの照射線量は、貯蔵開始時で約 0.5 Gy/h（年間 約 5×10^3 Gy）であり、一時保管施設貯蔵時の放射線の影響については問題ない。（別添－3）

(4) 耐紫外線性について

HIC は、ポリエチレン材であるため、紫外線環境下は1年未満となるよう設計している。これは米国認可要件を採用しており、2年間の紫外線曝露試験の結果、推定寿命が1～2年と評価したことによる。

多核種除去設備で用いる HIC は、多核種除去設備運転中に紫外線環境下となるため、交換周期の長い HIC 上部には着脱式のカバーを設置し、一時保管施設貯蔵時は蓋をしたボックスカルバートに収納する（図3）。ただし、HIC は、冬季に、ボックスカルバート上蓋の貫通口を通じて短時間（最大約4時間/日）太陽光に曝されるが、曝される面積・箇所は太陽の軌跡から日々変化するため、これによる劣化の影響は無視し得る（図4）。よって、HIC が1年以上の紫外線環境下となることはない。また、過度に紫外線環境評価下に晒されないよう、製造から工場出荷までの紫外線照射時間を出荷時の品質保証書で確認し、輸送時に遮光カバーを取り付ける運用・管理を実施する。

(5) 密閉性について

密閉性については、SC DHEC の認可要件として、保管期間等を考慮した信頼性の高いシーリングを選定することとされており、HIC は密閉性のあるねじ込み蓋を採用している。さらに、HIC に収容した液体が一時保管施設貯蔵中に外部へ漏えいしないよう、収容物の体積膨張を考慮した空間容積を確保する。

また、HIC 転倒時の漏えいを想定して、図5に示すベントフィルタに10 kPa の水圧をかけて透過試験を実施した結果、水の透過量は約 1ml/s と少量であることを確認している。スラリーの粘性は水に比べて高いことから、HIC 転倒時における収容物の漏えいは更に限定的となる。よって、万一、HIC が転倒し、スラリーが漏えいした場合には、ふき取り等により速やかに回収することで対応する。

なお、ねじ込み蓋を開けることにより、HIC の収容物を確認できる構造としている。

(6) ベント機能について

SC DHEC の認可要件として内圧を開放するベントを設けることとされている。ベントフィルタの設置目的は、HIC 内部で発生する可燃性ガスを大気へ放出するとともに、HIC への湿分の浸入及び HIC からの収容物の流出を最小限とすることである。ベントフィルタは、3重構造により、フィルタエレメントへの収容物（液体）の飛散を防止する設計としており、

HIC 移送時等に収容物の揺れ等が発生しても、フィルタが閉塞することはない（図 5）。なお、万一、HIC が転倒し、スラリーがフィルタに付着した際は、念のため、HIC の蓋を取り替える。

HIC 内の水分の蒸発は無視できるほど小さいことから、ベントフィルタ等が目詰まりすることはない。また、蒸発した水分によるベントフィルタ等の凍結に対しては、スラリーの発熱量は小さく、雰囲気温度 0℃付近では水蒸気の発生はほとんどないため、問題ない。仮に、ベント機能が喪失した場合、発生した水素が HIC 内部に蓄積することになるが、着火源がないため水素爆発には至らない。

（7）寿命について

SC DHEC は、最低 300 年間は構造を維持し、廃棄物を収容していることを認可要件としており、上述の確認結果等から妥当と判断している。多核種除去設備で使用する HIC については、上述のような条件を満足しており、一時保管施設貯蔵中は問題とならない。

（8）落下に対する評価について

HIC 取扱いにおける落下防止対策や落下時の漏えい発生防止対策を行っており、落下時の漏えい発生防止対策では、HIC への補強体取り付け、傾斜落下防止等の為の設備対応及び想定される落下ケースについての落下試験を行い、落下時の健全性に問題ないことを確認している（別添－4）。

以 上

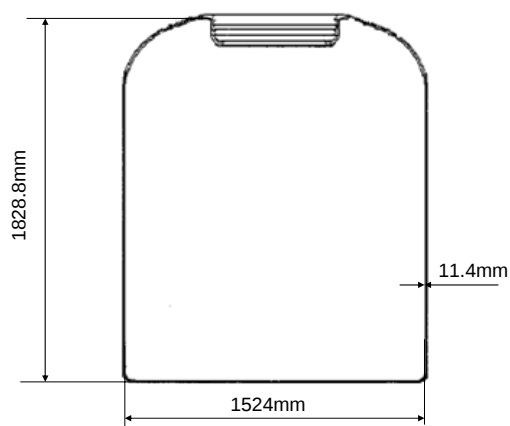
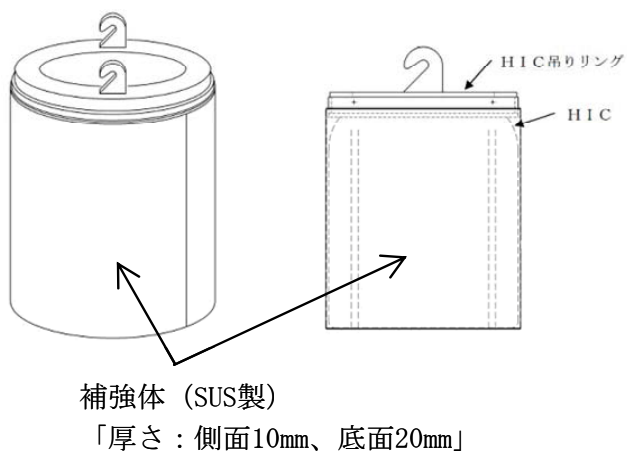


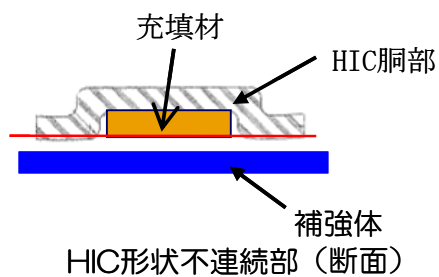
図1 HIC 概略図



上部空隙に緩衝材の挿入



充填材により形状不連続部※を平坦化



※吊りかごのバンドを引っかけるための凹み

図2 HIC 補強概要

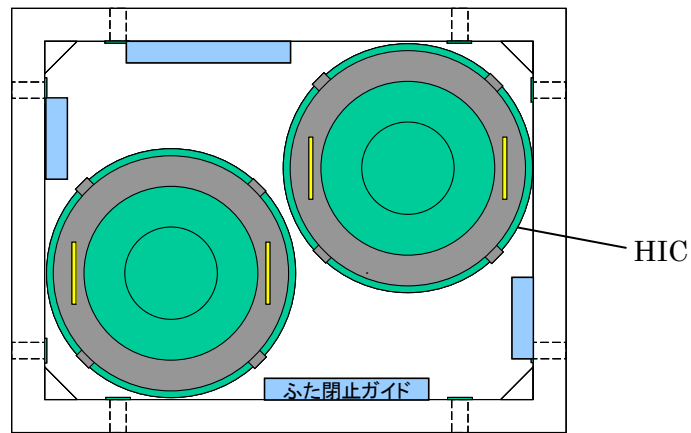


図3 ボックスカルバート内HIC収容（平面）イメージ

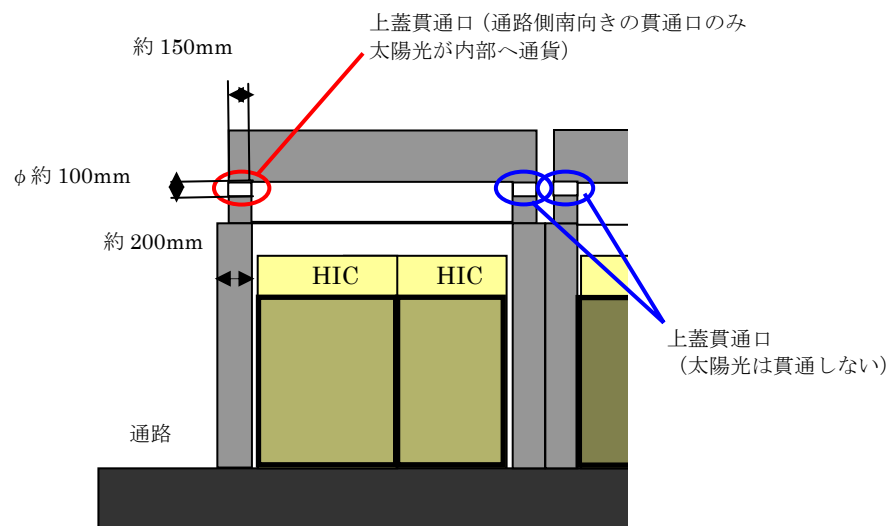
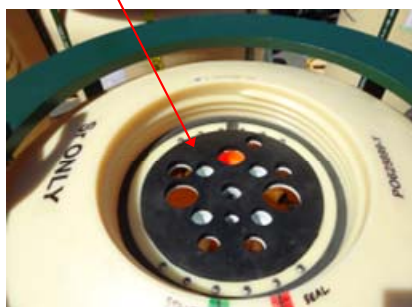


図4 HIC ボックスカルバート内配置概要

脱水装置取付用パン

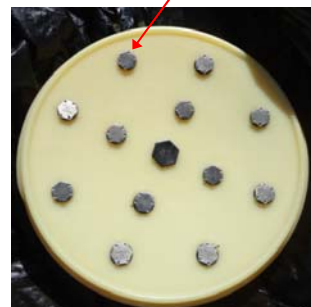


HIC上部



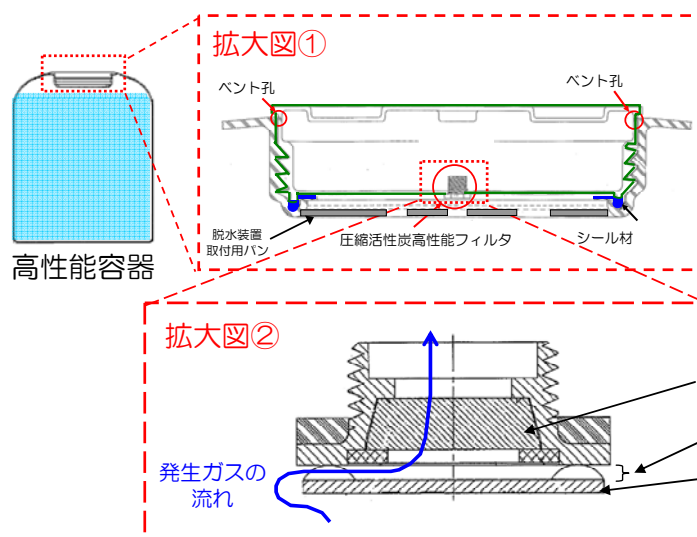
HIC蓋（表面）

フィルタ



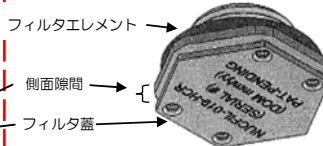
HIC蓋（裏面）

(a) 写真



収容物には粘性があるほか、以下の3重構造により、フィルタエレメントへの収容物（液体）の飛散を防止する設計としていることから、フィルタが閉塞することはない。

- ・脱水装置取付用パン
- ・フィルタ蓋
- ・フィルタエレメントを側面隙間部より更に上部に設置



フィルタ※2



(b) ベント構造概略

※1 ベント構造は、水素発生量に応じ2種類（①フィルタ 2個、ベント孔16個 ②フィルタ13個、ベント孔32個）を使用することで、可燃限界に対して十分低い濃度を確保する。

※2 フィルタは、カーボンコンポジット材（炭素繊維強化炭素複合材）を採用しており、 $0.4\mu\text{m}$ の微粒子を99.97%阻止できる。

図5 HICベント構造※1

HIC の温度評価

温度評価は、HIC の収容物である吸着材からの発熱を入熱条件とし、一次元の定常温度評価により HIC 容器温度を算出したうえで、太陽光から入熱によるボックスカルバート上蓋の温度上昇を考慮した場合の HIC 容器温度が設計温度 76.6℃以下となることを確認する。

1. HIC 内部の発熱による容器温度の評価概要

- 評価手法：1次元定常温度評価（評価体系については、図1参照）
- 入熱条件：吸着材2を充填したHIC(発熱量58.8[W])2基を発熱体とした。
- 初期条件：ボックスカルバート外側の空気の初期温度40℃
- その他の評価条件：
 - ・上蓋貫通孔からの空気の出入りは考慮しない(図2参照)。
 - ・HIC 接地面への除熱は考慮しない(図2参照)。
 - ・ボックスカルバートの側面のうち、他のボックスカルバートに面する3面からの除熱は考慮しない(図2参照)。

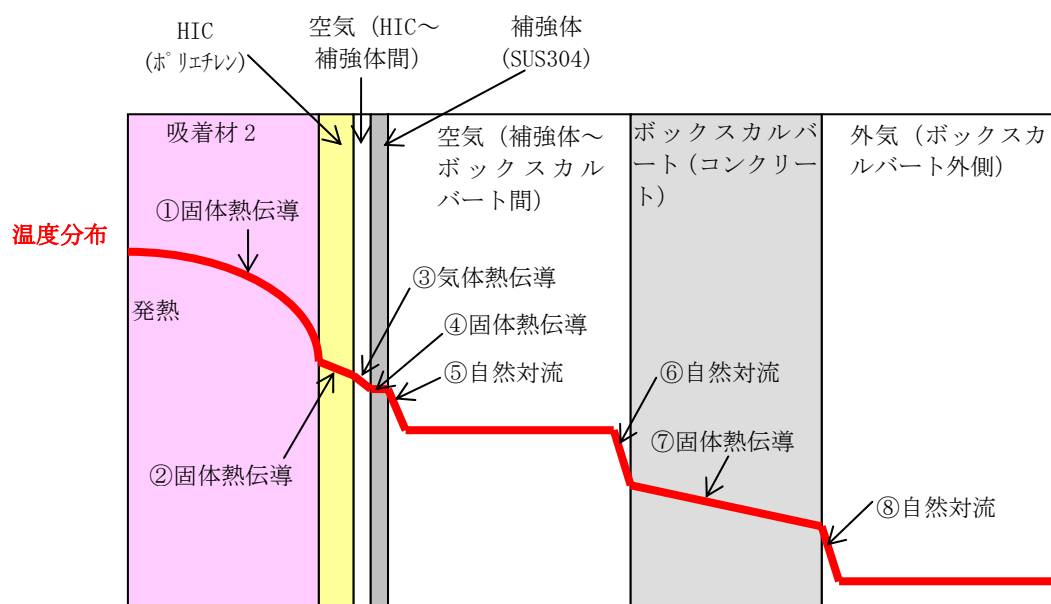


図1 評価体系の概念図 (1次元定常温度評価モデル)

表 1 考慮した熱伝達機構及び物性値

番号	伝熱箇所	伝熱機構	物性値
①	吸着材 2	固体熱伝導	熱伝導率 0.15 [W/mK]
②	HIC (ポリエチレン)	固体熱伝導	熱伝導率 0.46 [W/mK]
③	空気 (HIC～補強体間)	気体熱伝導	熱伝導率 0.028 [W/m K]
④	補強体 (SUS304)	固体熱伝導	熱伝導率 51 [W/m K]
⑤	補強体から空気 (補強体～ボックスカルパート間)	自然対流	熱伝達率 1.7 [W/m ² K]
⑥	空気 (補強体～ボックスカルパート間) からコンクリート	自然対流	熱伝達率 1.7 [W/m ² K]
⑦	コンクリート	固体熱伝導	熱伝導率 1.3 [W/m K]
⑧	空気 (ボックスカルパート外)	自然対流	熱伝達率 2.4 [W/m ² K]

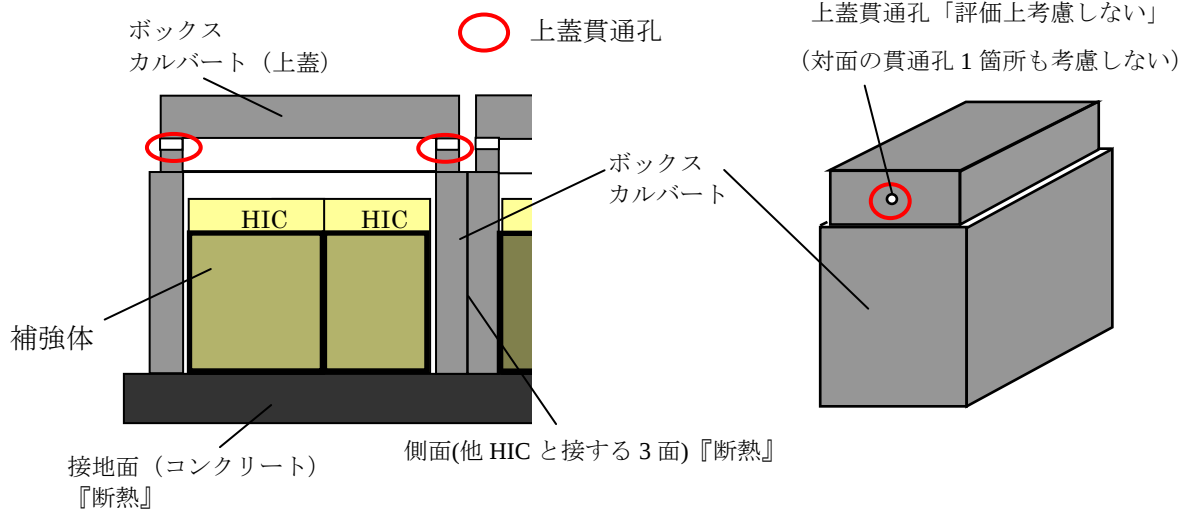


図 2 温度評価条件 (ボックスカルパート)

2. 太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度評価

太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度上昇の評価を実施した。評価体系の概念を図3に示す。上蓋コンクリートのみをモデル化し、太陽光からの入熱及び大気放射による入熱を上蓋コンクリート上表面に与え、上蓋コンクリート下表面における温度を評価した。

○評価手法：非定常温度評価（評価体系については、図3参照）

○入熱条件：2011年5月25日（2011年において全天日射量が最大となる日）福島気象台の全天日射量（図4参照）にコンクリート吸収率0.75を乗じた値。

○外気温度条件：2011年8月14日（2011年において最高気温が最大となる日）福島気象台の外気温度分布を使用（ただし、当日の最高気温36.3℃が、a.の評価条件40℃と一致するように各時間の気温を3.7℃かさ上げした仮想温度分布を使用）（図5参照）

○評価上考慮した熱物性

- ・ボックスカルバート上蓋の上表面からの輻射伝熱による除熱及び上下表面からの自然対流による除熱を考慮。

○その他の評価条件：

- ・上蓋コンクリート側面は断熱とし、上表面からの蒸発潜熱による除熱は考慮しない。

3. 評価結果

HIC内部の発熱による容器温度を評価した結果、HIC容器の温度は、約60℃となった。

また、太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度を評価した結果、上蓋下面の最高温度は53℃となった。仮に外気温度が40℃で一定で太陽光からの入熱が無い場合、上蓋下面の温度は40℃であることから、太陽光からの入熱があった場合と無い場合の上蓋下面の温度差は最大約13℃となる。

よって、HIC内部の発熱による容器温度の評価結果である約60℃に上蓋の温度上昇を約13℃が全て加算された場合においても容器温度は約73℃となり、HICの設計温度76.6℃に対して低いことから、安全上の問題はないと判断する。

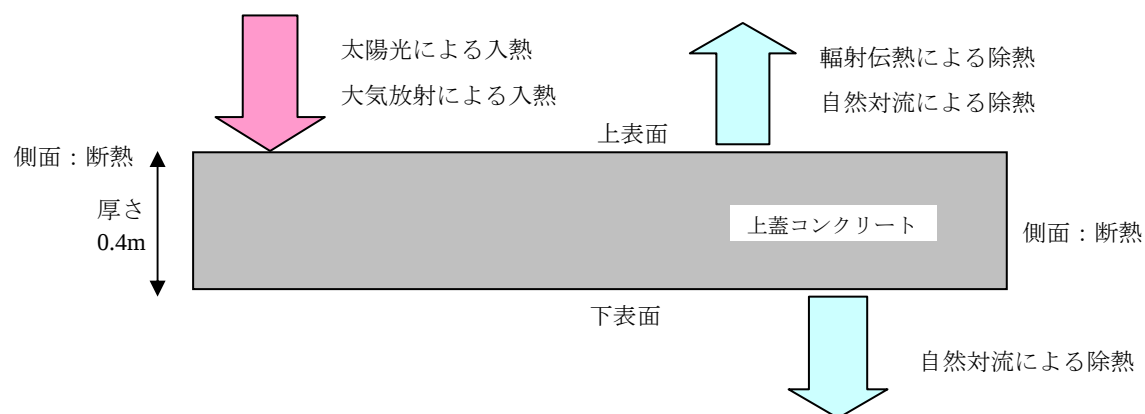


図3 太陽光からの入熱によるボックスカルバート上蓋の温度評価体系の概念

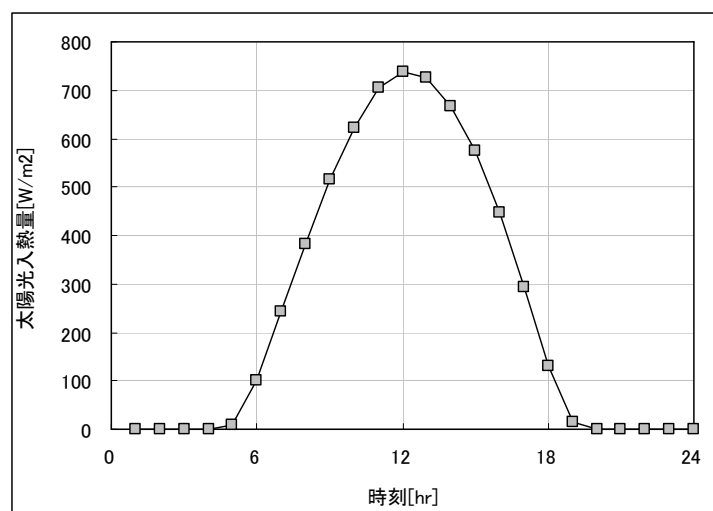


図4 太陽光入熱量の時間変化

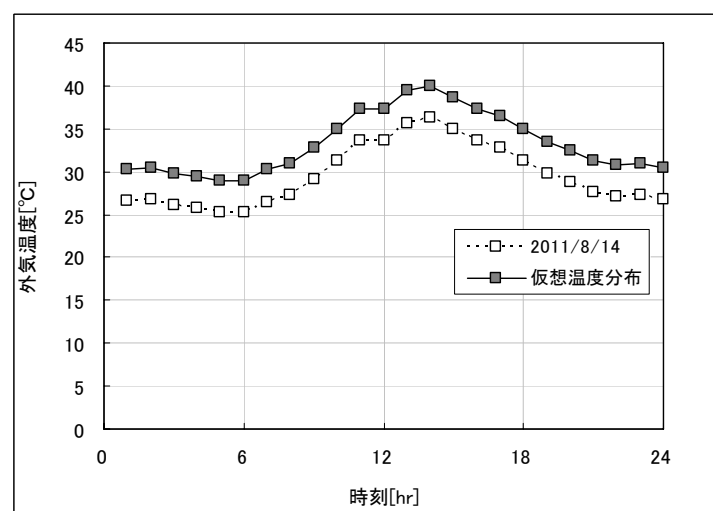


図5 外気温度の時間変化

以 上

ポリエチレンのクリープに対する評価について

架橋ポリエチレン管のクリープ特性は、図１に示すような熱間内圧クリープ試験で測定される。

一般的なプラスチック管のクリープ線図には、時間に対してクリープの発生する円周応力が急降下する屈曲点があられる。この急降下はプラスチックの酸化劣化による脆性破壊の開始をあらわしており、この時間を使用限界（寿命時間）とするのが一般的である※^１。HICの材料である架橋ポリエチレンは、巨大な網目分子構造を持っており、酸化劣化の影響を受けにくい。円周応力 3 MPa程度においても、95℃以下のクリープ線図の屈曲点は、長期間（一時保管施設の貯蔵として 20 年を想定しても）あられず、時間に対して直線状になっている特性がある※^１。

※１ 架橋ポリエチレン 技術資料 架橋ポリエチレン工業会

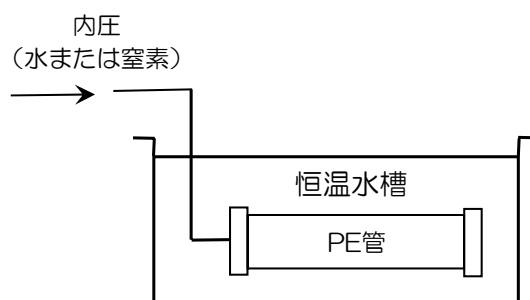


図１．熱間内圧クリープ試験の概念図

以 上

HIC 貯蔵時における照射劣化の影響評価

HIC の一時保管施設における貯蔵期間（20 年）において、内包する放射性物質からの放射線照射による劣化を HIC の材料である架橋ポリエチレンに対する照射後の引張試験および高速曲げ試験結果から評価する。

(1) HIC 貯蔵条件

- 貯蔵場所：一時保管施設のボックスカルバート（コンクリート製）内
- 貯蔵期間：20 年
- 貯蔵期間（20 年）における積算線量
 - ・前処理 1 スラリー用 HIC（前処理 2 スラリーと比べ表面線量が高い）： $1.3 \times 10^4 \text{Gy}$
 - ・吸着材 3 用 HIC（吸着材のうち、最も表面線量が高い）： $4.6 \times 10^4 \text{Gy}$

<参考>

積算線量（40 年）「貯蔵期間 2 倍（40 年相当）における評価値」

- ・前処理 1 スラリー用 HIC： $2.5 \times 10^4 \text{Gy}$
- ・吸着材 3 用 HIC： $9.1 \times 10^4 \text{Gy}$

(2) 架橋ポリエチレン照射試験条件

架橋ポリエチレンに対する照射試験の条件を表 2 に示す。

表 2 架橋ポリエチレン照射試験条件

	空気雰囲気
線量率	1000 Gy/h
積算線量	$5.0 \times 10^4 \text{Gy}$ （50 時間照射）
	$1.0 \times 10^5 \text{Gy}$ （100 時間照射）
温度	室温
サンプル数	各積算線量につき 2 サンプル
照射後	①引張試験，②シャルピー衝撃試験（高速曲げ試験）

(3) 照射後引張試験

照射後の架橋ポリエチレンに対し引張試験を行った。試験結果を表 3 に示す。

表 3 照射後引張試験結果

	最大応力 [N/mm ²]	
	サンプル 1	サンプル 2
照射なし	24.5	24.4
5.0×10 ⁴ Gy (50 時間照射)	23.9	23.9
1.0×10 ⁵ Gy (100 時間照射)	24.3	24.4

(4) 照射後シャルピー衝撃試験 (高速曲げ試験)

照射後の架橋ポリエチレンに対しシャルピー衝撃試験を行った。試験結果を表 4 に示す。
なお、試験はひずみ速度 280 s⁻¹*で行っている。

※落下時のひずみ速度：100s⁻¹程度

表 4 照射後シャルピー衝撃試験結果

	公称ひずみ [%]	
	サンプル 1	サンプル 2
照射なし	80	80
5.0×10 ⁴ Gy (50 時間照射)	80	80
1.0×10 ⁵ Gy (100 時間照射)	80	80

(5) 照射試験の結果

照射後の材料試験の結果、1.0×10⁵Gy照射後にも材料特性に有意な変化は確認されなかった。1.0×10⁵Gyは、表面線量の高い吸着材 3 の仮に 40 年貯蔵した場合における積算線量よりも高く、貯蔵期間 20 年ではHICの材料特性に影響は無い。

以上

高性能容器落下時の健全性確認

1. 概要

多核種除去設備の運転に伴い二次廃棄物（使用済み吸着材，沈殿処理生成物）が発生し，二次廃棄物を収容した高性能容器(HIC;High Integrity Container)（以下，「HIC」という）を多核種除去設備エリアから使用済セシウム吸着塔一時保管施設へ移送する。

HIC 取扱い時に万一 HIC を落下させた場合を考慮し，漏えい発生防止対策として，HIC への補強体の取付け及び傾斜落下防止対策等の設備対応を行った。更に，対策実施後に発生する可能性のある落下姿勢を整理した上で，HIC への影響が大きいと想定される落下ケースについて落下試験を実施することにより落下時の健全性確認を行った。

2. 落下時の漏えい発生防止対策

HIC の取扱い時に万一落下事象が発生した場合を考慮し，以下の施設対応等を行った。

- ・ 垂直落下に対しては，補強体及び緩衝材によって HIC の健全性を保つ。
- ・ 傾斜落下及び逆さ傾斜落下に対しては，傾斜落下防止対策によって，当該の落下姿勢の発生を防止する。
- ・ 角部落下に対しては，補強体及び緩衝材によって HIC の健全性を保つ。

また，HIC，多核種除去設備設置エリア及び一時保管施設に対する具体的な対策を以下に示す。

(1) HIC に対する対策

- ・ HIC に補強体を取り付ける。

(2) 多核種除去設備設置エリアでの対策

a. 緩衝材及び傾斜落下防止架台の設置

- ・ HIC 遮へい体内，輸送用遮へい体内に緩衝材を設置する。
- ・ トレーラ後部に門型の傾斜落下防止架台を追設することにより傾斜落下を防止する。

b. クレーン東西方向への移動操作の制限（傾斜落下防止）

- ・ HIC 取扱時は，東西の移動（横行）機能のないクレーン操作機を使用し，傾斜落下を防止する。

c. 角部への緩衝材取付

- ・ HIC の吊上げ・吊下ろし時に HIC 遮へい体，輸送用遮へい体の側板上部に緩衝材を取付ることにより角部落下時の影響を緩和する。

(3) 一時保管施設での対策

- ・クレーン吊上げ高さ制限（3m）とリミットスイッチ等による移動可能範囲の制限により、傾斜落下が発生する箇所への HIC の移動を防止する。
- ・ボックスカルバート内に傾斜落下防止の器具を予め収容したうえで、HIC の収容作業を行うことにより斜め落下の可能性を排除する。

3. 落下時の健全性確認

2. の対策実施後、発生する可能性のある落下姿勢を整理、HIC への影響が大きいと想定されるケースについて落下試験を複数回実施した。落下試験条件を表 1 に示す。

表 1 落下試験の条件

	試験体	落下高さ	落下面	落下姿勢	試験回数
①	HIC(底板 20mm, 側板 10mm, SUS 補強済)	4.5m	緩衝材	垂直	2 回
②	HIC(底板 20mm, 側板 10mm, SUS 補強済)	2.6m	角部	垂直 □100mm 角棒 (緩衝材敷設) 上への落下	2 回

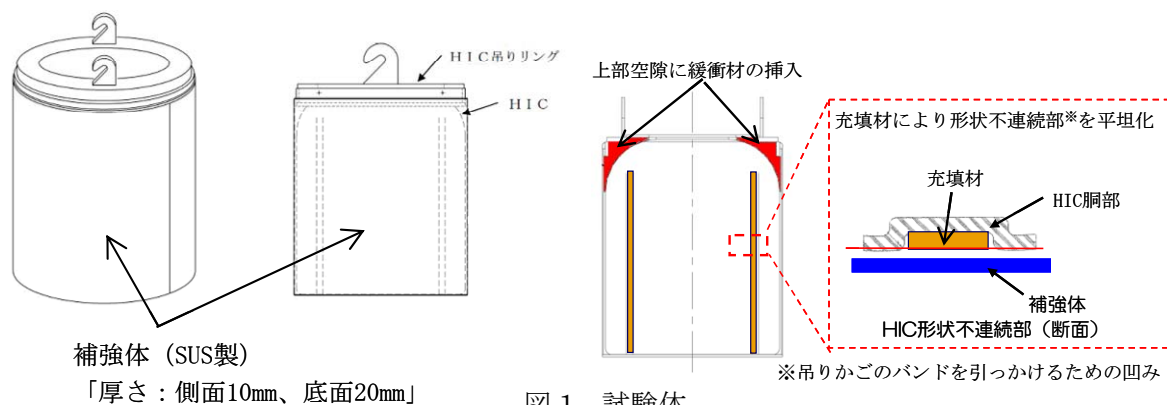


図 1 試験体

4. 試験結果

試験の良否判定は HIC 破損による内容物の漏えいの有無及び HIC 本体の異常な損傷等の有無により行った。

試験の結果、各試験ケースとも内容物の漏えいはなく、また、HIC 本体にも異常な損傷等がないことから、落下時の漏えい発生防止対策は有効であり HIC が落下した場合にも健全性は維持されると判断する。

以上

除去対象核種の選定

1. 除去対象核種の選定方針

多核種除去設備の処理対象水（淡水，RO 濃縮塩水及び処理装置出口水）は，1～3号機原子炉内の燃料に由来する放射性物質（以下，「FP 核種」という）及びプラント運転時の保有水に含まれていた腐食生成物に由来する放射性物質（以下，「CP 核種」という）を含んでいると想定される。多核種除去設備の設計として，処理対象水が万一環境への漏えいした場合の周辺公衆への放射線被ばくのリスクを低減するため，処理対象水に含まれる FP 核種及び CP 核種のうち，多核種除去設備で除去すべき高い濃度で存在する核種を推定することが必要となる。

よって，処理対象水に含まれる放射性物質の濃度を推定するにあたり，FP 核種については，炉心インベントリの評価結果から有意な濃度で存在すると想定される核種を選定し，そのうち，2011/3 に放射性物質の測定を実施している核種については，測定結果から滞留水中の濃度を推定し，測定していない核種については，炉心インベントリの評価結果から滞留水に含まれる濃度を推定した。

また，CP 核種については，プラント運転時の原子炉保有水に含まれていた核種が滞留水に移行していること，また，高温焼却炉建屋に滞留水を移送した際に，濃縮廃液タンクの保有水に含まれていた核種が混入したことが考えられることから，プラント運転時の原子炉及び濃縮廃液タンクの保有水に対する CP 核種の測定結果を用いて，滞留水に含まれる濃度を推定した。

FP核種，CP核種共に多核種除去設備の稼動時期が原子炉停止後より1年後(365日後)以降となると想定されたことから，半減期を考慮し原子炉停止365日後の滞留水中濃度を減衰補正により推定した。減衰補正により得られた原子炉停止後365日後の推定濃度が告示濃度限度^{※1}に対し，1/100を超える核種を滞留水中に有意な濃度で存在するものとして多核種除去設備の除去対象核種として選定した。ただし，トリチウム^{※2}については除去することが困難であるため除去対象核種から除外した。

※1 実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示(別表第2第六欄周辺監視区域外の水中の濃度限度)

※2 H23年9月～H25年1月に採取した淡水化装置（逆浸透膜装置）入口水トリチウム測定値： $8.5 \times 10^2 \text{Bq/cm}^3 \sim 4.2 \times 10^3 \text{Bq/cm}^3$

2. 除去対象核種の選定結果

FP 核種から 56 核種，CP 核種から 6 核種を選定し，それらを加えた計 62 核種を除去対象核種として選定した（表 1 参照）。

表 1 除去対象核種一覧

No.	放射性物質の種類	線種	No.	放射性物質の種類	線種
1	Rb-86	β γ	32	Ba-140	β γ
2	Sr-89	β	33	Ce-141	β γ
3	Sr-90	β	34	Ce-144	β γ
4	Y-90	β	35	Pr-144	β γ
5	Y-91	β γ	36	Pr-144m	γ
6	Nb-95	β γ	37	Pm-146	β γ
7	Tc-99	β	38	Pm-147	β γ
8	Ru-103	β γ	39	Pm-148	β γ
9	Ru-106	β	40	Pm-148m	β γ
10	Rh-103m	β γ	41	Sm-151	β γ
11	Rh-106	γ	42	Eu-152	β γ
12	Ag-110m	β γ	43	Eu-154	β γ
13	Cd-113m	γ	44	Eu-155	β γ
14	Cd-115m	β γ	45	Gd-153	γ
15	Sn-119m	γ	46	Tb-160	β γ
16	Sn-123	β γ	47	Pu-238	α
17	Sn-126	β γ	48	Pu-239	α
18	Sb-124	β γ	49	Pu-240	α
19	Sb-125	β γ	50	Pu-241	β
20	Te-123m	γ	51	Am-241	α
21	Te-125m	γ	52	Am-242m	α
22	Te-127	β γ	53	Am-243	α
23	Te-127m	β γ	54	Cm-242	α
24	Te-129	β γ	55	Cm-243	α
25	Te-129m	β γ	56	Cm-244	α
26	I-129	β γ	57	Mn-54	γ
27	Cs-134	β γ	58	Fe-59	γ
28	Cs-135	β	59	Co-58	γ
29	Cs-136	β γ	60	Co-60	β γ
30	Cs-137	β γ	61	Ni-63	β
31	Ba-137m	γ	62	Zn-65	β γ

高性能容器落下破損時の漏えい物回収作業における被ばく線量評価

1. 概要

多核種除去設備の運転に伴い二次廃棄物（使用済み吸着材、沈殿処理生成物）が発生し、二次廃棄物を収容した高性能容器(HIC;High Integrity Container)（以下、「HIC」という）を多核種除去設備エリアから使用済セシウム吸着塔一時保管施設へ移送する。

HIC 取扱いにおける安全確保のため、落下防止対策、漏えい発生防止の実施により HIC の落下・破損の可能性を低減するが、万一の漏えい事象への対策として漏えい物回収についての作業手順の検討と作業における被ばく線量評価を行った。

2. 落下モードの想定

万一 HIC が落下する場合の落下モードとしては吊りワイヤー切断等が考えられ、クレーン可動制限の対策を実施していることから、垂直落下を想定する。

垂直落下に対しては、落下試験結果等から、補強体及び緩衝材を取り付けることによって、HIC 本体の損傷がないこと及び補強体にき裂等の損傷はなく、内容物の漏えいがないことを確認している。

3. 漏えい範囲の想定

HIC 内のスラリー及び脱水処理された廃吸着材は、仮に HIC 落下損傷により床面に漏えいしても粘性のない液体に比べ漏えい量及び床面への広がりは限定されるものと想定される。

(1) 多核種除去設備エリア

HIC 設置エリアは堰により漏えい範囲が限定される。また、トレーラヤードには、HIC が落下しないような措置（クレーン可動範囲の制限）をするが、万一の落下時の漏えい拡大防止の観点からトレーラヤードの南端にはスロープ堰を設置する。併せて、漏えい物の飛散を考慮してトレーラヤードにて飛散防止対策等を行う。

(2) 一時保管施設エリア

ボックスカルバート設置エリアは堰により漏えい範囲が限定されるが、排水のための堰の切れ間には土嚢を設置する。さらにトレーラエリアには HIC が落下しないような措置およびクレーン可動範囲の制限および柵を設置する。また、トレーラエリアの北端には盛り上げ堰を設置する。

ボックスカルバート間の隙間は狭隘であり、ボックスカルバート間通路へ HIC が落下することはなく、通路上への漏えいが発生する可能性も低いと考えられる。また、ボックスカルバート内下部は塗装され水密構造となっているため、ボックスカルバート内に HIC が落下し漏えいが発生した場合でも外部への漏えい物の流出は発生しない。

4. 評価ケースについて

回収作業時の被ばく線量を評価するにあたり、一時保管施設のトレーラエリアで吸着材 3 の HIC が落下し漏えいが発生した場合の回収手順を最も厳しいケースとして評価する。評価に用いる線量条件を表 1 に示す。

(評価ケース選定時の考慮事項)

- ・HIC 落下による損傷はクレーン作業時に発生することが想定されることから、クレーン稼働範囲での漏えい発生を考え、トレーラによる移動エリアでの漏えいは想定しない。
- ・クレーンの稼働範囲には堰を設けることにより、スラリーおよび廃吸着材の漏えい範囲は限定される。
- ・スラリーは流動性があるため、堰内で漏えい範囲が拡大するが、溜め枡や漏えい物水位の最深部に回収ポンプを配置し、ろ過水で希釈することで、比較的低い線量下での回収作業が可能である。
- ・廃吸着材は流動性がないため、漏えい物の拡散範囲が狭く、高線量の漏えい物に作業員が接近して回収作業を行う必要がある。
- ・遮へい体が設置されている多核種除去設備エリアと比較し、一時保管施設トレーラエリアは、漏えい物からの線量を遮断するものがなく、作業員の被ばく線量が多くなると考えられる。

表 1 吸着材 3 (Cs) 漏えい時の線量条件

漏えい物 (吸着材) の縁からの距離 [m]	線量率※1 [mSv/h]
0	78
1	27
2	12
3	6.8
4	4.3
5	3

※1 線量率：各々の距離における高さ 1.5m の点での評価値

5. 回収作業手順と被ばく線量評価

(1) 漏えい発生に対する準備

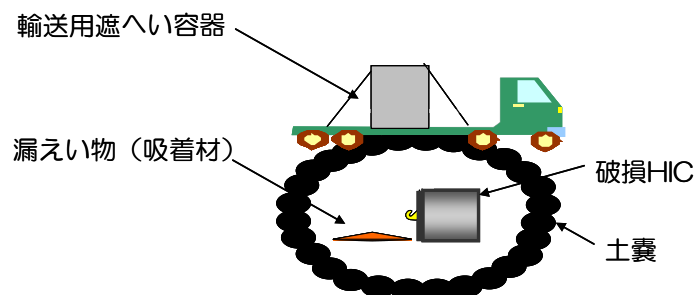
HIC 取扱い時には、5 人程度の作業員が現場作業に従事しており、漏えい発生時の初期対応（土嚢設置による漏えい拡大等）に従事する。なお、土嚢は多核種除去設備設置エリア、一時保管施設エリアに予め準備しておく。

その後の漏えい物回収作業等に従事する作業員（数十人程度を想定）は、多核種除去設備操作室や免震重要棟、バックオフィス（J ヴィレッジ等）から吸引車等の必要資機材を準備したうえ、1,2 時間程度での現場集合が可能である

(2) 作業手順と被ばく線量

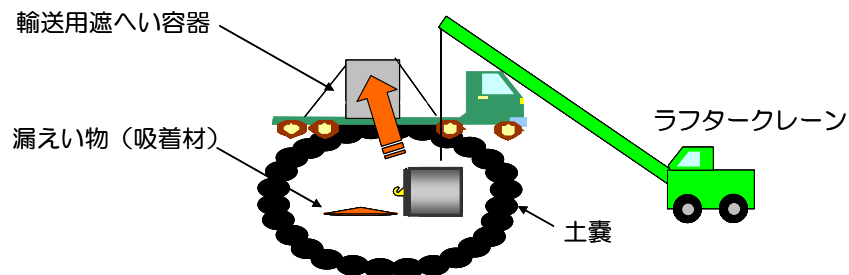
一時保管施設のトレーラエリアにおいて吸着材が漏えいした場合を想定し、その際の回収手順を示す。また想定被ばく線量を表 2 に示す。回収作業は、予め機材を準備することで数時間から半日程度で実施でき、想定される総被ばく線量は 50mSv・人以下である。

<回収手順 1> 漏えい拡大防止（土嚢設置）



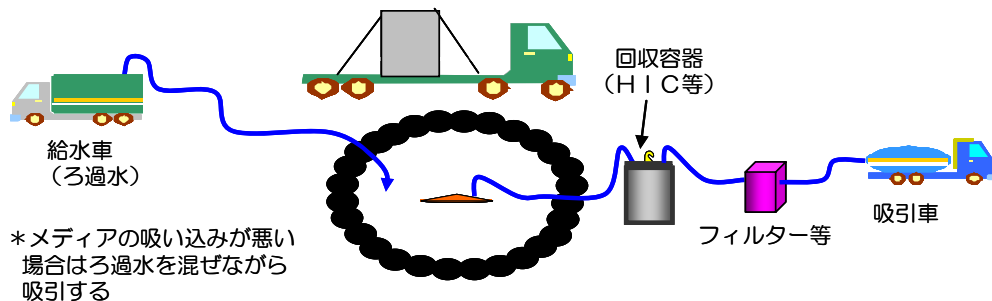
- ・ HIC の輸送作業に従事していた作業員（5 人程度）が初動対応として、土嚢を設置。
- ・ 系外漏えい防止のため、一時保管施設の雨水排水用の堰の切れ間に土嚢を設置。
- ・ 被ばく低減のため、HIC から 3m 離隔した場所に土嚢を設置。
- ・ 被ばく線量は、漏えい物から 3m 程度に近づく作業時間から算出。
- ・ 土嚢は予め一時保管エリアに準備してあり、土嚢の移動距離は数十 m 程度であるため、作業時間は 10 分程度。

＜回収手順 2＞HIC 回収



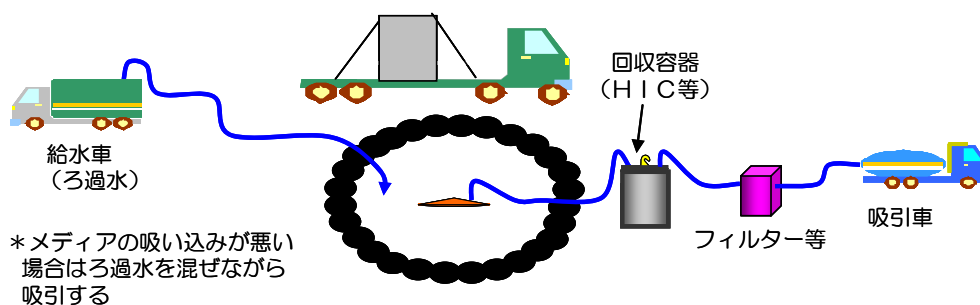
- ・漏えい物の回収作業における被ばく線量を下げするため、線源となる HIC を回収する。
- ・HIC 吊り具は、補強体に溶接で取り付けられており、破損はないものとする。
- ・HIC を取り扱う門型クレーンに何らかの異常が発生した場合を想定し、HIC の回収はラフタークレーンを使用する。
- ・玉掛け作業は作業員が接近して行うが、クレーン操作は 10m 程度離れたラフタークレーン操作室で行うため、被ばくの影響はほとんどない。
- ・HIC への玉掛けが行いにくい横倒し状態を想定し、玉掛け作業は 2 人で行う。
- ・HIC は輸送用遮へい容器内へ回収する。

＜回収手順 3＞漏えい物回収



- ・吸引車（1 F 構内に予め準備）を使用し、回収物吐き出し作業等による更なる被ばくを避けるため回収容器（HIC 等）へ漏えい物を直接回収する。
- ・メディアもスラリーも吸着した放射性物質が気相へ移行することはないが、念のため、フィルターを介して吸引する。
- ・吸い込みノズルを操作する作業員は 1 人で行い、被ばく線量を考慮して、5 分程度で交代することを想定する。
- ・吸い込みノズルは漏えい物から 2m 程度離れた距離で操作する。

<回収手順 4>回収後の除染



- ・ろ過水を使用し、床面等の除染を実施する。
- ・車両サーベイ実施後、トレーラを移動させる。
- ・使用後のろ過水は水中ポンプ（1F構内に予め準備）を使用し、回収後、汚染水を収納しているタンク等へ移送する。
- ・漏えい物を回収した後は 1mSv/h 以下である。
- ・トレーラエリアは床塗装が実施しており、15人程度が約1時間作業を実施すれば、十分に除染できると考えられる。

表 2 回収作業時の想定被ばく線量

作業内容	想定被ばく線量 ^{※2}	
①漏えい拡大防止 (土嚢設置)	5人×10分× $6.8\text{mSv/h}(@3\text{m})$	$5.7\text{mSv}\cdot\text{人}$
②HIC回収	2人×2分× $27\text{mSv/h}(@1\text{m})$	$1.8\text{mSv}\cdot\text{人}$
③漏えい物回収	18人×5分× $12\text{mSv/h}(@2\text{m})$	$18\text{mSv}\cdot\text{人}$
④回収後の除染	15人×60分× 1mSv/h 以下	$15\text{mSv}\cdot\text{人}$ 以下

※2 作業人数，時間は漏えい物に接近して行う作業の人数・時間である。

以上

放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設の試験及び工事計画

放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設は、設備の安定運転の維持、安全確保の観点から以下の試験及び工事について計画し、実施する。

1. 汚染水を用いた通水試験（ホット試験）の実施

多核種除去設備は、福島第一原子力発電所内に貯留している汚染水に含まれる放射性核種を除去し、汚染水の漏えいによる放射線被ばくのリスクを低減させるもので、早期に稼働させるべく、十分な安全対策を施した上で汚染水を用いた通水試験（ホット試験）を開始することとする。

ホット試験は、十分な安全対策を施した上で A 系から実施し、試験結果の評価等を踏まえ、B 系、C 系のホット試験の方法等について検討する。

2. 上屋設置

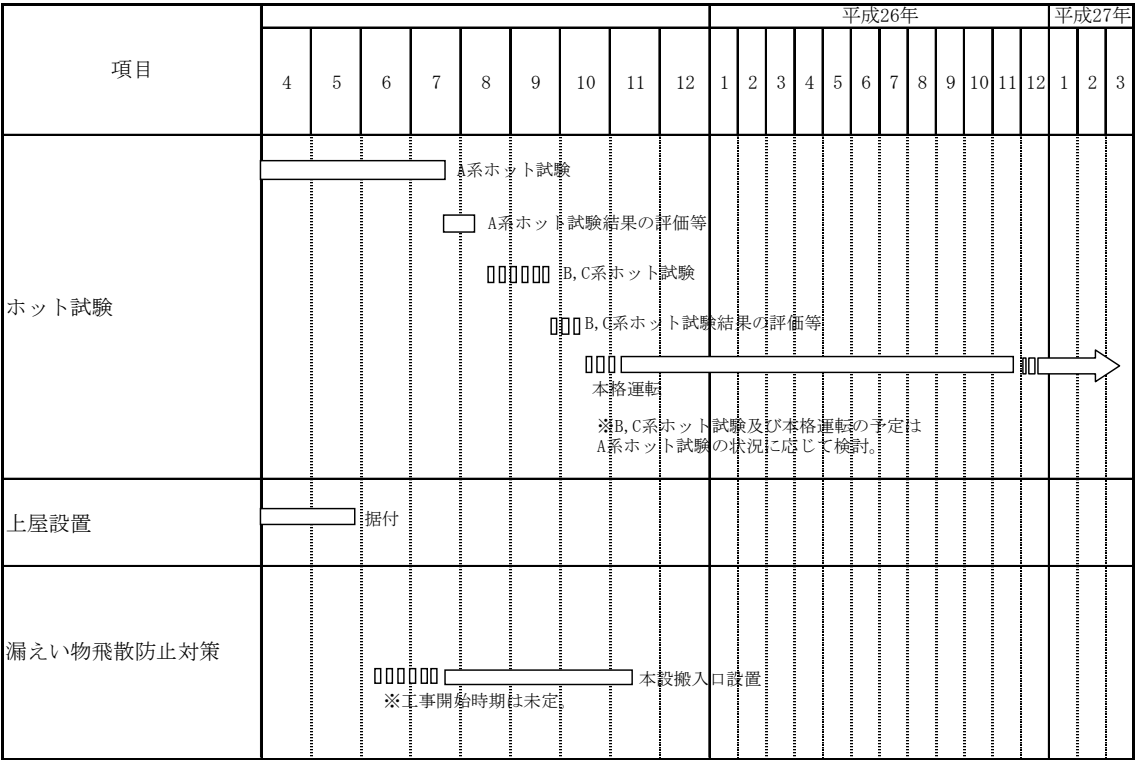
多核種除去設備の安定運転の維持、設備保護の観点では、上屋の設置が好ましいことから、上屋の設置工事を行う。

上屋は、耐震 B クラスの施設として耐震設計を行う。また、参考として、基準地震動 S_s に対する健全性についても評価する。

3. 漏えい物飛散防止対策

HIC 取扱時における多核種除去設備エリアトレーラヤードでの万一の落下による HIC 収容物のエリア外への飛散を考慮し、トレーラヤードの搬入口設置等を行う。

4. 工程



以上

2.17 放射性固体廃棄物等の管理施設及び関連施設（雑固体廃棄物焼却設備）

2.17.1 基本設計

2.17.1.1 設置の目的

雑固体廃棄物焼却設備は、放射性固体廃棄物等（その他雑固体廃棄物、使用済樹脂、瓦礫類、伐採木、使用済保護衣等）で処理可能なものについて焼却処理することを目的とする。

2.17.1.2 要求される機能

放射性固体廃棄物等の処理にあたっては、その廃棄物の性状に応じて、適切に処理し、遮へい等の適切な管理を行うことにより、敷地周辺の線量を達成できる限り低減すること。

2.17.1.3 設計方針

(1) 放射性固体廃棄物等の処理

雑固体廃棄物焼却設備は、放射性固体廃棄物等の処理過程において放射性物質の散逸等の防止を考慮した設計とする。具体的には、焼却処理により発生する焼却灰はドラム缶に詰めて密閉し、固体廃棄物貯蔵庫などの遮へい機能を有する設備に貯蔵保管する。処理過程においては、系統を負圧にし、放射性物質が散逸しない設計とする。

(2) 放射性気体廃棄物の考慮

雑固体廃棄物焼却設備は、敷地周辺の線量を合理的に達成できる限り低減できるように、焼却処理に伴い発生する排ガス及び汚染区域の排気は、フィルタを通し、放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、放射性物質の濃度を監視しながら本建屋専用の排気筒から放出する設計とする。

(3) 構造強度

「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）に従うことを基本方針とし、必要に応じて JIS や製品規格に従った設計とする。

(4) 耐震性

雑固体廃棄物焼却設備の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成18年9月19日）に従い設計するものとする。

(5) 火災防護

火災の早期検知に努めるとともに、消火設備を設けることで初期消火を可能にし、火災により安全性を損なうことのないようにする。

(6) 被ばく低減

雑固体廃棄物焼却設備は放射線業務従事者等の立入場所における線量を合理的に達成できる限り低減できるように、遮へい、機器の配置、放射性物質の漏えい防止、換気等の所要の放射線防護上の措置を講じた設計とする。

また、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するため、遮へい等の所要の放射線防護上の措置を講じた設計とする。

2. 17. 1. 4 供用期間中に確認する項目

供用期間中に確認する項目については、詳細設計が終了した段階で反映していく。

2. 17. 1. 5 主要な機器

雑固体廃棄物焼却設備は、新たに設置する焼却炉建屋内に設置され、焼却設備、換気空調設備、モニタリング設備等で構成され、放射性固体廃棄物等で処理可能なものを焼却する。

(1) 焼却設備

焼却設備は焼却炉（ロータリーキルン式）、二次燃焼器、排ガス冷却器、バグフィルタ、排ガスフィルタ、排ガスブロア、排ガス補助ブロア、排気筒で構成される。焼却設備は、2系列で構成し、1系列が点検中の場合においても廃棄物を処理できる設計とする。

焼却炉（ロータリーキルン式）は、炉を回転させることで、攪拌させながら時間をかけて焼却処理を行う。

二次燃焼器では、排ガスを850℃以上で2秒以上の滞留で完全燃焼させ、ダイオキシン類を完全に分解し安定した性状の排ガスを排ガス冷却器へ供給する。

排ガス冷却器では、水噴霧により排ガスを急冷しダイオキシン類の再合成を防止するとともに、高温に達した排ガスをフィルタ類で処理できる温度まで冷却する。

バグフィルタはケーシング内にろ布が装着され、排ガスを通すことによりろ布表面で集塵を行う。ダストが堆積した場合、逆洗により定期的にダストを払い落とし、回収を行う。なお、焼却炉から当該設備までで除染係数（以下、DFとする）10以上を確保する。

排ガスフィルタは粒径0.3μmに対して99.97%の粒子捕集率があるHEPAフィルタで構成され、バグフィルタで集塵しきれなかった排ガス中の微粒子を回収する。当該設備ではHEPAフィルタを2段直列に配置することでDF=10⁵以上を確保する。

排ガスブロアは、焼却炉から一連の系統を吸引しフィルタにて処理された排ガスを排気筒へ送り出す。また、系統を負圧にし、放射性物質の散逸等を防止する。

これらの焼却設備のDFは系統全体で10⁶以上である。

なお、焼却処理にて発生する焼却灰はドラム缶等の密閉できる容器に保管する。

(2) 焼却炉建屋

5, 6 号機北側に配置する焼却炉建屋は、鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造）の地上 3 階で、平面が約 69m（東西方向）×約 45m（南北方向）の建物で、地上高さは約 26.5m である。

(3) 換気空調設備

換気空調設備は、焼却炉建屋送風機、焼却炉建屋排風機、排気処理装置等で構成する。

焼却炉建屋送風機、焼却炉建屋排風機は、それぞれ50%容量のもの3台で構成する。建屋内に供給された空気は、フィルタを通した後、排風機により排気筒から大気に放出する。

(4) モニタリング設備

排気筒において排ガス中の放射性物質濃度をガス放射線モニタ及びダスト放射線モニタにより監視する。

(5) 遮へい壁

焼却設備、雑固体廃棄物、焼却灰などからの放射線に対し、放射線業務従事者等を保護する目的として、主に機器まわりのコンクリート壁・天井による遮へいを行う。

また、敷地周辺の線量を達成できる限り低減するために、雑固体廃棄物及び焼却灰からの放射線について、建屋のコンクリート壁・天井により遮へいを行う。

2.17.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

アウターライズ津波による遡上、大雨等による溢水を考慮し、焼却炉建屋は O.P. 約 23.0m に設置する。

(2) 火災

焼却炉建屋内では、可燃性の雑固体廃棄物を一時保管し、燃料を使用するため、火災報知設備、消火栓設備、不燃性ガス消火設備、消火器等を消防法等に基づいて、適切に設置し、火災の早期検知、消火活動の円滑化を図る。

2.17.1.7 構造強度及び耐震性

(1) 強度評価の基本方針

雑固体廃棄物焼却設備を構成する機器は、「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令」において、廃棄物処理設備に該当することから、クラス 3 に位置付けられる機器を含む。設計・建設規格のクラス 3 に該当するものについては、同規格に準拠した設計・製作・検査を行う。

(2) 耐震性評価の基本方針

雑固体廃棄物焼却設備の耐震設計は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成18年9月19日）に従い設計するものとする。また、耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」等に準用する。

2.17.1.8 機器の故障への対応

2.17.1.8.1 機器の単一故障

(1) 負圧維持機能を有する動的機器の故障

雑固体廃棄物焼却設備の負圧維持機能を有する動的機器に関しては複数台設置する。負圧維持機能を有する動的機器が故障した場合でも、予備機により運転継続もしくは停止作業が可能となる。

(2) モニタリング設備の故障

ガス放射線モニタ及びダスト放射線モニタは、2チャンネルを有し、1チャンネル故障時でも他の1チャンネルで排気筒における放射性物質濃度を監視可能とする。

(3) その他の主要な機器の故障

その他の主要な機器が故障した場合、速やかに焼却運転を停止させる。

(4) 電源喪失

雑固体廃棄物焼却設備の電源は2系統より受電する設計とし、1系統からの受電が停止した場合でも全ての負荷に給電できる構成とする。

2.17.1.8.2 複数の設備が同時に機能喪失した場合

雑固体廃棄物焼却設備の複数の設備が同時に機能喪失した場合、速やかに運転を停止させる。外部電源喪失した場合、廃棄物や燃料の供給は停止するため、焼却は自然に停止に向かう。

2.17.2 基本仕様

2.17.2.1 主要仕様

(1) 焼却設備

a. 焼却炉

容 量	約 2,500,000kcal/h/基 (廃棄物 300kg/h 相当)
基 数	2

b. 二次燃焼器

基 数	2
-----	---

c. 排ガス冷却器

基 数	2
-----	---

d. バグフィルタ

容 量	15,000Nm ³ /h/基
基 数	2

e. 排ガスフィルタ

容 量	3,000Nm ³ /h/基
基 数	10

f. 排ガスブロア

容 量	15,000Nm ³ /h/基
基 数	2

g. 排ガス補助ブロア

容 量	2,500Nm ³ /h/基
基 数	2

(2) 換気空調設備

a. 焼却炉建屋送風機

容 量	48,500m ³ /h/基
基 数	3

b. 焼却炉建屋排風機

容 量	43,500m ³ /h/基
基 数	3

c. 排気処理装置

容 量	14,500m ³ /h/基
基 数	7

(3) 補助遮へい

種類				主要寸法 (mm)	冷却方法	材料
補助遮へい	焼却炉建屋	廃棄物受入エリア	北壁 (1 階)	500	自然冷却	普通コンクリート (密度 2.15g/cm ³ 以上)
			東壁 (1 階)	500		
		雑固体一時置場	西壁 (1 階)	500		
			南壁 (1 階)	500		
			天井 (1 階)	500		
		非常口	南壁 (1 階)	450		
			東壁 (1 階)	450		
		充填エリア	南壁 (1 階)	500		
		焼却設備室 A 系	北壁 (1 階)	500		
			北壁 (2 階)	500		
			西壁 (2 階)	500		
			北壁 (3 階)	500		

種類				主要寸法 (mm)	冷却方法	材料
補助遮へい	焼却炉建屋	焼却設備室 A 系	西壁 (3 階)	500	自然冷却	普通コンクリート (密度 2.15g/cm ³ 以上)
			北壁 (屋上階)	300		
			西壁 (屋上階)	300		
			東壁 (屋上階)	300		
		焼却設備室 B 系	南壁 (1 階)	500		
			西壁 (2 階)	500		
			南壁 (2 階)	500		
			西壁 (3 階)	500		
			南壁 (3 階)	500		
			西壁 (屋上階)	300		
			南壁 (屋上階)	300		
			東壁 (屋上階)	300		
		廃油貯蔵室	北壁 (1 階)	300/400		
			西壁 (1 階)	300		
			天井 (1 階)	300/450		
		サンプルタンク室	北壁 (1 階)	400		
			東壁 (1 階)	700		
		灰ドラム一時貯蔵庫	南壁 (1 階)	700		
			東壁 (1 階)	700		

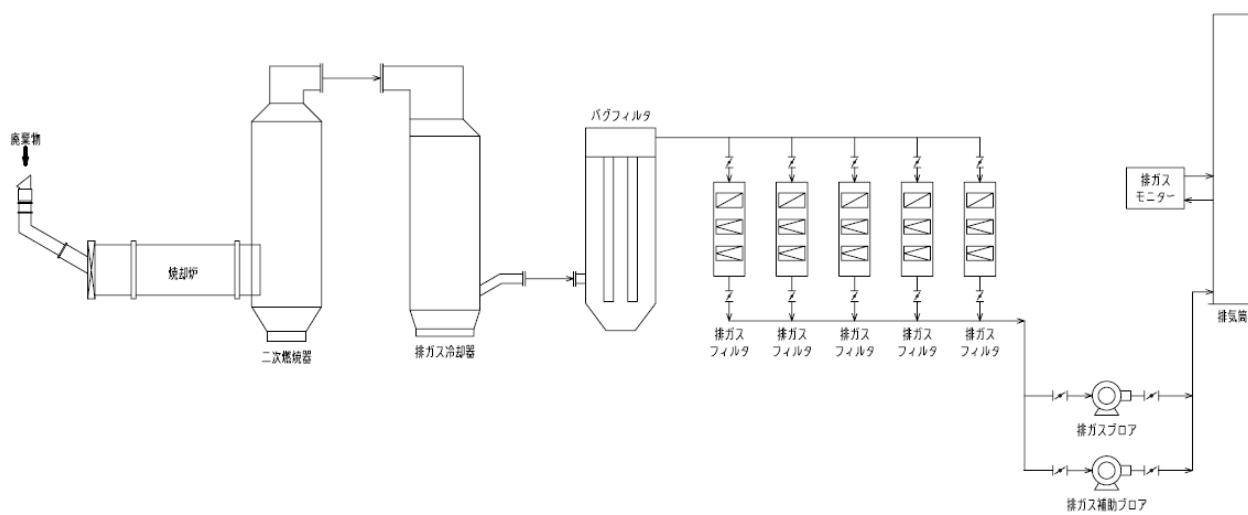
種類				主要寸法 (mm)	冷却方法	材料
補助遮へい	焼却炉建屋	焼却設備排気機械室	北壁 (2 階)	300	自然冷却	普通コンクリート (密度 2.15g/cm ³ 以上)
			西壁 (2 階)	300		
			南壁 (2 階)	300		
			東壁 (2 階)	400		
			天井 (2 階)	300		
		排ガス冷却水 タンクエリア	北壁 (3 階)	300		
			西壁 (3 階)	300		
			東壁 (3 階)	300		
			天井 (3 階)	300		
		排気機械室	北壁 (3 階)	300		
			東壁 (3 階)	300		
			天井 (3 階)	300		
		モニタ室	南壁 (3 階)	300		
			東壁 (3 階)	300		
			天井 (3 階)	300		

2.17.3 添付資料

- 添付資料－1 焼却設備概略系統図
- 添付資料－2 雑固体廃棄物焼却設備の全体概要図
- 添付資料－3 焼却炉建屋平面図
- 添付資料－4 換気空調設備概略系統図
- 添付資料－5 排気中の放射性物質濃度に係る説明書
- 添付資料－6 設定根拠に関する説明書
- 添付資料－7 廃棄設備に係る機器の配置を明示した図面
- 添付資料－8 焼却炉建屋の構造強度に関する検討結果
- 添付資料－9 安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路を明示した図面
- 添付資料－10 非常用照明に関する説明書及び取付箇所を明示した図面
- 添付資料－11 火災防護に関する説明書並びに消火設備の取付箇所を明示した図面
- 添付資料－12 生体遮へい装置の放射線の遮へい及び熱除去についての計算書
- 添付資料－13 補助遮へいに関する構造図
- 添付資料－14 固体廃棄物処理設備における放射性物質の散逸防止に関する説明書
- 添付資料－15 雑固体廃棄物焼却設備の設置について
- 添付資料－16 雑固体廃棄物焼却設備に係る確認事項

以下の添付資料については、詳細設計や評価が終了した段階で反映していく。

- 添付資料 雑固体廃棄物焼却設備の構造強度及び耐震性に関する説明書
- 添付資料 雑固体廃棄物焼却設備に関する構造図
- 添付資料 流体状の放射性廃棄物の漏えいの拡大防止能力及び施設外への漏えい防止能力についての計算書
- 添付資料 流体状の放射性廃棄物の漏えいの検出装置及び自動警報装置の構成に関する説明書
- 添付資料 検出器の取付箇所を明示した図面並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書



図－ 1 焼却設備概略系統図

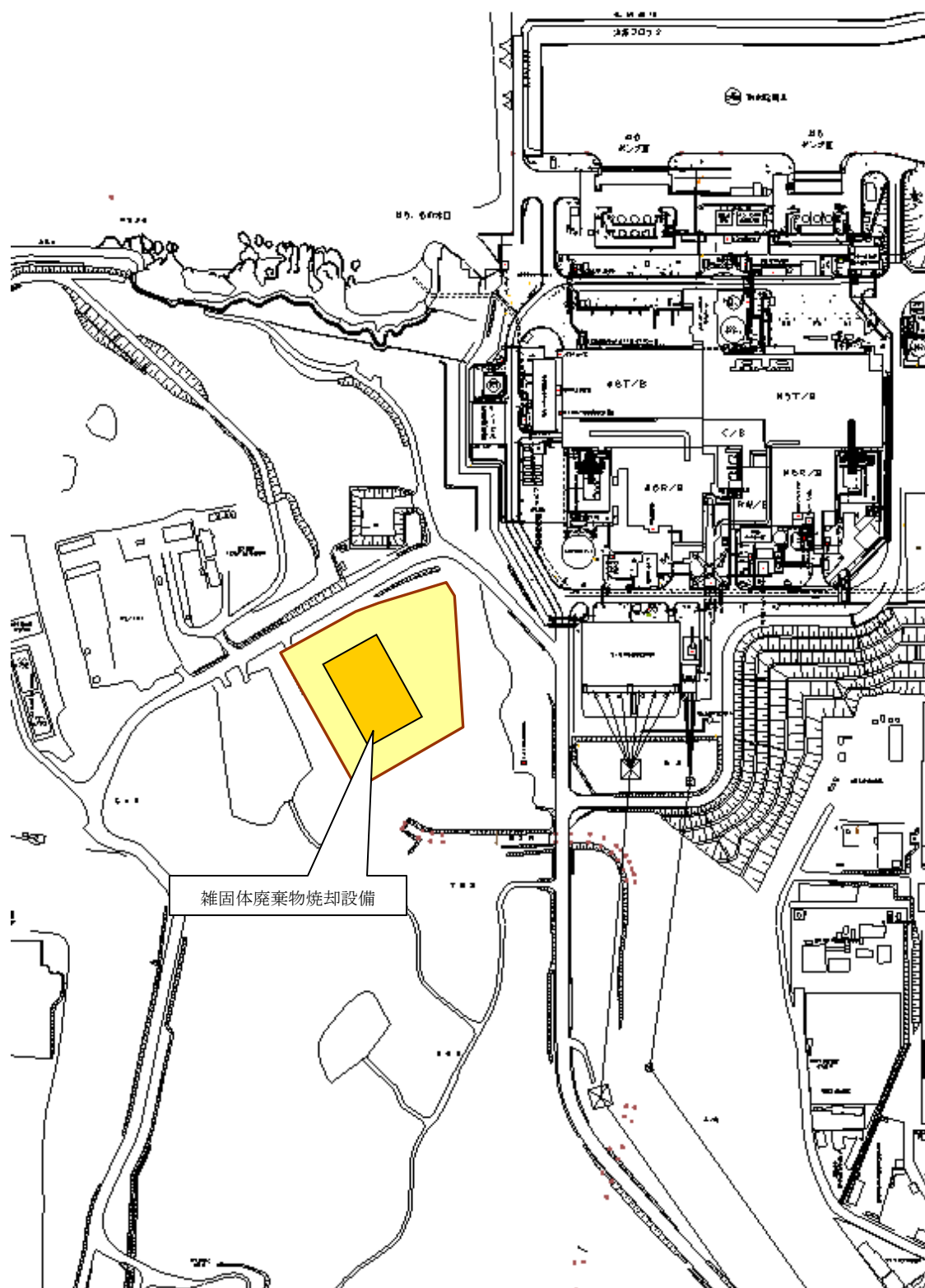
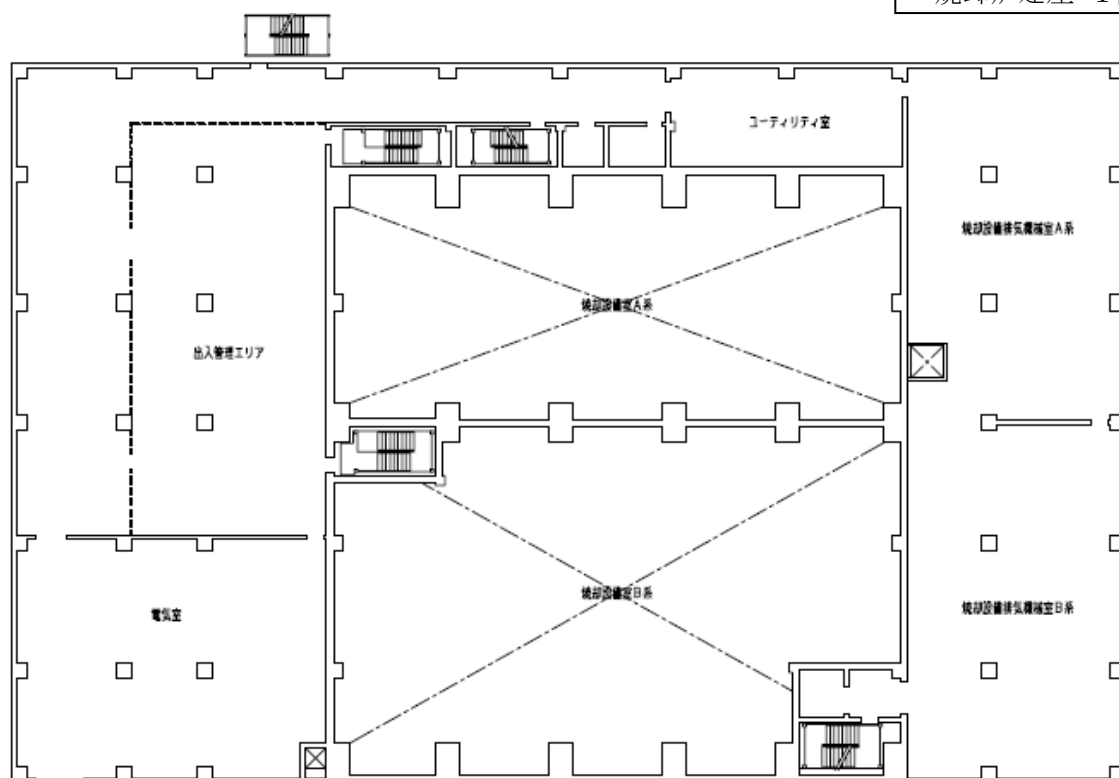
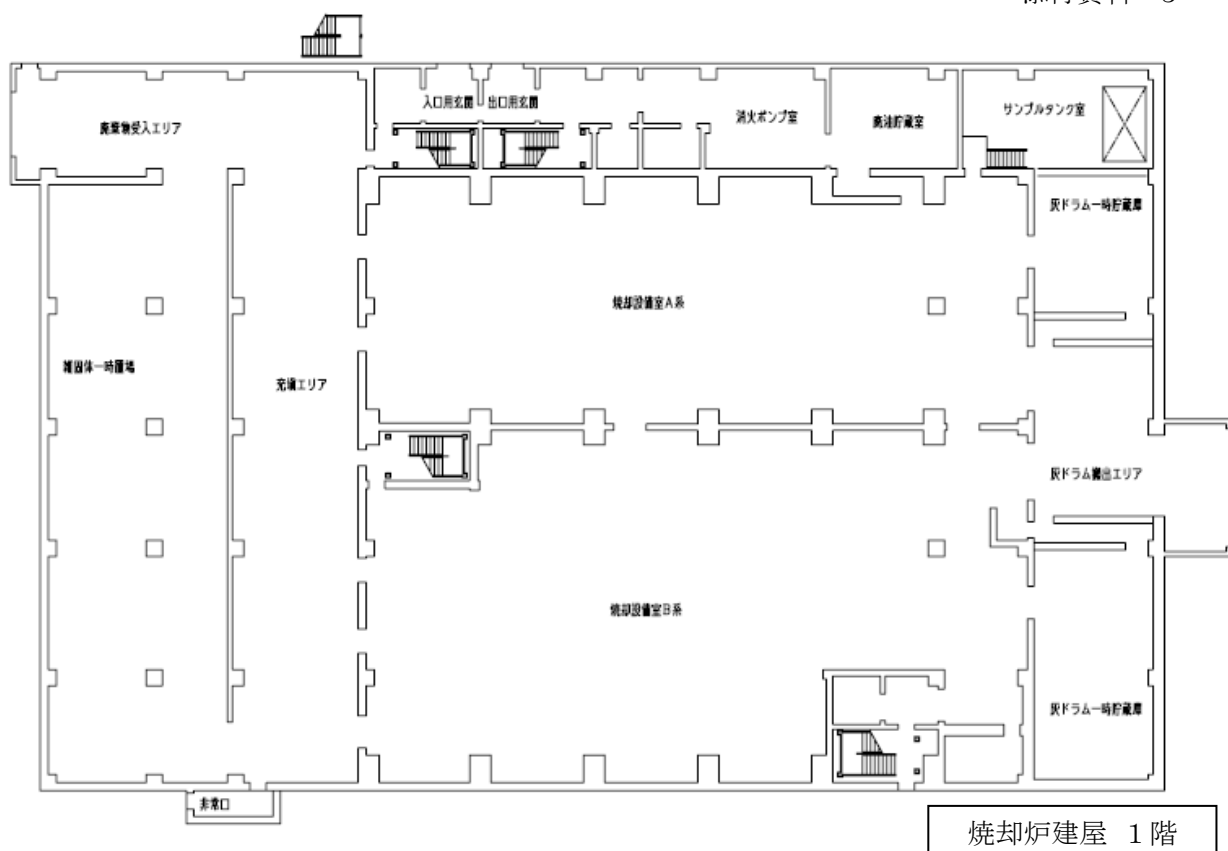
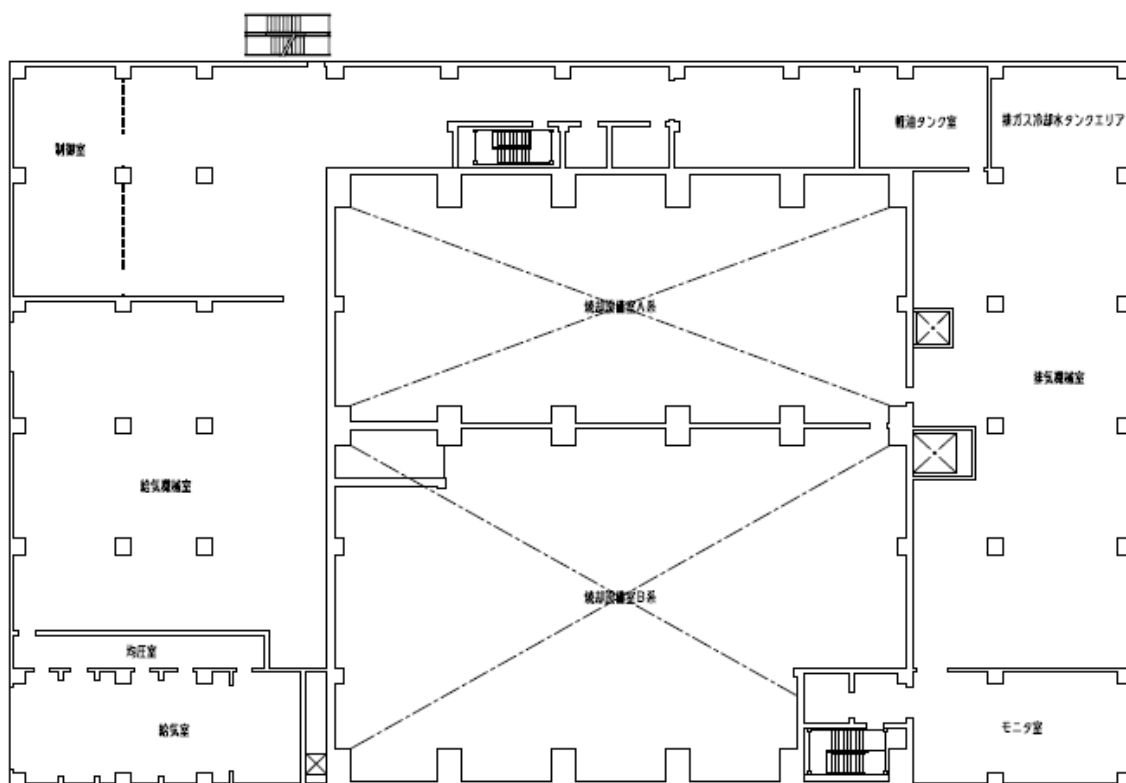


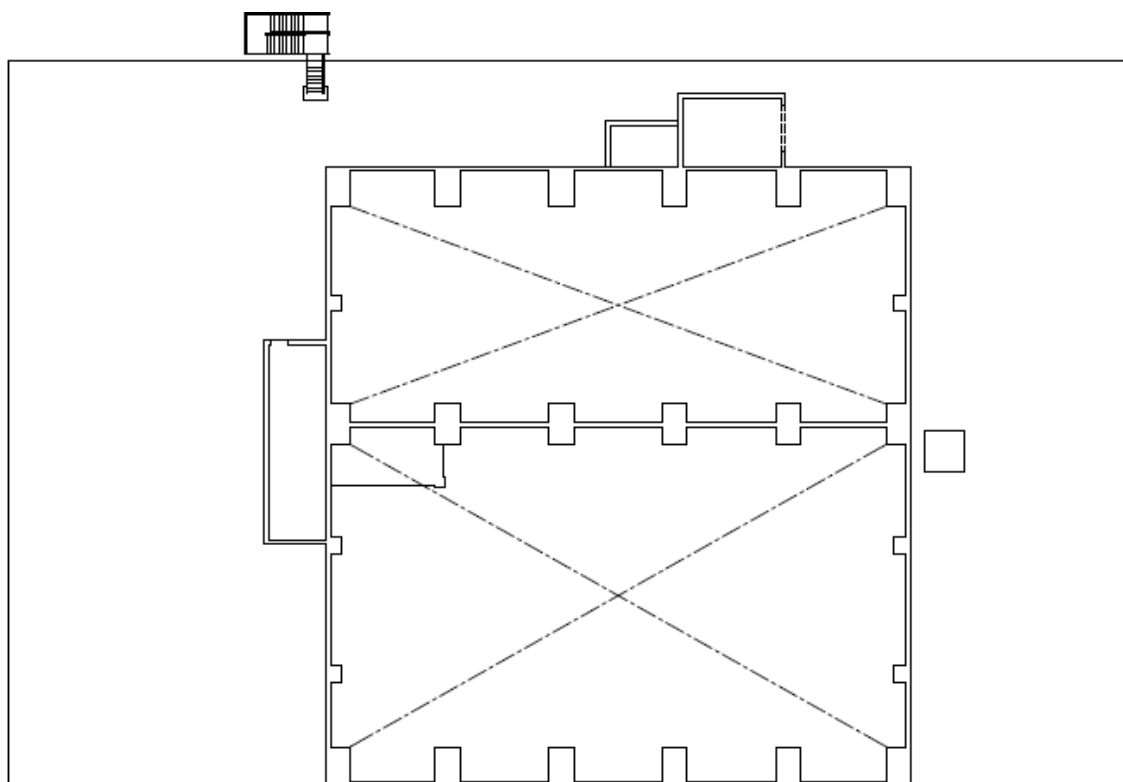
図-1 雑固体廃棄物焼却設備の全体概要図



図－1 焼却炉建屋平面図（1／2）

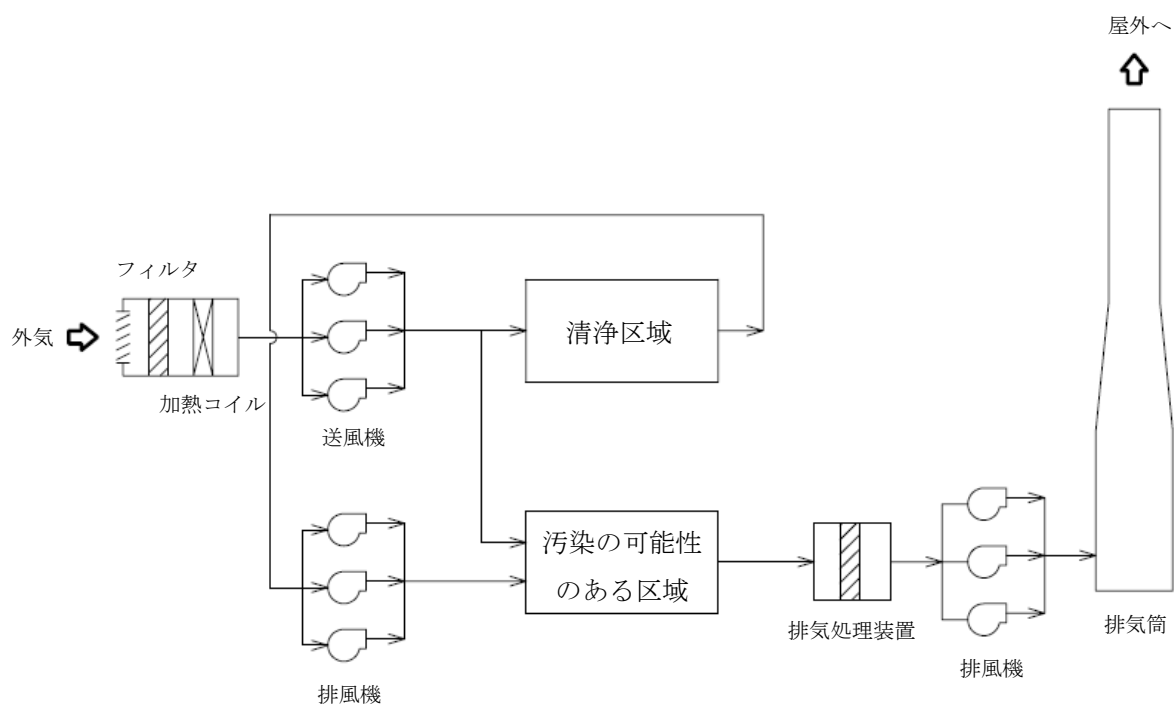


焼却炉建屋 3階



焼却炉建屋 屋上階

図－1 焼却炉建屋平面図（2／2）



図－ 1 換気空調設備概略系統図

排気中の放射性物質濃度に係る説明書

1. 廃棄物の放射能濃度

雑固体廃棄物の放射能濃度を表－ 1 に示す。核種組成については，滞留水の核種組成実測値に 2 年後の減衰を見込んで設定している。

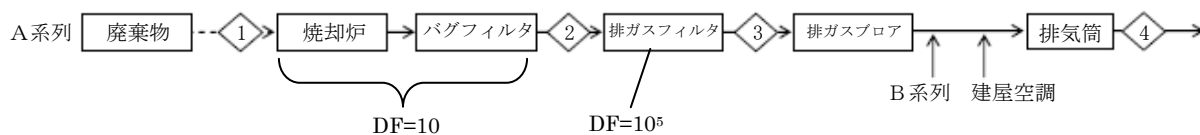
表－ 1 雑固体廃棄物の放射能濃度

核種	放射能濃度 (Bq/kg)
Mn-54	4. 0E+04
Co-58	1. 9E+02
Co-60	1. 1E+05
Sr-89	1. 6E+03
Sr-90	9. 9E+06
Ru-103	1. 4E+00
Ru-106	3. 7E+05
Sb-124	2. 1E+02
Sb-125	3. 5E+05
I-131	3. 8E-21
Cs-134	3. 4E+06
Cs-136	2. 5E-13
Cs-137	9. 4E+06
Ba-140	1. 6E-11
α	2. 6E+02
合計	2. 4E+07

2. 排気中の放射性物質濃度

焼却炉の処理能力 300kg/h, 系統全体の除染係数 10^6 (焼却炉からバグフィルタまでで 10^4 , 排ガスフィルタで 10^5)，系統の流量を考慮すると，排気中の放射性物質濃度は図－ 1 のようになり，排気筒出口の各核種の放射性物質濃度は，告示に定める周辺監視区域外の空気中の濃度限度を下回り，各核種の告示濃度限度に対する割合の和が 1 未満となっている。

さらに，排気筒からの大気拡散効果を考慮すると，周辺監視区域外においては，この濃度はさらに低下することから告示に定める濃度限度を十分に下回る。



流体 番号	◇1 (Bq/kg)	◇2 (Bq/cm ³)	◇3 (Bq/cm ³)	◇4 (Bq/cm ³)	告示濃度 限度 (Bq/cm ³)	告示濃度限 度に対する 割合
流量 (m ³ /h)	—	20810	20810	176249	—	—
Mn-54	4.0E+04	5.8E-05	5.8E-10	1.4E-10	8.0E-05	1.7E-06<1
Co-58	1.9E+02	2.7E-07	2.7E-12	6.5E-13	6.0E-05	1.1E-08<1
Co-60	1.1E+05	1.6E-04	1.6E-09	3.7E-10	4.0E-06	9.4E-05<1
Sr-89	1.6E+03	2.3E-06	2.3E-11	5.4E-12	2.0E-05	2.7E-07<1
Sr-90	9.9E+06	1.4E-02	1.4E-07	3.4E-08	8.0E-07	4.2E-02<1
Ru-103	1.4E+00	2.0E-09	2.0E-14	4.8E-15	4.0E-05	1.2E-10<1
Ru-106	3.7E+05	5.3E-04	5.3E-09	1.3E-09	2.0E-06	6.3E-04<1
Sb-124	2.1E+02	3.0E-07	3.0E-12	7.1E-13	2.0E-05	3.6E-08<1
Sb-125	3.5E+05	5.0E-04	5.0E-09	1.2E-09	3.0E-05	4.0E-05<1
I-131	3.8E-21	5.5E-29	5.5E-29	1.3E-29	5.0E-06	2.6E-24<1
Cs-134	3.4E+06	4.9E-03	4.9E-08	1.2E-08	2.0E-05	5.8E-04<1
Cs-136	2.5E-13	3.6E-22	3.6E-27	8.5E-28	1.0E-04	8.5E-24<1
Cs-137	9.4E+06	1.4E-02	1.4E-07	3.2E-08	3.0E-05	1.1E-03<1
Ba-140	1.6E-11	2.3E-20	2.3E-25	5.4E-26	1.0E-04	5.4E-22<1
α	2.6E+02	3.7E-07	3.7E-12	8.9E-13	3.0E-09	3.0E-04<1
合計	2.4E+07	3.4E-02	3.4E-07	8.0E-08	—	4.5E-02<1

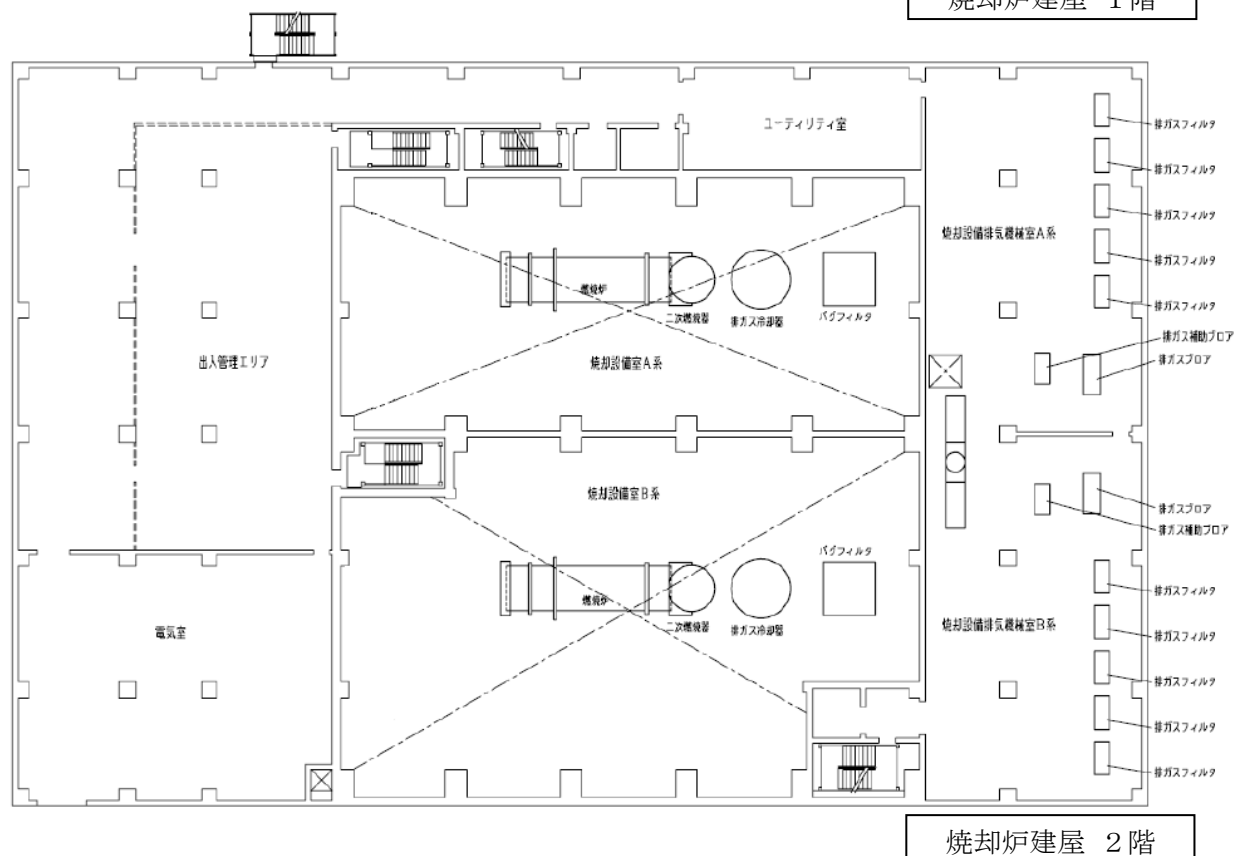
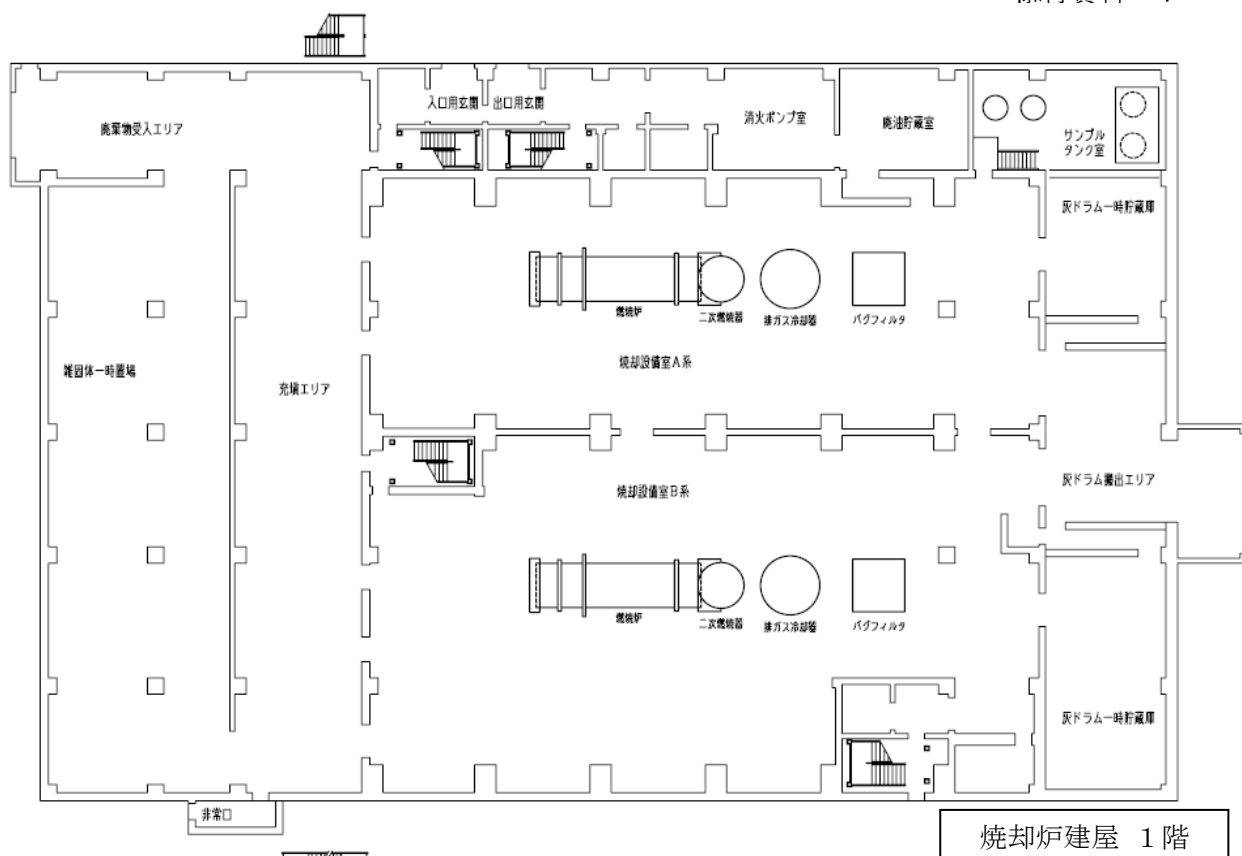
図－１ 雑固体廃棄物焼却設備 排気中の放射性物質濃度

設定根拠に関する説明書

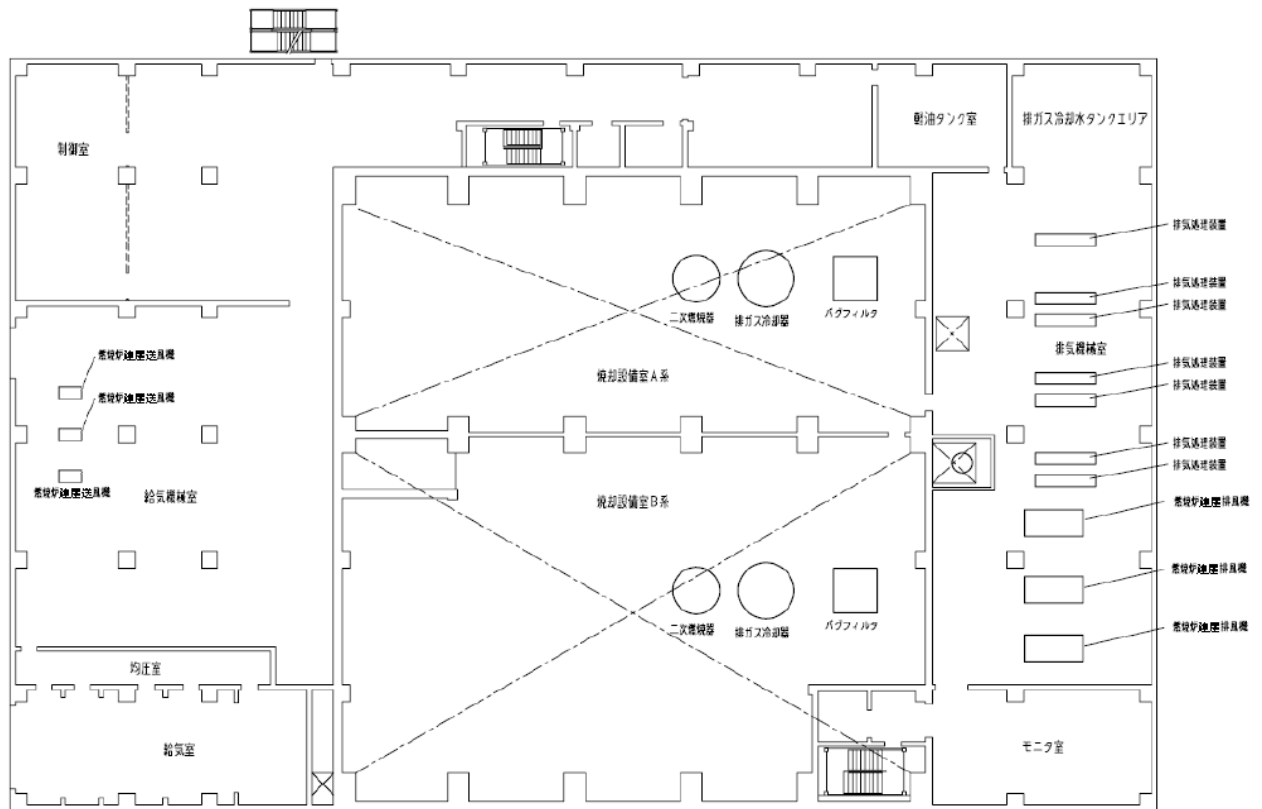
1. 焼却設備に関する設定根拠

(1) 焼却炉

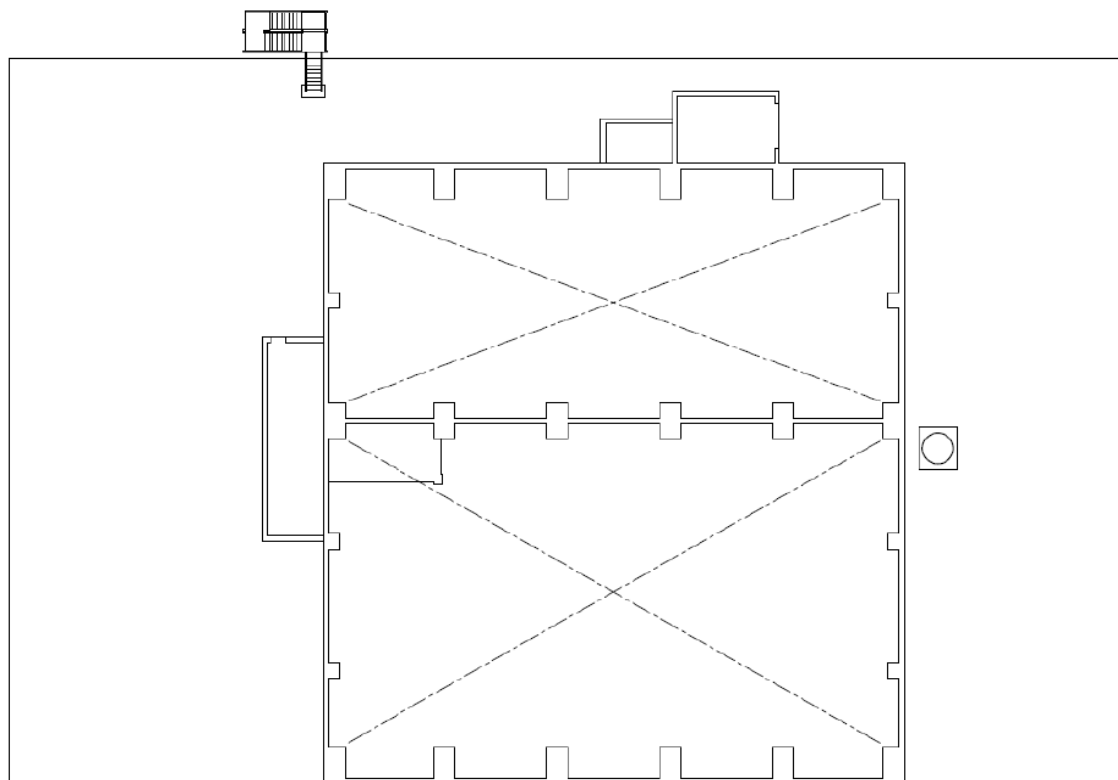
基 数	—	2
容 量	kcal/h/基	約 2,500,000 (廃棄物 300kg/h 相当)
1. 容量の設定根拠 ○福島第一原子力発電所では、至近の実績から約 140t/月の使用済保護衣等が発生する。 ・ 140t/月 = 194kg/h < 300kg/h×2 基 発生量<容量 であることから、容量は妥当である。 ○廃棄物の発熱量を約 8330kcal/kg とすると、8330×300=2,499,000 より、 約 2,500,000kcal/h/基とした。		



図－ 1 廃棄設備に係る機器の配置を明示した図面（1／2）



焼却炉建屋 3階



焼却炉建屋 屋上階

図ー1 廃棄設備に係る機器の配置を明示した図面（2／2）

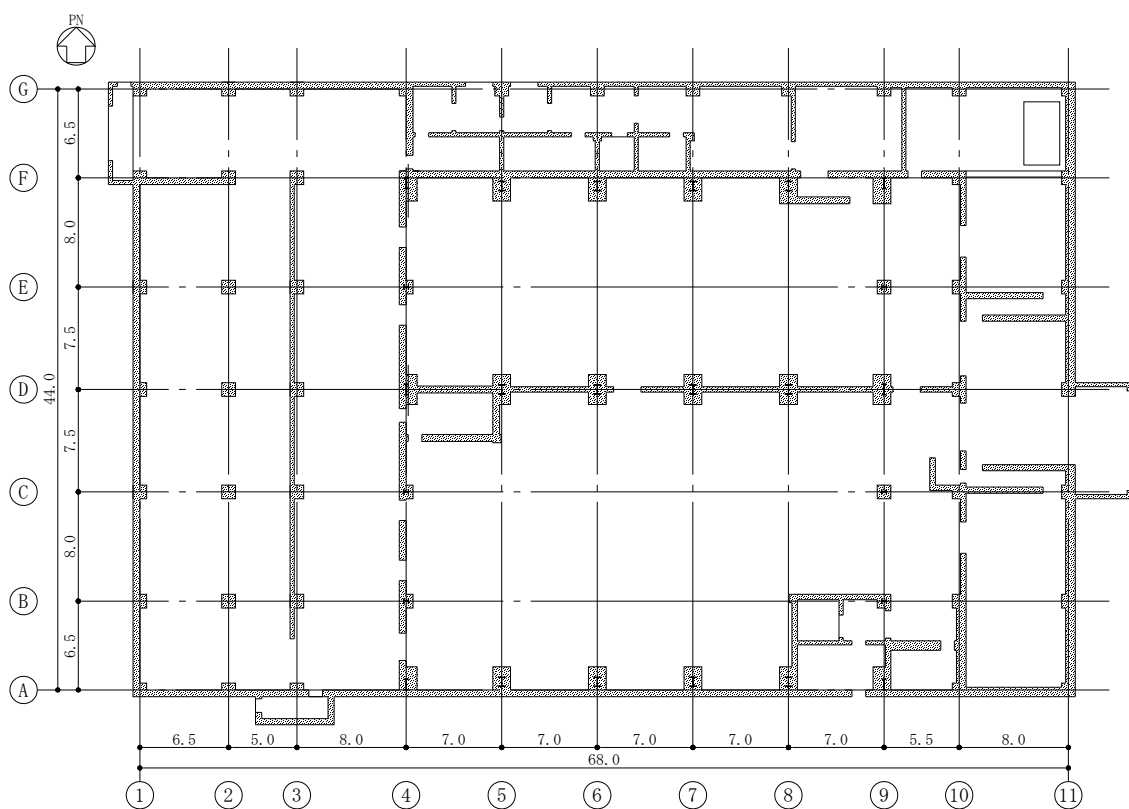
焼却炉建屋の構造強度に関する検討結果

1. 評価方針

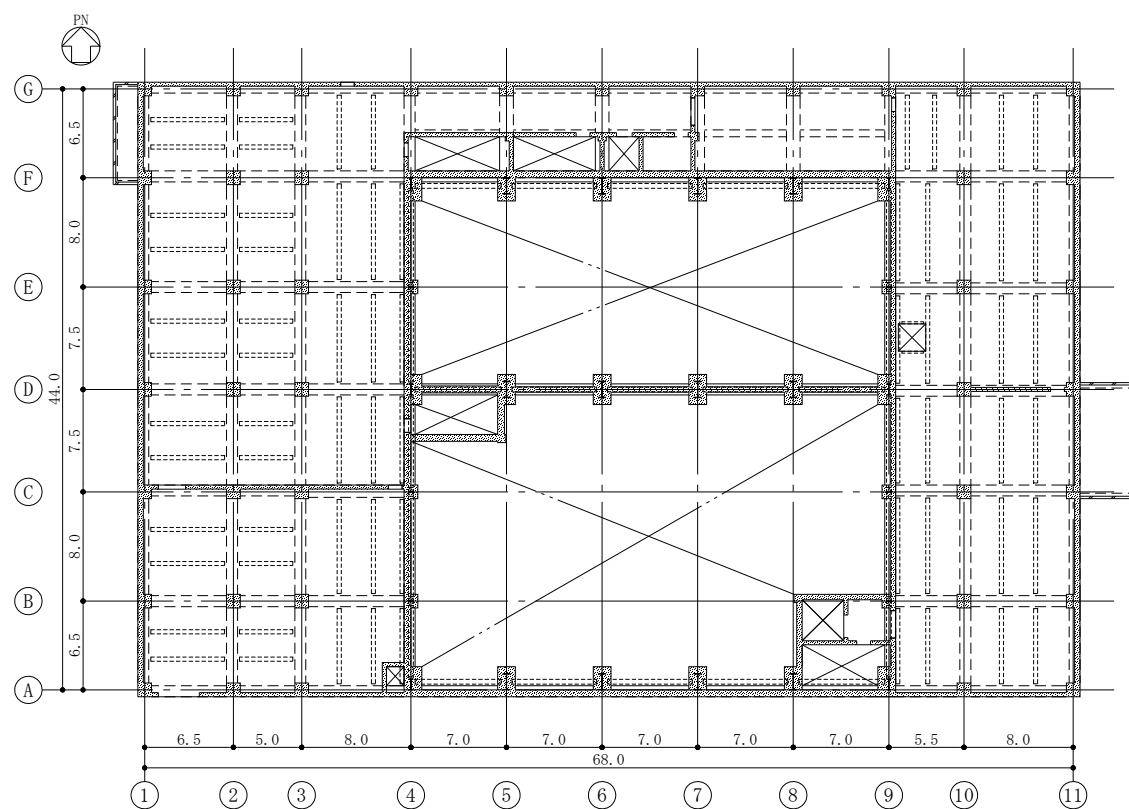
焼却炉建屋は、耐震設計審査指針上のBクラスの建物と位置づけられるため、耐震Bクラスとしての評価を実施する。なお、設計は建築基準法に準拠し、積雪荷重及び風圧についても評価する。

焼却炉建屋は、鉄筋コンクリート造（一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び一部鉄骨造）の地上3階で、平面が69m（EW方向）×45m（NS方向）の建物で、地上高さは26.5mである。基礎はべた基礎で、改良地盤を介して設置する。焼却炉建屋の平面図及び断面図を図－1～図－7に示す。

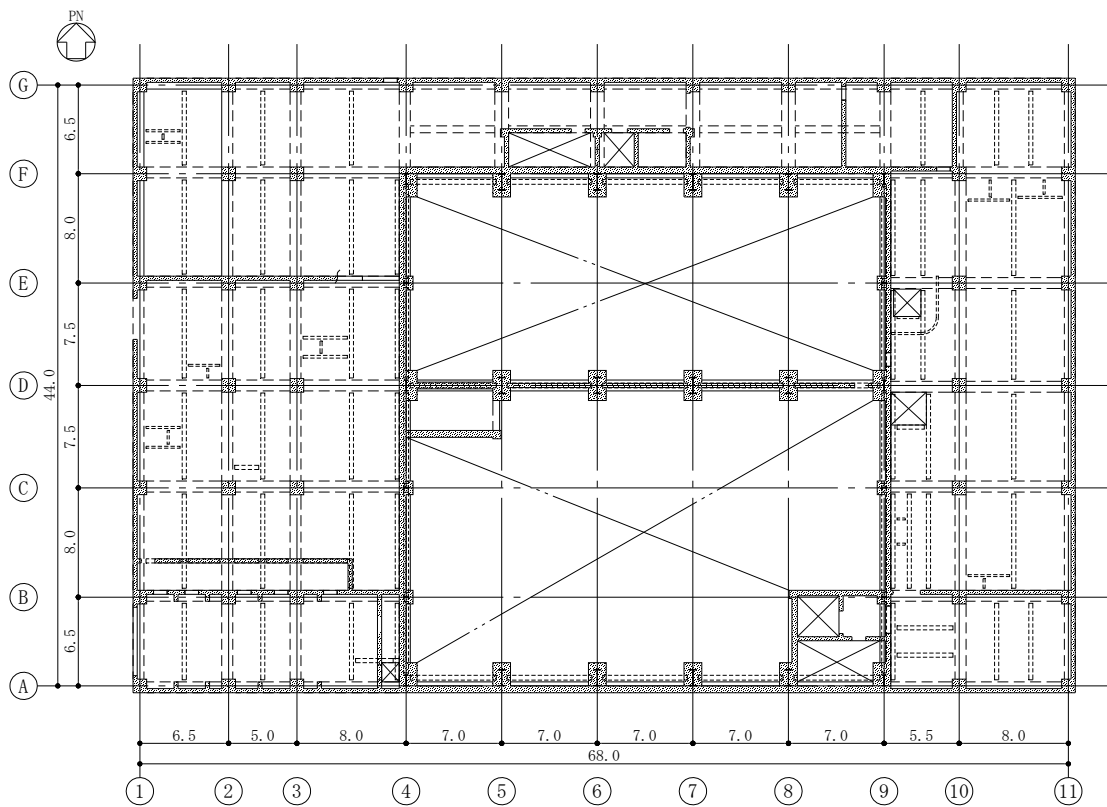
建屋に加わる地震時の水平力は、耐震壁及び柱とはりからなるラーメン構造で負担する。耐震性の評価は、地震層せん断力係数として $1.5 \cdot C_i$ を採用した場合の当該部位の応力に対して行う。焼却炉建屋の評価手順を図－8に示す。



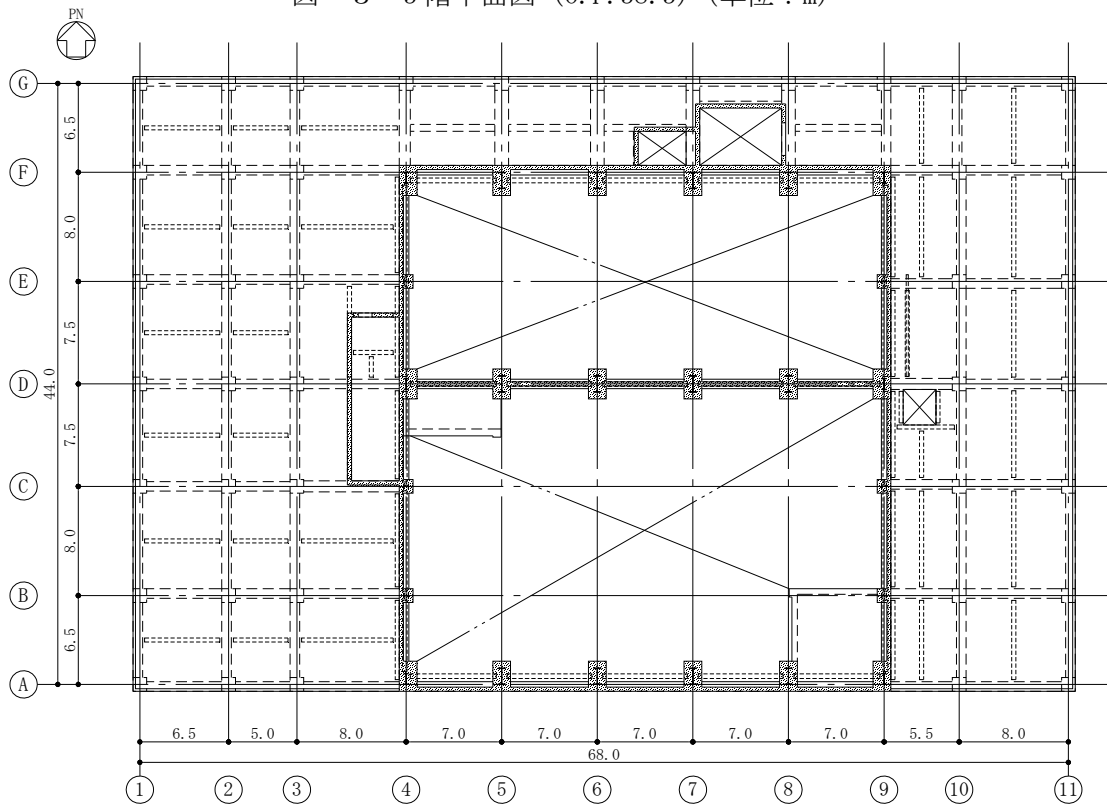
图一 1 1 階平面図 (O.P. 23.25) (単位 : m)



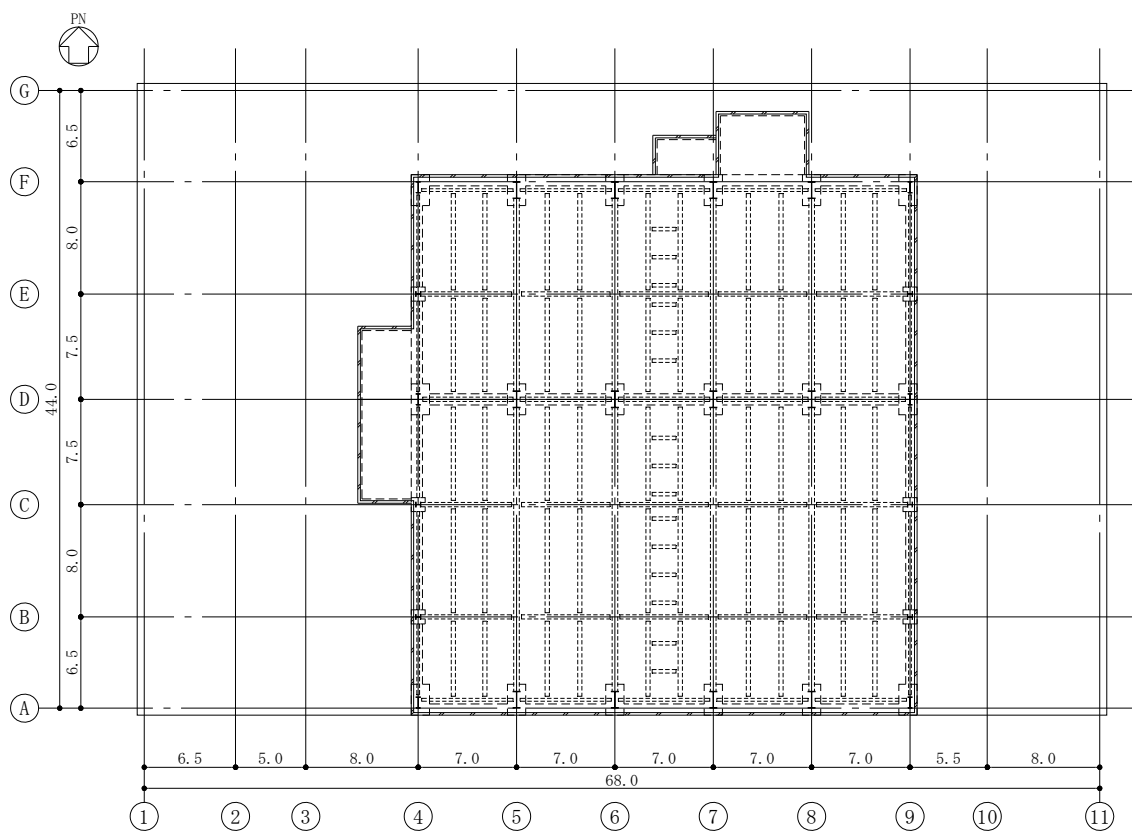
图一 2 2 階平面図 (O.P. 30.8) (単位 : m)



図－3 3階平面図 (O.P. 38.3) (単位：m)



図－4 屋根平面図 (その1) (O.P. 44.3) (単位：m)



図－5 屋根平面図（その2）（O.P. 48.8）（単位：m）

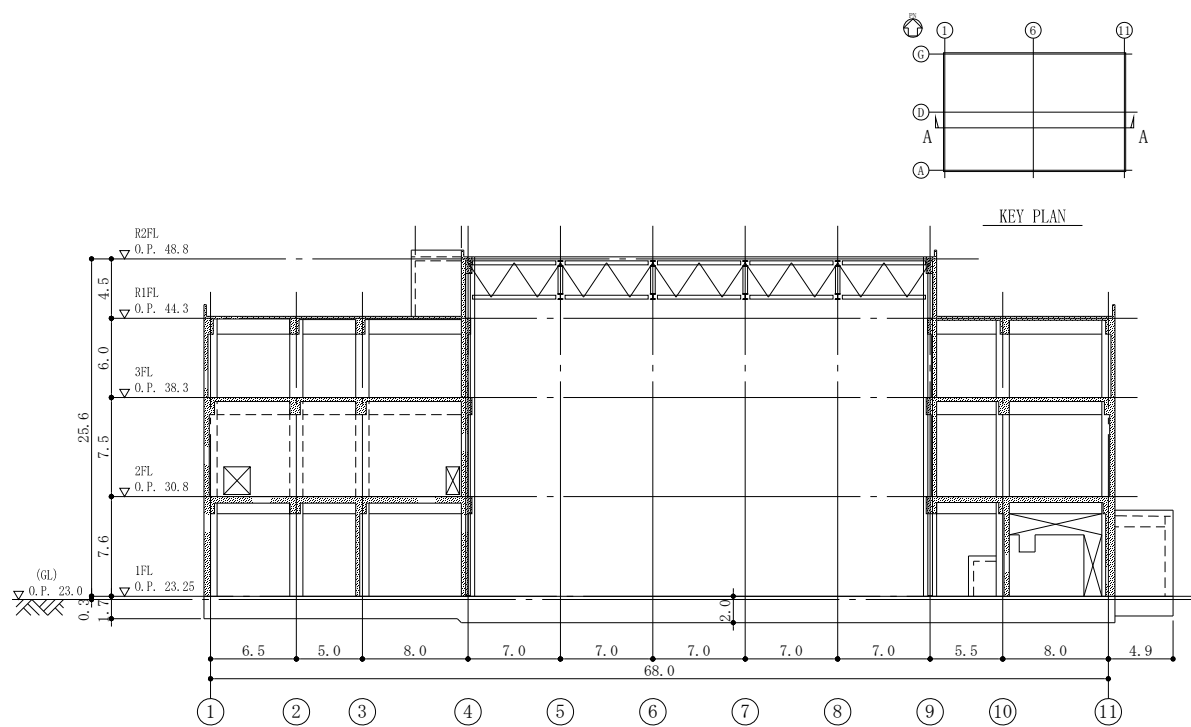


图-6 A-A 断面图 (EW 方向) (单位 : m)

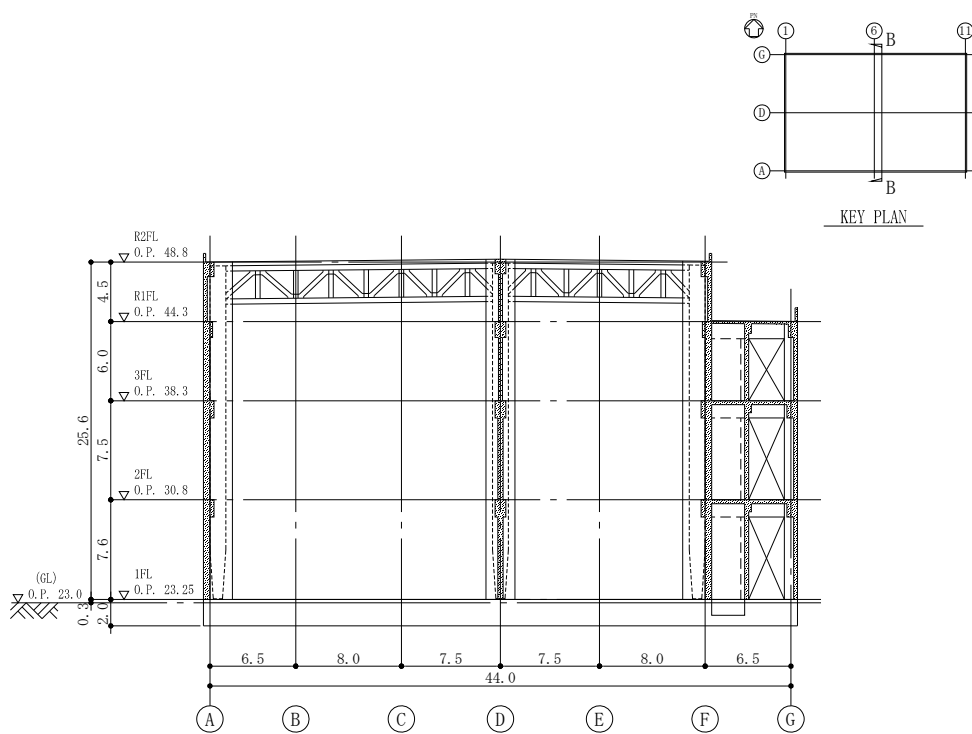
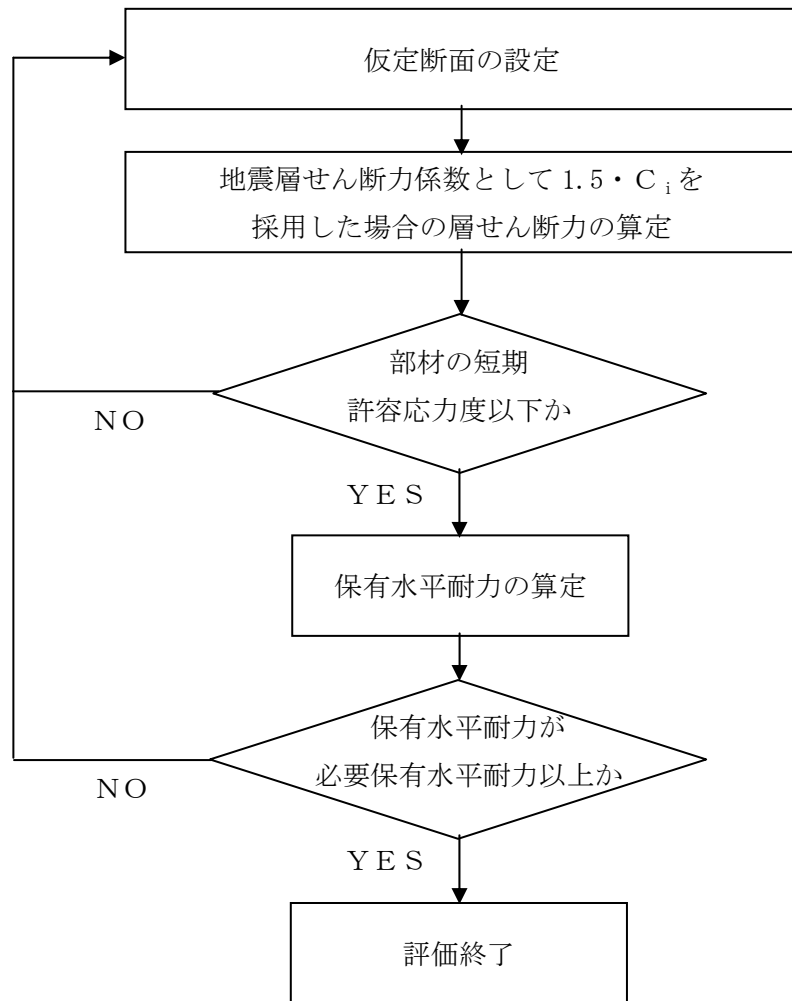


图-7 B-B 断面图 (NS 方向) (单位 : m)



図ー 8 Bクラス施設としての建屋の耐震安全性評価手順

2. 評価条件

2.1 使用材料並びに材料の許容応力度及び材料強度

焼却炉建屋の上部構造及び基礎スラブに用いる材料のうち、コンクリートは普通コンクリートとし、コンクリートの設計基準強度 F_c は 27N/mm^2 とする。鉄筋は SD295A 及び SD345 とする。鋼材は SN400B とする。各使用材料の許容応力度及び材料強度を表－1～表－3に示す。

表－1 コンクリートの許容応力度

(単位： N/mm^2)

	長 期		短 期	
	圧縮	せん断	圧縮	せん断
$F_c = 27$	9	0.76	18	1.14

注：日本建築学会「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

表－2 鉄筋の許容応力度

(単位： N/mm^2)

		長 期		短 期	
		引張及び圧縮	せん断補強	引張及び圧縮	せん断補強
SD295A	D16 以下	195	195	295	295
SD345	D25 以下	215	195	345	345
	D29 以上	195			

注：日本建築学会「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

表－3 構造用鋼材の許容応力度

(単位： N/mm^2)

	材 質	板 厚	基準強度 F	許容応力度
構造用鋼材	SN400B	$\leq 40\text{mm}$	235	「建築基準法」及び「鋼構造設計規準」に従って左記 F の値により求める。
		$> 40\text{mm}$	215	

注：日本建築学会「鋼構造設計規準・同解説」による。

2.2 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重

設計で考慮する荷重を以下に示す。

1) 鉛直荷重 (VL)

鉛直荷重は，固定荷重，機器荷重，配管荷重及び積載荷重とする。

2) 積雪荷重 (SNL)

積雪荷重は，建築基準法施行令及び福島県建築基準法施行規則細則に準拠し以下の条件とする。

積雪量：30 cm，単位荷重：20 N/m²/cm

3) 風荷重 (WL)

建築基準法施行令第 87 条，建設省告示第 1454 号に基づく速度圧及び風力係数を用いて算定する。

- ・ 基準風速 ：30 m/s
- ・ 地表面粗度区分 ：Ⅱ

4) 地震荷重 (SEL)

地震力を算定する際の基準面は，基礎スラブ上端として，建屋の高さに応じた当該部分に作用する全体の地震力を算定する。水平地震力は下式により算定し，算定結果を表－4に示す。

$$Q_i = n \cdot C_i \cdot W_i$$
$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで，

- Q_i ：水平地震力 (kN)
- n ：施設の重要度分類に応じた係数 ($n=1.5$)
- C_i ：地震層せん断力係数
- W_i ：当該層以上の重量 (kN)
- Z ：地震地域係数 ($Z=1.0$)
- R_t ：振動特性係数 ($R_t=1.0$)
- A_i ：地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数
- C_0 ：標準せん断力係数 ($C_0=0.2$)

表－４ 水平地震力の算定結果

O. P. (m)	当該層以上の重量 W_i (kN)	地震層せん断力係数 $1.5 \cdot C_i$	設計用地震力 (kN)
48.80	21552.7	0.704	15166.5
44.30	78223.2	0.480	37530.4
38.30	155335.9	0.380	58975.9
30.80	252179.6	0.300	75653.9
23.25			

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せについて表－５に示す。

表－５ 荷重の組合せ

荷重状態	荷重ケース	荷重の組合せ	許容応力度
常 時	A	VL	長 期
積雪時	B	VL+SNL	短 期
地震時	C1	VL+SEL (W→E 方向)	
	C2	VL+SEL (E→W 方向)	
	C3	VL+SEL (S→N 方向)	
	C4	VL+SEL (N→S 方向)	

注１：鉛直荷重（VL）は固定荷重（DL）、配管荷重（PL）、機器荷重（EL）及び積載荷重（LL）を加え合わせたものである。

注２：風荷重（WL）は地震荷重（設計用地震力 $1.5 \cdot C_i$ ）に比べて小さいため、荷重の組合せにおいては地震荷重によって代表させる。

3. 評価結果

上部構造の応力解析は、大ばり及び柱を線材置換したフレームで、耐震壁は壁エレメント置換した立体モデルにより行う。

3.1 耐震壁の評価結果

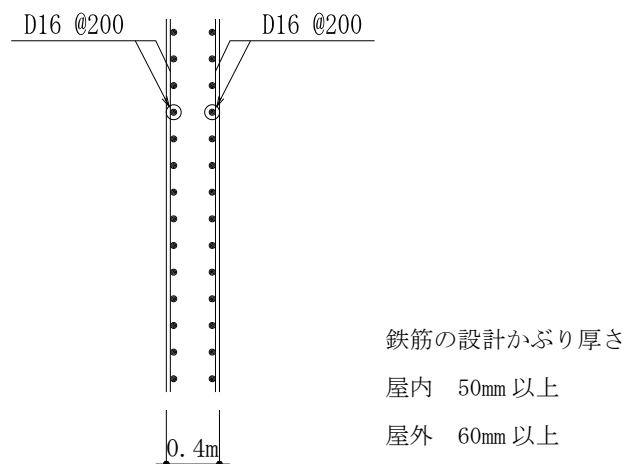
検討により求められた耐震壁のせん断応力度を基に、地震時のせん断力をすべて鉄筋が負担するものとして求めた鉄筋の応力度を、鉄筋の短期許容応力度と比較して、検定比の最大となる部位について表－6に示す。耐震壁配筋図を図－9に示す。

これより、耐震壁のせん断による鉄筋の応力度は、短期許容応力度以下となっていることを確認した。

表－6 耐震壁の検討結果

部位	断面	荷重 ケース	鉄筋のせん断 応力度 (N/mm ²)	鉄筋の短期許容 応力度 (N/mm ²)	検定比
2階1通り D～E 通り間	壁厚 400mm タテ, ヨコ共 2-D16@200	地震時 C3	268	295	$0.91 \leq 1.0$

注：日本建築学会「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。



図－9 耐震壁の配筋図

3.2 ラーメン構造部の評価結果

検討により求められたフレーム部材の応力を許容応力と比較して、検定比の最大となる部位について表－７～表－９に示す。

これより、各部材の応力は、許容応力以下となっていることを確認した。

表－７ 大ばり断面算定表（鉄筋コンクリート）

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力	許容応力	検定比
R1 階 D 通り 3～4 通り間	B×D =800×1200 主筋上端 12-D32 主筋下端 12-D32 あばら筋 5-D13@200	常時 A	曲げモーメント	1353.8 kN・m	1642.3 kN・m	$0.83 \leq 1.0$
			せん断力	822.5 kN	979.1 kN	$0.84 \leq 1.0$
2 階 C 通り 10～11 通り間	B×D =800×1300 主筋上端 8-D32 主筋下端 8-D32 あばら筋 4-D13@200	地震時 C1	曲げモーメント	607.5 kN・m	2203.2 kN・m	$0.28 \leq 1.0$
			せん断力	792.7 kN	1056.3 kN	$0.76 \leq 1.0$

注：日本建築学会「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

表－８ 柱断面算定表（鉄筋コンクリート）

検討箇所	断面	荷重ケース	応力	作用応力	許容応力	検定比
3 階 4/C 通り	B×D =1000×1000 主筋 20-D32 帯筋 4-4-D13@100	常時 A	曲げモーメント	520.3 kN・m	965.3 kN・m (軸力 577.3 kN 作用時*)	$0.54 \leq 1.0$
			せん断力	135.4 kN	598.5 kN	$0.23 \leq 1.0$
1 階 4/A 通り	B×D =1300×2200 主筋 34-D35 帯筋 5-4-D16@200	地震時 C3	曲げモーメント	3821.7 kN・m	6130.0 kN・m (軸力-246.9 kN 作用時*)	$0.63 \leq 1.0$
			せん断力	1542.2 kN	3069.9 kN	$0.51 \leq 1.0$

注：日本建築学会「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

注記＊：圧縮を正とする。

表－ 9 トラス部材断面算定表（鉄骨）

検討箇所	断面	荷重ケース	圧縮応力度* (N/mm ²)	許容圧縮応力度 (N/mm ²)	検定比
6 通り，C～D 通り間 D 通り側(斜材)	H-350×350 ×12×19	常時 A	77.30	134.45	$0.58 \leq 1.0$
6 通り，C～D 通り間 C 通り側(斜材)	H-300×300 ×10×15	地震時 C4	87.17	207.26	$0.43 \leq 1.0$

注：日本建築学会「鋼構造設計規準・同解説」による。

注記＊：圧縮を正とする。

3.3 基礎スラブの評価結果

基礎スラブの応力解析は、弾性地盤上に支持された版として有限要素法を用いて行う。解析モデルは、四辺形の均質等方な板要素により構成し、支持地盤は等価な弾性ばねとしてモデル化する。

必要鉄筋比及び面外せん断力について、検定比が最大となる要素の断面検討結果を表－１０及び表－１１に示す。基礎スラブ配筋図を図－１０に示す。

これより、設計鉄筋比は必要鉄筋比を上回り、また面外せん断力は短期許容せん断力以下となっていることを確認した。

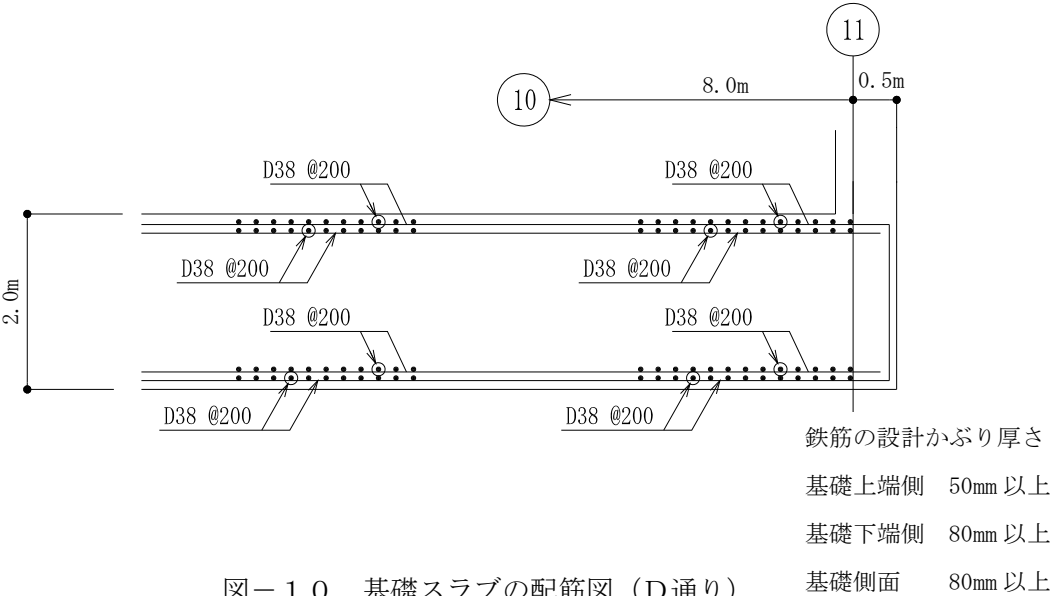
表－１０ 軸力及び曲げモーメントに対する検討結果

荷重 ケース	応 力		必要鉄筋比 (%)	設計鉄筋比 (%)	検定比
	軸 力* (kN/m)	曲げモーメント (kN・m/m)			
常時 A	-1	2561	0.44	0.57	$0.78 \leq 1.0$
地震時 C1	-242	2008	0.30	0.50	$0.60 \leq 1.0$

注記＊：圧縮を正とする。

表－１１ 面外せん断力に対する検討結果

荷重 ケース	応 力 面外せん断力 (kN/m)	短期許容 せん断力 (kN/m)	検定比
常時 A	605	904	$0.67 \leq 1.0$
地震時 C2	858	1356	$0.64 \leq 1.0$



図－１０ 基礎スラブの配筋図（D通り）

3.4 改良地盤の評価結果

(1) 設計方針

焼却炉建屋を支持する改良地盤は、基礎スラブ直下の地盤を南北方向に約 45m，東西方向に約 69m，改良体厚さ約 10m とし，O.P. 11m の泥岩に支持する。

検討は「改定版 建築物のための改良地盤設計及び品質管理指針 日本建築センター」に準拠し，改良地盤の支持力に対して，常時及び地震時の改良地盤に生じる最大接地圧が許容支持力度以下であることを確認する。さらに，常時及び地震時の改良体に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認する。

(2) 常時における改良地盤の検討

常時における改良地盤に生じる最大応力と許容応力度の比較を，検定比が最大となる位置について表－１２及び表－１３に示す。

これより，改良地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認した。

表－１２ 改良地盤の許容支持力度と接地圧の比較

検討位置	接地圧 (kN/m ²)	許容支持力度 (kN/m ²)	検定比
C／４通り	196	322	$0.61 \leq 1.0$

表－１３ 改良体の許容圧縮応力と鉛直応力の比較

検討位置	鉛直応力度 (kN/m ²)	許容圧縮応力度 (kN/m ²)	検定比
C／４通り	380	500	$0.77 \leq 1.0$

(3) 地震時における改良地盤の検討

地震時における改良地盤に生じる最大応力と許容応力度の比較を、検定比が最大となる位置について表－１４～表－１６に示す。

これより、改良地盤に生じる最大応力が許容応力度以下であることを確認した。

表－１４ 改良地盤の許容支持力度と接地圧の比較

検討位置	接地圧 (kN/m ²)	許容支持力度 (kN/m ²)	検定比
A／１１通り	610	963	$0.64 \leq 1.0$

表－１５ 改良体の許容圧縮応力と鉛直応力の比較

検討位置	鉛直応力度 (kN/m ²)	許容圧縮応力度 (kN/m ²)	検定比
A／１１通り	642	1000	$0.65 \leq 1.0$

表－１６ 改良体の許容せん断応力度とせん断応力の比較

検討位置	せん断応力 (kN/m ²)	許容せん断応力度 (kN/m ²)	検定比
A／１１通り	336	351	$0.96 \leq 1.0$

4. 保有水平耐力の検討

必要保有水平耐力 (Q_{un}) に対して、保有水平耐力 (Q_u) が上回っていることを確認する。

各層の保有水平耐力は、建築基準法・同施行令及び平成 19 年国土交通省告示第 594 号に基づき算出する。各層の必要保有水平耐力と保有水平耐力の算定結果を表－17 に示す。

これより、焼却炉建屋は必要保有水平耐力の 1.644 倍以上の保有水平耐力を有していることを確認した。

表－17 必要保有水平耐力と保有水平耐力の比較

(1) EW 方向（長辺）

O. P. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}^*$
44.3～48.8	27805.2	54894.9	1.974
38.3～44.3	68805.8	135840.8	1.974
30.8～38.3	108122.4	213462.2	1.974
23.25～30.8	138698.8	273828.1	1.974

(2) NS 方向（短辺）

O. P. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	$\frac{Q_u}{Q_{un}}^*$
44.3～48.8	27805.2	45715.7	1.644
38.3～44.3	68805.8	113126.4	1.644
30.8～38.3	108122.4	177768.5	1.644
23.25～30.8	138698.8	228040.4	1.644

注記＊：安全余裕

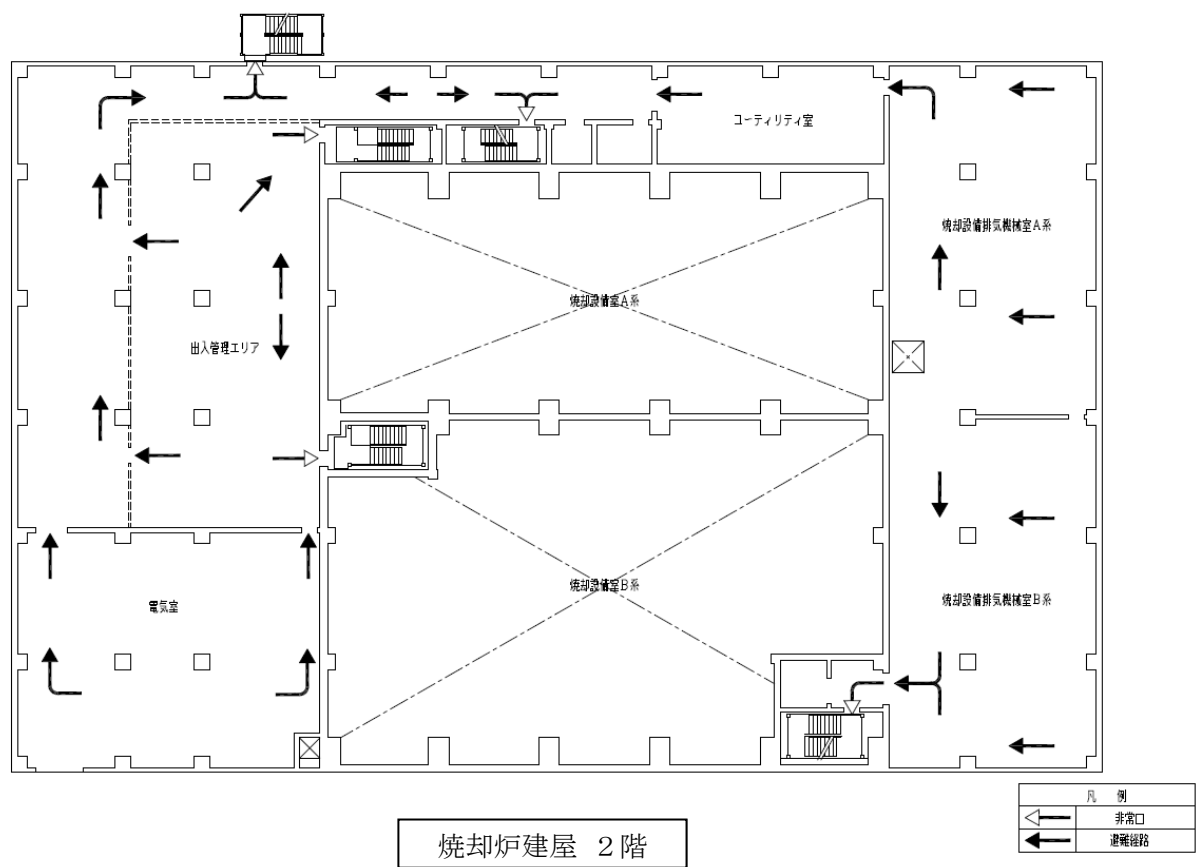
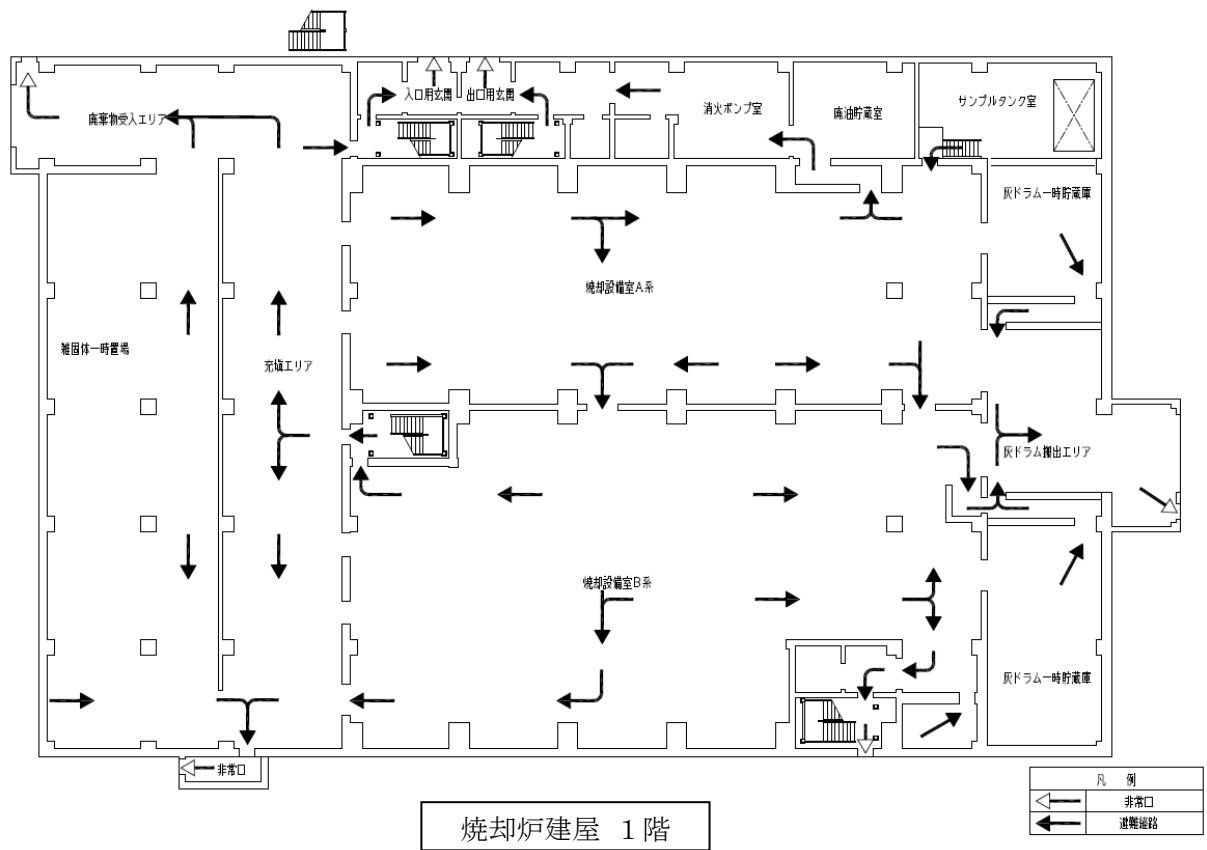
以上のことから、焼却炉建屋の耐震安全性は確保されているものと評価した。

安全避難通路に関する説明書及び安全避難通路を明示した図面

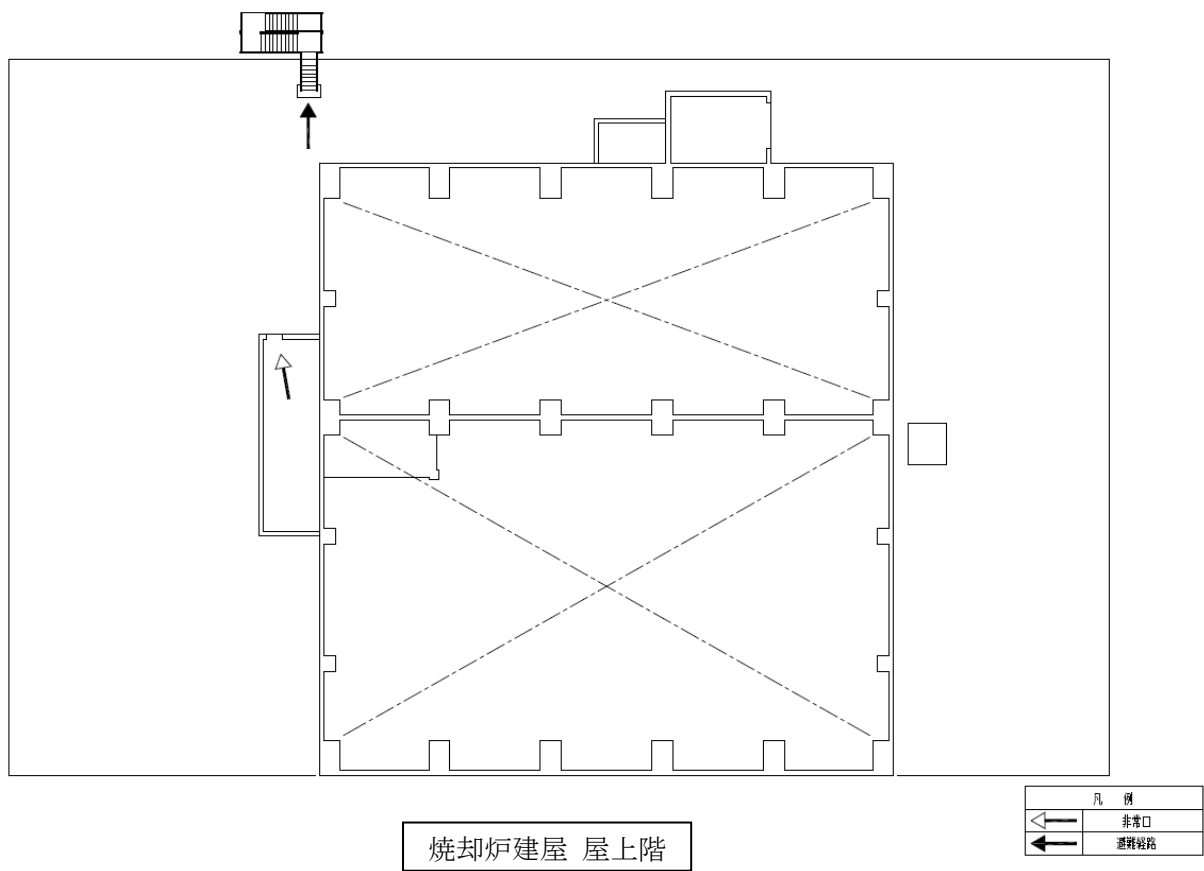
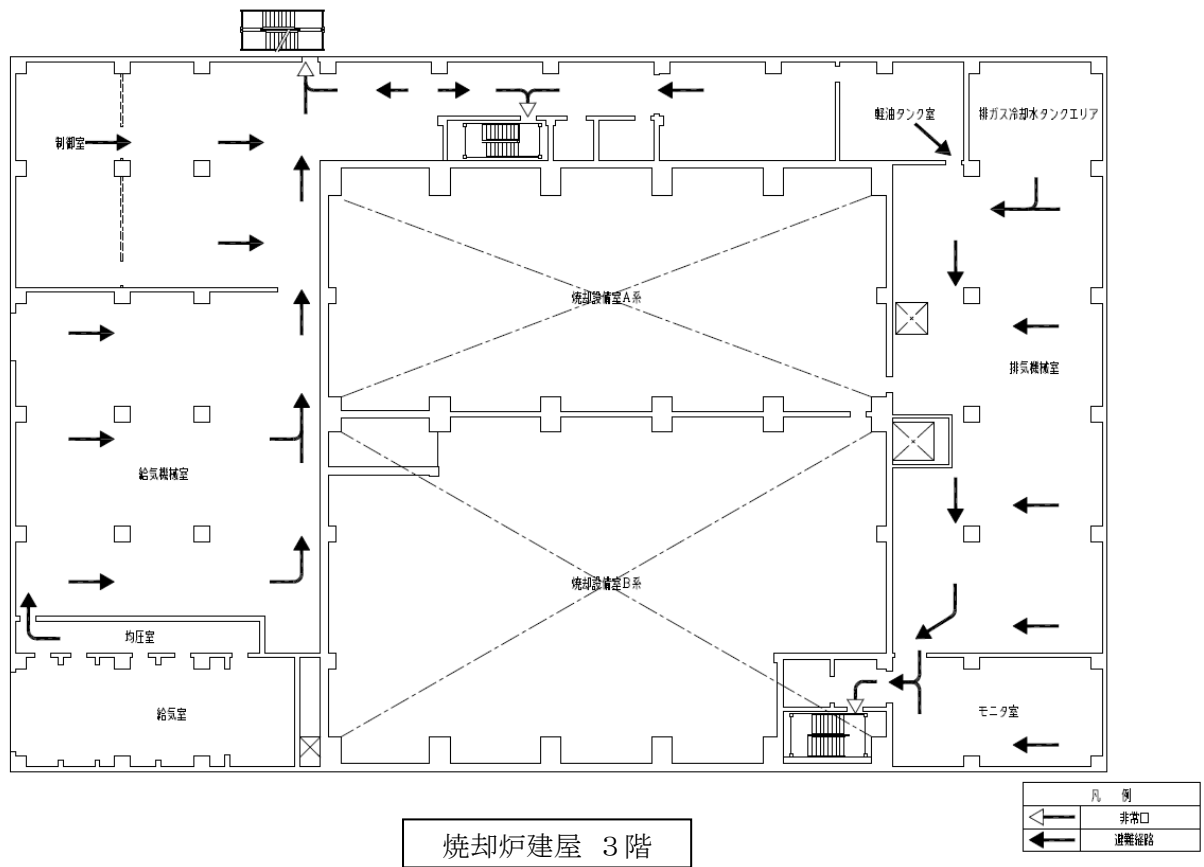
1. 安全避難通路の設置方針

焼却炉建屋には，廃棄物の分別，焼却炉運転及び定期的な放射線測定，建物及び建物内の巡視点検のための出入りを行うことから，建築基準法及び関係法令並びに消防法及び関係法令に基づく安全避難通路を設定する。

避難経路を，図－ 1 に示す。



図－1 安全避難通路を明示した図面（1／2）



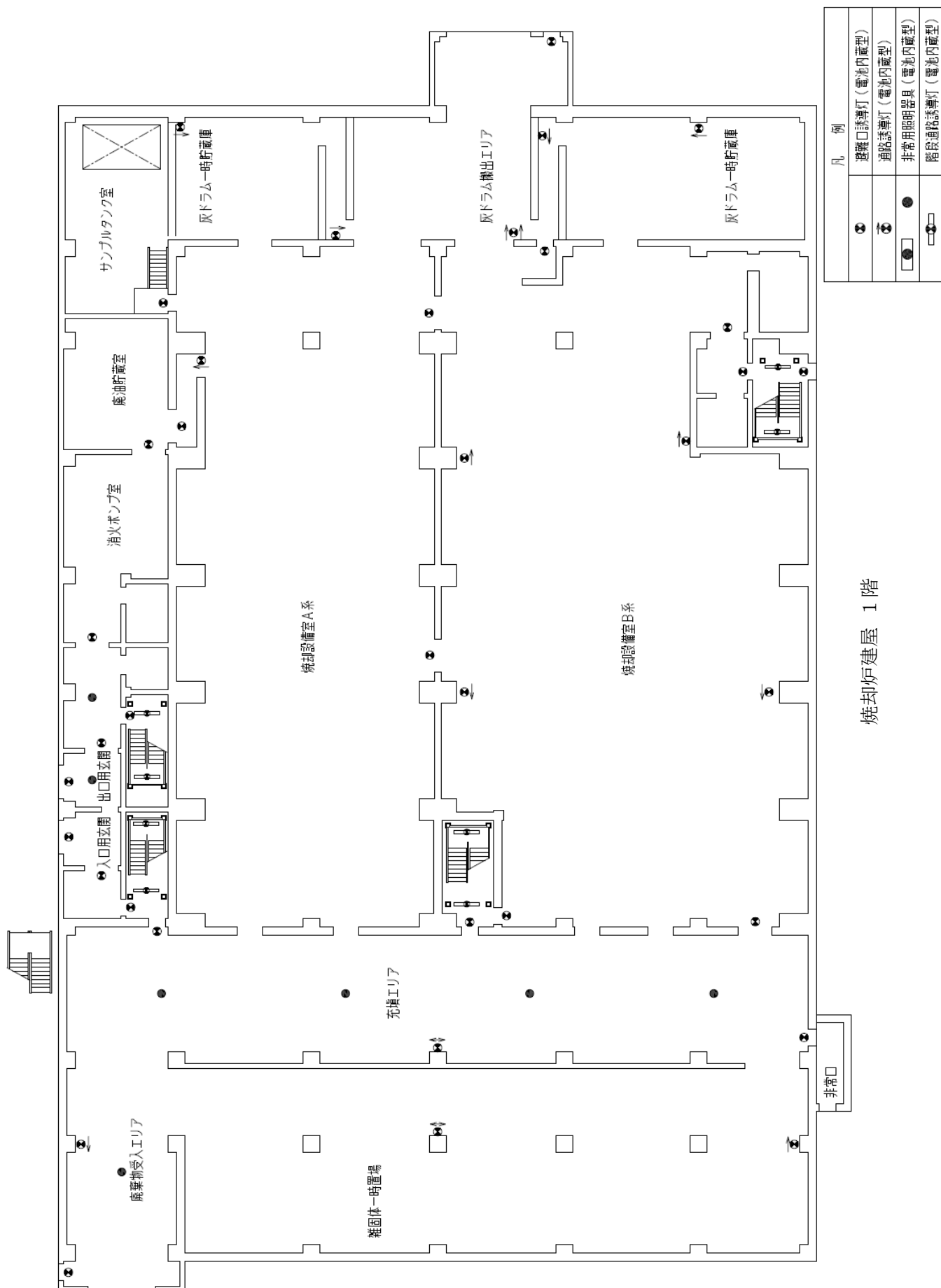
図－１ 安全避難通路を明示した図面（２／２）

非常用照明に関する説明書及び取付箇所を明示した図面

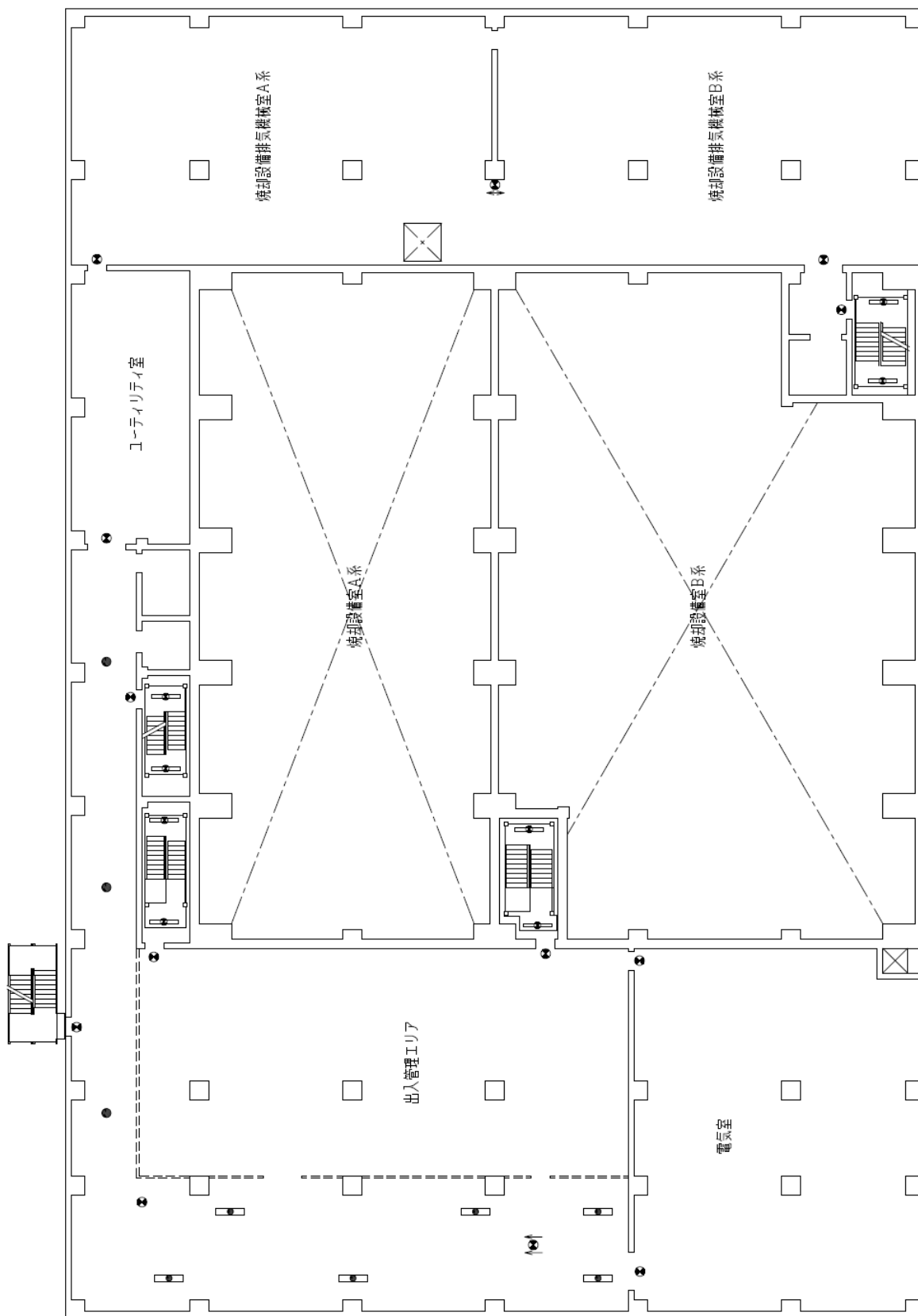
1. 非常用照明の設置方針

焼却炉建屋には、廃棄物の分別、焼却炉運転及び定期的な放射線測定、建物及び建物内の巡視点検のための出入りを行うことから、建築基準法及び関係法令に基づく非常用の照明装置、並びに消防法及び関係法令に基づく誘導灯を設置する。

非常用照明の取付箇所について、図－1に示す。



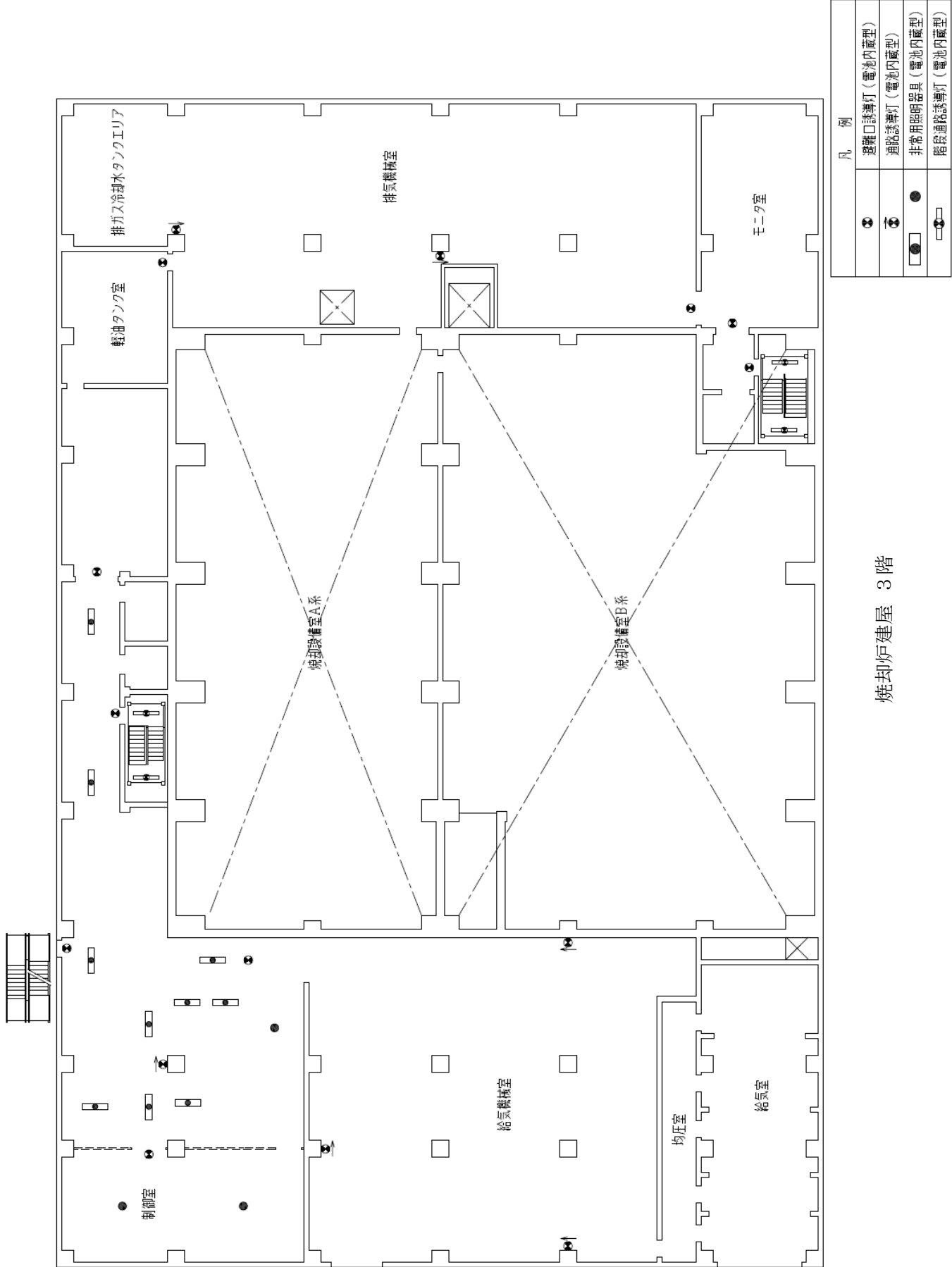
図一 1 非常用照明の取付箇所を明示した図面 (1/4)



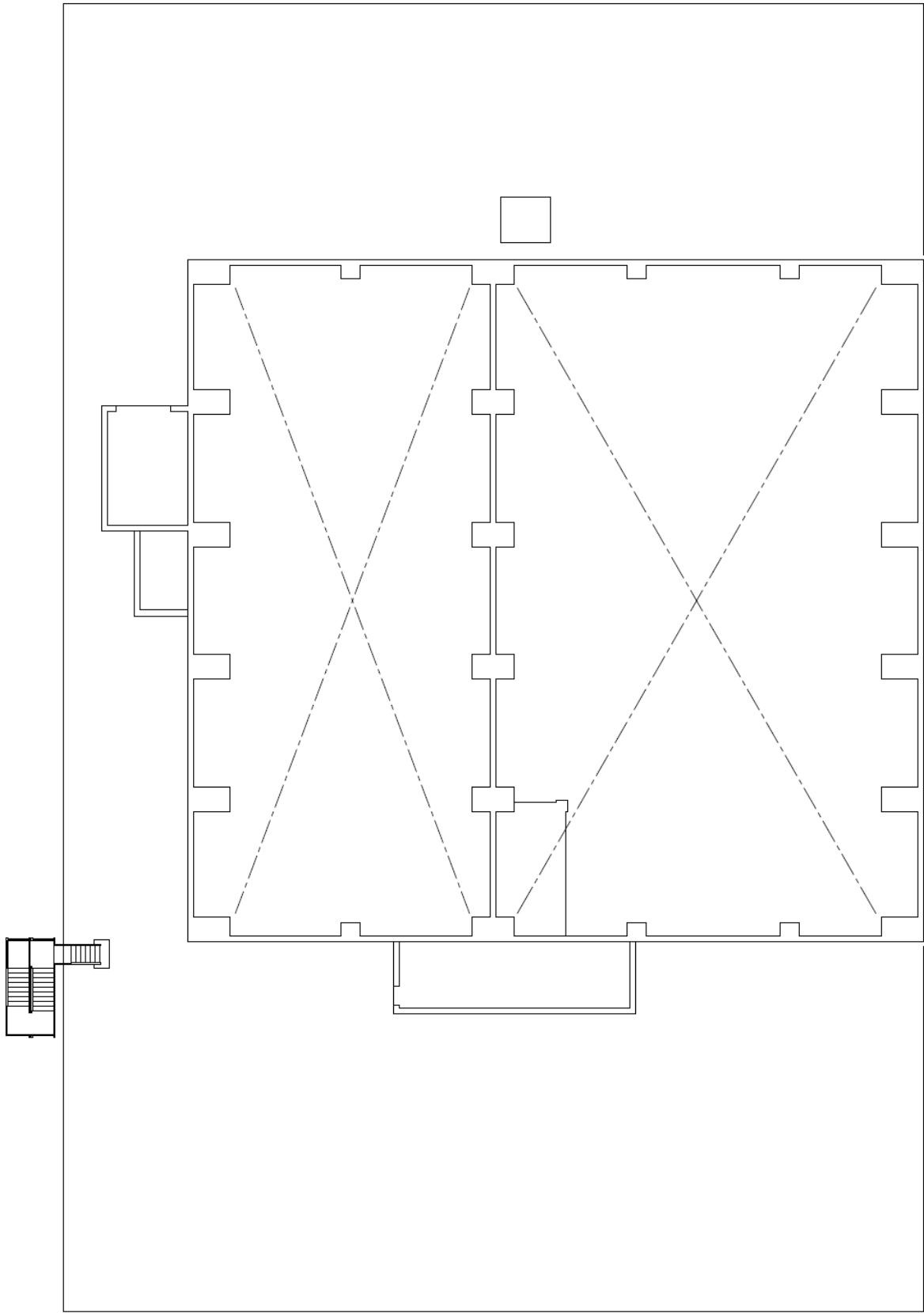
凡 例	
	避難口誘導灯 (電池内蔵型)
	通路誘導灯 (電池内蔵型)
	非常用照明器具 (電池内蔵型)
	階段誘導灯 (電池内蔵型)

焼却炉建屋 2階

図ー1 非常用照明の取付箇所を明示した図面 (2 / 4)



図－1 非常用照明の取付箇所を明示した図面 (3 / 4)



焼却炉建屋 屋上階

凡 例	
	避難口誘導灯（電池内蔵型）
	通路誘導灯（電池内蔵型）
	非常用照明器具（電池内蔵型）
	階段通路誘導灯（電池内蔵型）

図－１ 非常用照明の取付箇所を明示した図面（４／４）

火災防護に関する説明書並びに消火設備の取付箇所を明示した図面

1. 火災防護に関する基本方針

雑固体廃棄物焼却設備（以下、「本設備」という。）は、火災により安全性が損なわれることを防止するために、火災の発生防止対策、火災の検知及び消火対策、火災の影響の軽減対策の3方策を適切に組み合わせた措置を講じる。

2. 火災の発生防止

2.1 不燃性材料、難燃性材料の使用

本設備では、実用上可能な限り不燃性又は難燃性材料を使用する。

2.2 発火性、引火性材料の予防措置

通常運転時はもとより、異常状態においても火災の発生を防止するための予防措置を講じる。

発火性又は引火性液体を内包する設備については、溶接構造、シール構造等とし、液面監視等により、漏えいの早期発見を図る。また、その内蔵量を運転上の要求に見合う最低量に抑える設計とする。

2.3 自然現象による火災発生防止

本設備の構築物、系統及び機器は、落雷、地震等の自然現象により火災が生じることがないように防護した設計とし、建築基準法に従い避雷設備を設置する。

本設備は「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（平成18年9月19日）（以下、「耐震設計審査指針」という。）に従い設計を行い、破壊又は倒壊を防ぐことにより、火災発生を防止する設計とする。

3. 火災の検知及び消火

3.1 火災検出設備及び消火設備

火災検出設備及び消火設備は、本設備に対する火災の悪影響を限定し、早期消火を行える消防法に基づいた設計とする。

消火設備は、消火栓設備及び二酸化炭素消火設備並びに消火器で構成する。消火用水の専用水源として、本設備建屋内に貯水槽を設置する。

3.2 自然現象に対する消火装置の性能維持

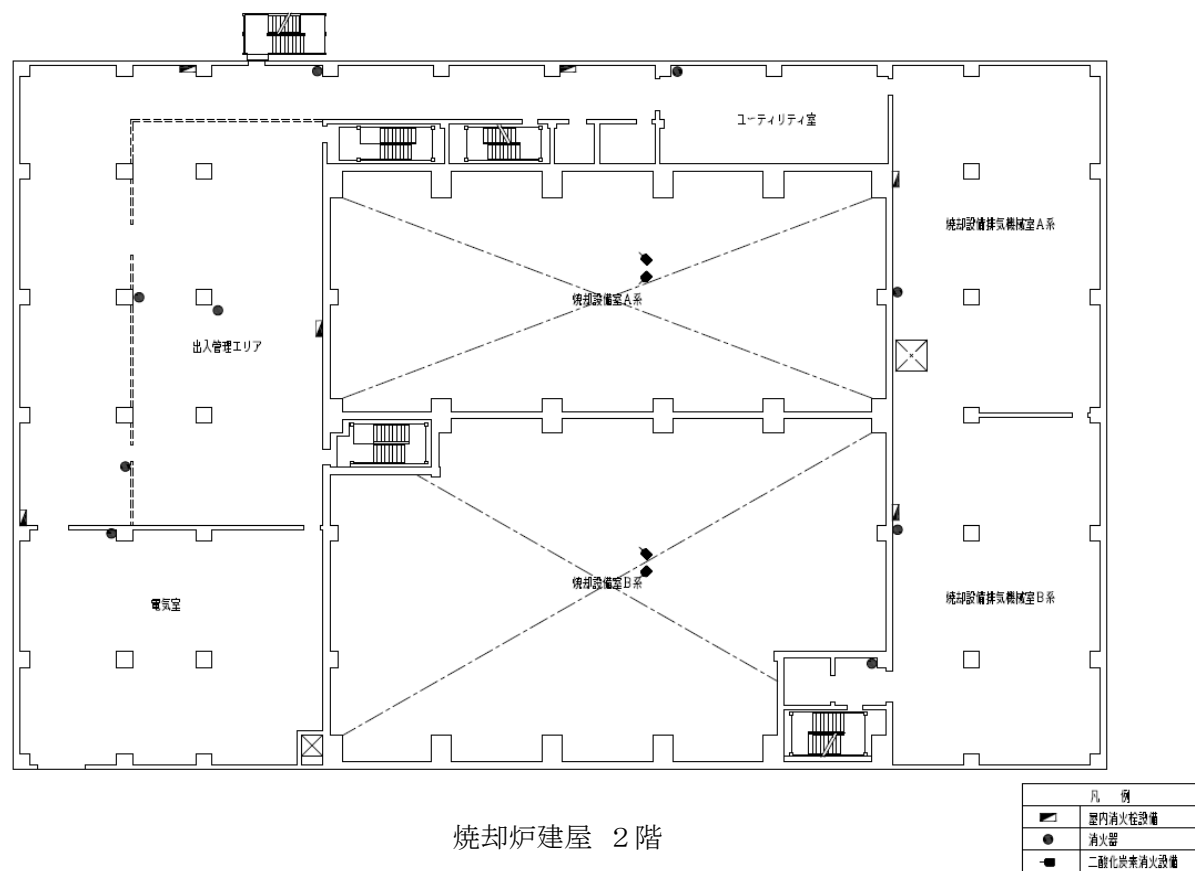
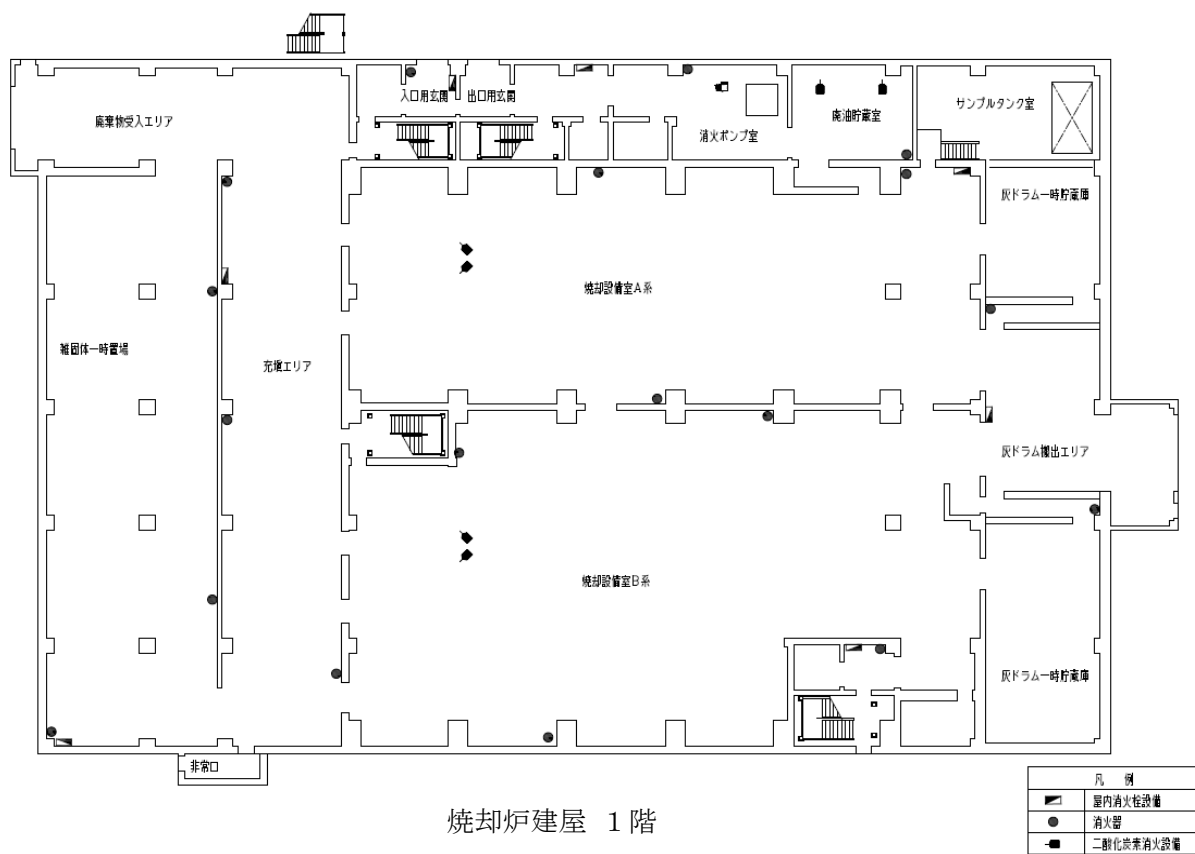
火災検出設備及び消火設備は地震等の自然現象によっても、その性能が著しく阻害されることがないように措置を講じる。消火設備は、消防法に基づいた設計とし、耐震設計は耐震設計審査指針に基づいて適切に行う。

4. 火災の影響の軽減

本設備は、隣接区域の火災による影響も含めた火災の影響を軽減するため、耐火壁、隔壁、間隔及び消火設備の組み合わせにより、防火区画を設定する。

5. 消火設備の取付箇所を明示した図面

消火設備の取付箇所について、図－1 に示す。



図ー1 消火設備の取付箇所を明示した図面（1／2）

生体遮へい装置の放射線の遮へい及び熱除去についての計算書

1. 一般事項

本計算書は、焼却炉建屋における生体遮へい装置（以下、「補助遮へい」という。）の放射線の遮へい及び熱除去に関する評価について説明するものである。

1.1 遮へい設計評価の基本方針

雑固体廃棄物焼却設備は、建屋躯体を用いた補助遮へいで区画し、その補助遮へいの厚さに対し、雑固体廃棄物焼却設備の各線源からの線量率計算結果が、外部放射線に係る設計基準線量率 $2.6 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ 以下を満足していることを確認することにより、遮へい設計が十分であるものと評価する。

1.2 遮へい設計の設計基準線量率

通常運転時、放射線業務従事者の受ける線量が「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示」（経済産業省告示第 187 号）に定めた線量限度を超えないようにするとともに、放射線業務従事者の立入場所における線量を合理的に達成できる限り低減するように、放射線防護上の措置を講じた設計とする。遮へい設計に際しては、焼却設備の各線源からの外部放射線に係る線量率が、設計基準線量率 $2.6 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ 以下を満足する設計とする。

1.3 遮へい設計の方法

焼却炉建屋の補助遮へいの設計方法は、以下のとおりである。

- (1) 線源となる雑固体廃棄物、焼却灰は、原則としてコンクリートの遮へい壁で囲まれた区画に収容する。
- (2) 焼却炉建屋の通常運転時に予想される線源強度で、実効線量率が最大となる時の線源強度を計算する。
- (3) 遮へい計算は、対象となる線源の線源強度および幾何学的形状を勘案して適切な計算機コードを選択し、機器配置を考慮して補助遮へい外側表面の線量率を計算する。

1.4 遮へい設計の前提条件

補助遮へいの遮へい設計に用いる前提条件は、以下のとおりである。

- (1) コンクリートの密度は $2.15\text{g}/\text{cm}^3$ とする。
- (2) 遮へい計算に用いる壁の厚さは、公称値からマイナス側許容差（5mm）を引いた値を用いる。
- (3) 計算モデル化に際しては、保守的な評価となるようにする。

1.5 熱除去に関する設計

焼却炉建屋の補助遮へいは、取り扱われるものが雑固体廃棄物、焼却灰であることから、コンクリート壁に入射するガンマ線エネルギー束が低いので、コンクリート壁での発熱量は小さく、また建屋内は換気空調設備で熱除去される。

2. 補助遮へいの計算に用いる線源強度

焼却炉建屋における補助遮へいの対象となる線源は、雑固体廃棄物、焼却灰である。各線源は滞留水を汚染起源と仮定し、表－1に示す核種、放射能濃度を内包しているとす。なお、各線源のガンマ線源強度の計算は ORIGEN2 コードにより行う。

表－1 遮へい計算に用いる各線源の放射能濃度

核種	放射能濃度 (Bq/cm^3)	
	雑固体廃棄物	焼却灰
Mn-54	5.4E+00	4.0E+02
Co-58	2.5E-02	1.9E+00
Co-60	1.5E+01	1.1E+03
Sr-89	2.1E-01	1.6E+01
Sr-90	1.3E+03	9.9E+04
Ru-103	1.9E-04	1.4E-02
Ru-106	5.0E+01	3.7E+03
Sb-124	2.8E-02	2.1E+00
Sb-125	4.7E+01	3.5E+03
I-131	5.1E-25	3.8E-23
Cs-134	4.6E+02	3.4E+04
Cs-136	3.4E-17	2.5E-15
Cs-137	1.3E+03	9.4E+04
Ba-140	2.1E-15	1.6E-13
合計	3.2E+03	2.4E+05

3. 補助遮へい計算

3.1 計算方法

焼却炉建屋の遮へい計算には、計算機コード「QAD」を用いる。計算機コードの主な入力条件は以下の項目である。

- ・線源の放射能濃度
- ・線源のエネルギースペクトル
- ・線源形状
- ・遮へい厚さ
- ・線源からの距離
- ・遮へい体の物質の指定

3.2 線量率計算

補助遮へい外側表面の線量率計算は、3.1に示した入力条件を計算機コードに入力して行う。

3.2.1 線量率計算モデル

線量率の評価位置は、線源強度および遮へい厚さが異なる代表的な壁および天井スラブの外側表面において線量率が最大になる箇所とする。

図－1～4の計算配置図に焼却炉建屋の線源配置と個数および評価点位置を示す。

(1) 雑固体一時置場の計算モデル

雑固体一時置場で取り扱う雑固体廃棄物コンテナの数量は最大で352個相当であるが、解析における線源形状・寸法は保守的に雑固体廃棄物コンテナが24行×4列×4段とし、各雑固体廃棄物コンテナ間の空間も全て線源とした直方体線源とする。線源の放射能濃度は、表－1に示した放射能濃度とする。

a. 雑固体一時置場の西壁（壁厚 500mm）

雑固体一時置場の西壁外側表面（評価点①）の線量率の計算に用いる線源の形状・寸法、壁の厚さ、評価点の位置を図－5に示す。

線源から壁までの距離は、設計距離より短い安全側の条件として0mmとする。評価点位置は、線量率が最大となる位置とする。

b. 雑固体一時置場の天井スラブ（スラブ厚 500mm）

雑固体一時置場の天井スラブ外側表面（評価点②）の線量率の計算に用いる線源の形状・寸法、スラブの厚さ、評価点の位置を図－6に示す。

線源から天井スラブまでの距離は、設計距離より短い安全側の条件として2000mmとす

る。評価点位置は、線量率が最大となる位置とする。

(2) 自動倉庫 A の計算モデル

焼却設備室 A 系に設置する自動倉庫 A に保管する雑固体廃棄物パレットの数量は最大で 152 個相当であるが、解析における線源形状・寸法は保守的に雑固体廃棄物パレットを 6 行×2 列×13 段とし、各雑固体廃棄物パレット間の空間も全て線源とした直方体線源とする。線源の放射能濃度は、表－1 に示した放射能濃度とする。

なお、自動倉庫 B については、線源設定は同じものの、壁までの距離が同等以上であるため、自動倉庫 A の評価に包含される。

a. 自動倉庫 A 北壁（壁厚 500mm）

自動倉庫 A の北壁外側表面（評価点③）の線量率の計算に用いる線源の形状・寸法、壁の厚さ、評価点の位置を図－7 に示す。

線源から壁までの距離は、設計距離より短い安全側の条件として 3000mm とする。評価点位置は、線量率が最大となる位置とする。

b. 自動倉庫 A 西壁（壁厚 500mm）

自動倉庫 A の西壁外側表面（評価点④）の線量率の計算に用いる線源の形状・寸法、壁の厚さ、評価点の位置を図－8 に示す。

線源から壁までの距離は、設計距離より短い安全側の条件として 0mm とする。評価点位置は、線量率が最大となる位置とする。

c. 自動倉庫 A 西壁（壁厚 300mm）

自動倉庫 A の西壁外側表面（評価点⑤）の線量率の計算に用いる線源の形状・寸法、壁の厚さ、評価点の位置を図－9 に示す。

線源から壁までの距離は、設計距離より短い安全側の条件として 2500mm とする。評価点位置は、屋上階において線量率が最大となる位置とする。

(3) 灰ドラム一時貯蔵庫（南）の計算モデル

灰ドラム一時貯蔵庫（南）で取り扱う灰ドラム缶の数量は最大で 88 本相当であるが、解析における線源形状・寸法は保守的に灰ドラム缶を 16 行×6 列×1 段とし、各灰ドラム缶間の空間も全て線源とした直方体線源とする。線源の放射能濃度は、表－1 に示した放射能濃度とする。

なお、灰ドラム一時貯蔵庫（北）については、上述の灰ドラム一時貯蔵庫（南）と比較すると、壁の厚さは同じものの、図－1 に示すように灰ドラム缶の仮置き数量が最大 52 本相当であり、灰ドラム一時貯蔵庫（南）より 36 本ドラム缶本数が少ないので、灰ド

ラム一時貯蔵庫（南）の評価に包含される。

a．灰ドラム一時貯蔵庫（南）東壁（壁厚 700mm）

灰ドラム一時貯蔵庫（南）の東壁外側表面（評価点⑥）の線量率の計算に用いる線源の形状・寸法，壁の厚さ，評価点の位置を図－10に示す。

線源から壁までの距離は，設計距離より短い安全側の条件として 500mm とする。評価点位置は，線量率が最大となる位置とする。

b．灰ドラム一時貯蔵庫（南）の天井スラブ

（1 階スラブ厚 450mm，屋上スラブ厚 300mm）

灰ドラム一時貯蔵庫（南）の天井スラブ外側表面（評価点⑦）の線量率の計算に用いる線源の形状・寸法，スラブの厚さ，評価点の位置を図－11に示す。

線源から1階天井スラブまでの距離，1階天井スラブから屋上天井スラブまでの距離は，設計距離より短い安全側の条件としてそれぞれ 6000mm，13000mm とする。なお，2 階天井スラブについては，遮へい要求はないため，保守的に遮へい効果を考慮しないものとする。評価点位置は，線量率が最大となる位置とする。

3.2.2 線量率計算結果

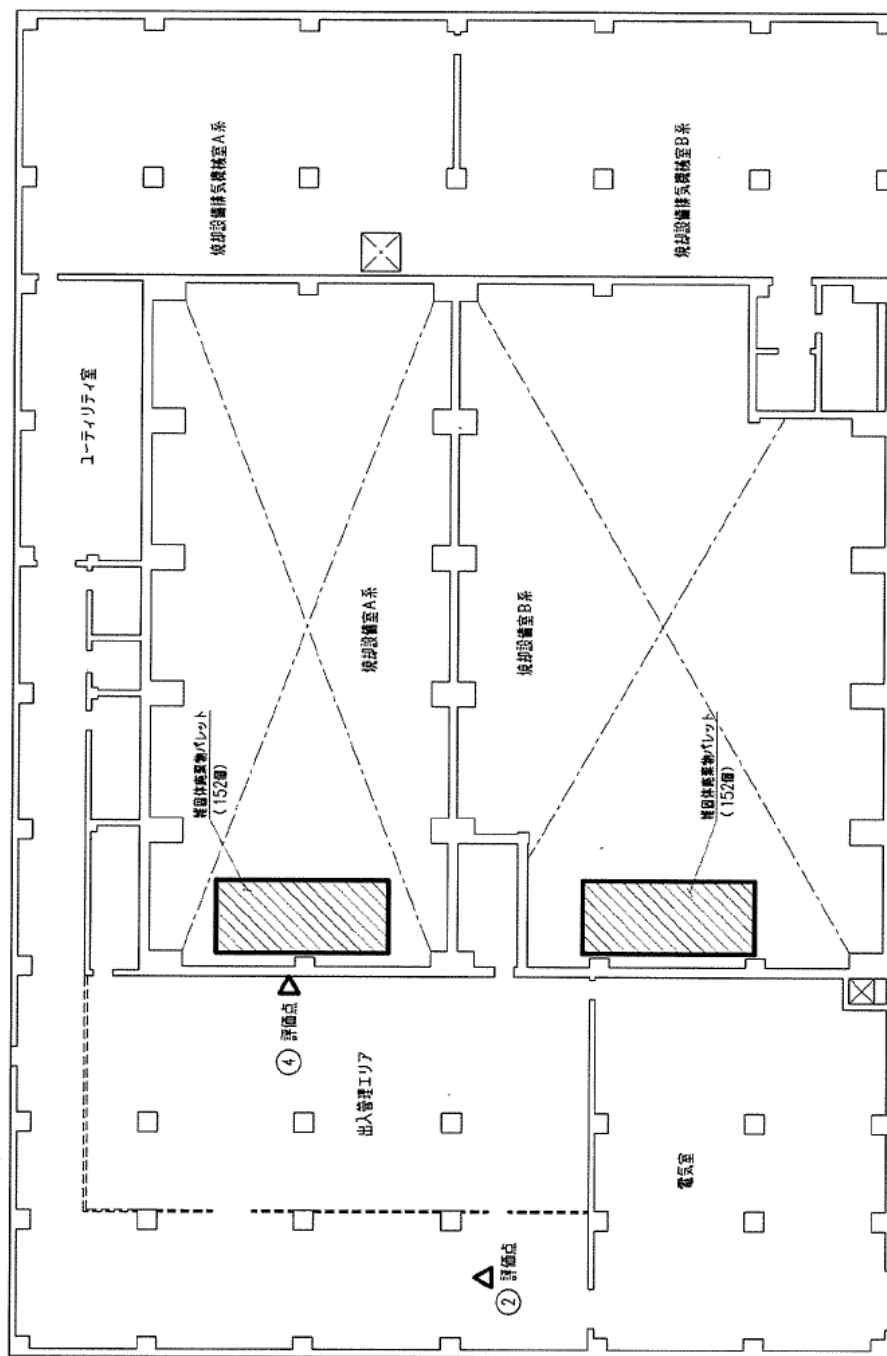
線量率の計算結果を表－2に示す。

補助遮へい外側表面の線量率は，いずれのエリアも設計基準線量率 $2.6 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ 以下を満足することを確認した。

表－2 線量率の計算結果

評価点	評価箇所	線量率計算結果	設計基準線量率
①	雑固体一時置場の西壁	$1.7 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$	$2.6 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ 以下
②	雑固体一時置場の天井スラブ	$1.6 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$	
③	自動倉庫A北壁	$1.3 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$	
④	自動倉庫A西壁	$1.7 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$	
⑤	自動倉庫A西壁	$2.1 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$	
⑥	灰ドラム一時貯蔵庫（南）東壁	$4.3 \times 10^{-4} \text{mSv/h}$	
⑦	灰ドラム一時貯蔵庫（南）の天井スラブ	$6.7 \times 10^{-5} \text{mSv/h}$	





図－2 焼却炉建屋の計算配置図（2階）

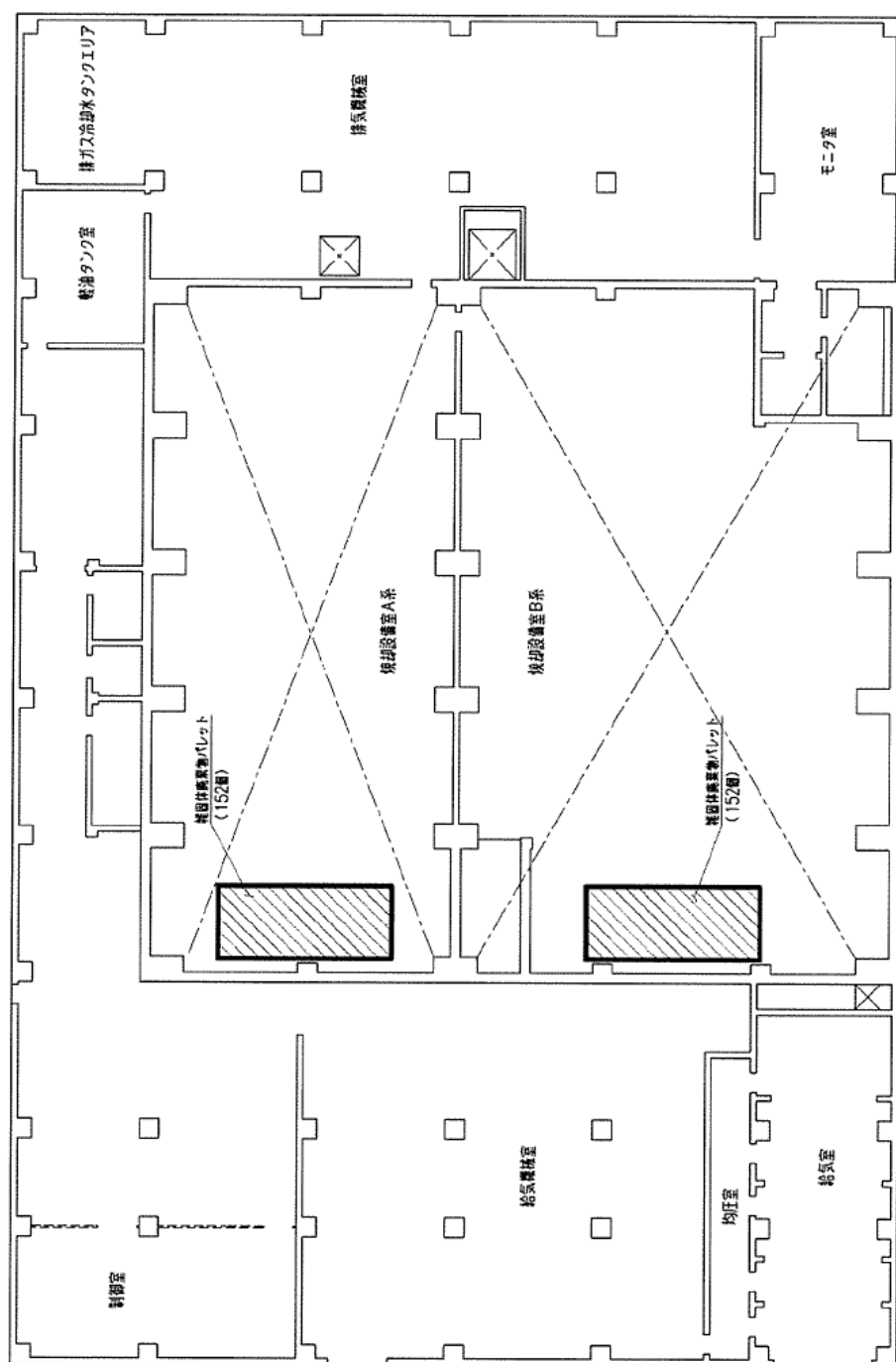


図-3 焼却炉建屋の計算配置図(3階)

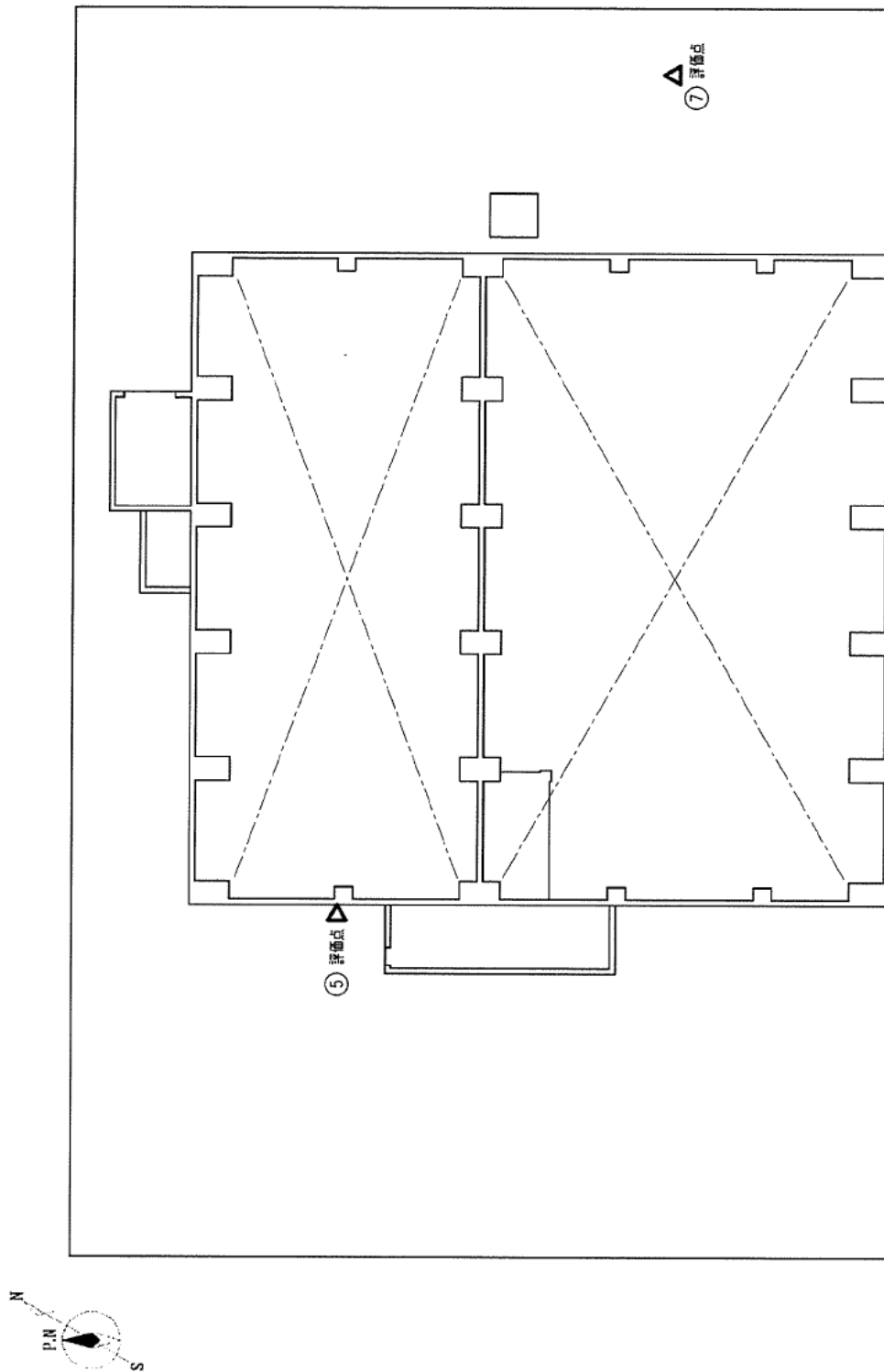
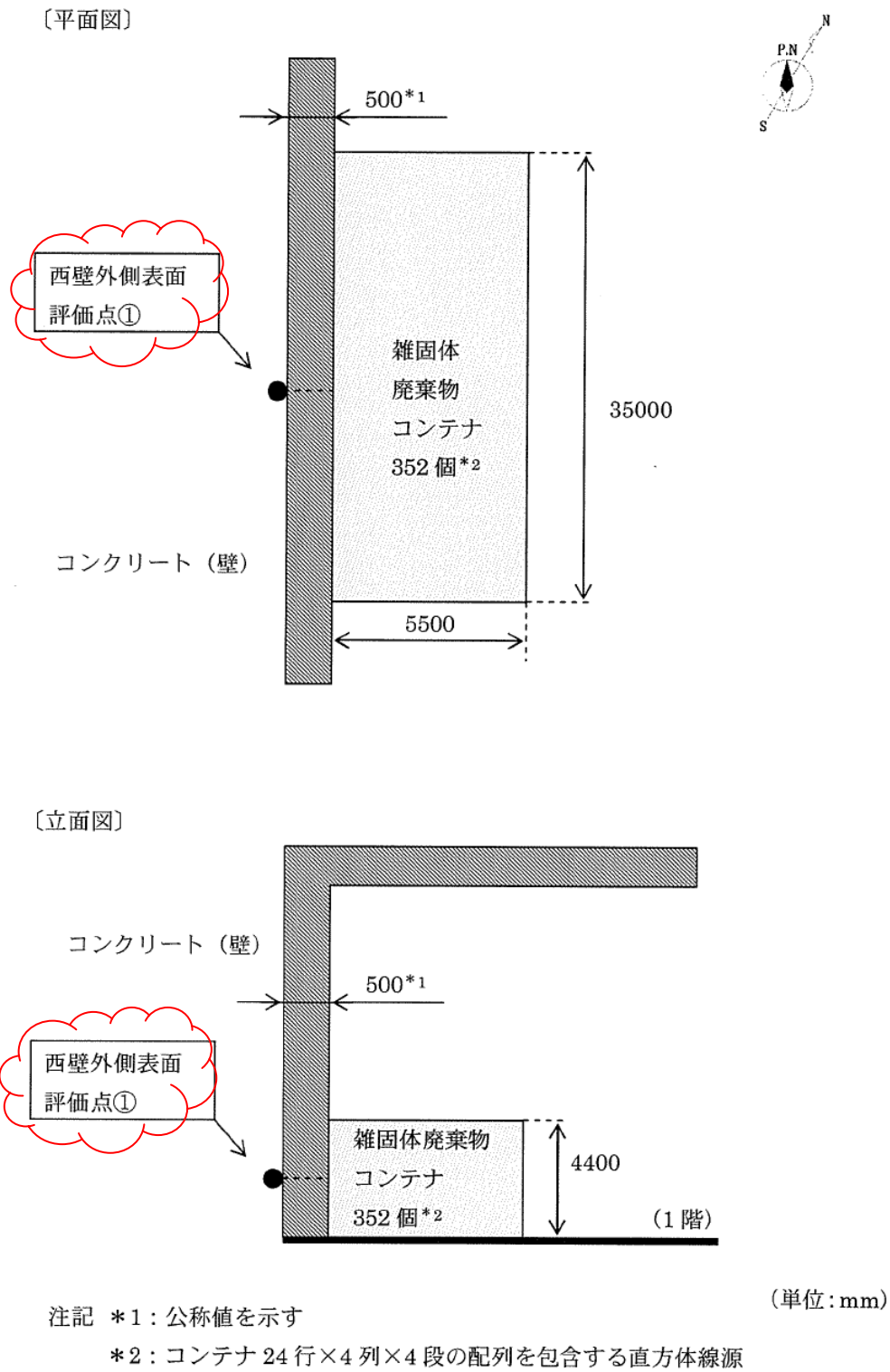
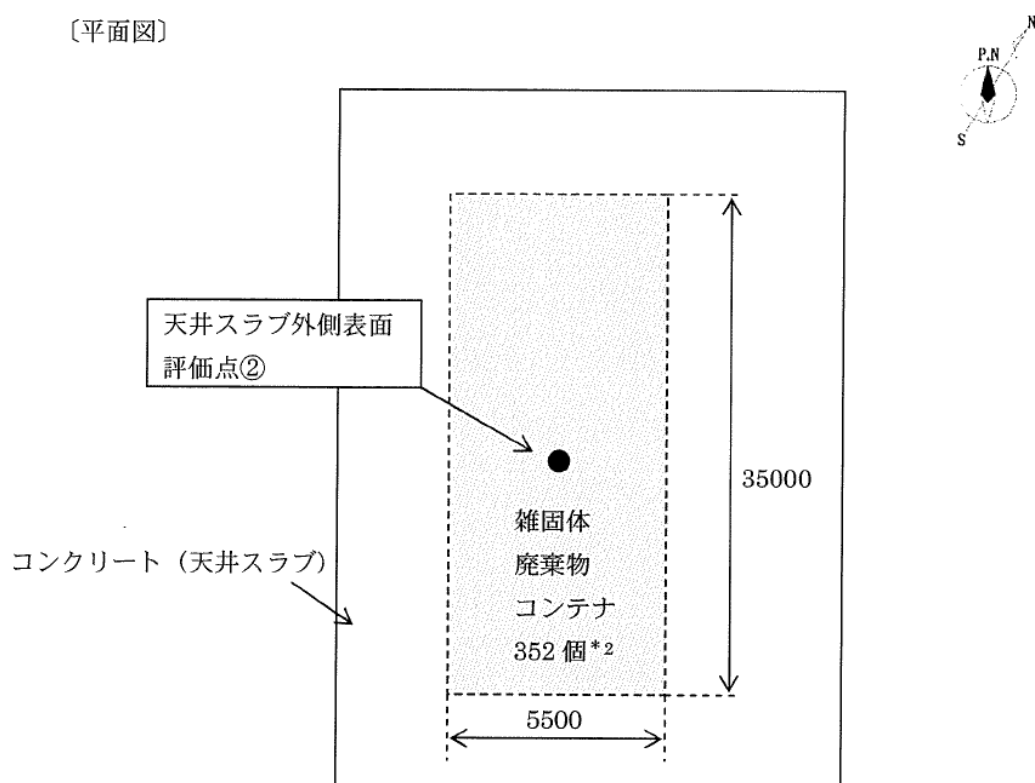


図-4 焼却炉建屋の計算配置図 (屋上階)

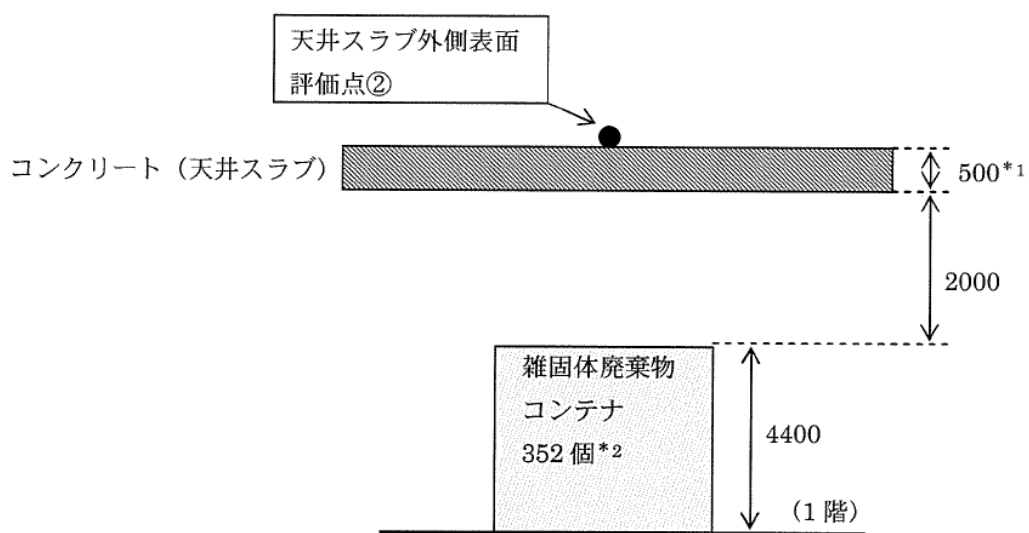


図－5 雑固体一時置場の西壁外側表面の計算モデル

〔平面図〕



〔立面図〕



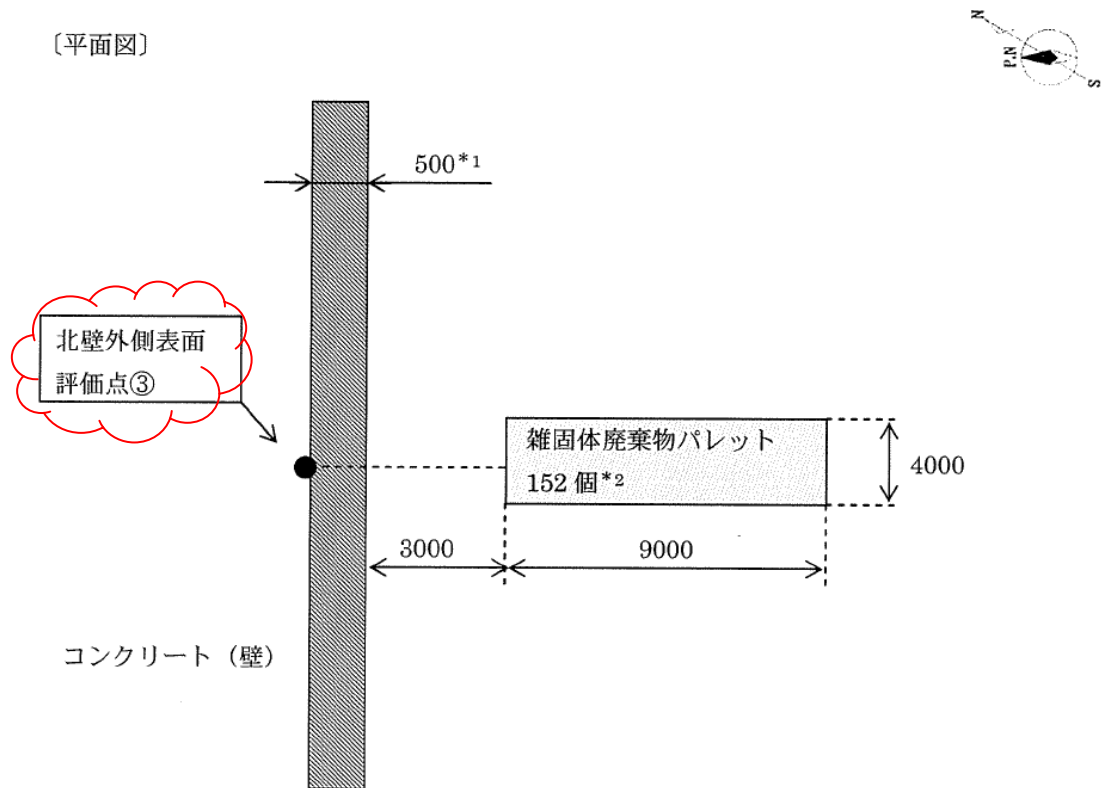
注記 *1：公称値を示す

*2：コンテナ 24 行×4 列×4 段の配列を包含する直方体線源

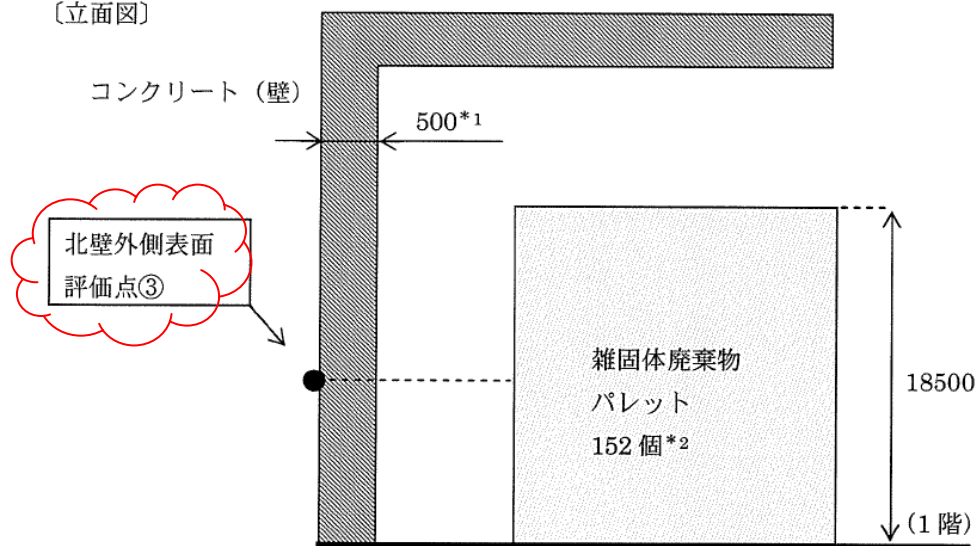
(単位：mm)

図－6 雑固体一時置場の天井スラブ外側表面の計算モデル

〔平面図〕



〔立面図〕



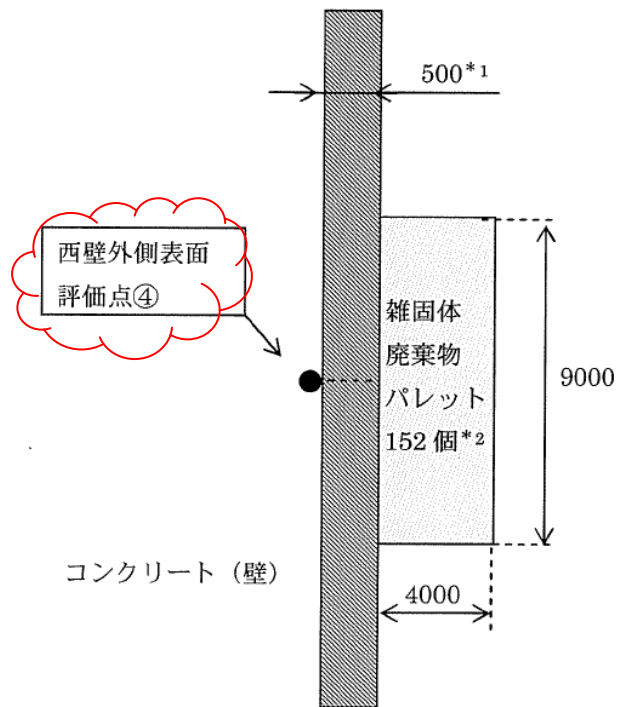
注記 *1：公称値を示す

*2：パレット 6 行×2 列×13 段の配列を包含する直方体線源

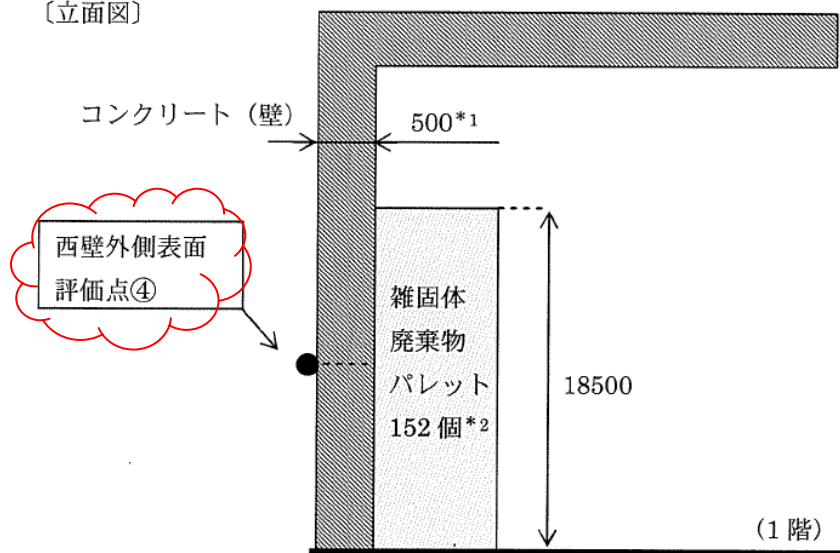
（単位：mm）

図－7 自動倉庫Aの北壁外側表面の計算モデル

〔平面図〕



〔立面図〕

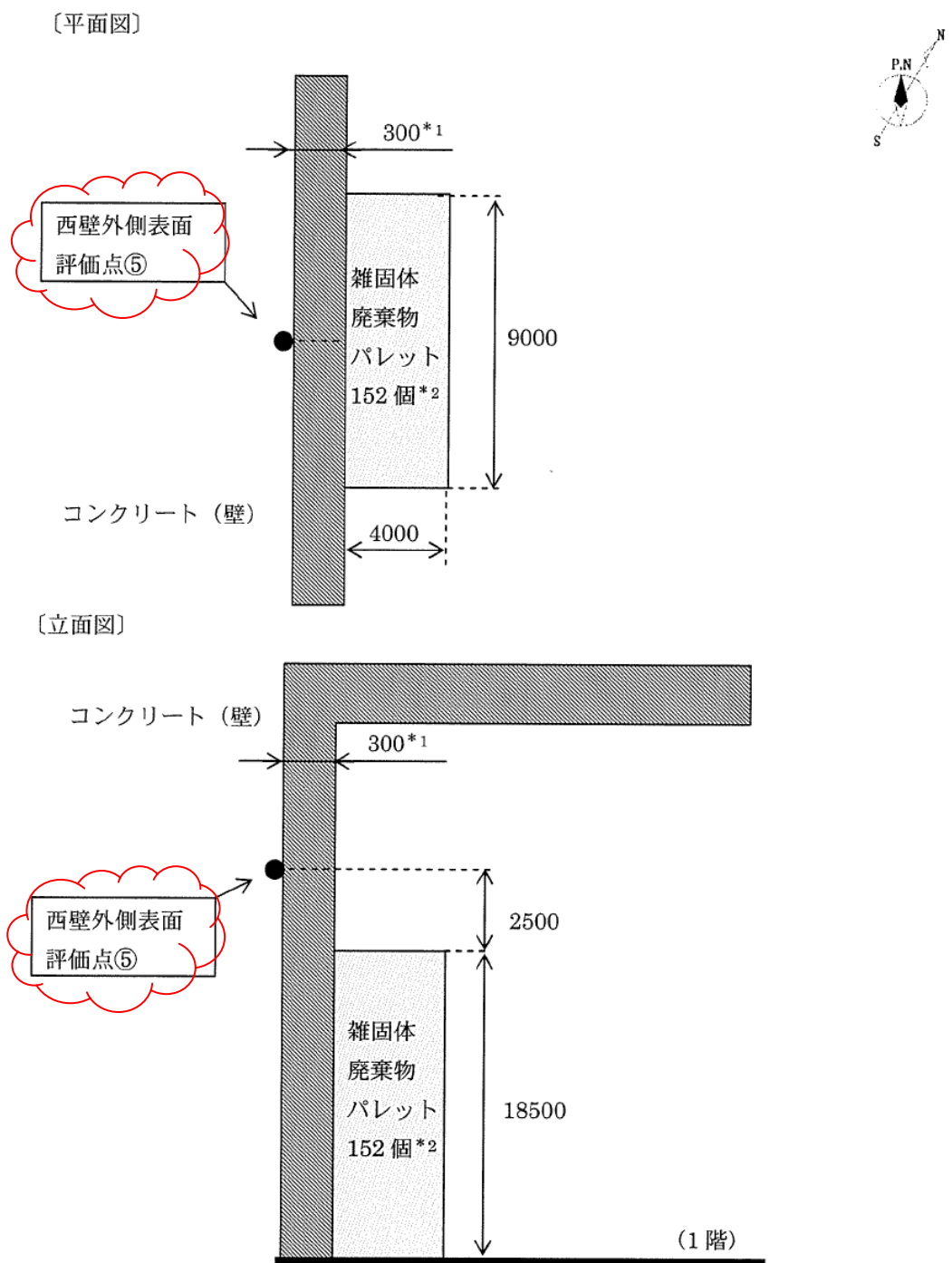


(単位: mm)

注記 *1: 公称値を示す

*2: パレット 6 行×2 列×13 段の配列を包含する直方体線源

図－8 自動倉庫Aの西壁外側表面の計算モデル



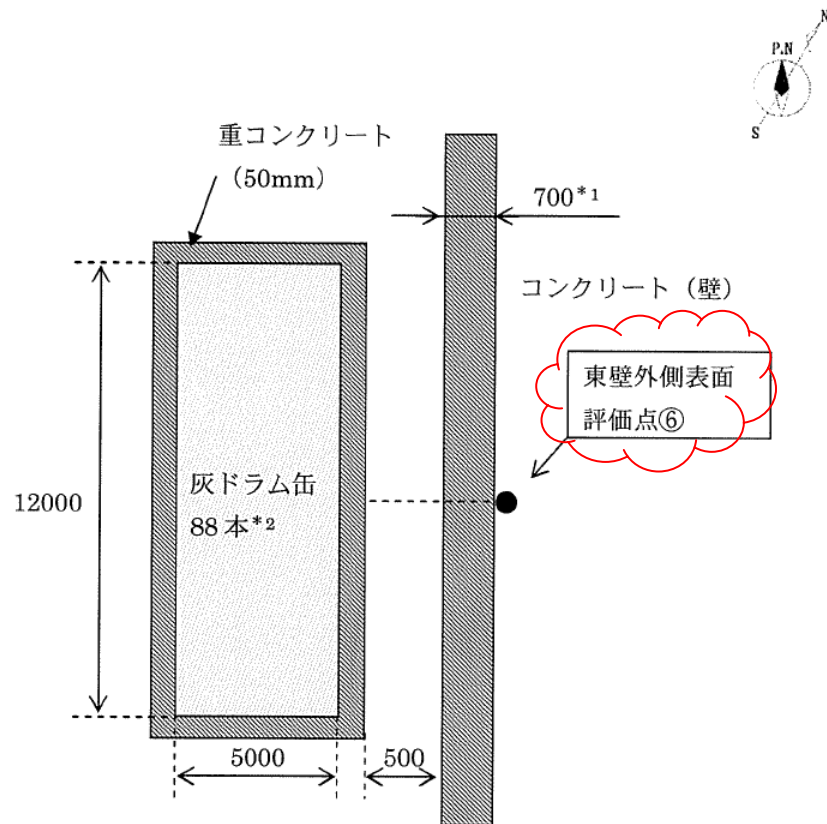
(単位: mm)

注記 *1: 公称値を示す

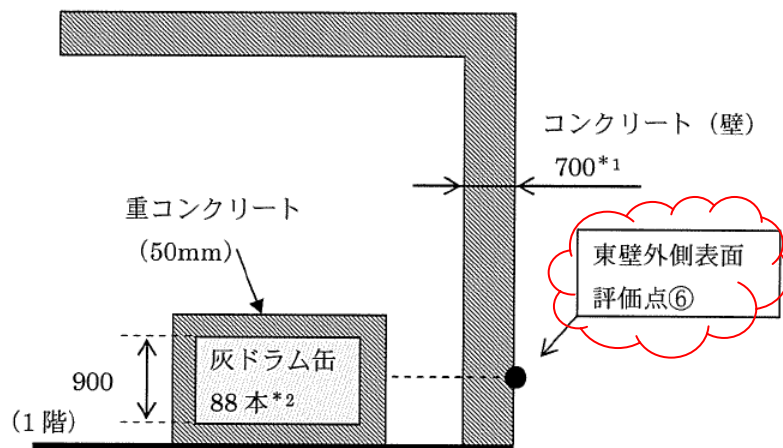
*2: パレット 6 行×2 列×13 段の配列を包含する直方体線源

図-9 自動倉庫Aの西壁外側表面の計算モデル

〔平面図〕



〔立面図〕



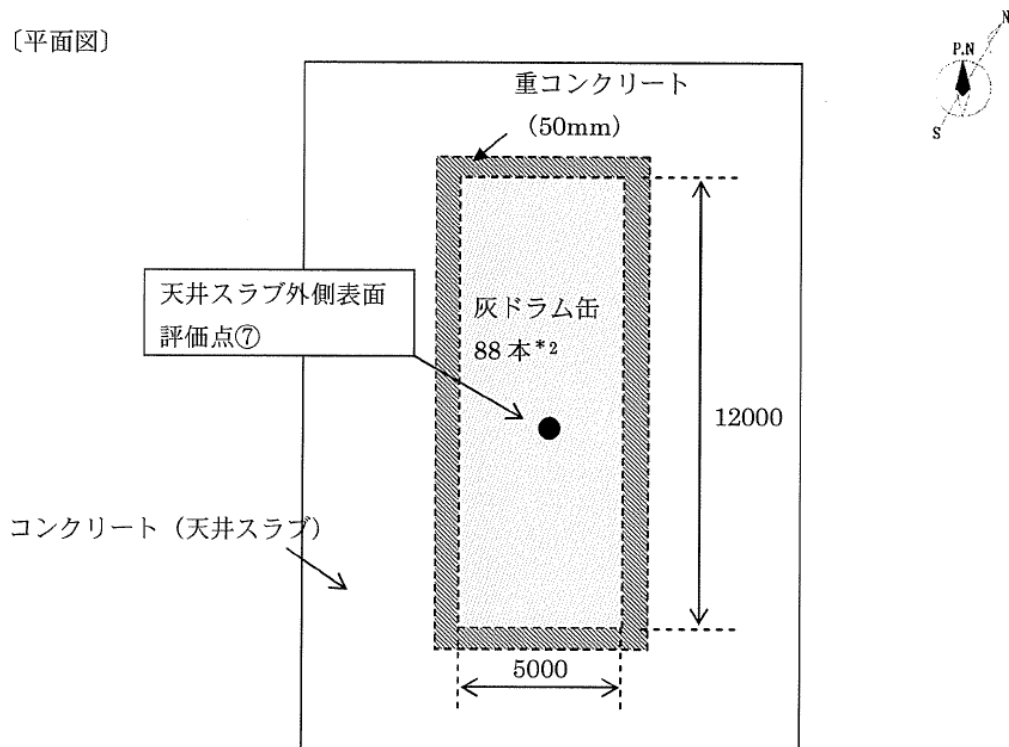
注記 *1：公称値を示す

*2：灰ドラム缶 16 行×6 列×1 段の配列を包含する直方体線源

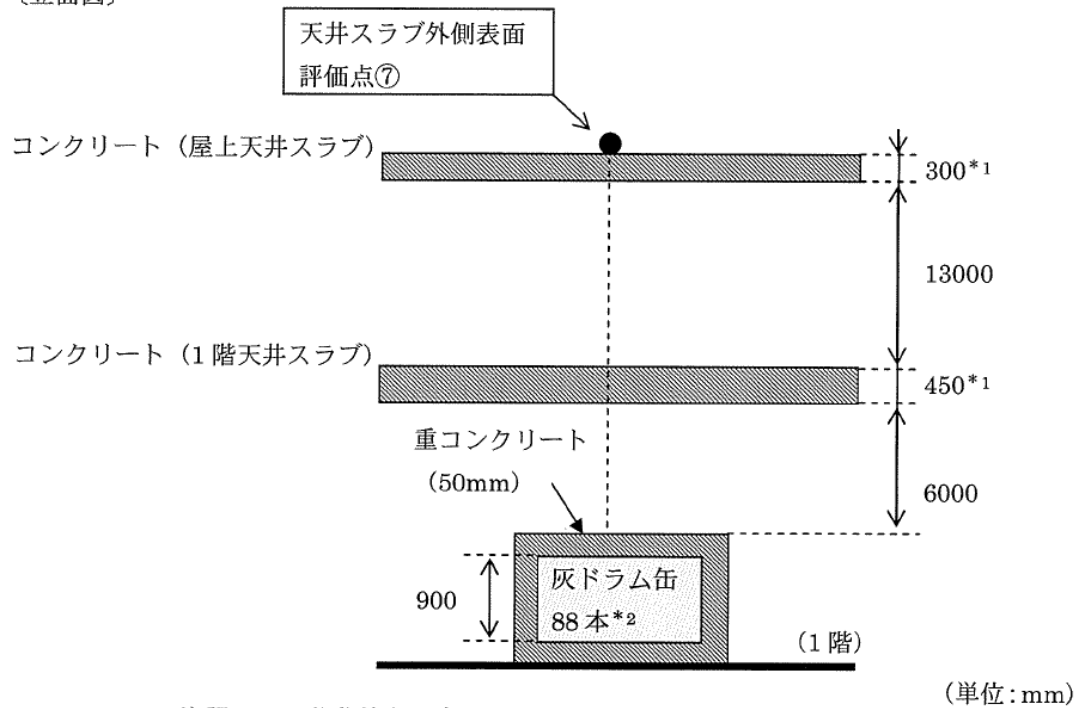
(単位：mm)

図－10 灰ドラム一時貯蔵庫（南）の東壁外側表面の計算モデル

〔平面図〕



〔立面図〕



注記 *1: 公称値を示す

*2: 灰ドラム缶 16行×6列×1段の配列を包含する直方体線源

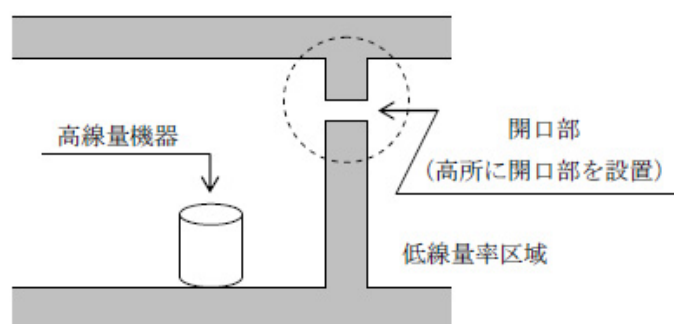
図-11 灰ドラム一時貯蔵庫 (南) の天井スラブ外側表面の計算モデル

4. 補助遮へいの貫通部に対する考慮

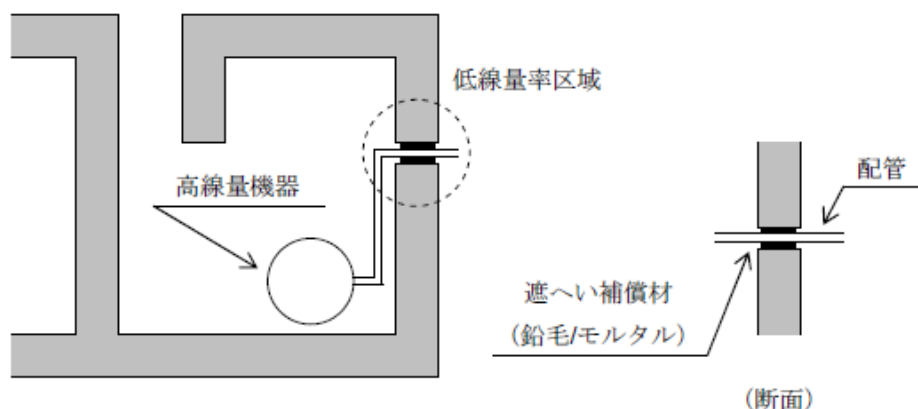
焼却炉建屋の高線量率区域と低線量率区域の間の補助遮へい貫通部は、原則として放射線漏れが問題とならないようにその位置を決める。

ただし、放射線漏れいが問題となる位置に設置せざるを得ない場合は、配管等の貫通部に遮へい補償材（鉛毛またはモルタル）を詰め、放射線漏れいを防止する措置を講じることとする。

貫通部に対する放射線漏れい防止措置の例を図－１２，１３に示す。



図－１２ 開口部の高所設置（例）



図－１３ 貫通孔の補償遮へい（例）

5. 補助遮へいの熱除去計算

5.1 補助遮へいの熱除去計算方法

補助遮へいであるコンクリート中のガンマ発熱密度はコンクリート中のガンマ線フラックスの減衰に応じて減少する。しかし、安全側にガンマ線の減衰を無視して入射面の最大のガンマ発熱密度でコンクリート全体が均一に発熱するものと仮定すると、コンクリート中の温度と表面温度の差の最大値 $\Delta T_{\max}$ は、内部発熱が均一とした平板の温度分布の計算式（6. 引用文献(1)参照）を引用した下式により求められる。

$$\Delta T_{\max} = T_{\max} - T_s = Q' \cdot L^2 / 2\lambda$$

ここで、 $T_{\max}$: コンクリート厚さ中心での最高温度 (°C)

T_s : コンクリート表面温度 (°C)

Q' : コンクリートの発熱密度 (W/m³)

L : コンクリートの厚さの 1/2 (m)

λ : コンクリートの熱伝導率 (W/m・°C)

また、上記のコンクリートの発熱密度は、下式により求められる。

$$Q' = 10^6 \cdot \rho \cdot Q$$

ここで、 ρ : コンクリート密度 (g/cm³)

Q : ガンマ発熱密度 (W/g)

$$= K \cdot \phi$$

K : ガンマ発熱密度換算係数 (W・s・cm²/g)

$$= C \cdot E \cdot (\mu_{\text{en}} / \rho)$$

C : 換算係数 (W・s /MeV) (1.602×10⁻¹³)

E : ガンマ線エネルギー (MeV)

(μ_{en} / ρ) : コンクリートの質量エネルギー吸収係数 (cm²/g)

ϕ : ガンマ線フラックス (photons/cm²・s)

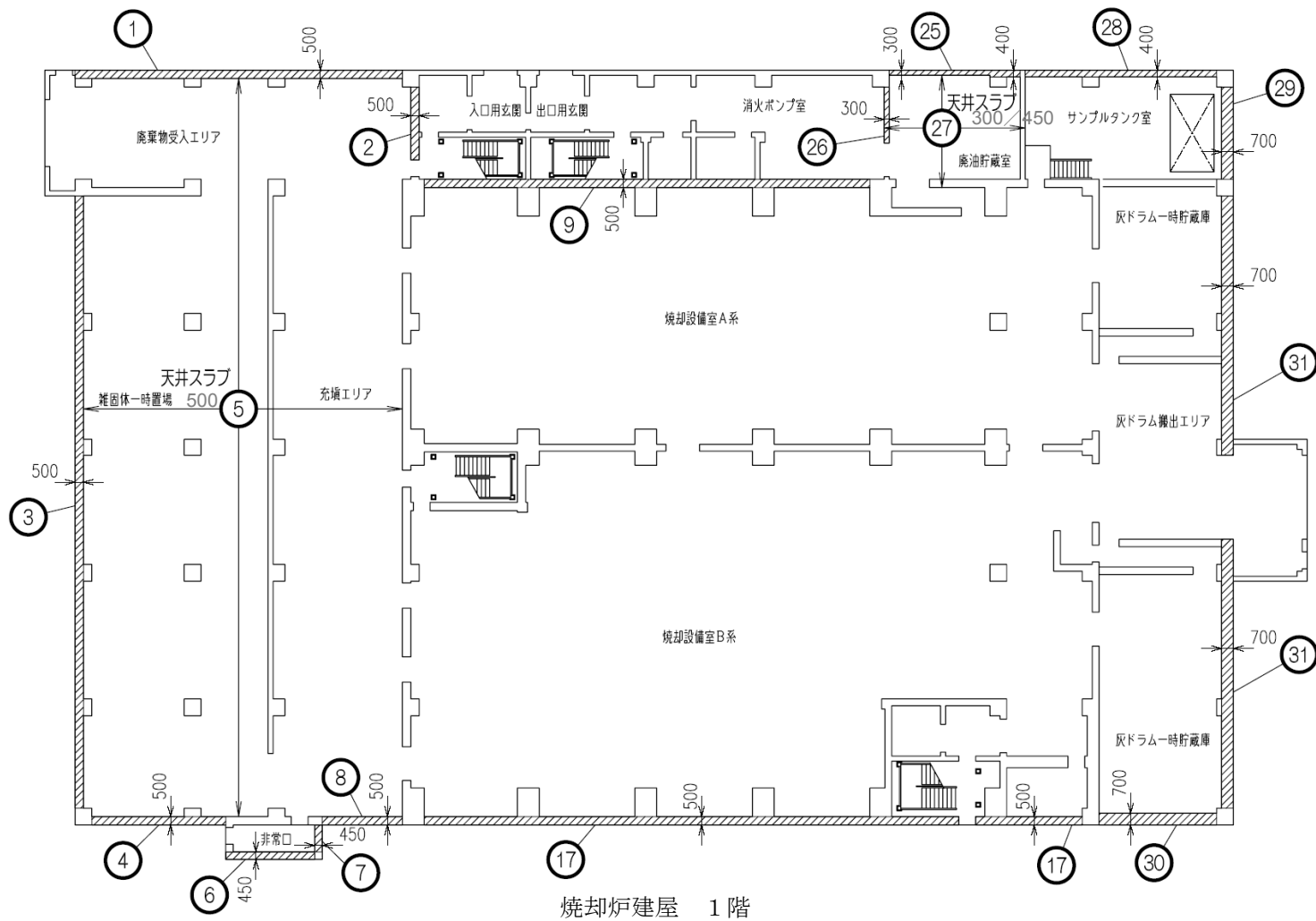
上記において、ガンマ発熱密度は補助遮へいの灰ドラム一時貯蔵庫東壁内側表面の最大となる点について計算機コード「QAD」にて計算を行う。

5.2 補助遮へいの熱除去計算結果

補助遮へい中のガンマ発熱による発熱密度は約 8×10^{-4} W/m³ となり、温度上昇は 0.1°C 未満であり、自然冷却で十分である。

6. 引用文献

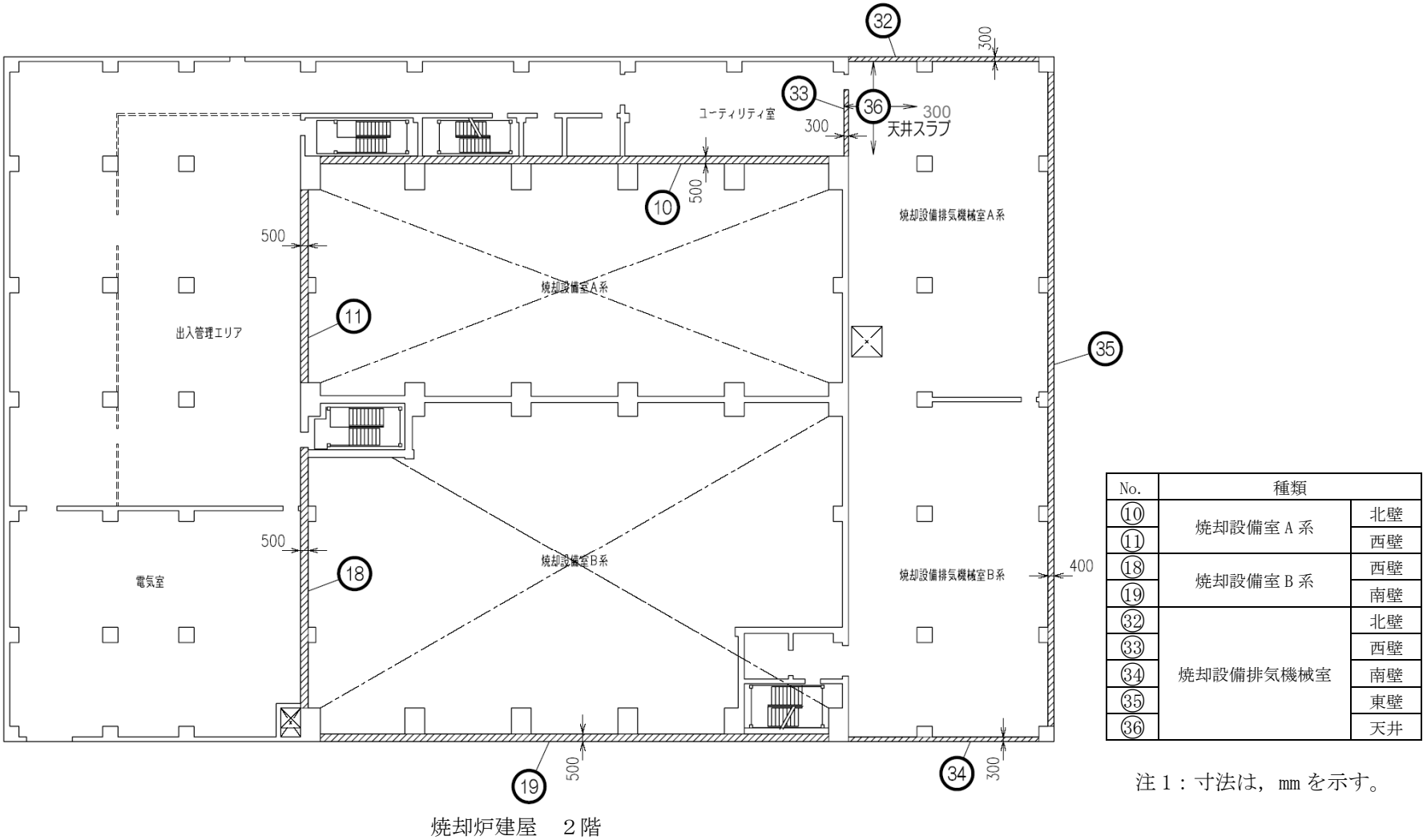
- (1) 日本機械学会「伝熱工学資料 改訂第5版」(2009)

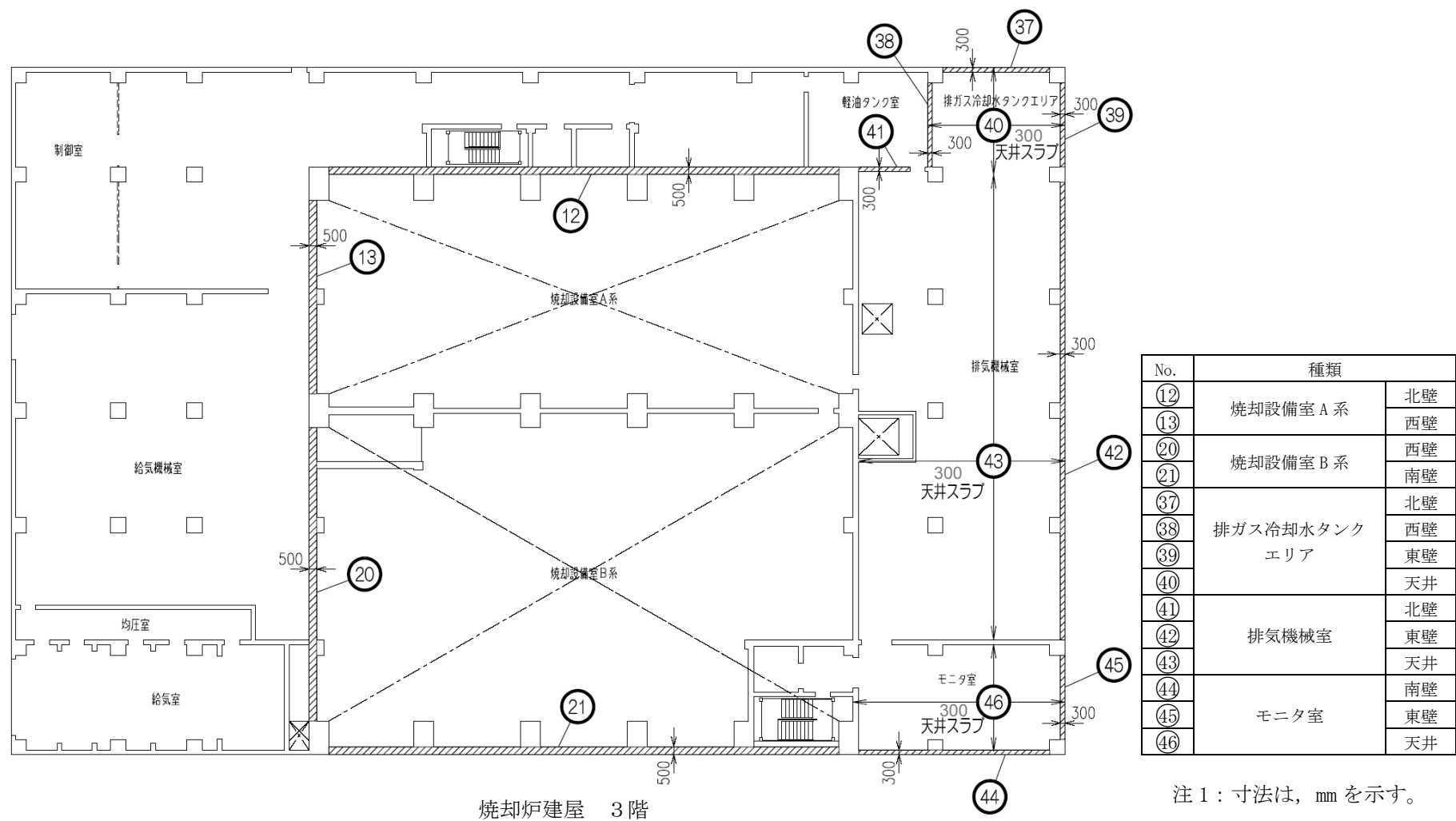


No.	種類	
①	廃棄物受入エリア	北壁
②		東壁
③	雑固体一時置場	西壁
④		南壁
⑤		天井
⑥	非常口	南壁
⑦		東壁
⑧	充填エリア	南壁
⑨	焼却設備室 A 系	北壁
⑪	焼却設備室 B 系	南壁
⑫	廃油貯蔵室	北壁
⑬		西壁
⑭		天井
⑯	サンプルタンク室	北壁
⑰		東壁
⑱	灰ドラム一時貯蔵庫	南壁
⑲		東壁

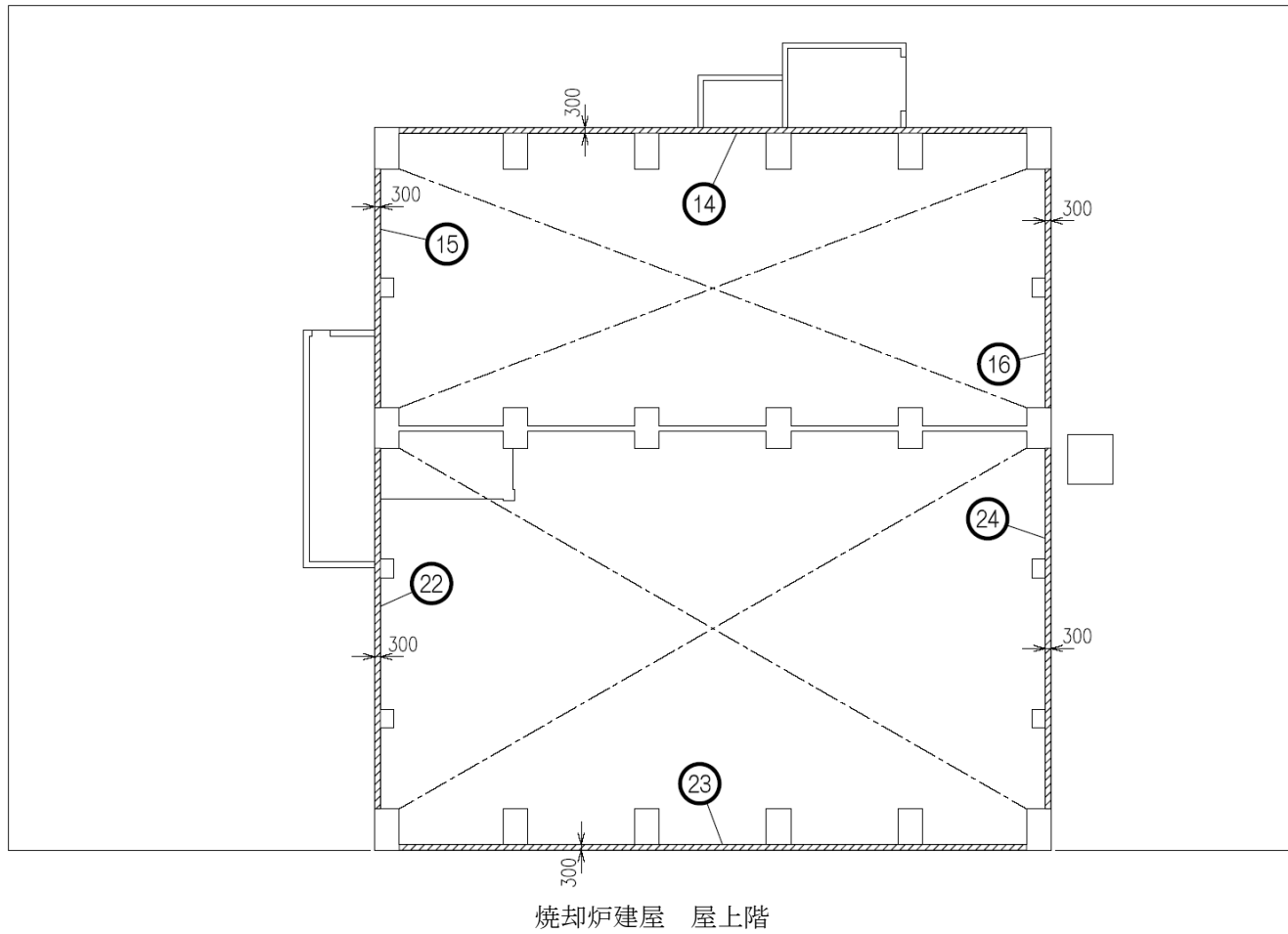
注 1：寸法は，mm を示す。

図－1 補助遮へいに関する構造図（1／4）





図－1 補助遮へいに関する構造図（3／4）



No.	種類	
⑭	焼却設備室 A 系	北壁
⑮		西壁
⑯		東壁
㉒	焼却設備室 B 系	西壁
㉓		南壁
㉔		東壁

注 1：寸法は，mm を示す。

図－1 補助遮へいに関する構造図（4／4）

固体廃棄物処理設備における放射性物質の散逸防止に関する説明書

1. 焼却灰取扱設備

雑固体廃棄物焼却設備では、放射性固体廃棄物等の焼却処理を行う。

排ガスはフィルタを通し、放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後、放射性物質の濃度を監視しながら本建屋専用の排気筒から放出し、焼却灰はドラム缶に密閉し保管する。

焼却灰取扱設備の概要は以下のとおりである。なお、焼却灰取扱設備の構成図を図－1に示す。

(1) 焼却炉及び二次燃焼器

焼却処理により発生する焼却灰は、二次燃焼器下部から排出され、灰搬送コンベアにて搬送される。

(2) 排ガス冷却器

排ガスに随伴し排ガス冷却器へ持ち込まれた焼却灰の一部は、排ガス冷却器下部から排出され、二次燃焼器からの灰と合わせ、灰搬送コンベアにて搬送される。

(3) バグフィルタ

排ガス冷却器を通過した排ガス中の焼却灰は、バグフィルタで捕捉される。

フィルタ逆洗に伴い、焼却灰はバグフィルタ底部から排出され、二次燃焼器及び排ガス冷却器からの灰と合わせ、灰搬送コンベアにて灰投入ホッパに搬送される。

(4) 灰搬送コンベア及び灰投入ホッパ

灰搬送コンベアにて搬送された灰は、灰投入ホッパに一時貯留後、灰ドラム缶へ排出される。

2. 焼却灰の散逸防止

焼却灰取扱設備で取扱う焼却灰は固体状であり、流体状ではないため、万一散逸した場合でも拡大する恐れはない。

ただし、焼却灰は放射性物質の濃度が比較的高いことから、放射線業務従事者等の被ばくを合理的に達成できる限り低減する観点に立ち、以下のとおり、焼却灰の散逸防止を図る。

また、万一の焼却灰散逸時の対応に十分配慮するとともに、インターロック等により、異常時にも対応できるよう配慮する。

2.1 安全性を確保した設計

(1) 適用材料

焼却灰取扱設備は、運転状態における最高使用圧力及び最高使用温度を考慮し適正な材料を使用する。

灰投入ホoppaは耐食性を考慮し、ステンレス鋼とし、接続部は溶接またはフランジ構造とし散逸を防止する。

(2) 焼却灰散逸防止

灰搬送コンベアは、二次燃焼器、排ガス冷却器及びバグフィルタから排出される焼却灰を搬送し、カバーで囲まれ焼却灰の散逸し難いものとする。

焼却灰が散逸し難いように、焼却灰のドラム缶への充填作業は、チャンバ内で行う。

(3) インターロックによる管理

灰投入ホoppaには灰レベル高を検出するレベル計を設け、警報を発して運転員に知らせるとともに、インターロックにより廃棄物投入を停止する。停止後灰投入ホoppaに供給される量に対し、レベル計検知後の灰ホoppaへの投入可能容量に十分な余裕があり、灰投入ホoppaからの焼却灰散逸を防止する。

焼却灰を充填する灰ドラム缶には、灰レベル高を検出するレベル計を設け、灰ホoppaからの灰排出を停止し焼却灰散逸を防止する。

また、排ガスブローア停止等の異常時には警報を発して運転員に異常を知らせるとともに、負圧を維持する排ガス補助ブローアによりバックアップし、焼却炉の運転を自動停止する。

2.2 異常時への対応

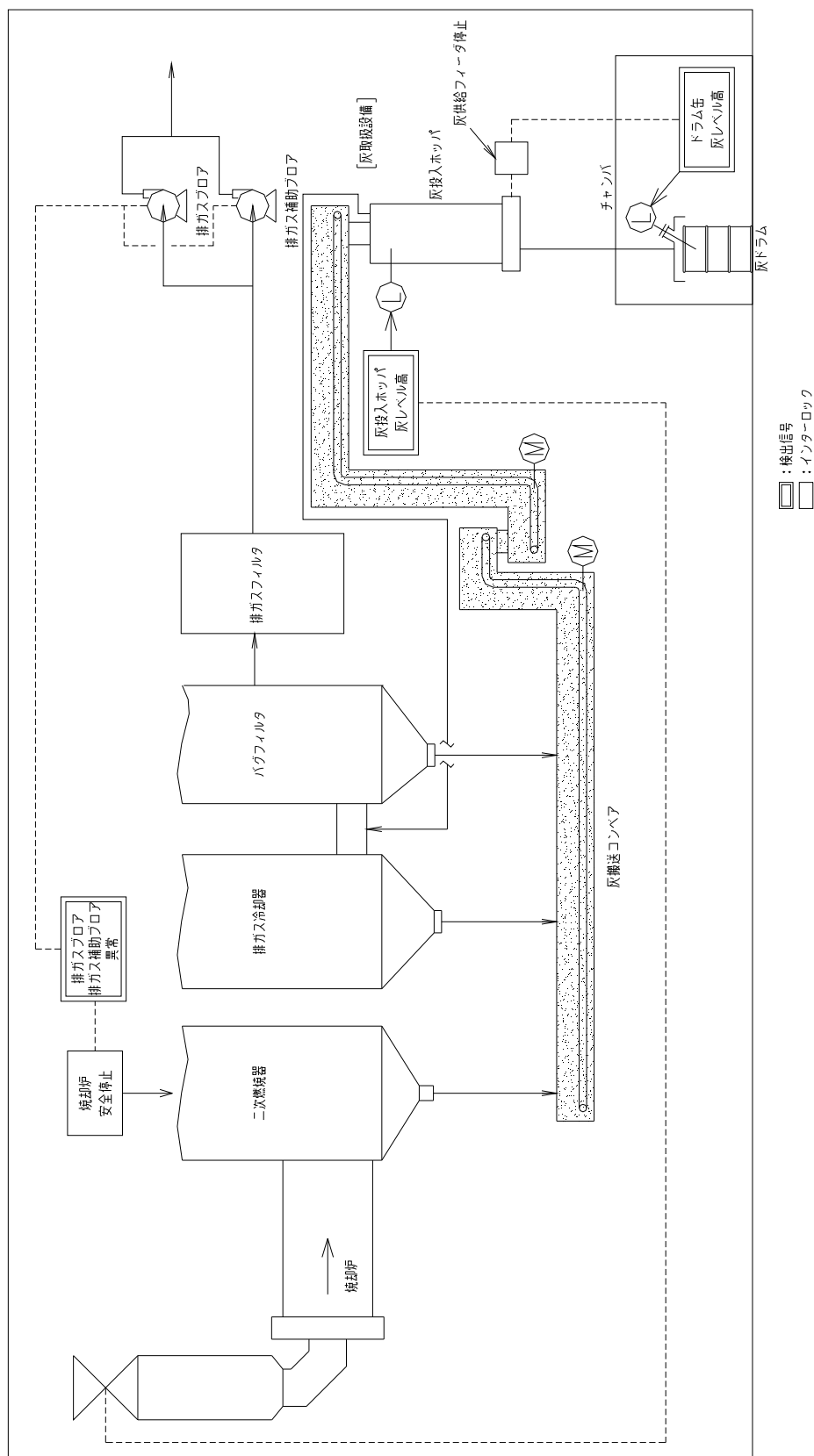
(1) 放射能閉じ込め

焼却炉，二次燃焼器，排ガス冷却器，バグフィルタ及び焼却灰取扱設備内は，排ガスブロアおよび排ガス補助ブロアにより負圧に維持し，万一損傷が生じた場合でも，焼却灰が飛散しないようにする。

(2) 焼却灰散逸時の対応

焼却灰のドラム缶への充填作業は，吸引されているチャンバ内で行うため，焼却灰がドラム缶充填時に散逸したとしても，焼却灰がチャンバ外へ散逸する可能性は少ない。

また，焼却灰取扱設備が破損し焼却灰が飛散しても，補助遮へい壁で囲まれた区画内に保持されているため，周辺公衆へ焼却灰が散逸することはほとんどない。



雑固体廃棄物焼却設備の設置について

1. 工事の概要

放射性廃棄物等の焼却処理を目的として、雑固体廃棄物焼却設備を設置する。

2. 工程

年 月	平成 25 年												平成 26 年												平成 27 年			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4
工場製作																												
建屋工事																												
現地据付																												
試運転																												

雑固体廃棄物焼却設備に係る確認事項

焼却炉建屋の工事に係る主要な確認項目を表－1に示す。

表－1 焼却炉建屋の工事に係る確認項目

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
遮へい機能	材料確認	コンクリートの乾燥単位容積質量を確認する。	2.15 g/cm ³ 以上であること。
	寸法確認	遮へい部材の断面寸法を確認する。	遮へい部材の断面寸法が、実施計画に記載されている寸法に対して、JASS 5Nの基準を満足すること。
構造強度	材料確認	構造体コンクリートの圧縮強度を確認する。	構造体コンクリート強度が、実施計画に記載されている設計基準強度に対して、JASS 5Nの基準を満足すること。
		鉄筋の材質、強度、化学成分を確認する。	JIS G 3112に適合すること。
	寸法確認	構造体コンクリート部材の断面寸法を確認する。	構造体コンクリート部材の寸法が、実施計画に記載されている断面寸法に対して、JASS 5Nの基準を満足すること。
	据付確認	鉄筋の径、間隔を確認する。	鉄筋の径が実施計画に記載されている通りであること。鉄筋の間隔が実施計画に記載しているピッチにほぼ均等に分布していること。

2.18 5・6号機に関する共通事項

2.18.1 設備の維持・管理について

5・6号機は、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により被災したものの、その被害の大半は津波による海水系設備の損傷であった。

その後、海水系設備の復旧ならびに冷温停止維持に関する設備の健全性確認を進め、現在では、震災前と同等の設備により安定的な冷温停止を維持している状況である。また、冷温停止維持に関する設備と比較し緊急性は少ないものの、冷温停止維持に属さない設備については、状態確認を進めていく予定である。

したがって、5・6号機の設備に関しては、本実施計画「Ⅲ 特定原子力施設の保安」を遵守しつつ、福島第一原子力発電所第5号機保全計画及び福島第一原子力発電所第6号機保全計画に基づく計画的な機器の保全活動を実施していくと共に、設置変更許可等の許認可の内容に従って、設備を維持・管理していくこととする。

2.18.2 要求される機能について

本実施計画に記載のある5・6号機の設備に要求される機能とは、工程(I.1.2 参照)に示す冷温停止において維持・管理する機能である。

2.18.3 異常時の対応

○冷温停止の維持に必要な複数設備のすべてが機能喪失した場合

冷温停止中、津波が発生した場合、海水系の機能喪失および全交流電源が喪失し、その状態が継続すると燃料損傷に至る可能性がある。このため、燃料損傷を回避するために、復旧余裕時間^{*1)}(2.7日間)内に次の様な対応を行う。(図-1 フローチャート 参照)

***1) 復旧余裕時間**：崩壊熱により、冷却材の温度が上昇し100℃に到達する時間（使用済燃料プールは、65℃で評価）。ここで、復旧余裕時間が最も短いのは5号機の原子炉であり、その時間内に注水対応ができれば、燃料損傷を回避することができる。

【電源復旧対応】電源車対応による既設設備の復旧

【代替設備対応】消防車等機動的な代替設備の使用による原子炉への注水および使用済燃料プールへの注水対応

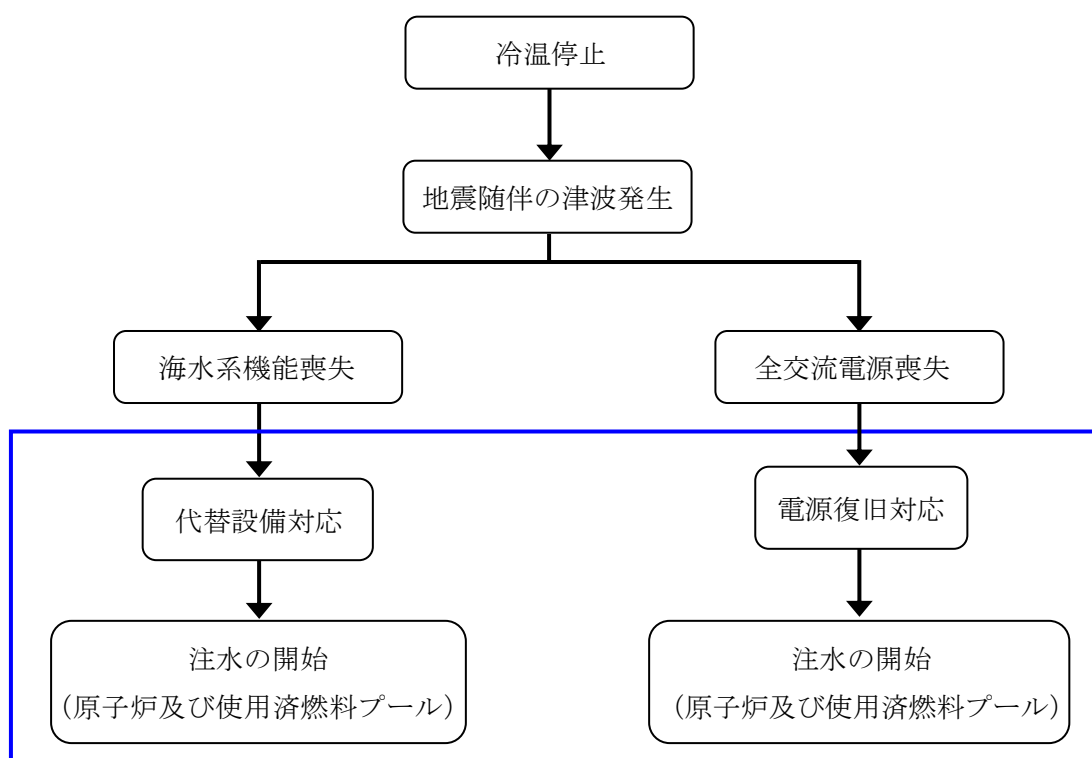
原子炉側：5号機原子炉（初期温度 40℃）の崩壊熱より算出した復旧余裕時間は2.7日であり、また、原子炉水位が低下し有効燃料頂部に至るまでの時間は約13日間である。同様に6号機の復旧余裕時間は3.8日であり、また、原子炉水位が低下し有効燃料頂部に至るまでの時間は約16日間である。（平成24年10月1日時点の崩壊熱にて算出）

使用済燃料プール側：5号機使用済燃料プール（初期温度 30℃）の崩壊熱より算出した復旧余裕時間は4.6日であり、同様に6号機の復旧余裕時間は4.6日である。（平成24年10月1日時点の崩壊熱にて算出）

復旧時に必要な消防車^{*2)}（５・６号機用として２台以上、消防車用のホースも原子炉建屋内に配備済）は高台に配備されているが、震災の場合は高台から移動し注水可能な位置に消防車を配置する。消防車の規格放水圧は0.55MPa以上あり、原子炉建屋最上階（オペレーティングフロア）の高さは、消防車の位置からそれぞれ５号機が約30m、６号機が約39mである。圧力損失を考慮しても、原子炉圧力容器及び使用済燃料プールに注水するのに十分な能力を有している。

電源車（５・６号機用として２台以上）は高台に配備されており、５号機タービン建屋２階に設置されている所内低圧母線へ供給可能なケーブルが接続済である。また、消防車及び電源車の運転訓練等も実施しており、初動体制も確立しているため復旧余裕時間内に十分対応できるものであると評価している。

^{*2)} 消防車：消防車による５号機原子炉及び使用済燃料プールへ注水に必要な水量は、平成24年10月1日の崩壊熱より算出されており、9t/hと評価されている。６号機についても同様に9t/hと評価されており、注水の水源となる純水タンクの最低限の保有水量は263tであることから、５・６号機それぞれ注水可能時間は14時間程度である。なお、上記に加え電源車により既設設備が復旧されれば既設のポンプを用いた注水や、消防車を用いた海水による注水が可能である。



図－１ 注水開始までのフローチャート

復旧余裕時間内に対応

2.18.4 添付資料

添付資料－１ ５・６号機 冷温停止維持に関する設備の復旧状況等について

表－1 5・6号機 冷温停止維持に関する設備の復旧状況等について

号機	設 備	分類 (注1)	ウォークダウン*) の結果(被害状況)	復旧プロセス	復旧状況	使用環境 (注2)	備 考
2.19	原子炉圧力容器 (冷却材圧力バウンダリ)	③	異常なし	－	一部未復旧※1)	○	※1) 主蒸気隔離弁及び主蒸気速がし安全弁等の動作確認が未実施。 (上記各弁は全閉状態であり、冷却材圧力バウンダリは維持されている)
	原子炉圧力容器 (冷却材圧力バウンダリ)	③	異常なし	－	一部未復旧※1)	○	※1) 主蒸気隔離弁及び主蒸気速がし安全弁等の動作確認が未実施。 (上記各弁は全閉状態であり、冷却材圧力バウンダリは維持されている)
2.20	原子炉 格納施設	①	異常なし	→	復旧済	○	●復旧済の定義 以下の復旧(健全性確認)プロセスを経て、機器が使用中(または 使用可能)となっている状態のこと。 ・震災にて損傷した機器の修理が完了している。 ・ウォークダウンにて健全性を確認している。 ・ウォークダウンの健全性確認に加え、復旧プロセス記載の健全性 確認を実施し問題ないことを確認している。 (主に、動的機器、電気品)
		①	大物搬入口が津波に より損傷	修理	復旧済	○	
		①	異常なし	→	復旧済	○	
		①	大物搬入口が津波に より損傷	修理	復旧済	○	
2.21	制御棒及び制御棒駆動系	③	異常なし	ポンプ：ハンドターニング 運転確認	一部未復旧※2)	○	※2) 水圧制御ユニット及び制御棒駆動機構の動作確認が未実施。 (燃料移動時に復旧する)
	制御棒及び制御棒駆動系	③	異常なし	ポンプ：ハンドターニング 運転確認	一部未復旧※2)	○	※2) 水圧制御ユニット及び制御棒駆動機構の動作確認が未実施。 (燃料移動時に復旧する)
2.22	残留熱除去系	①	異常なし	ポンプ：ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	※3) 設備の健全性は各パラメータを監視することにより確認できるものの、長期的 には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、配水配管における健全 性評価及び漏えいが発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。
		②	全てのポンプが津波に より損傷	ポンプ：分解点検	復旧済	△ (配管が一部 没水※3)	
2.23	非常用 炉心冷却系	①	異常なし	ポンプ：ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	※3) 設備の健全性は各パラメータを監視することにより確認できるものの、長期的 には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、配水配管における健全 性評価及び漏えいが発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。
		②	全てのポンプが津波に より損傷	ポンプ：分解点検	復旧済	△ (配管が一部 没水※3)	
2.23	非常用 炉心冷却系	①	異常なし	ポンプ：ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	※4) 制御棒が全挿入、かつ燃料の冷却が維持されていることから、原子炉圧力容 器の圧力は高圧になることはなく、他の非常用炉心冷却系及び復水補給系に て原子炉圧力容器への注水は十分可能であるため、高圧炉心スプレイス系を復旧 していない。今後は必要に応じて動作可能である状態に復旧する。
		①	異常なし	ポンプ：ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
		①	異常なし	ポンプ：ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
		③	異常なし	ポンプ：ハンドターニング 運転確認	未復旧※4)	○	

注1) ①：既設設備を復旧し設計上想定内の環境で使用
②：既設設備を復旧しているが設計上想定外の環境で使用
③：未復旧(復旧中)の既設設備
④：仮設設備

注2) ①：設計上想定内の環境で使用
△：設計上想定外の環境で使用

*) ウォークダウン：
設備に触れずにありのままを観察し、
被害当初の状態を確認すること。

表－2 5・6号機 冷温停止維持に関する設備の復旧状況等について

号機	設 備	分類 注1)	ウォークダウン*) の結果(被害状況)	復旧プロセス	復旧状況	使用環境 注2)	備 考
2.24	復水補給水系	①	異常なし	ポンプ:ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
	復水補給水系	①	異常なし	ポンプ:ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
2.25	原子炉冷却材浄化系	③	異常なし	ポンプ:分解点検	一部未復旧 ^{※3)}	○	※5)循環ポンプ2台のうち1台が未復旧であり、未復旧のポンプについては点検を行った後、運転状態を確認し復旧する。
	原子炉冷却材浄化系	①	異常なし	ポンプ:ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
2.26	原子炉建屋常用換気系	①	異常なし	送排風機、排気ファン: ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
	原子炉建屋常用換気系	①	異常なし	送排風機、排気ファン: ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
5	燃料プール冷却浄化系	①	異常なし	ポンプ:ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
	原子炉補機冷却系	①	異常なし	ポンプ:ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
2.27	燃料プール 冷却浄化系	②	全てのポンプが津波により損傷	ポンプ:分解点検	復旧済	△ (配管が一部 没水 ^{※3)})	※3)設備の健全性は各パラメータを監視することにより確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び漏えいが発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。
	燃料プール冷却浄化系	①	異常なし	ポンプ:ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
6	原子炉補機冷却系	①	異常なし	ポンプ:ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
	補機冷却海水系	②	全てのポンプが津波により損傷	ポンプ:分解点検	復旧済	△ (配管が一部 没水 ^{※3)})	※3)設備の健全性は各パラメータを監視することにより確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び漏えいが発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。
2.28	燃料取扱系 及び 燃料貯蔵設備	③	オベプロの高温度環境により電気設備の絶縁低下や機械設備の燃料プールの冷却機能喪失により、プールの温度が上昇し水蒸気が発生	修理中	未復旧 ^{※6)}	○	※6)復旧工程は、図－1 5・6号機 中期スケジュールに記載。(I.1.2 参照)
	使用済燃料プール	①	異常なし	→	復旧済	○	※6)復旧工程は、図－1 5・6号機 中期スケジュールに記載。(I.1.2 参照)

*)ウォークダウン: ①:既設設備を復旧し設計上想定内の環境で使用
 設備に触れずにありのままを観察し、 ②:既設設備を復旧しているが設計上想定外の環境で使用
 被害当初の状態を確認すること。 ③:未復旧(復旧中)の既設設備
 ④:仮設設備

表－3 5・6号機 冷温停止維持に関する設備の復旧状況等について

号機	設 備	分類 (注1)	ウォークダウン*) の結果(被害状況)	復旧プロセス	復旧状況	使用環境 (注2)	備 考
2.28	燃料取扱系 及び 燃料貯蔵設備	③	オペプロの高湿度環境により電気設備の絶縁低下や機械設備の腐蝕に至る(震災時の燃料プールの冷却機能喪失により、プール水温度が上昇し水蒸気が発生)	修理中	未復旧 ^{※6)}	○	※6) 復旧工程は、図－1 5・6号機 中期スケジュールに記載。(I.1.2 参照)
		①		修理	復旧済	○	
	使用済燃料プール	①	異常なし	→	復旧済	○	
2.29	非常用ガス処理系	②	異常なし	排風機：ハンドターニング 運転確認	復旧済	△ (配管が一部 没水 ^{※3)})	※3) 設備の健全性は各パラメータを監視することにより確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び没水が発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。
		②	異常なし	排風機：ハンドターニング 運転確認	復旧済	△ (配管が一部 没水 ^{※3)})	※3) 設備の健全性は各パラメータを監視することにより確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び没水が発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。
2.30	中央制御室換気系	①	異常なし	送排風機：ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
	中央制御室換気系	①	異常なし	送排風機：ハンドターニング 運転確認	復旧済	○	
5	電源系統 設備	①	異常なし	→	復旧済	○	
		①	異常なし	運転確認	復旧済	○	
		②	全てのポンプが津波により損傷	ポンプ：分解点検	復旧済	△ (配管が一部 没水 ^{※3)})	※3) 設備の健全性は各パラメータを監視することにより確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び没水が発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。
		①	異常なし	蓄電池：比重・電圧測定	復旧済	○	
		②	ケーブルが一部没水(その他は異常なし)	絶縁抵抗測定	復旧済	△ (ケーブルが一部 没水 ^{※3)})	※3) 海水系ポンプ(残留熱除去海水系、補機冷却海水系、非常用ディーゼル発電機冷却海水系)に電力を供給しているケーブルが一部没水。時間の経過により絶縁性能の低下が懸念されるため、予備のケーブルを敷設し信頼性向上を図っている。
		①	異常なし	→	復旧済	○	
6	電源系統 設備	③	異常なし	運転確認	復旧済 (高圧炉心スプレイス は未復旧 ^{※8)})	○	※8) 復旧されている5・6号機全ての非常用ディーゼル発電機を含めて考えれば、非常用高圧母線に接続する動作可能な非常用ディーゼル発電機は十分確保されている。今後は必要に応じて動作可能である状態に復旧する。
		③	全てのポンプが津波により損傷	ポンプ：分解点検	復旧済 (高圧炉心スプレイス は未復旧 ^{※9)})	△ (配管が一部 没水 ^{※3)})	※3) 設備の健全性は各パラメータを監視することにより確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び没水が発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。 ※9) 高圧炉心スプレイス系のみに冷却水を供給するものであり、今後は必要に応じて動作可能である状態に復旧する。
		③	異常なし	蓄電池：比重・電圧測定	復旧済 (高圧炉心スプレイス は未復旧 ^{※10)})	○	※10) 高圧炉心スプレイス系の制御電源のみに電力を供給するものであり、今後は必要に応じて動作可能である状態に復旧する。
		②	ケーブルが一部没水(その他は異常なし)	絶縁抵抗測定	復旧済	△ (ケーブルが一部 没水 ^{※3)})	※3) 海水系ポンプ(残留熱除去海水系、補機冷却海水系、非常用ディーゼル発電機冷却海水系)に電力を供給しているケーブルが一部没水。時間の経過により絶縁性能の低下が懸念されるため、予備のケーブルを敷設し信頼性向上を図っている。

*) ウォークダウン：設備に触れずにありのままを観察し、被害当初の状態を確認すること。
注1) ①：既設設備を復旧し設計上想定内の環境で使用
②：既設設備を復旧しているが設計上想定外の環境で使用
③：未復旧(復旧中)の既設設備
④：仮設備
注2) ①：設計上想定内の環境で使用
△：設計上想定外の環境で使用

表－4 5・6号機 冷温停止維持に関する設備の復旧状況等について

号機	設 備	分類 注1)	ウォークダウン(*) の結果(被害状況)	復旧プロセス	復旧状況	使用環境 注2)	備 考
2.33	5 放射性液体廃棄物処理系	③	異常なし	ポンプ:ハンダターニング 運転確認	一部未復旧 ^{※11)}	○	※11)未復旧機器は、添付資料－4 系統概要図に記載。(II.2.33 参照) 設備の一部が未復旧であるが、発生する廃液は、機器ドレン系にて処理可能。
	6 放射性液体廃棄物処理系	③	設備が一部没水 (その他は異常なし)	—	未復旧 ^{※12)}	△ (設備が一部 没水 ^{※12)})	※12)未復旧機器及び没水機器は、添付資料－4 系統概要図に記載。 (II.2.33 参照) 発生する廃液は、5号機の機器ドレン系にて処理可能。
	5・6 仮設備(滞留水貯留設備)	④	仮設備を設置し、建屋内滞留水の処理を行っている。			○	
2.34	5 計測制御設備	①	異常なし	計器:点検・校正	復旧済	○	
	6 計測制御設備	①	異常なし	計器:点検・校正	復旧済	○	

*) ウォークダウン:
設備に触れずにありのままを観察し、
被害当初の状態を確認すること。

注1) ①:既設備を復旧し設計上想定内の環境で使用
②:既設備を復旧しているが設計上想定外の環境で使用
③:未復旧(復旧中)の既設備
④:仮設備

注2) ○:設計上想定内の環境で使用
△:設計上想定外の環境で使用

2.19 5・6号機 原子炉压力容器

2.19.1 系統の概要

原子炉压力容器は、通常運転時の温度及び圧力に十分耐えるよう設計されており、原子炉冷却系統設備の故障等により、万が一、冷温停止が維持できなくなった場合においても、冷却材圧力バウンダリを形成し、燃料棒の温度上昇を緩和することができる。

[系統の現況]

5・6号機の原子炉压力容器は、ベント弁が全開状態にあり大気開放状態となっているものの、ベント弁を除く冷却材圧力バウンダリは、構成されている。また、主蒸気隔離弁及び主蒸気逃がし安全弁等の動作確認を実施していないが、全閉状態であり、震災後の外観点検にて、異常がないこと及び原子炉水位の低下が発生していないことから冷却材圧力バウンダリは維持されていると考える。(添付資料－1，2 参照)

なお、冷温停止中は冷却材の温度及び原子炉压力容器の圧力上昇は考えにくいですが、万が一、自然災害（津波）により冷温停止が維持できなくなった場合においても、压力容器ベント弁を全閉状態にすることは可能であり、消防車等による機動的な対応により、燃料損傷を回避することが可能である。（Ⅱ.2.18 参照）

2.19.2 要求される機能

原子炉压力容器を含む冷却材圧力バウンダリからの放射性物質を含む冷却材の漏えいが無く、冷温停止状態を維持することが可能であること。

2.19.3 主要な機器

(1) 5号機

a. 原子炉压力容器

原子炉压力容器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。
建設時第4回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)

(2) 6号機

a. 原子炉压力容器

原子炉压力容器については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。
建設時第17回工事計画変更認可申請書(52資庁第11661号 昭和52年10月17日認可)

2. 19. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5 号機

建設時第 4 回工事計画認可申請書(48公第1787号 昭和48年4月7日認可)

工事計画認可申請書(平成11・10・12資第18号 平成11年11月30日認可)

建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)

(2) 6 号機

建設時第 6 回工事計画認可申請書(50資庁第8249号 昭和50年10月20日認可)

建設時第 6 回工事計画変更認可申請書(51資庁第6576号 昭和51年8月4日認可)

建設時第 1 7 回工事計画変更認可申請書(52資庁第11661号 昭和52年10月17日認可)

2. 19. 5 添付資料

添付資料ー 1 冷却材圧力バウンダリを構成する機器

添付資料ー 2 冷却材圧力バウンダリ概要図

冷却材圧力バウンダリを構成する機器

1. 5 号機

(1) 残留熱除去系

残留熱除去系の主配管・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。

(Ⅱ. 2. 22 参照)

(2) 炉心スプレイ系

炉心スプレイ系の主配管・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。(Ⅱ. 2. 23 参照)

(3) 原子炉冷却材浄化系

原子炉冷却材浄化系の主配管・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。(Ⅱ. 2. 25 参照)

(4) 原子炉再循環系

原子炉再循環系の主配管・主要弁については、工事計画届出書等により確認している。

工事計画届出書(総文発官 8 第 562 号 平成 9 年 1 月 13 日届出)

工事計画届出書(総官発 11 第 239 号 平成 11 年 9 月 30 日届出)

建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第 33 号 昭和 49 年 4 月 6 日届出)

(5) 主蒸気系

主蒸気系の主配管・主蒸気逃がし安全弁・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第 9 回工事計画認可申請書(48 資庁第 2745 号 昭和 48 年 11 月 19 日認可)

工事計画認可申請書(平成 20・10・24 原第 21 号 平成 20 年 11 月 20 日認可)

建設時第 1 1 回工事計画変更認可申請書(49 資庁第 21842 号 昭和 50 年 3 月 4 日認可)

(6) 給水系

給水系の主配管・主要弁については、工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第 5 回工事計画変更認可申請書(49 資庁第 1067 号 昭和 49 年 4 月 26 日認可)

(7) 高圧注水系

高圧注水系の主配管・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(平成16・10・22原第7号 平成16年12月1日認可)

建設時第 1 2 回工事計画変更認可申請書(50 資庁第 2959 号 昭和 50 年 5 月 31 日認可)

(8)原子炉隔離時冷却系

原子炉隔離時冷却系の主配管・主要弁については、工事計画変更認可申請書等により確認している。

建設時第12回工事計画変更認可申請書(50 資庁第 2959 号 昭和 50 年 5 月 31 日認可)

建設時第13回工事計画軽微変更届出書(総官第 237 号 昭和 50 年 6 月 20 日届出)

(9)ほう酸水注入系

ほう酸水注入系の主配管・主要弁については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第19回工事計画軽微変更届出書(総官第603号 昭和51年9月9日届出)

(10)制御棒駆動系

制御棒駆動系の主配管については、工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第27回工事計画軽微変更届出書(総官第 1503 号 昭和 52 年 3 月 26 日届出)

2. 6 号機

(1)残留熱除去系

残留熱除去系の主配管・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。

(Ⅱ. 2. 22 参照)

(2)低圧炉心スプレイ系

低圧炉心スプレイ系の主配管・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。(Ⅱ. 2. 23 参照)

(3)原子炉冷却材浄化系

原子炉冷却材浄化系の主配管・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。(Ⅱ. 2. 25 参照)

(4)原子炉再循環系

原子炉再循環系の主配管・主要弁については、工事計画変更認可申請書等により確認している。

建設時第21回工事計画変更認可申請書(53 資庁第 1730 号 昭和 53 年 3 月 28 日認可)

建設時第12回工事計画軽微変更届出書(総官第 263 号 昭和 52 年 5 月 25 日届出)

(5) 主蒸気系

主蒸気系の主配管・主蒸気逃がし安全弁・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第10回工事計画認可申請書(50 資庁第 13220 号 昭和 51 年 2 月 6 日認可)

建設時第10回工事計画変更認可申請書(51 資庁第 14364 号 昭和 52 年 1 月 24 日認可)

(6) 給水系

給水系の主配管・主要弁については、工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(50 資庁第 11083 号 昭和 50 年 10 月 23 日認可)

建設時第19回工事計画軽微変更届出書(総官第 1268 号 昭和 52 年 12 月 12 日届出)

(7) 高圧炉心スプレイ系

高圧炉心スプレイ系の主配管・主要弁については、工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第15回工事計画変更認可申請書(50 資庁第 14309 号 昭和 51 年 2 月 28 日認可)

(8) 原子炉隔離時冷却系

原子炉隔離時冷却系の主配管・主要弁については、工事計画届出書等により確認している。

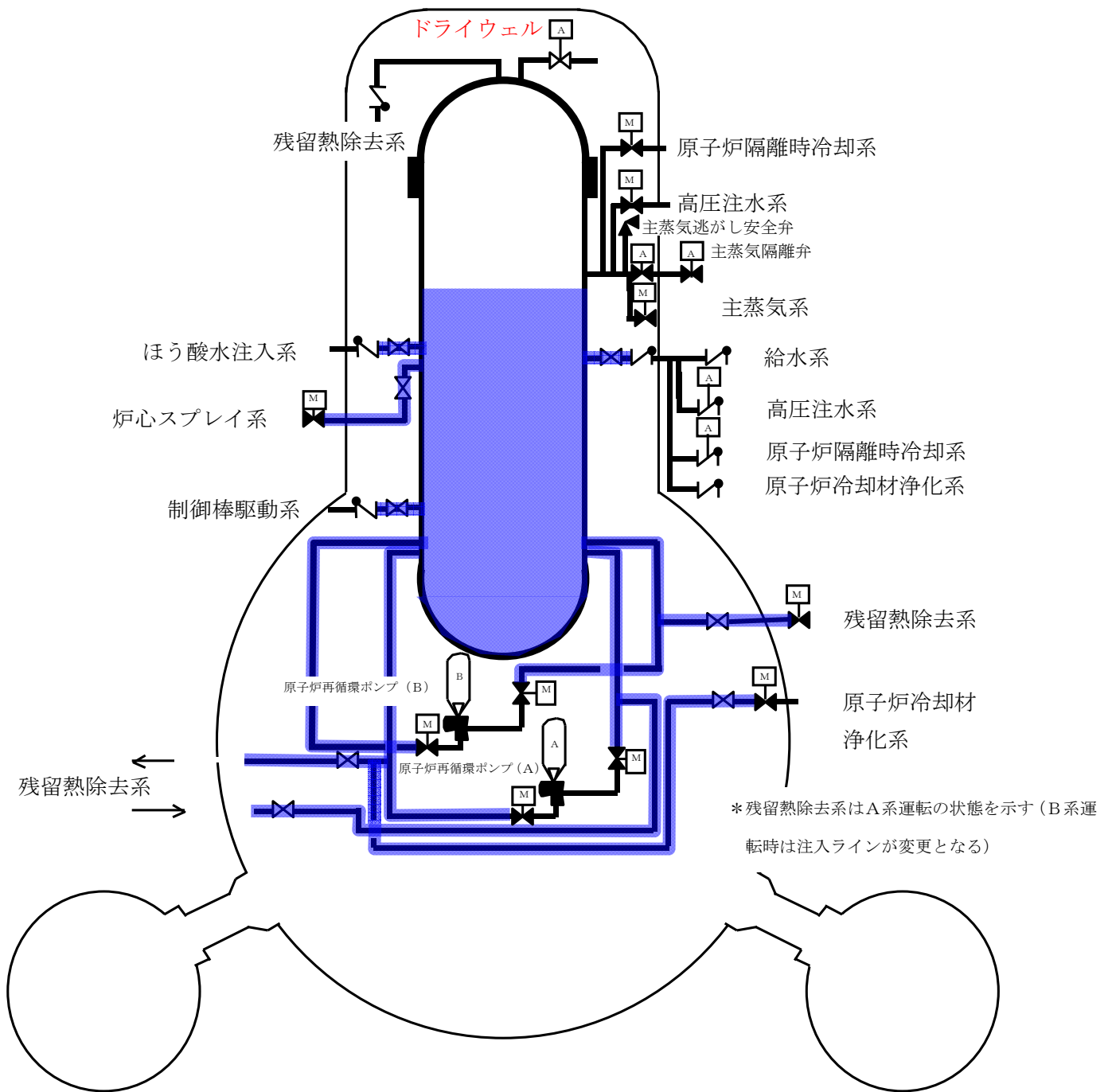
工事計画届出書(総官発 15 第 230 号 平成 15 年 9 月 29 日届出)

建設時第19回工事計画軽微変更届出書(総官第 1268 号 昭和 52 年 12 月 12 日届出)

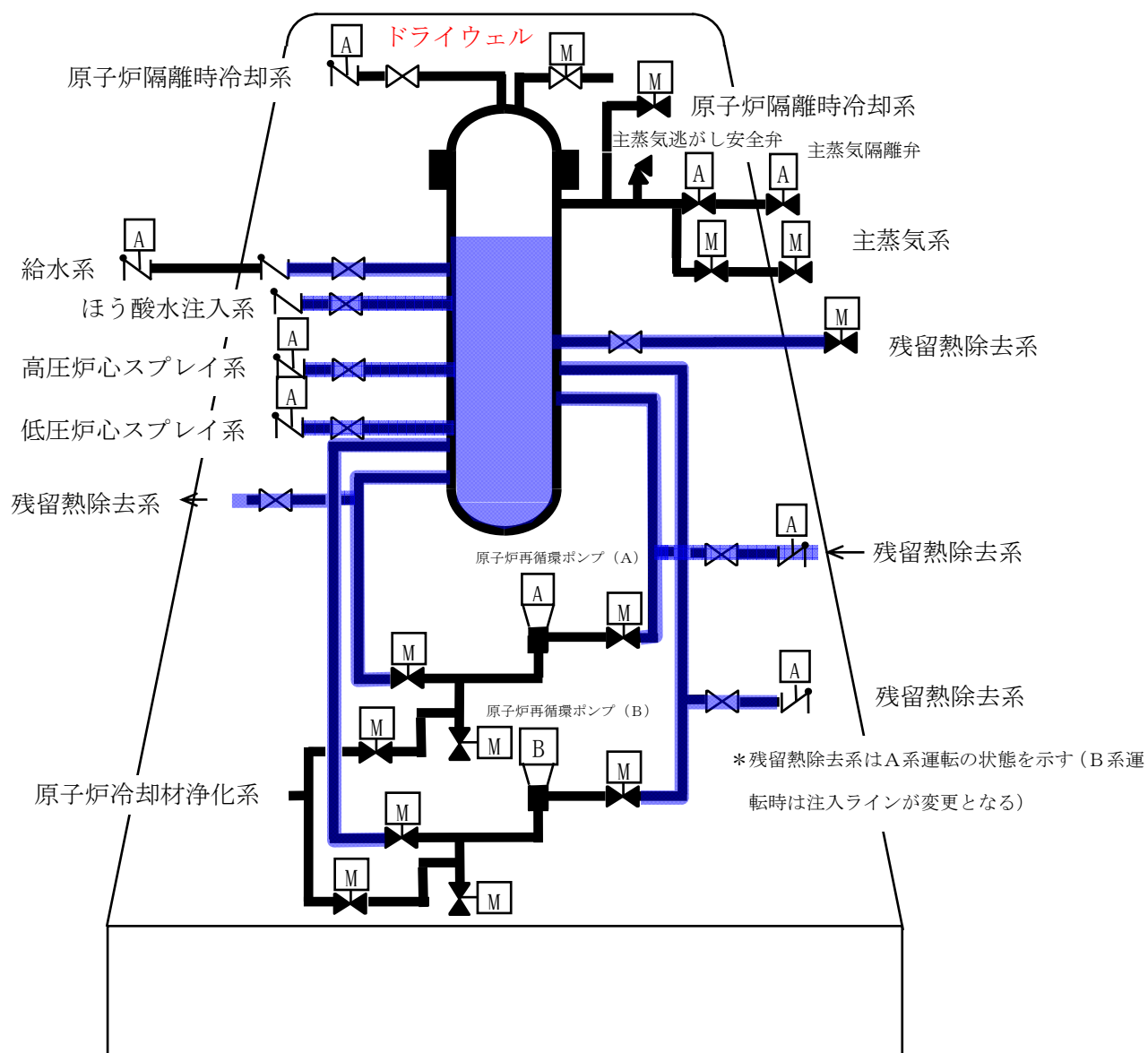
(9) ほう酸水注入系

ほう酸水注入系の主配管・主要弁については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第15回工事計画軽微変更届出書(総官第446号 昭和52年6月30日届出)



図－ 1 5号機 冷却材圧力バウンダリ概要図



図ー 2 6 号機 冷却材圧力バウンダリ概要図

2.20 5・6号機 原子炉格納施設

2.20.1 系統の概要

原子炉格納施設は、工学的安全施設の一つであり、原子炉格納容器設計用の想定事象時に発生する放射性物質を原子炉格納容器で隔離し、所定の漏えい量以下に抑えることによりその放射性物質の大気への放出を十分低い量に抑制する機能をもつ。原子炉格納施設は、原子炉格納容器（一次格納施設）ならびに原子炉建屋（二次格納施設）で構成されている。

(1) 原子炉格納容器（一次格納施設）

原子炉格納容器は、冷却材喪失事故のなかで、もっとも過酷な原子炉再循環配管1本の完全破断がおこり、破断両端口から冷却材が最大流量で放出されることを仮定して設計されている。その際ドライウェル圧力の上昇が抑制され、放出された放射性物質は原子炉格納容器内に保留される。

(2) 原子炉建屋（二次格納施設）

原子炉建屋への大物搬入口及び所員エアロックは、電氣的にインターロックされた二重扉になっており、その他すべての貫通部も十分シールされているので原子炉建屋は気密性が高い。事故時には、原子炉建屋は非常用ガス処理系によって負圧に保たれるので、原子炉格納容器から放射性物質の漏えいがあってもこれが発電所周辺にフィルタを通らずに直接放出されることはない。（添付資料－1 参照）

[系統の現況]

原子炉格納容器は、現状、原子炉格納容器のハッチ類は開放されており、原子炉格納容器内の機器において不具合が発生した場合、早期発見並びに目視による確認が可能である。

さらに、機器の点検や巡視点検の際、原子炉格納容器内へのアクセスも可能となり、ハッチ類を閉鎖するより格納容器内機器の状況の的確な把握及び不適合が発生した場合における対応が迅速に図られることから、ハッチ類は現状の通り開放状態を維持する。

また、原子炉の冷温停止状態では、ジルコニウム－水反応による水素の大量発生は考えられないことから、原子炉格納容器のバウンダリを形成し窒素（窒素ガス供給系）を封入する必要はなく、可燃性ガス濃度制御系についても必要としない。

2. 20. 2 要求される機能

原子炉建屋は、大物搬入口及び所員エアロックを閉鎖した状態で、原子炉建屋常用換気系または非常用ガス処理系により、負圧に維持することが可能であること。

なお、原子炉格納容器に対するバウンダリ機能については必要としない。

2. 20. 3 主要な機器

(1) 5号機

a. 原子炉格納容器（一次格納施設）

原子炉格納容器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第1回工事計画認可申請書(46公第15243号 昭和46年12月22日認可)

b. 原子炉建屋（二次格納施設）

原子炉建屋については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第2回工事計画認可申請書(47公第1375号 昭和47年5月12日認可)

(2) 6号機

a. 原子炉格納容器（一次格納施設）

原子炉格納容器については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第8回工事計画変更認可申請書(51資庁第12459号 昭和51年11月12日認可)

建設時第14回工事計画変更認可申請書(52資庁第8607号 昭和52年8月23日認可)

b. 原子炉建屋（二次格納施設）

原子炉建屋については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第1回工事計画認可申請書(47公第11995号 昭和48年3月16日認可)

建設時第8回工事計画変更認可申請書(51資庁第12459号 昭和51年11月12日認可)

建設時第14回工事計画変更認可申請書(52資庁第8607号 昭和52年8月23日認可)

建設時第1回工事計画軽微変更届出書(総官第451号 昭和48年7月26日届出)

2. 20. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5号機

a. 原子炉格納容器（一次格納施設）

建設時第1回工事計画認可申請書(46公第15243号 昭和46年12月22日認可)

建設時第11回工事計画変更認可申請書(49資庁第21842号 昭和50年3月4日認可)

建設時第12回工事計画変更認可申請書(50資庁第2959号 昭和50年5月31日認可)

建設時第23回工事計画変更認可申請書(52資庁第519号 昭和52年3月1日認可)

建設時第26回工事計画変更認可申請書(52資庁第1839号 昭和52年3月29日認可)

建設時第 1 回工事計画軽微変更届出書(総官第829号 昭和47年11月9日届出)
建設時第 1 3 回工事計画軽微変更届出書(総官第237号 昭和50年6月20日届出)

b. 原子炉建屋（二次格納施設）

建設時第 2 回工事計画認可申請書(47公第1375号 昭和47年5月12日認可)

(2) 6 号機

a. 原子炉格納容器（一次格納施設）

建設時第 1 回工事計画認可申請書(47公第11995号 昭和48年3月16日認可)
建設時第 3 回工事計画変更認可申請書(49資庁第18331号 昭和49年10月14日認可)
建設時第 8 回工事計画変更認可申請書(51資庁第12459号 昭和51年11月12日認可)
建設時第 2 回工事計画軽微変更届出書(総官第57号 昭和49年4月15日届出)
建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第1193号 昭和50年2月26日届出)

b. 原子炉建屋（二次格納施設）

建設時第 1 回工事計画認可申請書(47公第11995号 昭和48年3月16日認可)
建設時第 7 回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)
建設時第 5 回工事計画軽微変更届出書(総官第70号 昭和50年4月17日届出)

2. 20. 5 添付資料

添付資料－ 1 原子炉建屋（二次格納施設）について

原子炉建屋（二次格納施設）について

二次格納施設である原子炉建屋の大物搬入口及び所員エアロックは、電氣的にインターロックされた二重扉であり、原子炉建屋の気密性維持については、その設計・機能に変わらないことを、福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

2.21 5・6号機 制御棒及び制御棒駆動系

2.21.1 系統の概要

制御棒及び制御棒駆動系は、原子炉の出力制御及び反応度補償として制御棒の位置調整、原子炉スクラムとして制御棒を炉心内に急速に挿入する機能をもつ。

制御棒は、炉心の最大過剰反応度を十分制御出来るよう5号機で137本、6号機で185本設置されている。

制御棒駆動系は、制御棒駆動機構、制御棒駆動水圧系、水圧制御ユニット及びスクラム排出容器等にて構成され、通常の運転操作に必要な速度で制御棒を炉心に挿入（あるいは引抜き）すると共に、緊急時は急速に制御棒を原子炉内に挿入するスクラム動作を行う。

[系統の現況]

5・6号機は制御棒の全数が全挿入状態、水圧制御ユニットの弁（手動弁）は全数が全閉であり、制御棒は動作できない状態（原子炉の臨界未満の維持）となっている。

また、5・6号機の制御棒駆動水ポンプは復旧済みであるが、冷温停止を維持するために必要な系統ではないこと及び水圧制御ユニットの弁（手動弁）は全数が全閉であることから、系統機能としては復旧していない。なお、燃料移動時には健全性を確認しながら制御棒駆動系の系統機能を復旧する。（添付資料－1 参照）

2.21.2 要求される機能

制御棒を全挿入位置で保持し、原子炉を臨界未満に維持できること。

2.21.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－2に示す。

(1) 5号機

a. 制御棒

制御棒については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(平成13・09・17原第4号 平成13年11月13日認可)

b. 制御棒駆動機構

制御棒駆動機構については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(55資庁第1815号 昭和55年5月2日認可)

c. 制御棒駆動水圧系

(a) 制御棒駆動水フィルタ

制御棒駆動水フィルタについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第4回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)

(b) 制御棒駆動水ポンプ

制御棒駆動水ポンプについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第4回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)

d. 水圧制御ユニット

水圧制御ユニットについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(58資庁第10951号 昭和58年8月15日認可)

e. スクラム排出容器

スクラム排出容器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(57資庁第9133号 昭和57年6月18日認可)

f. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(54資庁第329号 昭和54年2月28日認可)

工事計画認可申請書(57資庁第9133号 昭和57年6月18日認可)

工事計画認可申請書(平成11・09・30資第25号 平成11年11月5日認可)

建設時第27回工事計画軽微変更届出書(総官第1503号 昭和52年3月26日届出)

(2) 6号機

a. 制御棒

制御棒については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(平成11・03・05資第80号 平成11年3月31日認可)

b. 制御棒駆動機構

制御棒駆動機構については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第18回工事計画軽微変更届出書(総官第966号 昭和52年10月15日届出)

建設時第19回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)

c. 制御棒駆動水圧系

(a) 制御棒駆動水フィルタ

制御棒駆動水フィルタについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第18回工事計画軽微変更届出書(総官第966号 昭和52年10月15日届出)

(b) 制御棒駆動水ポンプ

制御棒駆動水ポンプについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第18回工事計画軽微変更届出書(総官第966号 昭和52年10月15日届出)

d. 水圧制御ユニット

水圧制御ユニットについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(57資庁第14343号 昭和57年10月15日認可)

工事計画認可申請書(60資庁第2373号 昭和60年3月26日認可)

e. スクラム排出容器

スクラム排出容器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(57資庁第14343号 昭和57年10月15日認可)

f. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(57資庁第14343号 昭和57年10月15日認可)

工事計画認可申請書(平成15・08・28原第13号 平成15年10月3日認可)

建設時第18回工事計画軽微変更届出書(総官第966号 昭和52年10月15日届出)

2. 21. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5号機

建設時第6回工事計画認可申請書(48公第3623号 昭和48年6月2日認可)

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

建設時第10回工事計画認可申請書(49資庁第478号 昭和49年4月8日認可)

工事計画認可申請書(54資庁第329号 昭和54年2月28日認可)

工事計画認可申請書(57資庁第5283号 昭和57年4月16日認可)

工事計画認可申請書(57資庁第9133号 昭和57年6月18日認可)

工事計画認可申請書(58資庁第10951号 昭和58年8月15日認可)

工事計画認可申請書(元資庁第373号 平成元年2月10日認可)

工事計画認可申請書(2資庁第7778号 平成2年7月2日認可)

工事計画認可申請書(平成11・09・30資第25号 平成11年11月5日認可)

工事計画認可申請書(平成13・09・17原第4号 平成13年11月13日認可)

建設時第 5 回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)
建設時第 7 回工事計画変更認可申請書(49資庁第4376号 昭和49年6月12日認可)
建設時第 1 7 回工事計画変更認可申請書(51資庁第5782号 昭和51年6月21日認可)
建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)
建設時第 2 2 回工事計画軽微変更届出書(総官第1068号 昭和51年12月17日届出)
建設時第 2 7 回工事計画軽微変更届出書(総官第1503号 昭和52年3月26日届出)
建設時第 2 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第303号 昭和52年5月30日届出)

(2) 6 号機

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可)
建設時第 1 3 回工事計画認可申請書(51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可)
工事計画認可申請書(57資庁第14343号 昭和57年10月15日認可)
工事計画認可申請書(58資庁第17157号 昭和59年1月20日認可)
工事計画認可申請書(59資庁第2198号 昭和59年3月27日認可)
工事計画認可申請書(60資庁第2373号 昭和60年3月26日認可)
工事計画認可申請書(元資庁第7984号 平成元年9月7日認可)
工事計画認可申請書(平成10・03・10資第29号 平成10年3月25日認可)
工事計画認可申請書(平成11・03・05資第80号 平成11年3月31日認可)
工事計画認可申請書(平成15・08・28原第13号 平成15年10月3日認可)
建設時第 2 7 回工事計画変更認可申請書(54資庁第3549号 昭和54年5月24日認可)
建設時第 1 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第966号 昭和52年10月15日届出)
建設時第 2 5 回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

2. 21. 5 添付資料

添付資料－ 1 5 号機 制御棒駆動系の一部未復旧期間における臨界未満の維持について

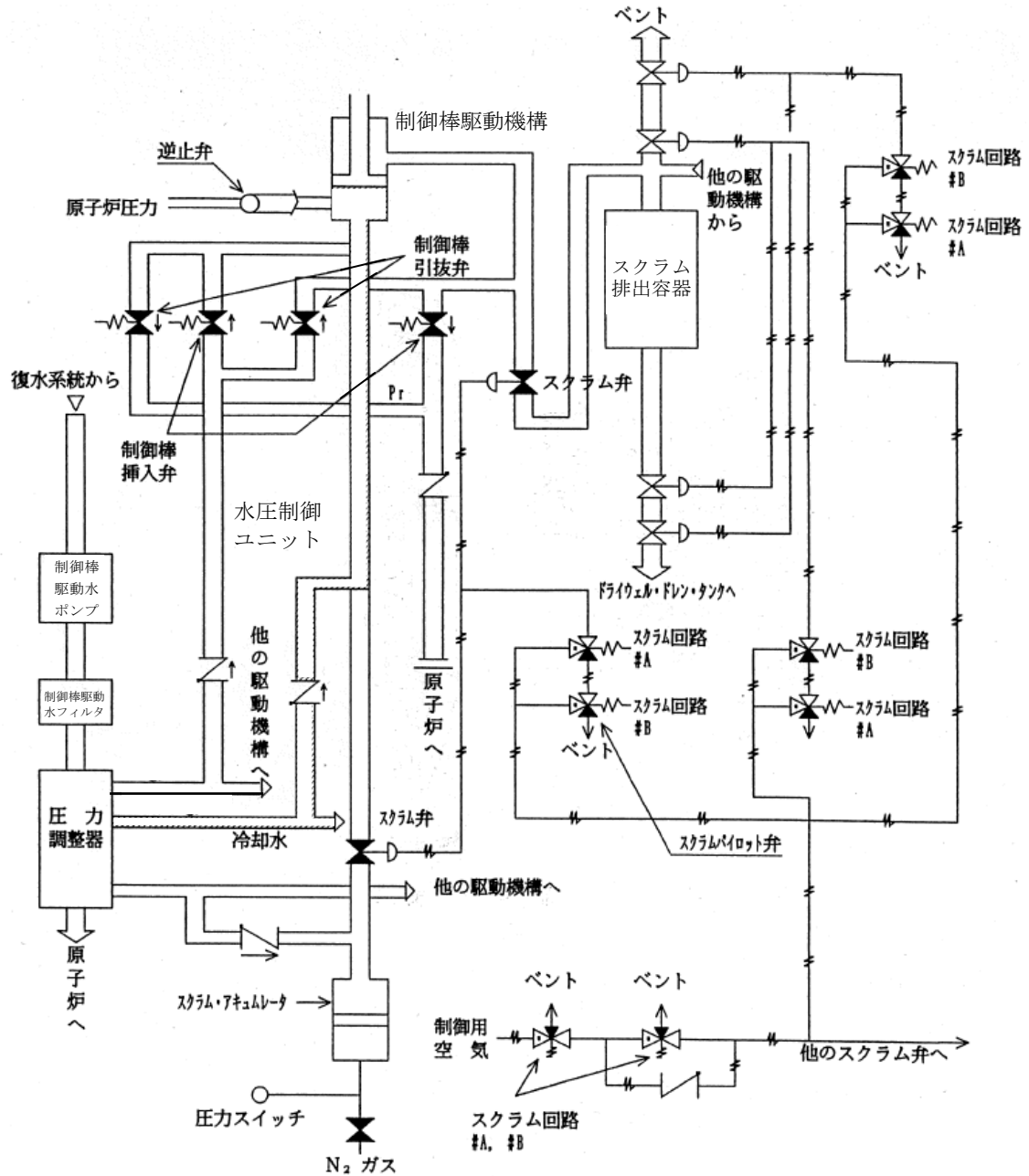
添付資料－ 2 系統概要図

5 号機 制御棒駆動系の一部未復旧期間における臨界未満の維持について

5 号機は制御棒の全数が全挿入状態、水圧制御ユニットの弁（手動弁）は全数が全閉、かつ意図せず操作できない管理となっている。これに加え、制御棒駆動機構は一度挿入動作をしない限り、機械的に引抜き動作ができない構造であることから、制御棒が引抜かれることはない。

また、この状態において、最大価値を有する制御棒 1 本が引抜かれた場合を仮定したとしても、下記により、原子炉が臨界になるリスクは小さい。

- ・震災当時は定期検査期間中であり、原子炉停止余裕検査にて最大価値を有する制御棒 1 本が引抜かれた場合においても、原子炉が臨界にならないことを確認していること。
- ・震災後から現在に至るまで炉心変更（原子炉内の燃料配置の変更）を行っていないことから、上記の停止余裕は有効であると判断できること。



図－ 1 5 号機 制御棒駆動系 系統概要図

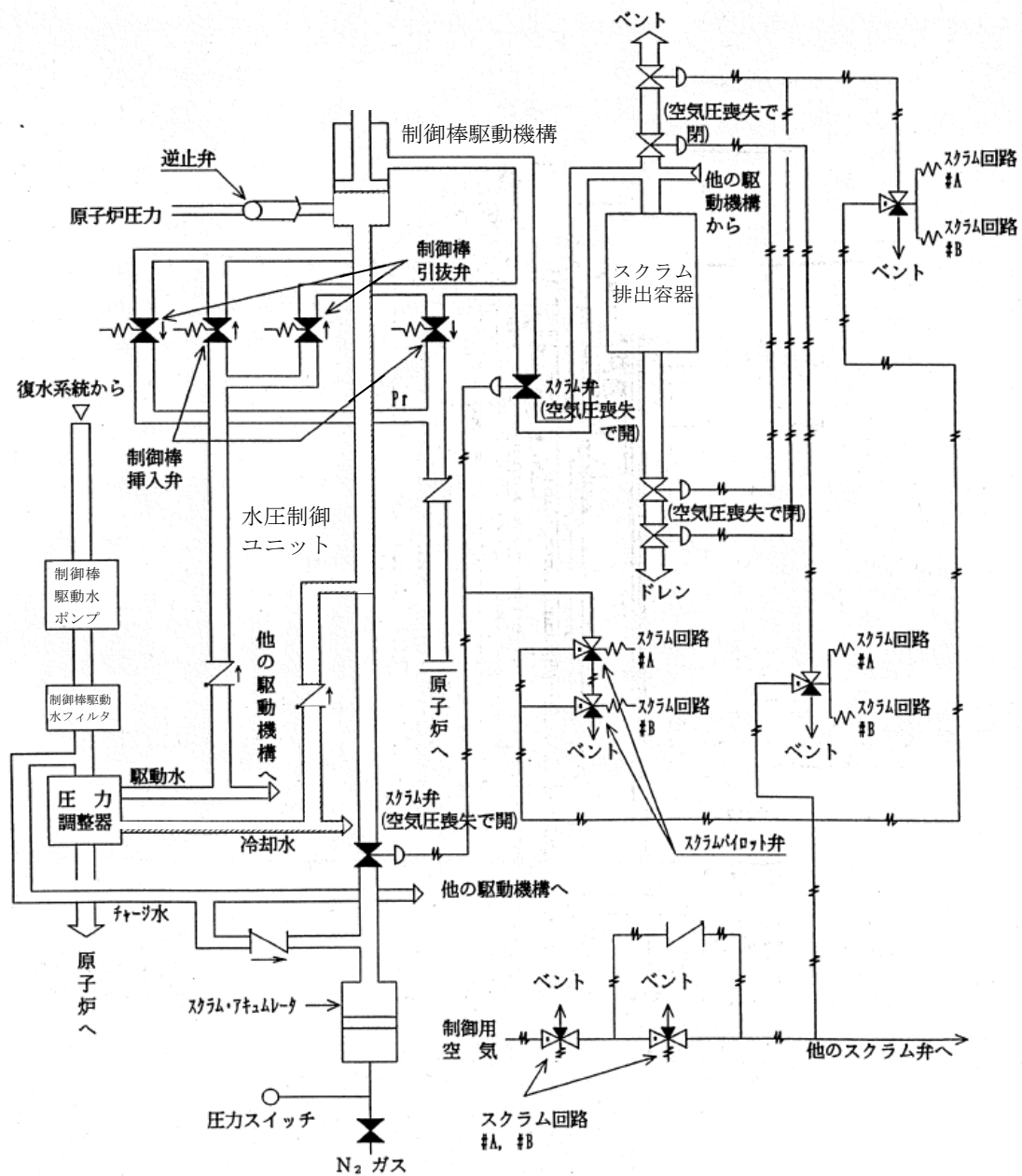


図-2 6号機 制御棒駆動系 系統概要図

2.22 5・6号機 残留熱除去系

2.22.1 系統の概要

残留熱除去系は、原子炉停止後の炉心の崩壊熱及び原子炉圧力容器・配管・冷却材中の保有熱を除去、原子炉冷却材喪失時等の炉心冷却等を行う。

残留熱除去系は、2系統（6号機は3系統）からなり、2基の熱交換器、4台のポンプ（6号機は3台）及び4台の海水ポンプ等から構成されている。

この系は、その運転方法により、原子炉停止時冷却モード、低圧注水モード、格納容器冷却モード（6号機は格納容器スプレイ冷却モード）ならびに使用済燃料貯蔵プール水の冷却及び補給の各機能を有する。

[系統の現況]

残留熱除去系の系統機能は復旧済みであり、残留熱除去海水系ポンプ（5号機：4台、6号機：4台）は5・6号機各1台（予備は各3台）の運転により、原子炉の安定的な冷温停止状態を維持している。また、運転中に当該ポンプが故障した場合は、予備のポンプ1台を起動する（切り替える）ことによって原子炉の冷却は維持可能である。

しかしながら、震災の津波により取水路内に流入した瓦礫類を完全に除去出来ていない可能性があることから、取水口の点検中（当該ポンプの半数である2台が使用できない状況）において、運転中のポンプに何らかの不適合が発生した場合は、予備ポンプがない状態となる。

このため、冷温停止の維持に影響を及ぼす当該ポンプに不適合が発生した場合に備え、震災時に実績のある仮設水中ポンプを配備し、残留熱除去海水系の信頼性向上を図っている。

また、残留熱除去海水系配管の一部には、トレンチ内で津波による没水部位があり、設備の健全性は系統流量や温度監視により確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び漏えいが発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。（添付資料－1 参照）

2.22.2 要求される機能

残留熱除去系は原子炉停止時に崩壊熱の除去機能を有し、冷温停止状態を維持出来ること（原子炉停止時冷却モード）。また、使用済燃料プール内の崩壊熱を除去できること。

なお、冷温停止においては格納容器冷却モード（6号機は格納容器スプレイ冷却モード）の機能は必要としておらず、低圧注水モードについては、Ⅱ.2.23 参照。

2. 22. 3 主要な機器

系統概要図 添付資料－ 2 に示す。

(1) 5 号機

a. ポンプ

ポンプについては，以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 7 回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

b. ストレーナ

ストレーナについては，以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可）

c. 熱交換器

熱交換器については，以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 7 回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

d. ポンプ（残留熱除去海水系）

ポンプについては，以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 7 回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

e. ストレーナ（残留熱除去海水系）

ストレーナについては，以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第33号 昭和49年4月6日届出)

f. 主配管

主配管については，以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(平成16・10・22原第7号 平成16年12月1日認可)

工事計画認可申請書(平成16・10・18原第7号 平成16年11月30日認可)

工事計画認可申請書(平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可)

工事計画認可申請書(平成21・06・26原第17号 平成21年7月13日認可)

工事計画届出書(総官発21第88号 平成21年6月26日届出)

建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第33号 昭和49年4月6日届出)

建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)

g. 主要弁

主要弁については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第13回工事計画軽微変更届出書(総官第237号 昭和50年6月20日届出)

h. 仮設水中ポンプ(残留熱除去海水系)

仮設水中ポンプについては、以下の工事の届出書により確認している。

電気事業法第47条第4項による工事の届出書(総管発24第245号 平成24年11月8日届出)

(2) 6号機

a. ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

b. ストレーナ

ストレーナについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

工事計画変更認可申請書(平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可)

c. 熱交換器

熱交換器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(平成15・12・09原第9号 平成16年3月8日認可)

d. ポンプ(残留熱除去海水系)

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

e. ストレーナ(残留熱除去海水系)

ストレーナについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第21回工事計画変更認可申請書(53資庁第1730号 昭和53年3月28日認可)

f. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(平成16・01・29原第13号 平成16年4月7日認可)

工事計画変更認可申請書(平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可)

工事計画届出書(総文発官6第605号 平成6年10月4日届出)

工事計画届出書(総官発15第230号 平成15年9月29日届出)

建設時第 15 回工事計画軽微変更届出書(総官第446号 昭和52年6月30日届出)
建設時第 16 回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)
建設時第 19 回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)

g. 主要弁

主要弁については、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第 7 回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

h. 仮設水中ポンプ（残留熱除去海水系）

仮設水中ポンプについては、以下の工事の届出書により確認している。
電気事業法第 47 条第 4 項による工事の届出書（総管発24第245号 平成24年11月8日届出）

2. 22. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5 号機

建設時第 7 回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)
工事計画認可申請書(平成16・10・22原第7号 平成16年12月1日認可)
工事計画認可申請書(平成16・10・18原第7号 平成16年11月30日認可)
工事計画認可申請書(平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可)
工事計画認可申請書(平成21・06・26原第17号 平成21年7月13日認可)
工事計画届出書(総官発21第88号 平成21年6月26日届出)
建設時第 3 回工事計画軽微変更届出書(総官第923号 昭和48年10月30日届出)
建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)
建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第33号 昭和49年4月6日届出)
建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)
建設時第 10 回工事計画軽微変更届出書(総官第919号 昭和49年11月18日届出)
建設時第 13 回工事計画軽微変更届出書(総官第237号 昭和50年6月20日届出)
建設時第 16 回工事計画軽微変更届出書(総官第1102号 昭和51年3月17日届出)

(2) 6 号機

建設時第 3 回工事計画認可申請書(49資庁第17943号 昭和49年11月12日認可)
建設時第 5 回工事計画認可申請書(50資庁第4675号 昭和50年6月5日認可)
建設時第 7 回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)
建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可)
建設時第 1 3 回工事計画認可申請書(51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可)
工事計画認可申請書(平成12・12・19資第37号 平成12年12月27日認可)
工事計画認可申請書(平成16・01・29原第13号 平成16年4月7日認可)
工事計画認可申請書(平成15・12・09原第9号 平成16年3月8日認可)
工事計画認可申請書(平成19・07・04原第6号 平成19年9月11日認可)
建設時第 1 0 回工事計画変更認可申請書(51資庁第14364号 昭和52年1月24日認可)
建設時第 1 1 回工事計画変更認可申請書(52資庁第5413号 昭和52年6月16日認可)
建設時第 2 4 回工事計画変更認可申請書(53資庁第9792号 昭和53年8月25日認可)
建設時第 2 7 回工事計画変更認可申請書(54資庁第3549号 昭和54年5月24日認可)
工事計画変更認可申請書(平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可)
工事計画届出書(総文発官6第605号 平成6年10月4日届出)
工事計画届出書(総官発15第230号 平成15年9月29日届出)
建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第1193号 昭和50年2月26日届出)
建設時第 1 5 回工事計画軽微変更届出書(総官第446号 昭和52年6月30日届出)
建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)
建設時第 1 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第966号 昭和52年10月15日届出)
建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)
建設時第 2 2 回工事計画軽微変更届出書(総官第1788号 昭和53年3月23日届出)

2. 22. 5 添付資料

- 添付資料－ 1 残留熱除去海水系の一部没水配管における健全性評価について
- 添付資料－ 2 系統概要図

残留熱除去海水系の一部没水配管における健全性評価について

残留熱除去海水系配管は、材質が炭素鋼であるが、腐食防止のために表面塗装が施されており、塗装が健全であれば外面腐食を防止できる。しかしながら現状、トレンチ内に海水が溜まっており配管の状態が確認できないことから、塗装がはく離し腐食する可能性がある。なお、配管の内側はライニング処理により腐食がないものとし、ここでは、外面からの配管の腐食について評価する。

まず、5号機及び6号機の工事計画軽微変更届出書では、配管の肉厚（5号機：11.7mm，6号機：11.7mm）及び配管の必要肉厚（5号機：7.8mm，6号機：8.3mm）の記載^{*1}がある。これまでは、計画的な点検により表面状態を確認し、必要に応じて補修塗装を実施し健全性を維持している。

しかしながら、配管が海水中に一部没水しているため外面からの腐食が進む可能性がある。そのため、必要肉厚を下回るのにどの程度の時間的余裕があるか評価した。

ここで、塗装のはく離及び飛沫帯がある状態を想定する。腐食防食データブック^{*2}によれば、海水中では腐食速度は0.1mm/年、飛沫帯では0.3mm/年と報告されているため、水面からの飛沫があると仮定し腐食速度は0.3mm/年とする。

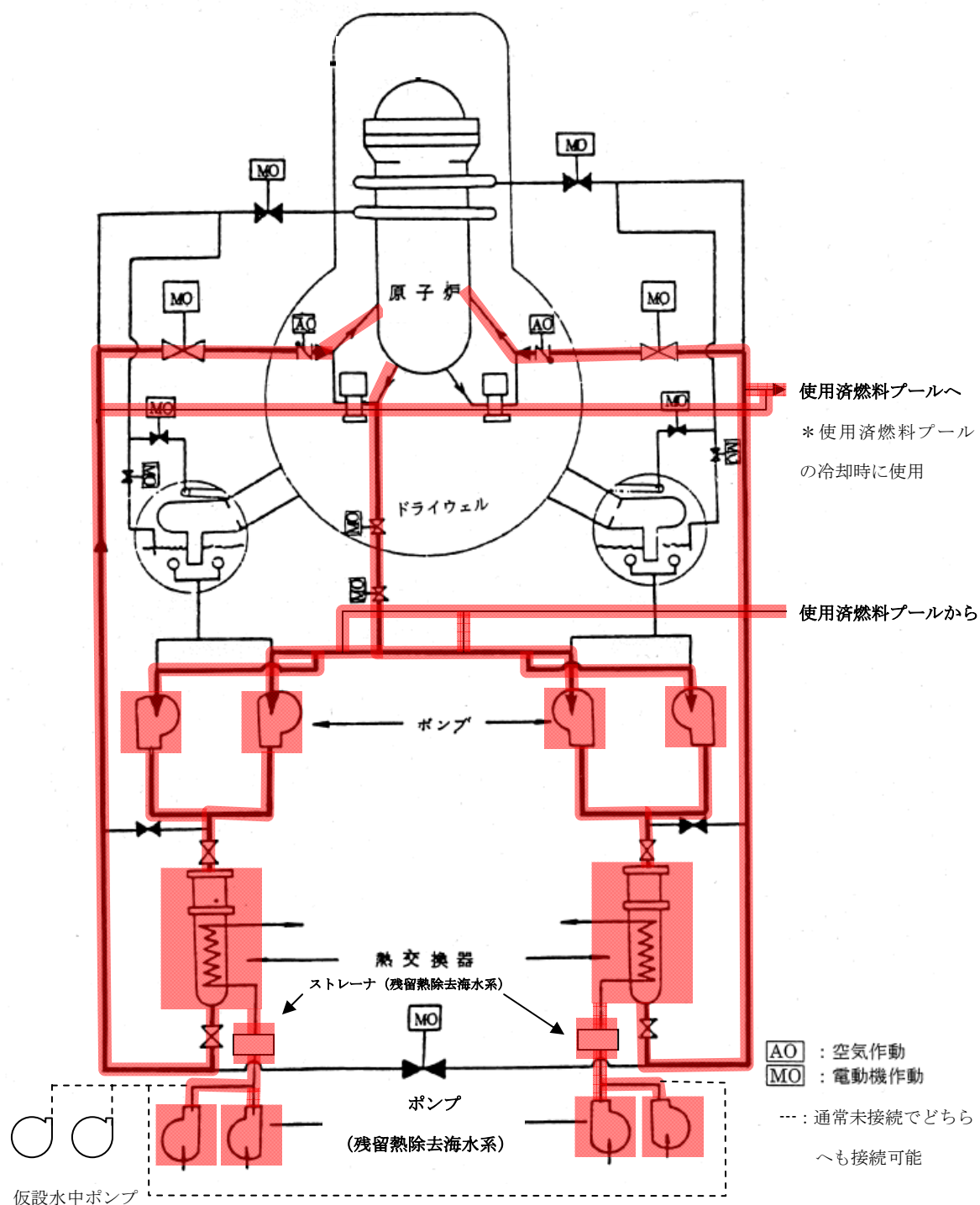
その結果、必要肉厚に到達するまでの時間的余裕は5号機で約13年、6号機で約11年となると予測される。

*1：以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

5号機：建設時第13回工事計画軽微変更届出書(総官第237号 昭和50年6月20日届出)

6号機：建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

*2：腐食防食協会編；腐食防食データブック，丸善，p. 49（1995）.



図－ 1 5号機 残留熱除去系 系統概要図

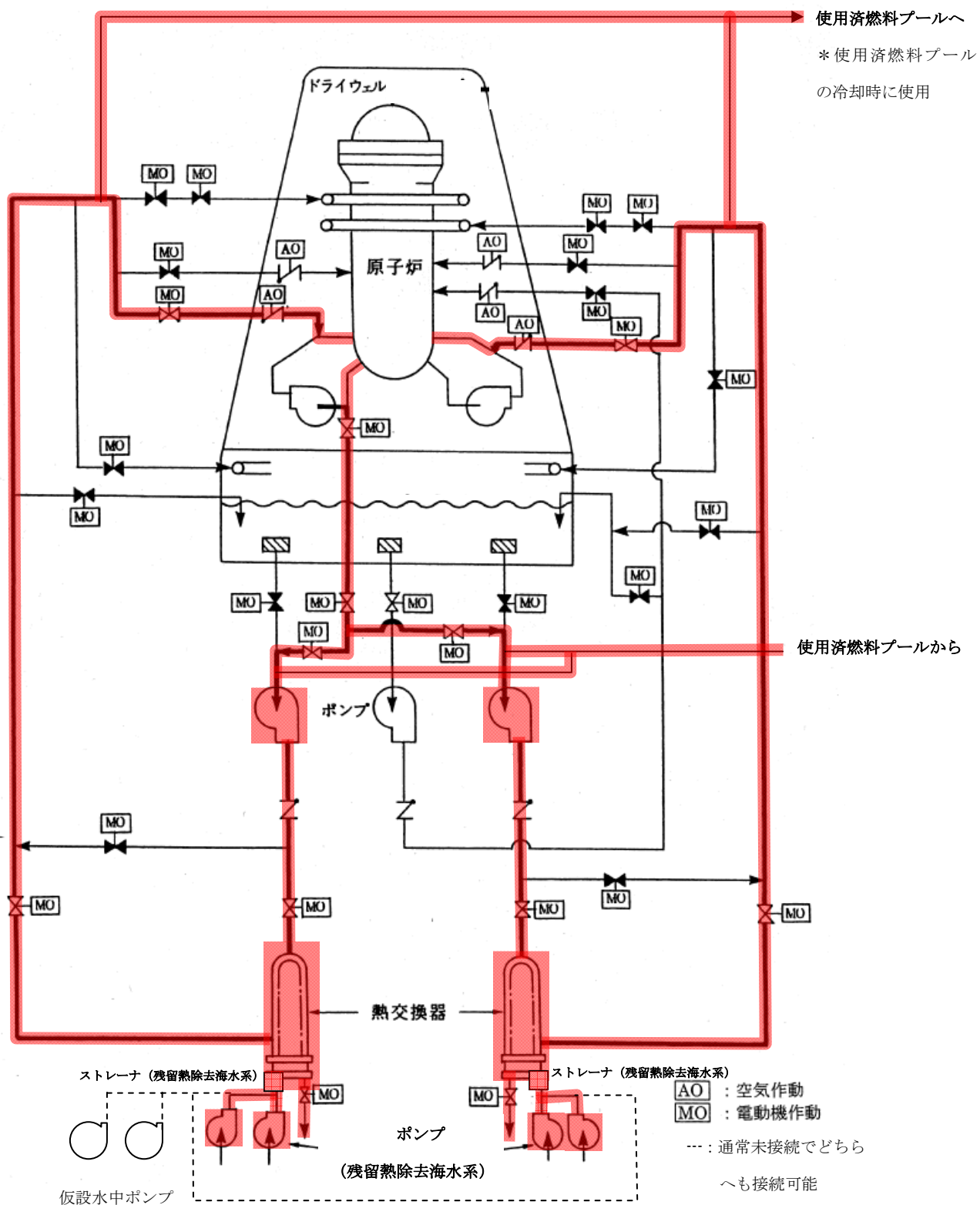


図-2 6号機 残留熱除去系 系統概要図

2.23 5・6号機 非常用炉心冷却系

2.23.1 系統の概要

非常用炉心冷却系は、冷却材喪失時の燃料の重大な損傷を防止し、ジルコニウム-水反応を極力抑え、崩壊熱を長期に亘って除去する機能を持ち、炉心スプレイ系（6号機は低圧炉心スプレイ系）、低圧注水系等で構成されている。

(1) 5号機

a. 炉心スプレイ系

原子炉再循環配管の破断のような冷却材喪失時に、非常用電源系に結ばれた電動機駆動ポンプによりサプレッション・プールの水を炉心上部より炉心にスプレイして、燃料の過熱を防止する。

b. 低圧注水系（低圧注水モード）

原子炉再循環配管の破断のような冷却材喪失時に、非常用電源系に結ばれた電動機駆動ポンプによりサプレッション・プールの水を炉心へ注水し、炉心を水浸けにして、燃料の過熱を防止する。

c. 高圧注水系

1次系配管の中小破断時に、蒸気タービン駆動ポンプにより復水貯蔵タンクの水あるいはサプレッション・プールの水を炉心へ注水して、燃料の過熱を防止する。

d. 自動減圧系

主蒸気逃がし安全弁が作動すれば、原子炉再循環配管の破断のような冷却材喪失時に原子炉蒸気をサプレッション・プールへ逃がして、原子炉圧力を速やかに低下させて炉心スプレイ系あるいは低圧注水系による注水を早期に可能とする。

(2) 6号機

a. 低圧炉心スプレイ系

原子炉再循環配管の破断のような冷却材喪失時に、非常用電源系に結ばれた電動機駆動ポンプによりサプレッション・プールの水を炉心上部より炉心にスプレイして、燃料の過熱を防止する。

b. 低圧注水系（低圧注水モード）

原子炉再循環配管の破断のような冷却材喪失時に、非常用電源系に結ばれた電動機駆動ポンプによりサプレッション・プールの水を炉心へ注水し、炉心を水浸けにして、燃料の過熱を防止する。

c. 高圧炉心スプレイ系

原子炉再循環配管の破断のような冷却材喪失時に、専用の非常用電源を有している電動機駆動ポンプにより、復水貯蔵タンクあるいはサプレッション・プールの水を炉心上部より炉心にスプレイして、燃料の過熱を防止する。

d. 自動減圧系

主蒸気逃がし安全弁が作動すれば、原子炉再循環配管の破断のような冷却材喪失時に原子炉蒸気をサプレッション・プールへ逃がして、原子炉圧力を速やかに低下させて低圧炉心スプレイ系あるいは低圧注水系による注水を早期に可能とする。

[系統の現況]

非常用炉心冷却系の系統機能は復旧済みである（下記を除く）。

現在は、5・6号機は制御棒が全挿入、かつ燃料の冷却が維持されていることから、原子炉圧力容器の圧力は高圧になることはなく、5号機の高圧注水系（高圧注水機能）、6号機の高圧炉心スプレイ系（高圧炉心スプレイ機能）、自動減圧系（原子炉減圧機能）については必要としない。これらの設備については復旧していないが、外観点検上問題がないことは確認しており、今後は必要に応じて動作可能である状態に復旧していくこととする。

なお、6号機の高圧炉心スプレイ系については注水機能に期待できるが、原子炉圧力容器の圧力が低圧であれば、他の非常用炉心冷却系及び復水補給水系にて原子炉圧力容器への注水は十分可能である。（添付資料－1 参照）

また、非常用炉心冷却系のポンプ冷却は、残留熱除去海水系により供給される海水によって行われる。（Ⅱ.2.22 参照）

2.23.2 要求される機能

冷却材の流出に対する低圧注水機能として、次に示す非常用炉心冷却系のうち、5・6号機それぞれ最大2系列が動作可能であること。

5号機：炉心スプレイ系（2系列）、低圧注水系（4系列）

6号機：低圧炉心スプレイ系（1系列）、低圧注水系（3系列）

2.23.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－2に示す。

(1) 5号機

a. 炉心スプレイ系

(a) ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第4回工事計画軽微変更届出書（総官第1375号 昭和49年1月30日届出）

(b) ストレーナ

ストレーナについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可）

(c) 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

工事計画認可申請書(平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可)

建設時第15回工事計画変更認可申請書(50資庁第14309号 昭和51年2月28日認可)

(d) 主要弁

主要弁については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第4回工事計画軽微変更届出書（総官第1375号 昭和49年1月30日届出）

b. 低圧注水系

(a) ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

(b) ストレーナ

ストレーナについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書(平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可)

(c) 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(平成16・10・22原第7号 平成16年12月1日認可)

工事計画認可申請書(平成16・10・18原第7号 平成16年11月30日認可)

工事計画認可申請書(平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可)

工事計画認可申請書(平成21・06・26原第17号 平成21年7月13日認可)

工事計画届出書(総官発21第88号 平成21年6月26日届出)

建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第33号 昭和49年4月6日届出)

建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)

(d) 主要弁

主要弁については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 1 3 回工事計画軽微変更届出書(総官第237号 昭和50年6月20日届出)

(e) ポンプ (残留熱除去海水系)

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 7 回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

(f) ストレーナ (残留熱除去海水系)

ストレーナについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第33号 昭和49年4月6日届出)

(g) 主配管 (残留熱除去海水系)

主配管については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第33号 昭和49年4月6日届出)

(2) 6 号機

a. 低圧炉心スプレイ系

(a) ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 7 回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

(b) ストレーナ

ストレーナについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

工事計画変更認可申請書(平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可)

(c) 主配管

主配管については、以下の工事計画変更認可申請書等により確認している。

工事計画変更認可申請書(平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可)

建設時第 1 5 回工事計画軽微変更届出書(総官第446号 昭和52年6月30日届出)

(d) 主要弁

主要弁については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

b. 低圧注水系

(a) ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

(b) ストレーナ

ストレーナについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

工事計画変更認可申請書(平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可)

(c) 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(平成16・01・29原第13号 平成16年4月7日認可)

工事計画変更認可申請書(平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可)

工事計画届出書(総官発15第230号 平成15年9月29日届出)

建設時第15回工事計画軽微変更届出書(総官第446号 昭和52年6月30日届出)

建設時第19回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)

(d) 主要弁

主要弁については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

(e) ポンプ (残留熱除去海水系)

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

(f) ストレーナ (残留熱除去海水系)

ストレーナについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第21回工事計画変更認可申請書(53資庁第1730号 昭和53年3月28日認可)

(g) 主配管 (残留熱除去海水系)

主配管については、以下の工事計画届出書等により確認している。

工事計画届出書(総文発官6第605号 平成6年10月4日届出)

建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）

建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書（総官第1268号 昭和52年12月12日届出）

2. 23. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5 号機

a. 炉心スプレイ系

建設時第 6 回工事計画認可申請書（48公第3623号 昭和48年6月2日認可）

建設時第 7 回工事計画認可申請書（48公第5381号 昭和48年8月21日認可）

工事計画認可申請書（平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可）

建設時第 5 回工事計画変更認可申請書（49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可）

建設時第 1 5 回工事計画変更認可申請書（50資庁第14309号 昭和51年2月28日認可）

建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書（総官第1375号 昭和49年1月30日届出）

建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書（総官第33号 昭和49年4月6日届出）

建設時第 1 3 回工事計画軽微変更届出書（総官第237号 昭和50年6月20日届出）

b. 低圧注水系

建設時第 7 回工事計画認可申請書（48公第5381号 昭和48年8月21日認可）

工事計画認可申請書（平成16・10・22原第7号 平成16年12月1日認可）

工事計画認可申請書（平成16・10・18原第7号 平成16年11月30日認可）

工事計画認可申請書（平成20・01・23原第5号 平成20年2月18日認可）

工事計画認可申請書（平成21・06・26原第17号 平成21年7月13日認可）

工事計画届出書（総官発21第88号 平成21年6月26日届出）

建設時第 3 回工事計画軽微変更届出書（総官第923号 昭和48年10月30日届出）

建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書（総官第1375号 昭和49年1月30日届出）

建設時第 6 回工事計画軽微変更届出書（総官第33号 昭和49年4月6日届出）

建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書（総官第534号 昭和49年7月29日届出）

建設時第 1 0 回工事計画軽微変更届出書（総官第919号 昭和49年11月18日届出）

建設時第 1 3 回工事計画軽微変更届出書（総官第237号 昭和50年6月20日届出）

建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書（総官第1102号 昭和51年3月17日届出）

(2) 6 号機

a. 低圧炉心スプレイ系

建設時第 7 回工事計画認可申請書（50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可）

工事計画認可申請書（平成19・07・04原第6号 平成19年9月11日認可）

工事計画変更認可申請書（平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可）

建設時第 1 5 回工事計画軽微変更届出書（総官第446号 昭和52年6月30日届出）
建設時第 1 8 回工事計画軽微変更届出書（総官第966号 昭和52年10月15日届出）
建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書（総官第1268号 昭和52年12月12日届出）

b. 低圧注水系

建設時第 3 回工事計画認可申請書（49資庁第17943号 昭和49年11月12日認可）
建設時第 5 回工事計画認可申請書（50資庁第4675号 昭和50年6月5日認可）
建設時第 7 回工事計画認可申請書（50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可）
建設時第 1 1 回工事計画認可申請書（50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可）
建設時第 1 3 回工事計画認可申請書（51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可）
工事計画認可申請書（平成16・01・29原第13号 平成16年4月7日認可）
工事計画認可申請書（平成19・07・04原第6号 平成19年9月11日認可）
建設時第 1 0 回工事計画変更認可申請書（51資庁第14364号 昭和52年1月24日認可）
建設時第 1 1 回工事計画変更認可申請書（52資庁第5413号 昭和52年6月16日認可）
建設時第 2 4 回工事計画変更認可申請書（53資庁第9792号 昭和53年8月25日認可）
建設時第 2 7 回工事計画変更認可申請書（54資庁第3549号 昭和54年5月24日認可）
工事計画変更認可申請書（平成20・01・16原第2号 平成20年1月21日認可）
工事計画届出書（総文発官6第605号 平成6年10月4日届出）
工事計画届出書（総官発15第230号 平成15年9月29日届出）
建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書（総官第1193号 昭和50年2月26日届出）
建設時第 1 5 回工事計画軽微変更届出書（総官第446号 昭和52年6月30日届出）
建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）
建設時第 1 8 回工事計画軽微変更届出書（総官第966号 昭和52年10月15日届出）
建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書（総官第1268号 昭和52年12月12日届出）
建設時第 2 2 回工事計画軽微変更届出書（総官第1788号 昭和53年3月23日届出）

2. 23. 5 添付資料

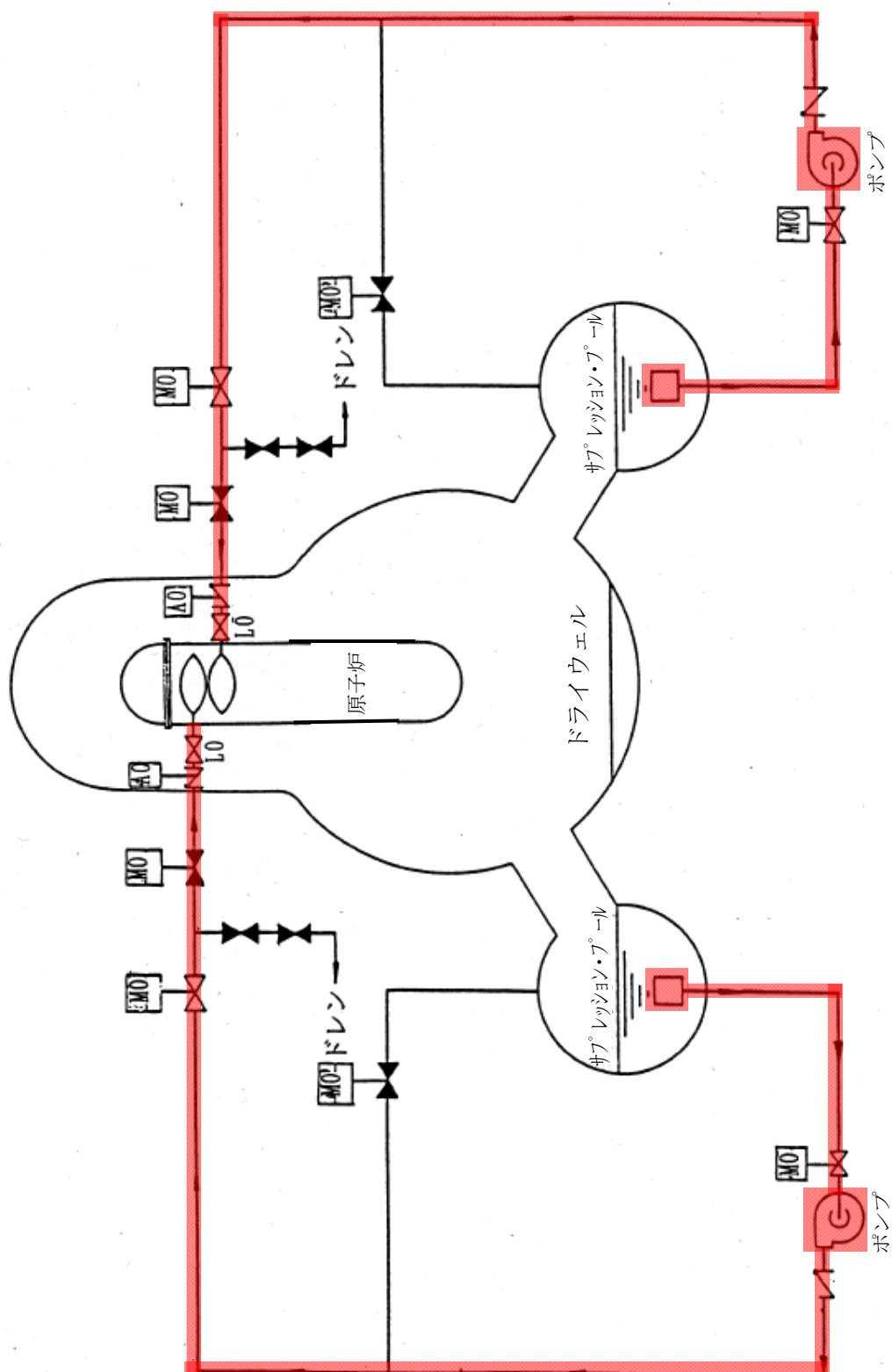
添付資料ー 1 6号機 高圧炉心スプレイ系（ポンプ，非常用ディーゼル発電機，直流電源装置を含む）の未復旧期間における注水機能の維持について
添付資料ー 2 系統概要図

6 号機 高圧炉心スプレイ系（ポンプ，非常用ディーゼル発電機，直流電源装置を含む）
の未復旧期間における注水機能の維持について

万が一，冷却材圧力バウンダリが高圧状態となり，冷却材圧力バウンダリを構成する配管あるいはこれに付随する機器等が破損した場合には，冷却材が系外に流出する。この場合，冷却水が補給できないと炉心冷却能力が低下し，燃料損傷に至る可能性がある。

しかしながら，6 号機については，以下の措置を講じていることから，冷却材圧力バウンダリが高圧状態に至ることはなく，万が一，冷却材の大規模な流出に際して，高圧炉心スプレイ系が未復旧であっても，他の非常用炉心冷却系（自動減圧系を除く）2 系統，または，他の非常用炉心冷却系（自動減圧系を除く）1 系統及び復水移送ポンプ 1 台のどちらかにより注水機能は十分確保されているため，燃料損傷に至るリスクは小さい。

- ・制御棒の全数が全挿入状態，水圧制御ユニットの弁（手動弁）は全数が全閉，かつ意図せず操作できない管理となっている。これに加え，制御棒駆動機構は一度挿入動作をしない限り，機械的に引抜き動作ができない構造であることから，制御棒が引抜かれることはない。
- ・自然災害（地震，津波）により残留熱除去海水系ポンプが機能喪失し，全交流電源が喪失した場合においても，高台に配備している電源車及び消防車により，原子炉注水機能を維持できる。（Ⅱ. 2. 18 参照）



図－1 5号機 非常用炉心冷却系（炉心スプレイ系） 系統概要図

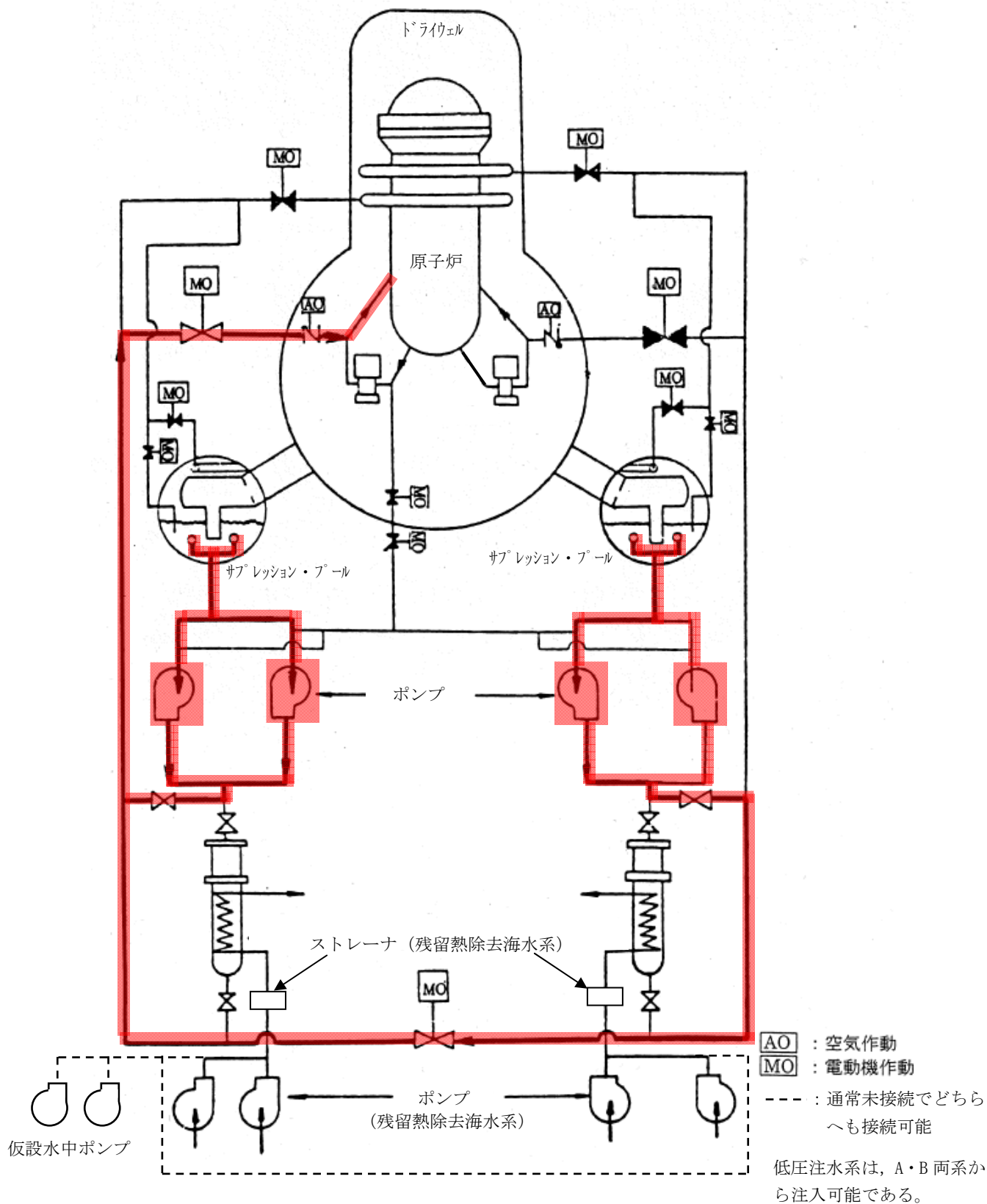
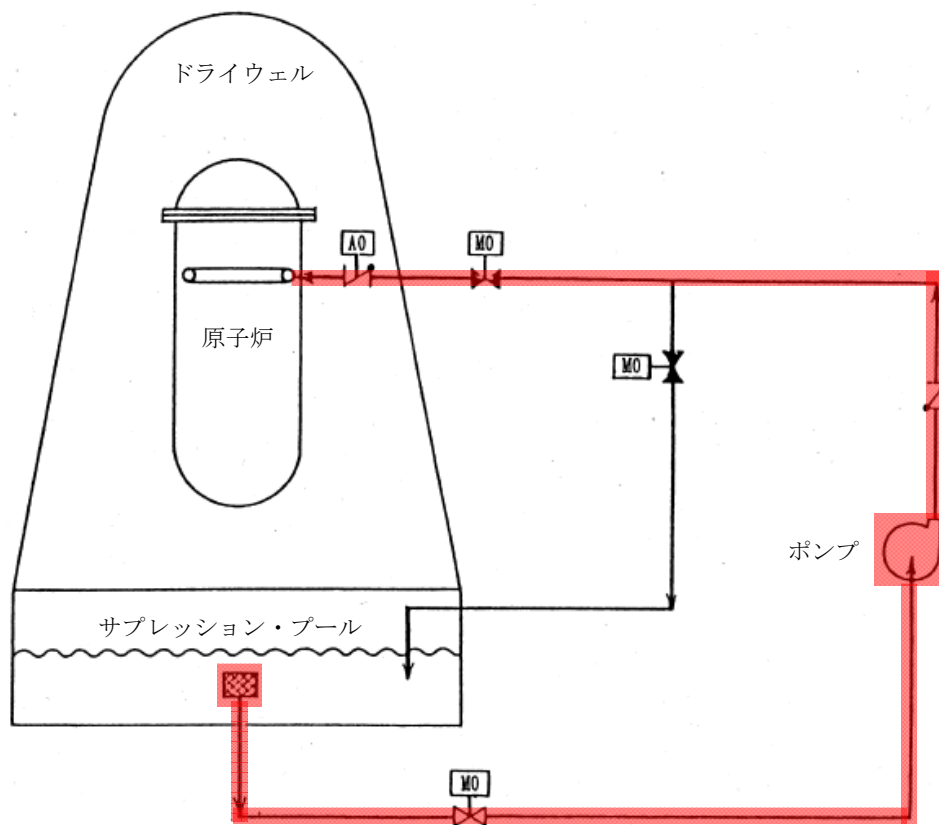
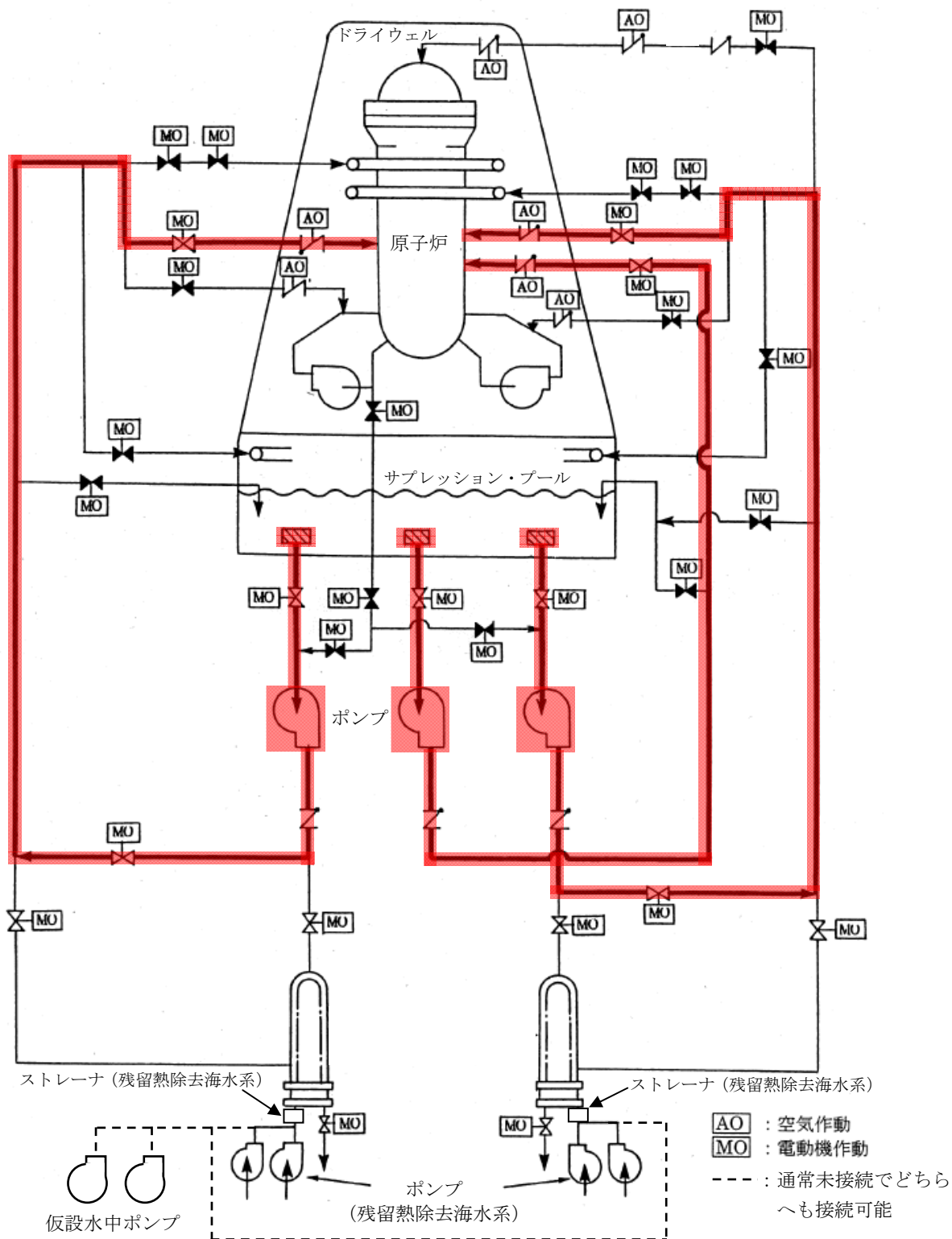


図-2 5号機 非常用炉心冷却系（低圧注水系） 系統概要図



図ー 3 6 号機 非常用炉心冷却系（低圧炉心スプレイ系） 系統概要図



図－４ ６号機 非常用炉心冷却系（低圧注水系） 系統概要図

2.25 5・6号機 原子炉冷却材浄化系

2.25.1 系統の概要

原子炉冷却材浄化系は、冷却材の純度を高く維持するためのものであって、この系統は、原子炉再循環系から冷却材の一部を抜き出し、連続的に冷却材の浄化を行うものである。

原子炉冷却材浄化系は、ろ過脱塩器、熱交換器（再生熱交換器・非再生熱交換器）及び循環ポンプ等から構成されている。

なお、循環ポンプを運転するには制御棒駆動水ポンプからのパージ水が必要であり、このパージ水は原子炉内へ戻される。

[系統の現況]

5号機は、原子炉冷却材浄化系による冷却材の浄化は可能であるが、循環ポンプは、2台のうち1台が未復旧である。未復旧のポンプは、震災時の電源喪失により停止したものの、ポンプ内部へクラッドが混入している可能性があるため、点検を行った後、運転状態を確認し復旧する。（添付資料－1 参照）

6号機は、系統機能が復旧され運転可能な状態となっている。

なお、5・6号機共に、ポンプの運転による余剰水の増加が懸念されることから、冷却材の水質の状況に応じて運転する。

2.25.2 要求される機能

冷却材を浄化する機能を有すること。

2.25.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－2に示す。

(1) 5号機

a. 再生熱交換器

再生熱交換器については、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書（総文発官4第351号 平成4年7月27日届出）

b. 非再生熱交換器

非再生熱交換器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第6回工事計画認可申請書（48公第3623号 昭和48年6月2日認可）

c. 循環ポンプ

循環ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（平成14・12・20原第10号 平成15年1月27日認可）

d. ろ過脱塩器

ろ過脱塩器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 6 回工事計画認可申請書（48公第3623号 昭和48年6月2日認可）

e. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書（平成16・10・18原第7号 平成16年11月30日認可，総発官16第444号 平成17年1月24日一部補正）

工事計画変更認可申請書（51資庁第5782号 昭和51年6月21日認可）

工事計画届出書（総官発14第375号 平成14年12月20日届出）

f. 主要弁

主要弁については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

工事計画変更認可申請書（51資庁第5782号 昭和51年6月21日認可）

(2) 6 号機

a. 再生熱交換器

再生熱交換器については、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書（総文発官3第1242号 平成4年2月13日届出）

b. 非再生熱交換器

非再生熱交換器については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第 1 0 回工事計画変更認可申請書(51資庁第14364号 昭和52年1月24日認可)

c. 循環ポンプ

循環ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（5資庁第6407号 平成5年6月15日認可）

d. ろ過脱塩器

ろ過脱塩器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 2 2 回工事計画軽微変更届出書（総官第1788号 昭和53年3月23日届出）

e. 主配管

主配管については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 1 8 回工事計画軽微変更届出書（総官第966号 昭和52年10月15日届出）

建設時第 2 5 回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号昭和53年8月31日届出)

f. 主要弁

主要弁については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 2 5 回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号昭和53年8月31日届出)

2. 25. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5 号機

建設時第 6 回工事計画認可申請書 (48公第3623号 昭和48年6月2日認可)

工事計画認可申請書 (平成14・12・20原第10号 平成15年1月27日認可)

工事計画認可申請書 (平成16・10・18原第7号 平成16年11月30日認可)

建設時第 5 回工事計画変更認可申請書 (49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

建設時第 1 7 回工事計画変更認可申請書 (51資庁第5782号 昭和51年6月21日認可)

工事計画届出書 (総文発官4第351号 平成4年7月27日届出)

工事計画届出書 (総官発14第375号 平成14年12月20日届出)

建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書 (総官第1375号 昭和49年1月30日届出)

建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書 (総官第534号 昭和49年7月29日届出)

建設時第 1 3 回工事計画軽微変更届出書 (総官第237号 昭和50年6月20日届出)

建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書 (総官第603号 昭和51年9月9日届出)

建設時第 2 8 回工事計画軽微変更届出書 (総官第303号 昭和52年5月30日届出)

(2) 6 号機

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書 (50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可)

工事計画認可申請書 (5資庁第6407号 平成5年6月15日認可)

建設時第 1 0 回工事計画変更認可申請書 (51資庁第14364号 昭和52年1月24日認可)

工事計画届出書 (総文発官3第1242号 平成4年2月13日届出)

建設時第 1 8 回工事計画軽微変更届出書 (総官第966号 昭和52年10月15日届出)

建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書 (総官第1268号 昭和52年12月12日届出)

建設時第 2 2 回工事計画軽微変更届出書 (総官第1788号 昭和53年3月23日届出)

建設時第 2 5 回工事計画軽微変更届出書 (総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

2. 25. 5 添付資料

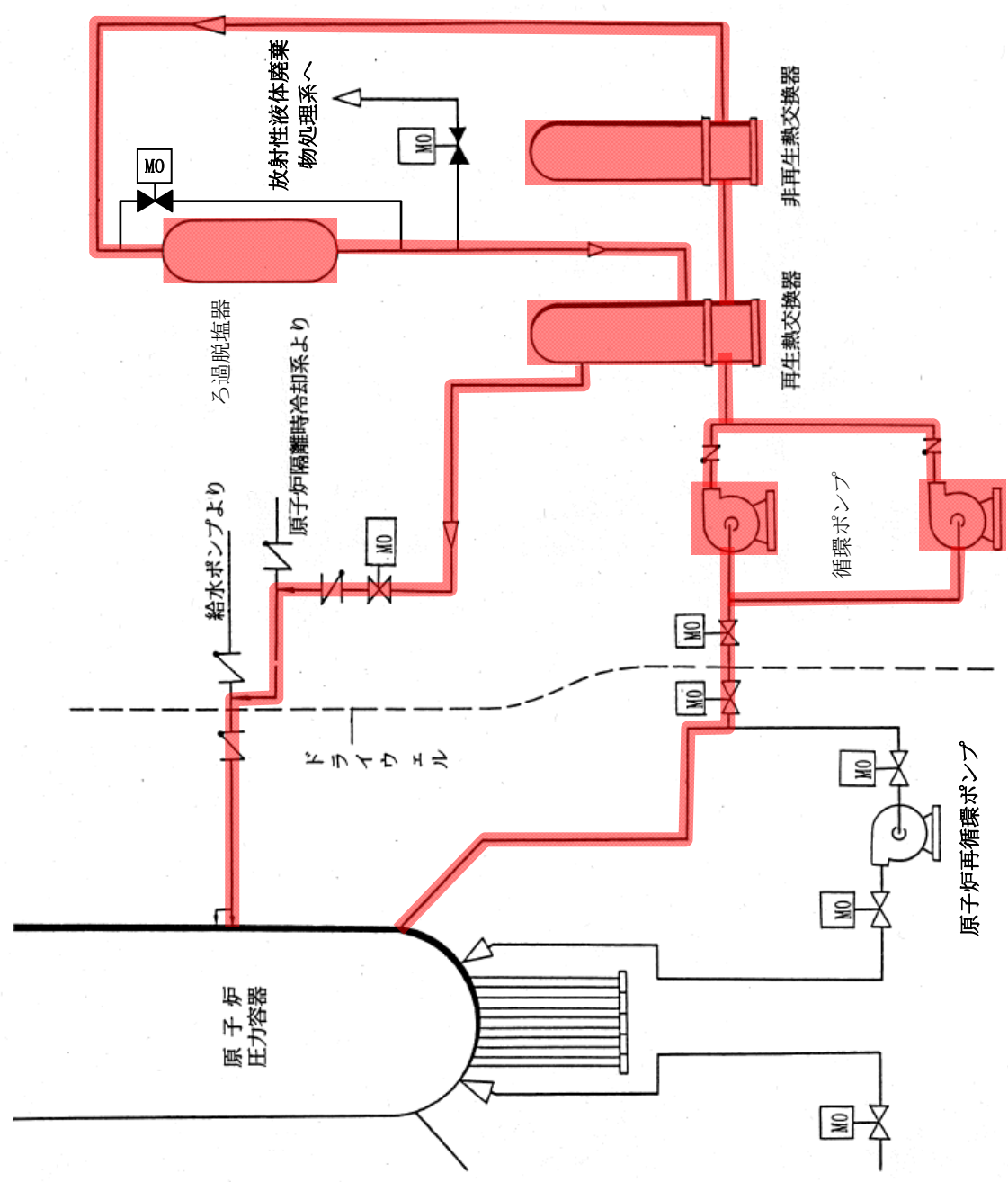
添付資料－ 1 5 号機 原子炉冷却材浄化系の一部未復旧期間における冷却材の水質維持について

添付資料－ 2 系統概要図

5 号機 原子炉冷却材浄化系の一部未復旧期間における冷却材の水質維持について

震災以降，冷却材の導電率は概ね $4\sim 5\ \mu\text{S}/\text{cm}$ 程度で推移しており，水質は有意な変化のない状態を維持しているため，今後短期間で水質が急速に悪化することは考えにくい。また，原子炉冷却材浄化系の循環ポンプ 1 台が未復旧であっても，復旧しているポンプ 1 台による冷却材の浄化ができることから，水質の維持は可能である。

なお，現在の復水補給水系にて原子炉への注水（冷却材の希釈）を行うことによる水質の改善も可能である。



図－1 5号機 原子炉冷却材浄化系 系統概要図

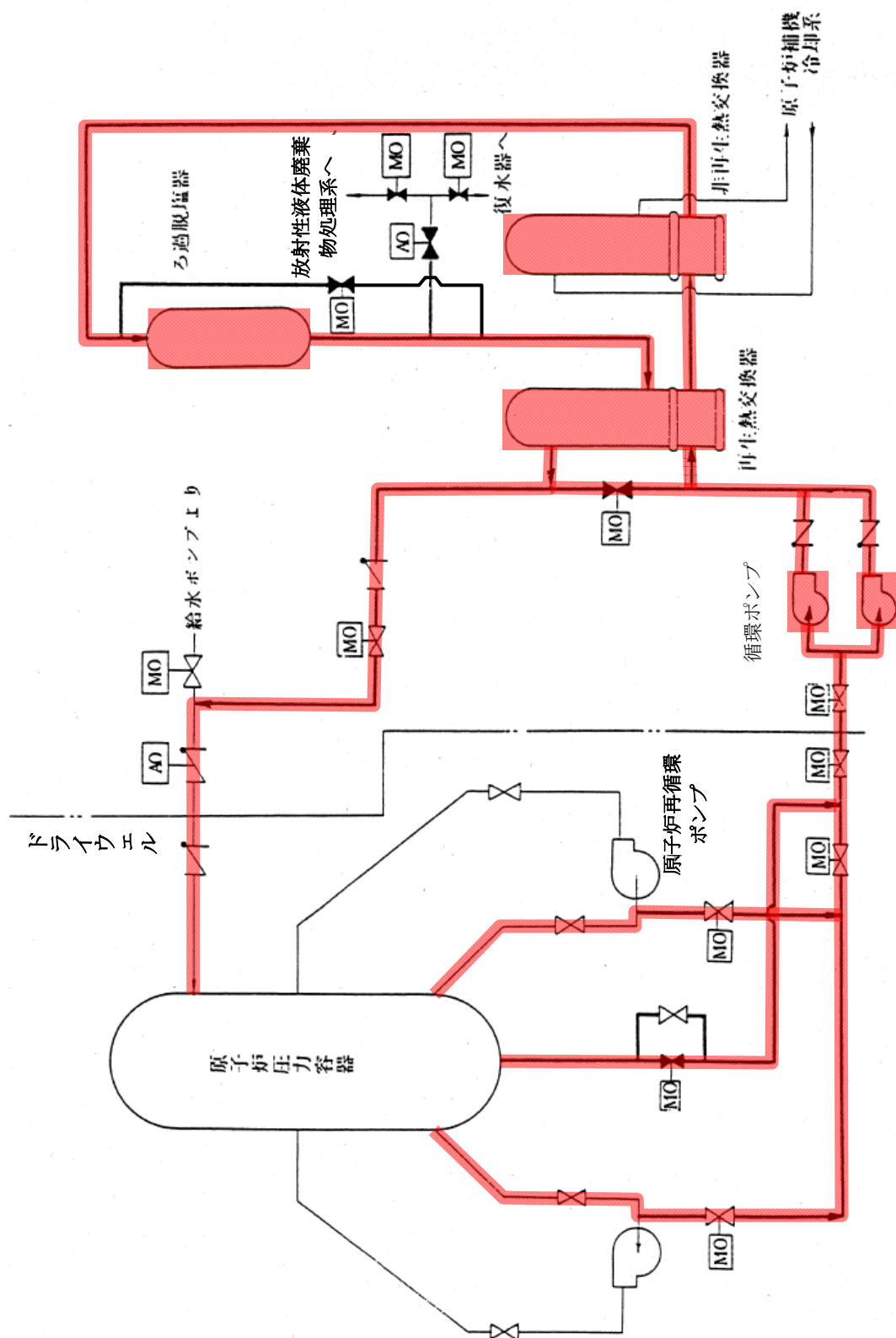


図-2 6号機 原子炉冷却材浄化系 系統概要図

2.26 5・6号機 原子炉建屋常用換気系

2.26.1 系統の概要

原子炉建屋常用換気系は、建屋内に加熱あるいは冷却した清浄な空気を供給し建屋内の雰囲気温度を調整するとともに、これら供給空気の流れを適切に保ち、建屋内の清浄区域汚染を防止する。

原子炉建屋常用換気系は、他の換気系とは独立になっており、空気供給系と排気系を備え、それぞれ100%容量のファン2台（1台は予備）をもっている。また、差圧制御器により、出口弁を調整し、原子炉建屋内はわずかに負圧に保たれている。排気空気は、フィルタを通じて主排気筒から大気中へ放出される。（添付資料－1 参照）

換気用の原子炉建屋入口及び出口ダクトには、それぞれ2個の空気作動隔離弁があり、原子炉建屋放射能高の信号で原子炉建屋常用換気系が隔離し、非常用ガス処理系が自動起動することで放射性物質の系外放出を防ぐ。

[系統の現況]

原子炉建屋常用換気系は、建屋内の作業環境維持や機器類保護のため、現在換気運転をしている。また、建屋の負圧を維持しつつ放射性物質の系外放出を防止しなくてはならないことから、震災後、建屋の給排気ケーシング内に高性能フィルタを設置している。（高性能フィルタは放射性物質の捕集効率が高いが、その能力を発揮するために当該系統の風量を定格値の70%程度で運転する）

2.26.2 要求される機能

原子炉建屋の負圧を維持しつつ、機器類保護等のために建屋の換気を行えること。

2.26.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－2に示す。

(1) 5号機

a. 送風機

送風機については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

工事計画届出書(総文発官2第166号 平成2年6月5日届出)

b. 排風機・ページ用排気ファン

排風機・ページ用排気ファンについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

工事計画届出書(総文発官2第166号 平成2年6月5日届出)

(2) 6 号機

a. 送風機

送風機については，以下の工事計画変更認可申請書等により確認している。

工事計画変更認可申請書(52資庁第8607号 昭和52年8月23日認可)

工事計画届出書(総文発官元第312号 平成元年8月25日届出)

b. 排風機・パージ用排気ファン

排風機・パージ用排気ファンについては，以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

工事計画変更認可申請書(52資庁第8607号 昭和52年8月23日認可)

2. 26. 4 添付資料

添付資料－ 1 主排気筒について

添付資料－ 2 系統概要図

主排気筒について

5・6号機共用である主排気筒については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第5回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

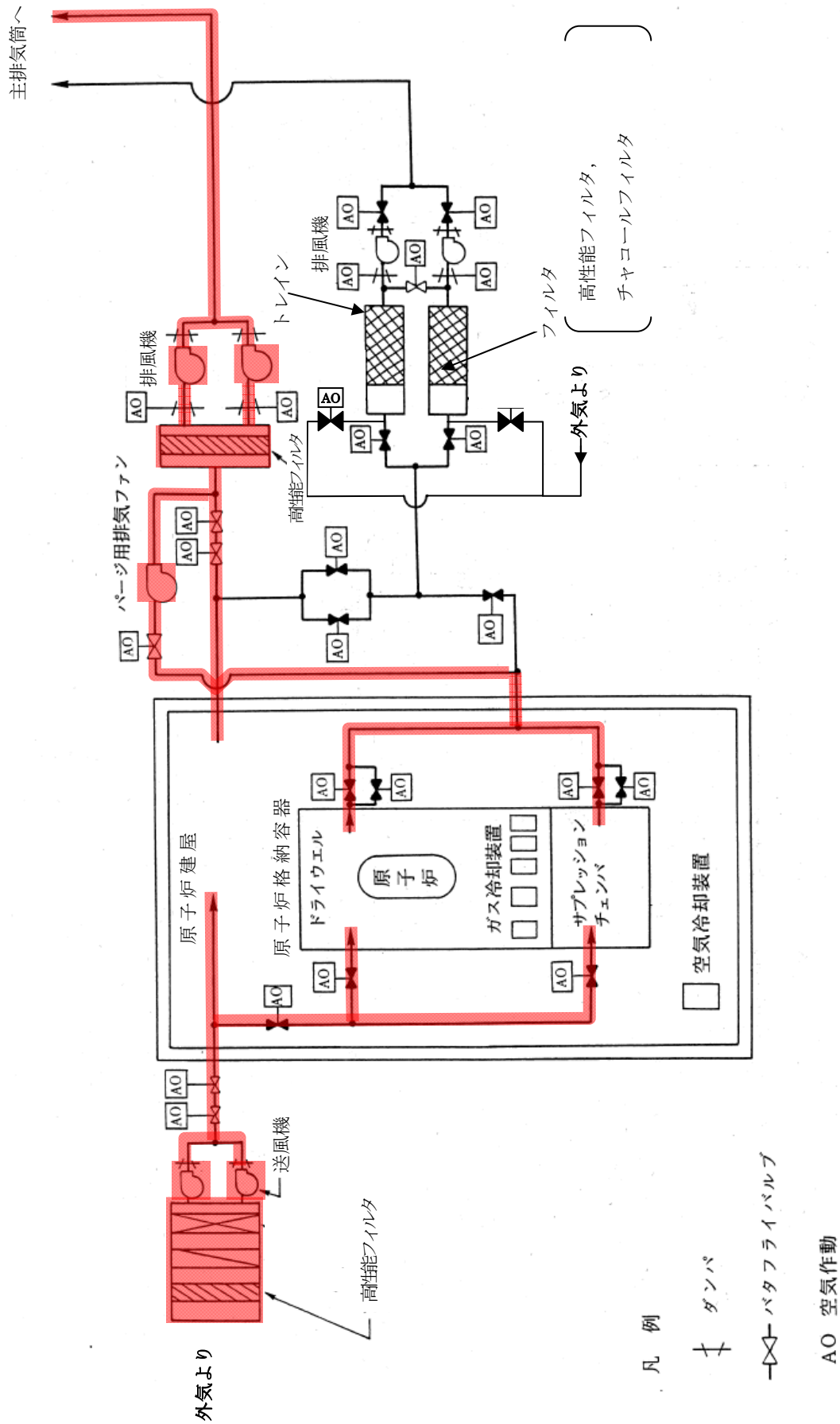


図-1 5号機 原子炉建屋常用換気系 系統概要図

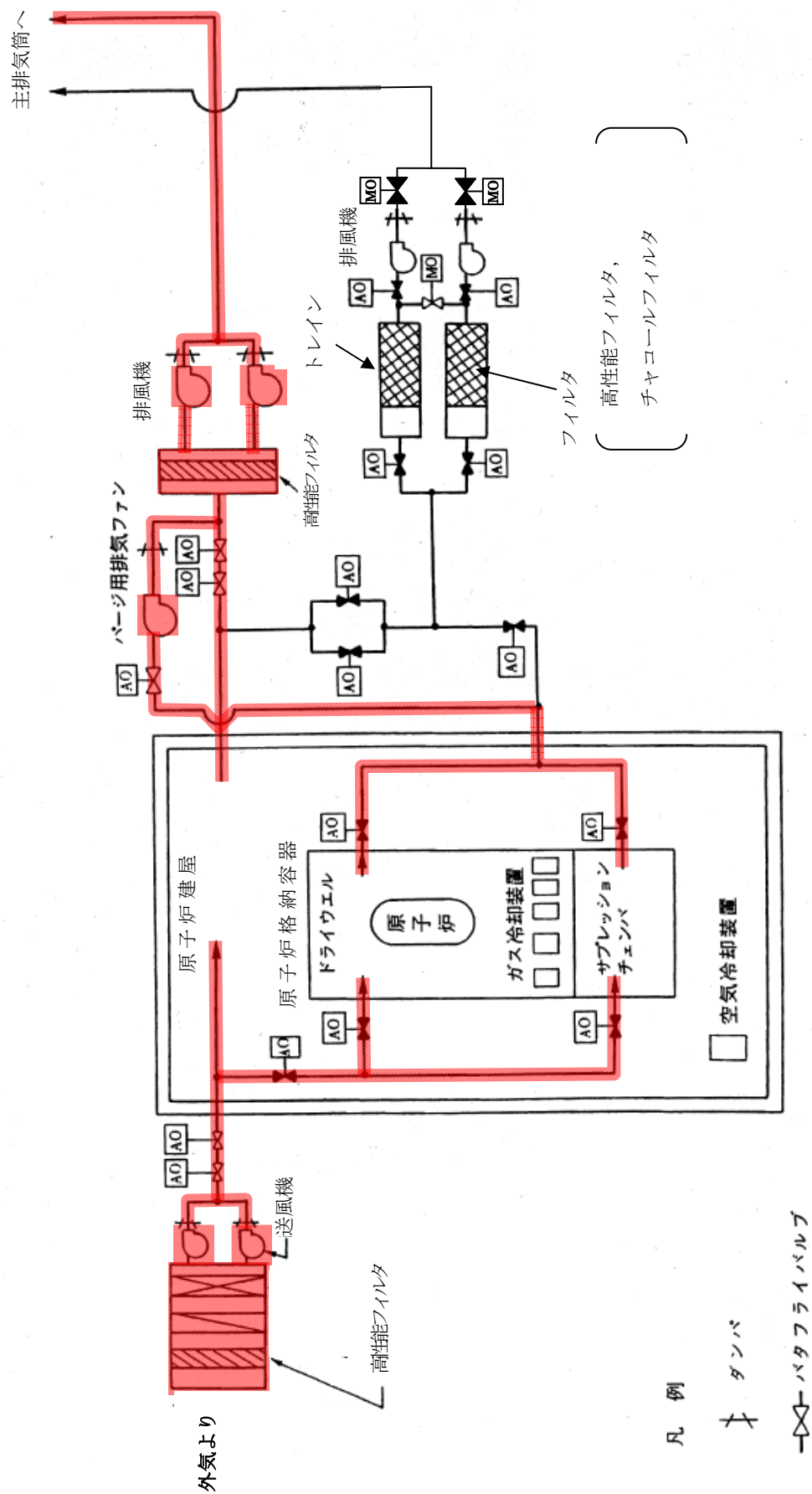


図-2 6号機 原子炉建屋常用換気系 系統概要図

2.27 5・6号機 燃料プール冷却浄化系

2.27.1 系統の概要

燃料プール冷却浄化系は、燃料プール冷却浄化系、原子炉補機冷却系、補機冷却海水系で構成されており、使用済燃料からの崩壊熱の除去及び使用済燃料プールの水の純度を保ち、遮へい（燃料上部に十分な水深を確保すること）を維持している。

燃料プール冷却浄化系の循環ポンプの吸込みラインは、使用済燃料プールに隣接するスキマサージタンクに接続されているため、この系の破断時にも使用済燃料プールの水は流出しない。（添付資料－1 参照）

〔系統の現況〕

燃料プール冷却浄化系の系統機能は、復旧済みである。

しかし、補機冷却海水系配管の一部には、タービン建屋トレンチ内で津波による没水部位があり、設備の健全性は系統流量や温度監視により確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び漏えいが発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。（添付資料－2 参照）

2.27.2 要求される機能

使用済燃料プールの水位を維持し、プール内の崩壊熱を除去すると共に浄化できる機能を有すること。

2.27.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－3に示す。

(1) 5号機

a. 燃料プール冷却浄化系

(a) 熱交換器

熱交換器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第4回工事計画軽微変更届出書（総官第1375号 昭和49年1月30日届出）

(b) ろ過脱塩器

ろ過脱塩器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第3回工事計画軽微変更届出書（総官第923号 昭和48年10月30日届出）

(c) 循環ポンプ

循環ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第6回工事計画認可申請書（48公第3623号 昭和48年6月2日認可）

(d) 主配管

主配管については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第 5 回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

b. 原子炉補機冷却系

(a) 熱交換器

熱交換器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 6 回工事計画認可申請書(48公第3623号 昭和48年6月2日認可)

(b) ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 6 回工事計画認可申請書(48公第3623号 昭和48年6月2日認可)

(c) 主配管

主配管については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)

c. 補機冷却海水系

添付資料－ 4 参照

(2) 6 号機

a. 燃料プール冷却浄化系

(a) 熱交換器

熱交換器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可)

建設時第 2 3 回工事計画変更認可申請書(53資庁第7314号 昭和53年7月11日認可)

(b) ろ過脱塩器

ろ過脱塩器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可)

(c) 循環ポンプ

循環ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可)

(d) 主配管

主配管については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 19 回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)

b. 原子炉補機冷却系

(a) 熱交換器

熱交換器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 25 回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号昭和53年8月31日届出)

(b) ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 7 回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

(c) 主配管

主配管については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 19 回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)

建設時第 25 回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号昭和53年8月31日届出)

c. 補機冷却海水系

添付資料－ 4 参照

2. 27. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5 号機

a. 燃料プール冷却浄化系

建設時第 6 回工事計画認可申請書(48公第3623号 昭和48年6月2日認可)

建設時第 5 回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

建設時第 3 回工事計画軽微変更届出書(総官第923号 昭和48年10月30日届出)

建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)

建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)

建設時第 30 回工事計画軽微変更届出書(総官第961号 昭和52年10月8日届出)

b. 原子炉補機冷却系

建設時第 6 回工事計画認可申請書(48公第3623号 昭和48年6月2日認可)

工事計画認可申請書(54資庁第329号 昭和54年2月28日認可)

建設時第 5 回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)

建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)
建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)
建設時第 2 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第303号 昭和52年5月30日届出)

c. 補機冷却海水系

添付資料－ 4 参照

(2) 6 号機

a. 燃料プール冷却浄化系

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可)
建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)

b. 原子炉補機冷却系

建設時第 7 回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)
建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)
建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書(総官第1268号 昭和52年12月12日届出)
建設時第 2 5 回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号昭和53年8月31日届出)

c. 補機冷却海水系

添付資料－ 4 参照

2. 27. 5 添付資料

- 添付資料－ 1 使用済燃料プールの冷却能力について
- 添付資料－ 2 補機冷却海水系の一部没水配管における健全性評価について
- 添付資料－ 3 系統概要図
- 添付資料－ 4 5・6 号機 補機冷却海水系に係る, 主要な機器, 構造強度及び耐震性について

使用済燃料プールの冷却能力について

使用済燃料プールの冷却能力については、使用済燃料から発生する崩壊熱の除去を行うのに十分な冷却能力を有しており、その設計・機能に変わりないことを福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

補機冷却海水系の一部没水配管における健全性評価について

補機冷却海水系配管は、材質が炭素鋼であるが、腐食防止のために表面塗装が施されており、塗装が健全であれば外面腐食を防止できる。しかしながら現状、タービン建屋トレンチ内に海水が溜まっており配管の状態が確認できないことから、塗装がはく離し腐食する可能性がある。なお、配管の内側はライニング処理により腐食がないものとし、ここでは、外面からの配管の腐食について評価する。

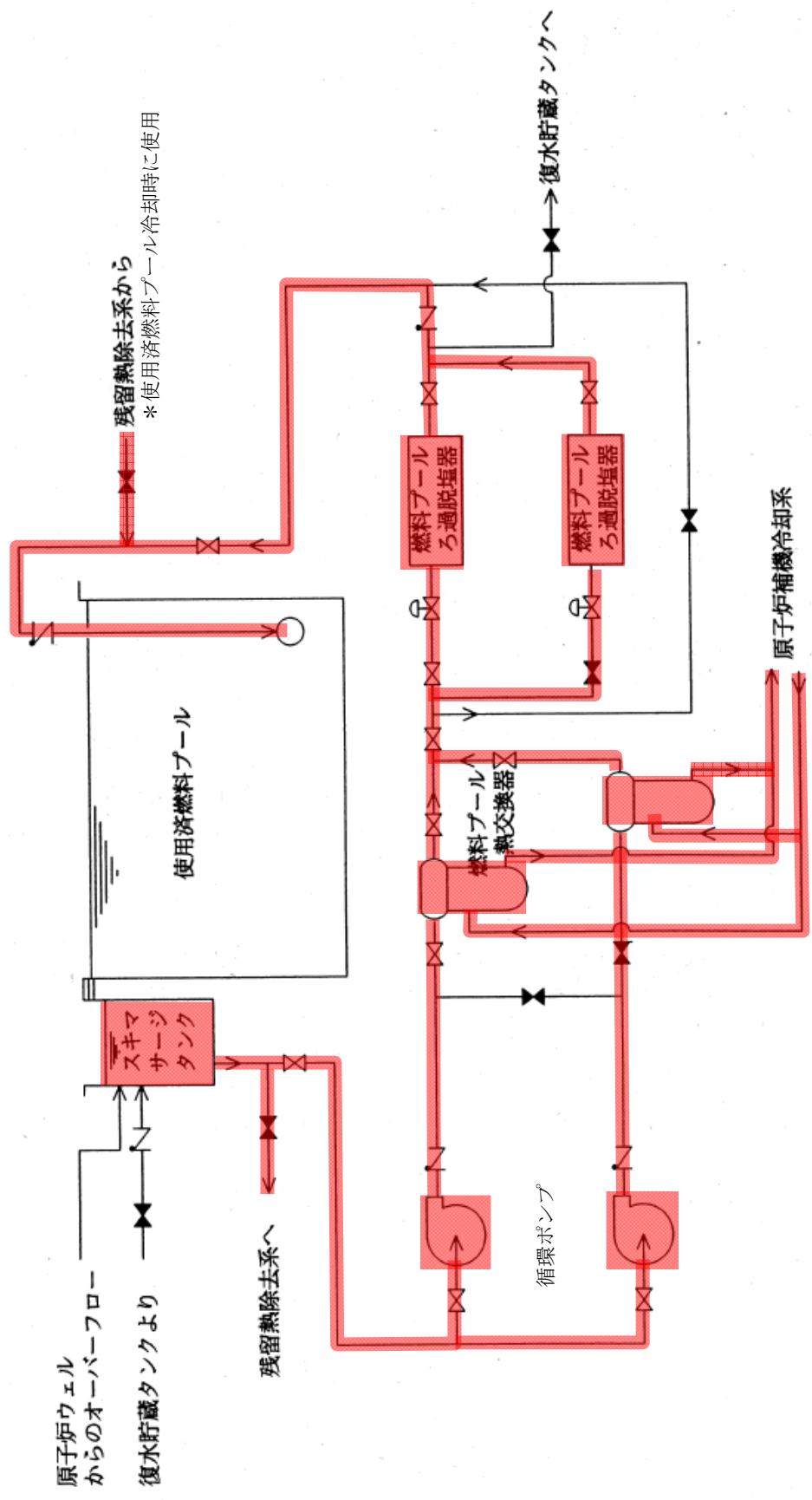
現在没水している配管の肉厚は、5号機で肉厚 9.5mm 及び必要肉厚 4.2mm であり、6号機で肉厚 12.7mm 及び必要肉厚 5.0mm である。これまでは、計画的な点検により表面状態を確認し、必要に応じて補修塗装を実施し健全性を維持している。

しかしながら、配管が海水中に一部没水しているため、外面からの腐食が進む可能性がある。そのため、必要肉厚を下回るのにどの程度の時間的余裕があるか評価した。なお、5号機については、没水配管が 3 系列あり、時間的余裕が最も厳しい配管を代表として記載している。

ここで、塗装のはく離及び飛沫帯がある状態を想定する。腐食防食データブック^{*1}によれば、海水中では腐食速度は 0.1mm/年、飛沫帯では 0.3mm/年と報告されているため、水面からの飛沫があると仮定し腐食速度は 0.3mm/年とする。

その結果、必要肉厚に到達するまでの時間的余裕は、5号機で約 17 年、6号機で約 25 年となると予測される。

* 1：腐食防食協会編；腐食防食データブック，丸善，p. 49（1995）.



図－1 5号機 燃料プール冷却浄化系 系統概要図

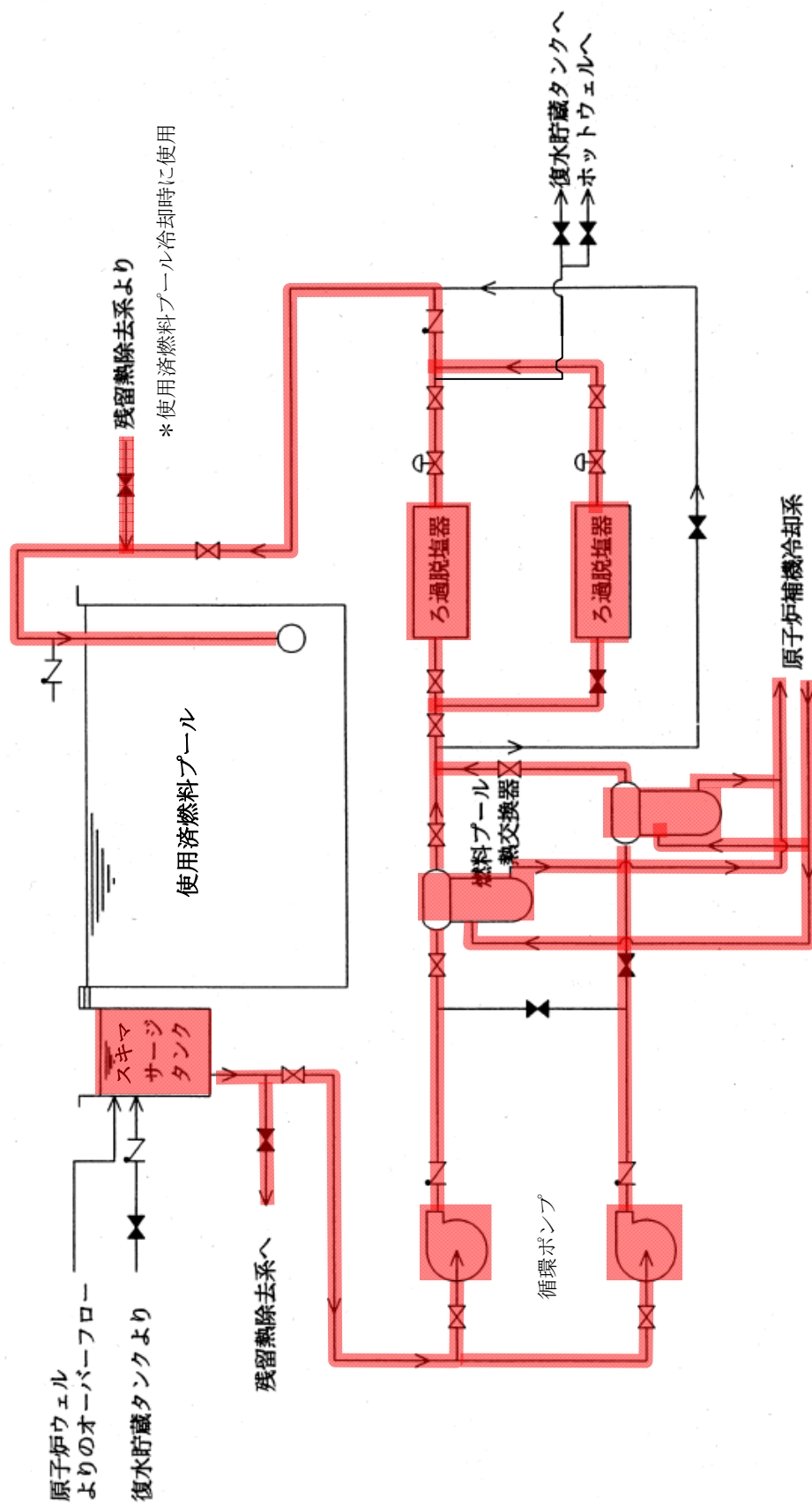


図-2 6号機 燃料プール冷却浄化系 系統概要図

5・6号機 補機冷却海水系に係る、主要な機器、構造強度及び耐震性について

1. 主要な機器

(1) 5号機

a. ポンプ

種 類	立軸多段遠心形
容 量(m^3/h)	1, 800
全 揚 程(m)	45
主 要 寸 法	
高 さ(mm)	11, 770
吐 出 口 径(mm)	500
主 要 材 料	
胴	SCS14
羽 根 車	SCS14
主 軸	SUS316
回 転 数(rpm)	1, 000
原 動 機	
種 類	三相誘導電動機
出 力(kW)	310
個 数	常用 2 予備 1

b. ストレーナ

種 類	横置電動切替形ダブルストレーナ
容 量(m^3/h)	3, 600
最高使用圧力(MPa)	0.86
最高使用温度($^{\circ}\text{C}$)	44
主 要 寸 法	
全 長(mm)	2, 200
主 要 材 料	
胴	SCPL1
個 数	1

c. 配 管

最高使用圧力 MPa	最高使用温度 ℃	外径 mm	厚さ mm	材料
0. 8 6	3 8	7 6 2	9. 5	S M 4 0 0 B
		6 0 9. 6	9. 5	S M 4 0 0 B
		5 0 8	9. 5	S M 4 0 0 B
		3 5 5. 6	1 1. 1	S T P G 3 7 0
		3 1 8. 5	1 0. 3	S T P G 3 7 0

(2) 6 号機

a. ポンプ

種 類	立軸 1 段片吸込形
容 量(m ³ /h)	2, 8 3 9
全 揚 程(m)	3 8. 1
主 要 寸 法	
高 さ(mm)	1 2, 7 2 0
吐 出 口 径(mm)	7 0 0
主 要 材 料	
胴	S C S 1 4
羽 根 車	S C S 1 4
主 軸	S U S 3 1 6
回 転 数(rpm)	1, 0 0 0
原 動 機	
種 類	三相誘導電動機
出 力(kW)	4 0 0
個 数	常用 2 予備 1

b. ストレーナ

種 類	横置電動切替形ダブルストレーナ
容 量(m ³ /h)	5, 6 7 4
最高使用圧力(MPa)	0. 8 6
最高使用温度(℃)	6 6

主 要 寸 法

全 長(mm) 3, 0 0 0

主 要 材 料

胴 S C P L 1

個 数 1

c. 配 管

最高使用圧力 MPa	最高使用温度 ℃	外径 mm	厚さ mm	材料
0. 8 6	6 6	9 1 4. 4	1 2. 7	S M 4 0 0 B
		7 6 2	9. 5	S M 4 0 0 B
		7 1 1. 2	9. 5	S M 4 0 0 B
		5 0 8	9. 5	S M 4 0 0 B
		4 5 7. 2	9. 5	S M 4 0 0 B
		4 0 6. 4	9. 5	S M 4 0 0 B

2. 構造強度及び耐震性(5・6号機共通)

(1) 構造強度の評価

補機冷却海水系を構成する機器は、発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令上、クラス 3 機器と位置付けられる。この適用規格は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格設計・建設規格」で規定されるものであるが、各機器については、以下のとおり個別に評価している。

a. ポンプ

ポンプについては、系統の温度、圧力を考慮した仕様とする。

健全性については、震災後、系統の試運転を行い、有意な漏えい及び運転状態に異常がないことを確認している。

以上のことからポンプは、必要な構造強度を有するものと評価している。

b. ストレーナ

ストレーナについては、系統の温度、圧力を考慮した仕様とする。

健全性については、震災後、系統の試運転を行い、有意な漏えい及び運転状態に異常がないことを確認している。

以上のことからストレーナは、必要な構造強度を有するものと評価している。

c. 配 管

配管については，系統の温度，圧力を考慮し「日本工業規格」を準拠した仕様とする。

健全性については，震災後，系統の試運転を行い，有意な漏えい及び運転状態に異常がないことを確認している。

以上のことから配管は，必要な構造強度を有するものと評価している。

(2)耐震設計の基本方針

「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」上の耐震クラス C の設備と位置付けられ，以下の様な基本方針としている。

a. 考え方

機器・配管系は原則として剛にする。

b. 配管類

支持構造：定ピッチスパン法*による支持とする。

*：配管自重を受けるために，適正なピッチでサポートを設置

c. 機器類

ポンプは地震荷重に耐えられるように設計する。

また，耐震クラス C につき，垂直方向の地震力は対象外とする。

2.28 5・6号機 燃料取扱系及び燃料貯蔵設備

2.28.1 系統の概要

燃料取扱系は、新燃料を原子炉建屋最上階（オペレーティングフロア）に搬入してから炉心に装荷するまで及び使用済燃料を炉心から取出し原子炉建屋最上階から搬出するまでの取扱いを行う。

燃料取扱系及び燃料貯蔵設備は、燃料交換機、原子炉建屋天井クレーン、使用済燃料プール、新燃料貯蔵設備で構成される。（添付資料－1，2 参照）

[系統の現況]

震災時、燃料プール冷却浄化系及び原子炉建屋常用換気系が機能喪失したことにより、使用済燃料プール水温度が上昇し、水蒸気が発生した。その影響で、原子炉建屋最上階の環境が高湿度となり燃料交換機及び原子炉建屋天井クレーンの電気設備の絶縁低下や機械設備の発錆に至ったことから、燃料取出しに向けて復旧を図るものである。（I.1.2 参照）

2.28.2 要求される機能

燃料交換機は燃料を所定の位置まで移動できること及び燃料つかみ機が空気源喪失した場合、安全側に動作し燃料を落下することが無いこと。また、燃料移動時は一定の水深（水面から燃料上端まで）を維持できること。

原子炉建屋天井クレーンは構内用輸送容器・新燃料を所定の位置まで移動できること及び電源喪失時に安全側に動作し吊り荷が落下することが無いこと。

2.28.3 主要な機器

(1) 5号機

a. 燃料取扱系

(a) 燃料交換機

燃料交換機については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第13回工事計画軽微変更届出書（総官第237号 昭和50年6月20日届出）

(b) 原子炉建屋天井クレーン

原子炉建屋天井クレーンについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第12回工事計画認可申請書（49資庁第2326号 昭和49年4月26日認可）

b. 燃料貯蔵設備

(a) 使用済燃料プール

使用済燃料プールについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書(53資庁第12306号 昭和53年12月9日認可)

工事計画軽微変更届出書(総文発官53第1413号 昭和54年1月20日届出)

(b) 新燃料貯蔵設備

新燃料貯蔵設備については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第8回工事計画認可申請書(48公第8194号 昭和49年1月7日認可)

(2) 6号機

a. 燃料取扱系

(a) 燃料交換機

燃料交換機については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第22回工事計画軽微変更届出書(総官第1788号 昭和53年3月23日届出)

(b) 原子炉建屋天井クレーン

原子炉建屋天井クレーンについては、以下の工事計画変更認可申請書等により確認している。

建設時第23回工事計画変更認可申請書(53資庁第7314号 昭和53年7月11日認可)

建設時第22回工事計画軽微変更届出書(総官第1788号 昭和53年3月23日届出)

b. 燃料貯蔵設備

(a) 使用済燃料プール

使用済燃料プールについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第23回工事計画変更認可申請書(53資庁第7314号 昭和53年7月11日認可)

(b) 新燃料貯蔵設備

新燃料貯蔵設備については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第23回工事計画変更認可申請書(53資庁第7314号 昭和53年7月11日認可)

2. 28. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5 号機

建設時第 8 回工事計画認可申請書(48公第8194号 昭和49年1月7日認可)

建設時第 1 2 回工事計画認可申請書(49資庁第2326号 昭和49年4月26日認可)

建設時第 2 2 回工事計画軽微変更届出書(総官第1068号 昭和51年12月17日届出)

(2) 6 号機

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50資庁第14354号 昭和51年4月8日認可)

建設時第 2 1 回工事計画変更認可申請書(53資庁第1730号 昭和53年3月28日認可)

建設時第 2 3 回工事計画変更認可申請書(53資庁第7314号 昭和53年7月11日認可)

建設時第 1 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第966号 昭和52年10月15日届出)

2. 28. 5 添付資料

添付資料－ 1 使用済燃料プールにおける漏えいの監視方法，遮へい機能及び臨界未満の維持について

添付資料－ 2 燃料取扱い時の燃料落下防止について

使用済燃料プールにおける漏えいの監視方法，遮へい機能及び臨界未満の維持について

1. 漏えいの監視方法

使用済燃料プールの漏えいの監視方法については，万が一，漏えいが生じた場合に監視可能な漏えい水検知装置を備えており，その設計・機能に変わらないことを福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

2. 遮へい機能

使用済燃料プールの遮へい機能については，強固な構造物で壁の厚さ及び水深は遮へいを考慮し十分とっており，その設計・機能に変わらないことを福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

3. 臨界未満の維持

使用済燃料プールにおける燃料貯蔵上の未臨界性については，貯蔵燃料間の距離を確保すること及び中性子吸収材と構造材を兼ねる角管によって保たれており，その設計・機能に変わらないことを以下の工事計画認可申請書及び工事計画変更認可申請書により確認している。

5 号機：工事計画認可申請書（53 資庁第 12306 号 昭和 53 年 12 月 9 日認可）

6 号機：建設時第 2 3 回工事計画変更認可申請書（53 資庁第 7314 号 昭和 53 年 7 月 11 日認可）

燃料取扱い時の燃料落下防止について

1. 燃料交換機

燃料交換機における燃料の落下防止については、燃料取扱い中に動力源が喪失しても燃料を保持する機構となっており、その設計・機能に変わりないことを福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

2. 原子炉建屋天井クレーン

原子炉建屋天井クレーンにおける構内用輸送容器・新燃料の落下防止について、ブレーキは安全設計となるように電磁コイルが無励磁となった状態でブレーキを制動し、励磁となった状態で制動を解除する構造とする。

2.29 5・6号機 非常用ガス処理系

2.29.1 系統の概要

非常用ガス処理系は、原子炉建屋放射能高の信号で原子炉建屋常用換気系が隔離し、自動起動する。非常用ガス処理系が起動することで原子炉建屋を負圧に保ち、原子炉格納容器等から漏えいしてきた放射性物質をフィルタで除去する機能を有する。

非常用ガス処理系は100%容量の2系統からなり、各系統は、高性能フィルタ、チャコールフィルタ、排風機等から構成されている。この系により処理されたガスは、主排気筒に沿って設けている排気管を通して主排気筒排気口から放出される。

[系統の現況]

非常用ガス処理系の系統機能は復旧しているものの、非常用ガス処理系の排気管はトレンチ内で一部に津波による没水部位がある。このため、設備の健全性は定期的な系統流量の監視により確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び浸水が発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。(添付資料－1 参照)

2.29.2 要求される機能

原子炉水位低、原子炉建屋放射能高のいずれかの信号で原子炉建屋常用換気系が隔離し、非常用ガス処理系が自動起動することで原子炉建屋を負圧に保つこと。また、原子炉格納容器等から漏えいしてきた放射性物質をフィルタで除去し主排気筒から放出する機能を有することを、福島第一原子力発電所5・6号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

ただし、冷温停止状態では原子炉水位低での自動起動は必要としない。

2.29.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－2に示す。

(1) 5号機

a. 排風機

排風機については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第12回工事計画認可申請書(49資庁第2326号 昭和49年4月26日認可)

b. フィルタ

フィルタについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第12回工事計画認可申請書(49資庁第2326号 昭和49年4月26日認可)

c. トレイン

トレインについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第12回工事計画認可申請書(49資庁第2326号 昭和49年4月26日認可)

d. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第12回工事計画認可申請書(49資庁第2326号 昭和49年4月26日認可)

(2) 6号機

a. 排風機

排風機については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第13回工事計画認可申請書(51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可)

b. フィルタ

フィルタについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第13回工事計画認可申請書(51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可)

c. トレイン

トレインについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第15回工事計画軽微変更届出書(総官第446号 昭和52年6月30日届出)

d. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第16回工事計画認可申請書(53資庁第5742号 昭和53年6月27日認可)

建設時第15回工事計画軽微変更届出書(総官第446号 昭和52年6月30日届出)

2. 29. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5号機

建設時第12回工事計画認可申請書(49資庁第2326号 昭和49年4月26日認可)

建設時第8回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)

建設時第13回工事計画軽微変更届出書(総官第237号 昭和50年6月20日届出)

(2) 6号機

建設時第13回工事計画認可申請書(51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可)

建設時第15回工事計画軽微変更届出書(総官第446号 昭和52年6月30日届出)

建設時第22回工事計画軽微変更届出書(総官第1788号 昭和53年3月23日届出)

2.29.5 添付資料

添付資料－1 非常用ガス処理系の一部没水配管における健全性評価について

添付資料－2 系統概要図

非常用ガス処理系の一部没水配管における健全性評価について

非常用ガス処理系配管は、材質が炭素鋼であるが、腐食防止のために表面塗装が施されており、塗装が健全であれば外面腐食を防止できる。しかしながら現状、トレンチ内に海水が溜まっており配管の状態が確認できないことから、塗装がはく離し腐食する可能性がある。なお、配管の内側については気体を扱っているため配管の減肉に大きな影響を与えないものとし、ここでは、外面からの配管の腐食について評価する。

まず、5号機の工事計画軽微変更届出書では、配管の肉厚（5・6号機共通：8.3mm）及び配管の必要肉厚（5・6号機共通：0.6mm）の記載^{*1}がある。これまでは、計画的な点検により表面状態を確認し、必要に応じて補修塗装を実施し健全性を維持している。

しかしながら、配管が海水中に一部没水しているため外面からの腐食が進む可能性がある。そのため、必要肉厚を下回るのにどの程度の時間的余裕があるか評価した。

ここで、塗装のはく離及び飛沫帯がある状態を想定する。腐食防食データブック^{*2}によれば、海水中では腐食速度は0.1mm/年、飛沫帯では0.3mm/年と報告されているため、水面からの飛沫があると仮定し腐食速度は0.3mm/年とする。

その結果、必要肉厚に到達するまでの時間的余裕は5・6号機共通で約25年となると予測される。

* 1：以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

5号機：建設時第8回工事計画軽微変更届出書（総官第534号 昭和49年7月29日
届出）

* 2：腐食防食協会編；腐食防食データブック，丸善，p. 49（1995）.

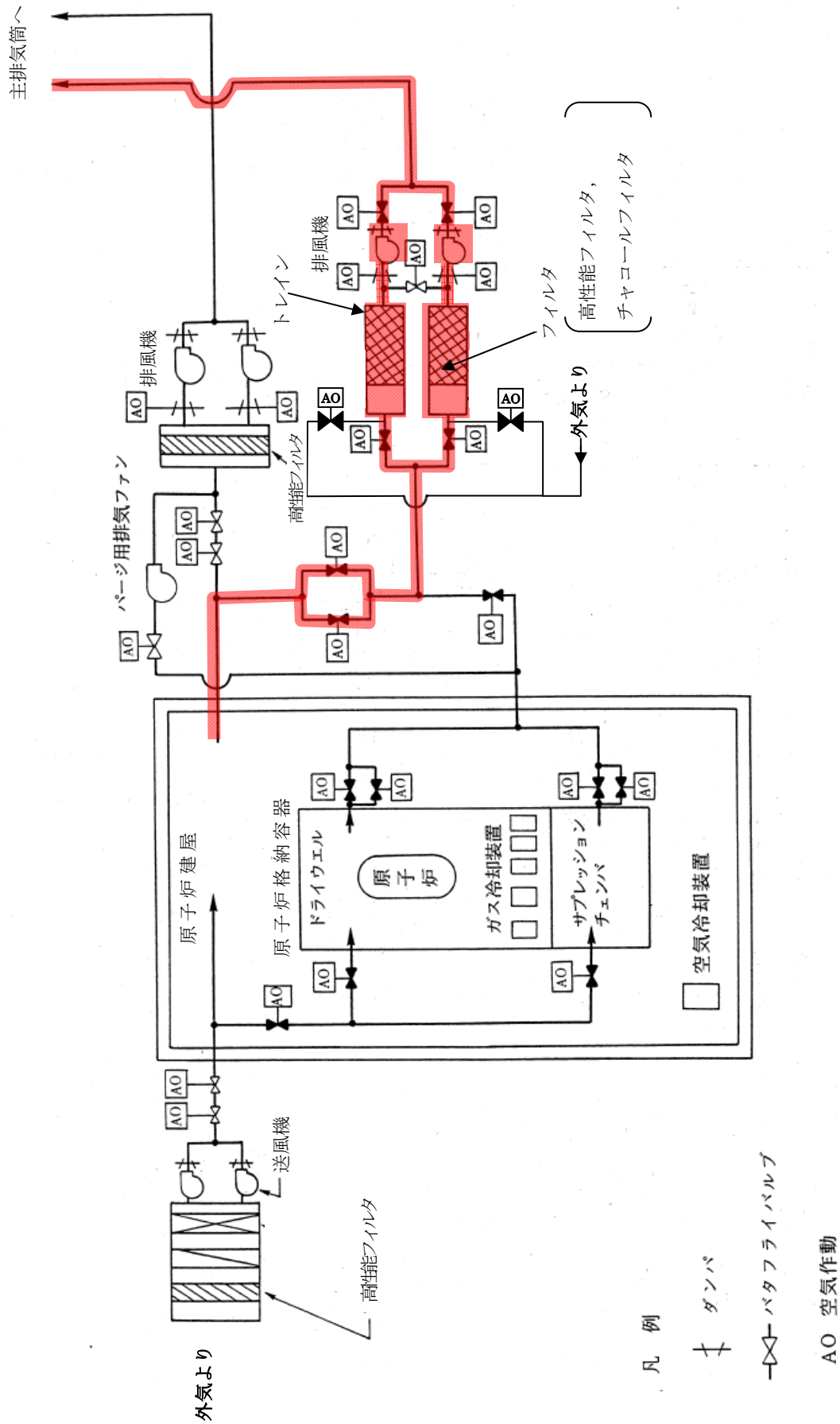


図-1 5号機 非常用ガス処理系 系統概要図

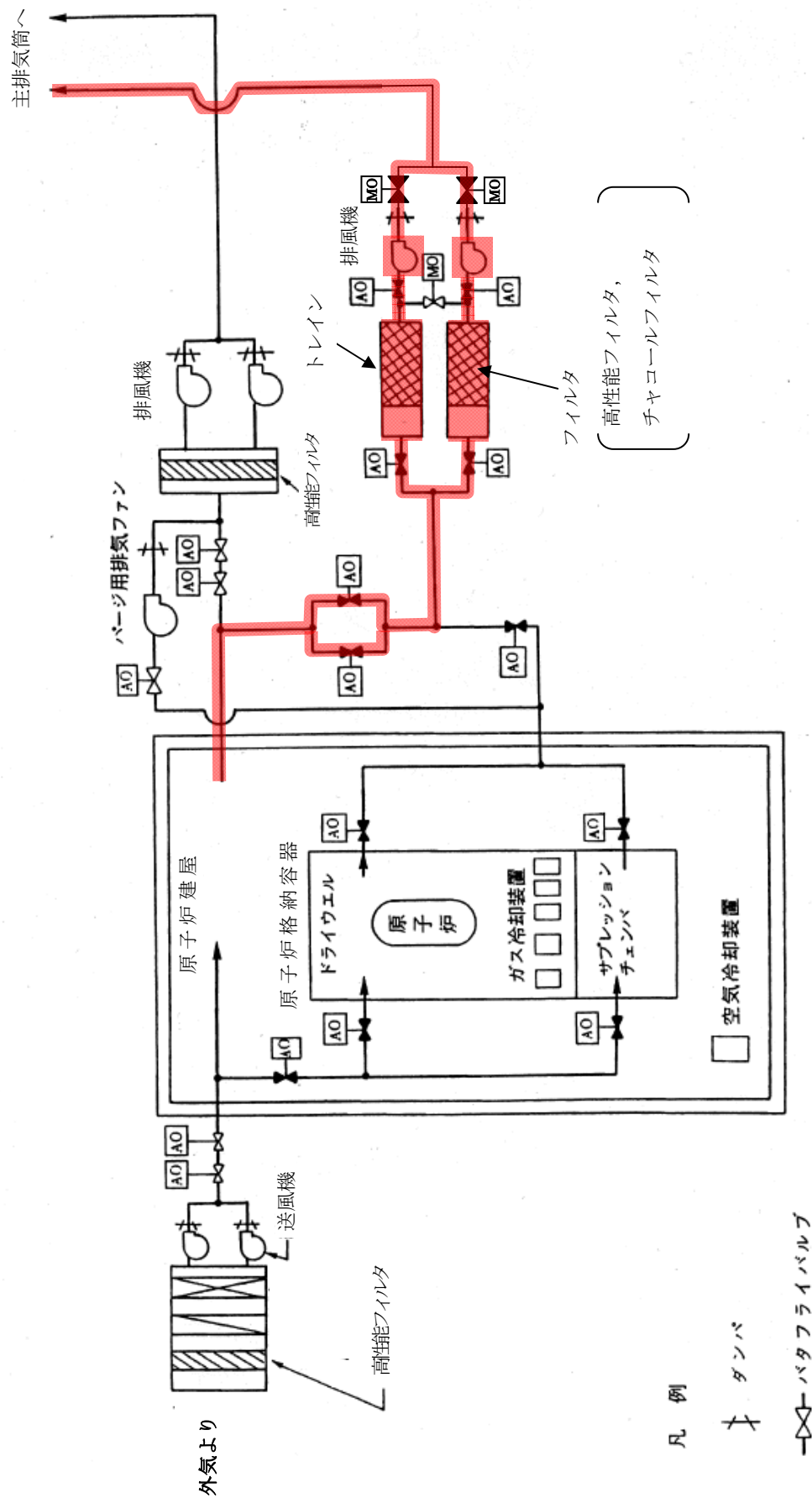


図-2 6号機 非常用ガス処理系 系統概要図

2.30 5・6号機 中央制御室換気系

2.30.1 系統の概要

中央制御室換気系は、中央制御室へ一部外気を取り入れる再循環方式により空気調節を行うが、事故時には、必要な運転操作を汚染の可能性がなく継続することができるように他系統と分離されており、チャコールフィルタを通して再循環できる構成である。

[系統の現況]

中央制御室換気系の系統機能は、復旧済みである。

2.30.2 要求される機能

燃料移動（炉心変更）時、中央制御室換気系が2系列（1系列あたり、送・排風機各2台、フィルタユニット1基）動作可能であること。

2.30.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－1に示す。

(1) 5号機（5・6号機共用）

a. 送風機

送風機については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

b. 排風機

排風機については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

c. フィルタユニット

フィルタユニットについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

2.30.4 耐震性

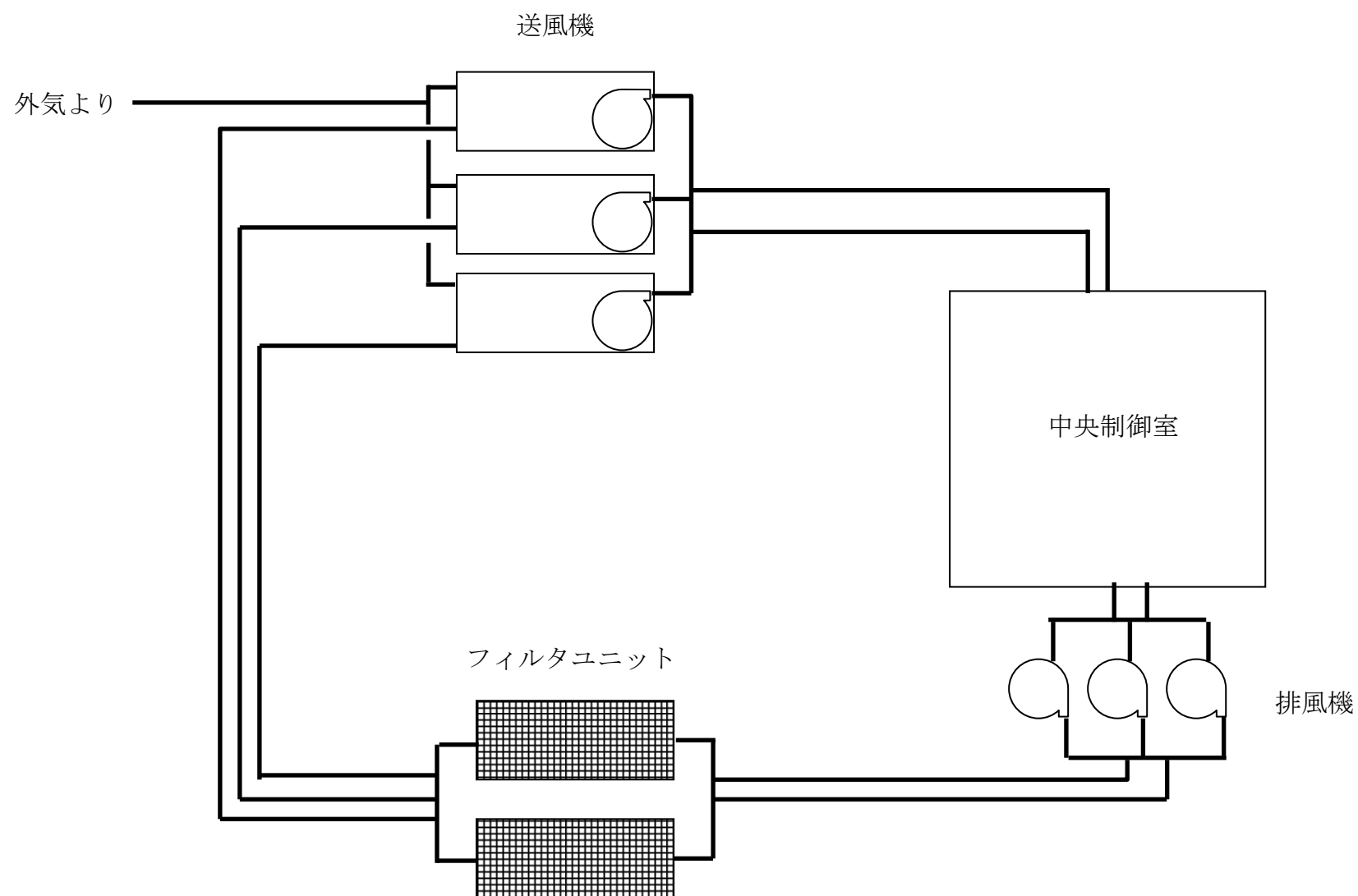
耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第7回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第1102号 昭和51年3月17日届出)

2.30.5 添付資料

添付資料－1 系統概要図



図ー1 5号機 中央制御室換気系 系統概要図

2.32 5・6号機 電源系統設備

2.32.1 系統の概要

通常電力供給を 66kV 送電線 2 回線（双葉線 1 号，2 号）及び非常用ディーゼル発電機（5 号機 2 台，6 号機 3 台設置）で構成し，多重化・多様化を図っており外部電源が喪失した場合でも安定した電力供給が可能である。

各機器への電源供給は，既設の 66kV 開閉所，起動変圧器，6.9kV 所内高圧母線及び 480V 所内低圧母線を通じて行い，主要な計測用電源や制御電源を必要とする機器に対しては，蓄電池を設置している。

なお，中央制御室にて送電線電圧及び所内高圧母線電圧を監視できる装置を備えており，故障が発生した場合には，異常を検知し，その拡大及び伝播を防止するため異常箇所を自動的に切り離す保護装置を備えている。（添付資料－1 参照）

[系統の現況]

<外部電源>

福島第一原子力発電所 5・6 号機の特定原子力施設に電力供給する送電線は，66kV 送電線 5 回線（双葉線 1 号，2 号，大熊線 3 号，4 号，東北電力（株）東電原子力線）で構成されている。（大熊線 3 号，4 号，東北電力（株）東電原子力線から所内高圧母線を通じて受電することも可能）

<非常用ディーゼル発電機>

非常用ディーゼル発電機は復旧済みである。（高圧炉心スプレイ系を除く）

6 号機の高圧炉心スプレイ系と同様に，6 号機の高圧炉心スプレイ系の非常用ディーゼル発電機については復旧していないものの，外観点検上は問題がないことは確認しており，今後は必要に応じて動作可能である状態に復旧*していくこととする。

（Ⅱ.2.23 参照）

当該発電機は高圧炉心スプレイ系のみ電力を供給する設備であり，他の復旧されている 5・6 号機全ての非常用ディーゼル発電機を含めて考えれば，万が一，外部電源（双葉線 1 号，2 号）が喪失した場合には，電源供給を必要とする負荷に対して非常用高圧母線に接続する動作可能な非常用ディーゼル発電機は十分確保されている。

（添付資料－2 参照）

*：高圧炉心スプレイ系のみ冷却水を供給する非常用ディーゼル発電機冷却海水系ポンプ及び高圧炉心スプレイ系の制御電源のみに電力を供給する直流電源装置は，高圧炉心スプレイ系の復旧に合わせて動作可能である状態に復旧していくこととする。

< 所内高圧母線 >

所内電源構成は震災前と同等であり、冷温停止に必要な設備に電源を供給している。

震災時、所内高圧母線が津波により被水し電源が喪失したことから、現状の設備に加え津波対策のため、津波による影響がない場所を想定し所内高圧母線（電源喪失時に使用）を設置している。

所内高圧母線が津波により被水し電源が喪失した場合、切替操作を行い6号機非常用ディーゼル発電機または電源車から、津波による影響がない場所を想定し設置している所内高圧母線（電源喪失時に使用）を通じて、原子炉注水及び使用済燃料プール注水機能を有する機器等に電源を供給する。また、1～4号機、5・6号機双方から受電することも可能な構成となっている。（Ⅱ.2.7 添付資料－2 参照）

< 仮設設備 >

震災以降、仮設設備を設置しており電源を供給している。（添付資料－3 参照）

< 代替電源 >

外部電源及び非常用ディーゼル発電機が使用できない場合は、電源車を代替電源として配備しており、原子炉注水及び使用済燃料プール注水機能を有する機器等に電源を供給する。（添付資料－4 参照）

< ケーブル・海水配管 >

5・6号機の海水系ポンプ（残留熱除去海水系ポンプ、非常用ディーゼル発電機冷却海水系ポンプ、補機冷却海水系ポンプ）に電力を供給する電源ケーブルは、一部が没水しており、時間の経過により絶縁性能の低下が懸念される。このため、予備の電源ケーブルを敷設することで設備の多重化による信頼性向上を図っている。

また、非常用ディーゼル発電機冷却海水系の冷却水配管は、トレンチ内で一部に津波による没水部位がある。このため、設備の健全性は系統圧力や温度監視により確認できるものの、長期的には設備に支障をきたす可能性は否定できないことから、没水配管における健全性評価及び漏えいが発生した場合に備えた諸方策の検討を実施している。（添付資料－5 参照）

2.32.2 要求される機能

- (1) 冷温停止の維持・管理に必要な設備に関し、外部電源及び非常用所内電源のいずれからも電力の供給を受けられること。
- (2) 原子炉の状態が冷温停止及び燃料交換において、外部電源が1系列動作可能であること。
- (3) 非常用所内電源が使用できない場合は、代替となる電源を有すること。

2.32.3 主要な機器

(1) 5号機

a. 変圧器

(a) 起動変圧器

起動変圧器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第5回工事計画認可申請書(48公第3622号 昭和48年6月26日認可)

b. 非常用電源設備 (A) (B)

(a) 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第9回工事計画認可申請書(48資庁第2745号 昭和48年11月19日認可)

建設時第4回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)

(b) 非常用ディーゼル発電機冷却海水系

①ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官5第933号 平成6年1月20日届出)

工事計画届出書(総文発官5第935号 平成6年1月20日届出)

②ストレーナ

ストレーナについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第6回工事計画軽微変更届出書(総官第33号 昭和49年4月6日届出)

③主配管

主配管については、以下の工事計画届出書等により確認している。

工事計画届出書(総文発官5第933号 平成6年1月20日届出)

工事計画届出書(総文発官5第935号 平成6年1月20日届出)

建設時第28回工事計画軽微変更届出書(総官第303号 昭和52年5月30日届出)

c. 直流電源装置 (添付資料-2 参照)

(a) 所内蓄電池

所内蓄電池については、福島第一原子力発電所5号炉原子炉設置変更許可申請書添付書類八により確認している。

(b) 中性子モニタ用蓄電池

中性子モニタ用蓄電池については、福島第一原子力発電所5号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

(2) 6号機

a. 非常用電源設備（A）

(a) 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第13回工事計画認可申請書(51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可)

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

(b) 非常用ディーゼル発電機冷却海水系

①ポンプ

ポンプについては、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官8第112号 平成8年7月16日届出)

②ストレーナ

ストレーナについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第13回工事計画認可申請書(51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可)

③主配管

主配管については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第16回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)

建設時第25回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

b. 非常用電源設備（B）

(a) 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機については、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官5第1224号 平成6年4月25日届出)

(b) 非常用ディーゼル発電機補機冷却系

非常用ディーゼル発電機補機冷却系（空気冷却器・ポンプ・主配管）については、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官5第1224号 平成6年4月25日届出)

c. 直流電源装置（添付資料－2 参照）

(a) 所内蓄電池

所内蓄電池については、福島第一原子力発電所 6 号炉原子炉設置変更許可申請書添付書類八により確認している。

(b) 中性子モニタ用蓄電池

中性子モニタ用蓄電池については、福島第一原子力発電所 6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

(3) 5・6 号機共用

代替電源（電源車）

台 数	2 台以上
容 量(kVA)	5 0 0 （1 台あたり）
電 圧(kV)	6 . 6
相 数	3
周波数(Hz)	5 0
タンク容量/燃料消費率	2 時間以上

2. 32. 4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5 号機

建設時第 7 回工事計画認可申請書(48公第5381号 昭和48年8月21日認可)
建設時第 9 回工事計画認可申請書(48資庁第2745号 昭和48年11月19日認可)
建設時第 5 回工事計画変更認可申請書(49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可)
工事計画届出書(総文発官5第933号 平成6年1月20日届出)
工事計画届出書(総文発官5第935号 平成6年1月20日届出)
建設時第 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第1375号 昭和49年1月30日届出)
建設時第 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第534号 昭和49年7月29日届出)
建設時第 1 3 回工事計画軽微変更届出書(総官第237号 昭和50年6月20日届出)
建設時第 1 9 回工事計画軽微変更届出書(総官第603号 昭和51年9月9日届出)
建設時第 2 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第303号 昭和52年5月30日届出)

(2) 6 号機

建設時第 5 回工事計画認可申請書(50資庁第4675号 昭和50年6月5日認可)
建設時第 7 回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

建設時第 1 3 回工事計画認可申請書(51資庁第9101号 昭和51年12月8日認可)
建設時第 7 回工事計画変更認可申請書(51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)
工事計画届出書(総文発官5第1224号 平成6年4月25日届出)
工事計画届出書(総文発官8第112号 平成8年7月16日届出)
建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第704号 昭和52年8月15日届出)
建設時第 1 8 回工事計画軽微変更届出書(総官第966号 昭和52年10月15日届出)
建設時第 2 2 回工事計画軽微変更届出書(総官第1788号 昭和53年3月23日届出)
建設時第 2 5 回工事計画軽微変更届出書(総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

2. 32. 5 添付資料

- 添付資料－ 1 所内単線結線図及び監視装置について
- 添付資料－ 2 非常用ディーゼル発電機及び直流電源装置の容量について
- 添付資料－ 3 仮設設備負荷一覧
- 添付資料－ 4 電源車負荷リスト
- 添付資料－ 5 非常用ディーゼル発電機冷却海水系の一部没水配管における健全性評価について

所内単線結線図及び監視装置について

1. 所内単線結線図

所内単線結線図の構成については震災前と同等であり，その設計に変わらないことを，福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

2. 監視装置

監視装置については，中央制御室にて監視できる装置を備えており，その設計・機能に変わらないことを福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

非常用ディーゼル発電機及び直流電源装置の容量について

現状、高圧炉心スプレイ系の直流電源装置は未復旧状態であるが、他の復旧している設備については震災前と同等であることを以下の様に確認している。

1. 非常用ディーゼル発電機

5・6号機の非常用ディーゼル発電機（5 A，5 B，6 A，6 B）は外部電源が喪失した場合においても、各号機 1 台で冷温停止を維持するために必要な負荷を運転するのに十分な容量を有している。そのため、点検等で 1 台が停止した場合においても、十分な容量を確保している。

非常用ディーゼル発電機の容量については、福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

2. 直流電源装置

直流電源装置の容量については、福島第一原子力発電所 5・6 号炉原子炉設置変更許可申請書 添付書類八により確認している。

仮設設備負荷一覧

仮設設備		供給電源箇所
滞留水貯留設備	移送設備	M/C 5B
	油分分離装置	
	浄化装置	
	淡水化装置	
	移送設備(建屋内)	M/C 5SB-2 系低圧電源

電源車負荷リスト

原子炉注水及び使用済燃料プール注水機能を有する機器等に対して，以下のように使用する負荷を選定している。５・６号機の対象負荷へそれぞれ電源車（500kVA）から，所内低圧母線を通じて電源を供給する。

５号機	
対象負荷	負荷容量
復水移送ポンプ* 1	30kW (約36kVA)
非常用ガス処理系排風機	5. 5kW (約6. 5kVA)
中央制御室換気系(送・排風機)	30kW (約36kVA)
直流125V充電器盤	33kVA
直流250V充電器盤	86kVA
No. 1通信用充電器盤	22kVA
照明用分電盤	35kVA
	合計：約255kVA

６号機	
対象負荷	負荷容量
復水移送ポンプ* 1	45kW (約60kVA)
非常用ガス処理系排風機	15kW (約20kVA)
直流125V充電器盤	75. 5kVA
直流250V充電器盤	98. 5kVA
P H S 分電盤	15kVA
照明用分電盤	50kVA
交流120/240V計測用電源	50kVA
交流120/240V計測用電源（５号機）* 2	50kVA
	合計：約419kVA

* 1：注水機能を有する機器

* 2：６号機所内低圧母線から電源を供給する。

非常用ディーゼル発電機冷却海水系の一部没水配管における健全性評価について

非常用ディーゼル発電機冷却海水系配管は、材質が炭素鋼であるが、腐食防止のために表面塗装が施されており、塗装が健全であれば外面腐食を防止できる。しかしながら現状、トレンチ内に海水が溜まっており配管の状態が確認できないことから、塗装がはく離し腐食する可能性がある。なお、配管の内側はライニング処理により腐食がないものとし、ここでは、外面からの配管の腐食について評価する。

まず、5号機及び6号機の工事計画届出書及び工事計画認可申請書では、配管の肉厚（5号機：8.13mm、6号機：7.2mm）及び配管の必要肉厚（5号機：3.8mm、6号機：3.8mm）の記載^{*1}がある。これまでは、計画的な点検により表面状態を確認し、必要に応じて補修塗装を実施し健全性を維持している。

しかしながら、配管が海水中に一部没水しているため外面からの腐食が進む可能性がある。そのため、必要肉厚を下回るのにどの程度の時間的余裕があるか評価した。

ここで、塗装のはく離及び飛沫帯がある状態を想定する。腐食防食データブック^{*2}によれば、海水中では腐食速度は0.1mm/年、飛沫帯では0.3mm/年と報告されているため、水面からの飛沫があると仮定し腐食速度は0.3mm/年とする。

その結果、必要肉厚に到達するまでの時間的余裕は5号機で約14年、6号機で約11年となると予測される。

* 1：以下の工事計画届出書及び工事計画認可申請書により確認している。

5号機：工事計画届出書(総文発官5第933号 平成6年1月20日届出)

工事計画届出書(総文発官5第935号 平成6年1月20日届出)

6号機：建設時第7回工事計画認可申請書(50資庁第11083号 昭和50年10月23日認可)

* 2：腐食防食協会編；腐食防食データブック，丸善，p. 49（1995）.

2.33 5・6号機 放射性液体廃棄物処理系

2.33.1 5・6号機 既設設備

2.33.1.1 系統の概要

放射性液体廃棄物処理系は、機器ドレン系、床ドレン系等で構成し、原子炉施設で発生する放射性廃液及び潜在的に放射性物質による汚染の可能性のある廃液を、その性状により分離収集し、処理する。

[系統の現況]

5・6号機タービン建屋等には津波により流入した大量の海水と地下水が、震災前から建屋内で管理されていた低濃度の放射性物質と共に滞留した。（以下、これを「滞留水」という）

地下水については止水処置を実施しているが、流入を完全に抑制できないことから建屋内水位が上昇した場合、原子炉の冷温停止に必要な設備への影響が懸念される。

滞留水の発生抑制については、地下水の水位を低下させることが必要であるが、地下水を汲み上げて水位を下げる設備として建屋周辺に設置されているサブドレン設備は、震災により被災したことから、設備の浄化等を行いサブドレン設備の使用に向けた準備を実施する。

放射性液体廃棄物処理系については、一部未復旧の設備があるが、5・6号機で発生する廃液については、5号機にてろ過器、脱塩器による処理後、復水貯蔵タンクに回収することができる。しかし、大量の滞留水を処理することができないため、サブドレン設備及び放射性液体廃棄物処理系が復旧するまで、仮設の滞留水貯留設備にて処理している。（添付資料－1，2，3 参照）

メガフロートについては、震災当初5・6号機の建屋内の滞留水を移送し、貯留していたが、港湾内の係留位置変更のため全量を受入タンクに移送した。係留位置変更後であっても変更前同様、最適な係留方法にて安全に位置保持している。なお、今後、滞留水を貯留する計画はない。

2.33.1.2 要求される機能

放射性液体廃棄物処理系は、原子炉施設で発生する廃液を、その性状により分離収集し、処理する機能を有すること。

2.33.1.3 主要な機器

系統概要図 添付資料－4に示す。

(1) 5号機

a. 機器ドレン系

(a) 廃液収集タンク

廃液収集タンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
工事計画認可申請書（57資庁第13908号 昭和57年11月9日認可）

(b) 廃液収集ポンプ

廃液収集ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

(c) 廃液ろ過器

廃液ろ過器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。
工事計画認可申請書（62資庁第10732号 昭和62年12月4日認可）

(d) 廃液脱塩器

廃液脱塩器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

(e) 廃液サンプルタンク

廃液サンプルタンクについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。
建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）
建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

(f) 廃液サンプルポンプ

廃液サンプルポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

(g) 廃液サージタンク

廃液サージタンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。
建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

(h) 廃液サージポンプ

廃液サージポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

b. 床ドレン系

(a) 床ドレン収集タンク

床ドレン収集タンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（57資庁第13908号 昭和57年11月9日認可）

(b) 床ドレン収集ポンプ

床ドレン収集ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

(c) 床ドレンろ過器

床ドレンろ過器については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

(d) 床ドレンサージタンク

床ドレンサージタンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

(e) 床ドレン濃縮器給液ポンプ

床ドレン濃縮器給液ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（61資庁第13609号 昭和62年2月5日認可）

(f) 床ドレン濃縮器

床ドレン濃縮器については、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書（総文発官57第685号 昭和57年9月25日届出）

(g) 床ドレン濃縮器復水器

床ドレン濃縮器復水器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

建設時第5回工事計画変更認可申請書（49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可）

可)

(h) 凝縮水貯蔵タンク

凝縮水貯蔵タンクについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第8回工事計画軽微変更届出書（総官第534号 昭和49年7月29日届出）

(i) 凝縮水移送ポンプ

凝縮水移送ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

(j) 床ドレン脱塩器

床ドレン脱塩器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

(k) 床ドレンサンプルタンク

床ドレンサンプルタンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

(l) 床ドレンサンプルポンプ

床ドレンサンプルポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

c. 再生廃液系

(a) 廃液中和タンク

廃液中和タンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（57資庁第13908号 昭和57年11月9日認可）

(b) 廃液中和ポンプ

廃液中和ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

(c) 廃液濃縮器給液ポンプ

廃液濃縮器給液ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（63資庁第13号 昭和63年5月31日認可）

(d) 廃液濃縮器

廃液濃縮器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（59資庁第10414号 昭和59年9月28日認可）

工事計画認可申請書（元資庁第4474号 平成元年6月15日認可）

(e) 廃液濃縮器復水器

廃液濃縮器復水器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書（元資庁第4474号 平成元年6月15日認可）

工事計画認可申請書（63資庁第14698号 平成元年2月23日認可）

建設時第5回工事計画変更認可申請書（49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可）

d. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書（56資庁第3240号 昭和56年8月19日認可）

工事計画認可申請書（57資庁第13908号 昭和57年11月9日認可）

工事計画認可申請書（61資庁第13609号 昭和62年2月5日認可）

工事計画認可申請書（62資庁第10732号 昭和62年12月4日認可）

工事計画認可申請書（63資庁第13号 昭和63年5月31日認可）

工事計画認可申請書（平成12・03・28資第17号 平成12年4月26日認可）

工事計画認可申請書（平成14・05・24原第9号 平成14年6月11日認可）

建設時第5回工事計画変更認可申請書（49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可）

建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

建設時第2・3回工事計画変更認可申請書（52資庁第519号 昭和52年3月1日認可）

工事計画変更認可申請書（56資庁第15242号 昭和57年1月16日認可）

建設時第1・3回工事計画軽微変更届出書（総官第237号 昭和50年6月20日届出）

建設時第2・8回工事計画軽微変更届出書（総官第303号 昭和52年5月30日届出）

(2) 6号機

a. 機器ドレン系

(a) 機器ドレン収集タンク

機器ドレン収集タンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画変更認可申請書（51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可）

(b)機器ドレン混合ポンプ

機器ドレン混合ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第26回工事計画変更認可申請書（53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可）

(c)ろ過器給液ポンプ

ろ過器給液ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第26回工事計画変更認可申請書（53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可）

(d)機器ドレンろ過器

機器ドレンろ過器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第16回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）

(e)機器ドレンろ過水タンク

機器ドレンろ過水タンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

(f)機器ドレンろ過水ポンプ

機器ドレンろ過水ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第26回工事計画変更認可申請書（53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可）

(g)機器ドレン補助ろ過器ポンプ

機器ドレン補助ろ過器ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（60資庁第8681号 昭和60年7月24日認可）

(h) 機器ドレン補助ろ過器

機器ドレン補助ろ過器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

工事計画認可申請書（60資庁第8681号 昭和60年7月24日認可）

(i) 機器ドレン脱塩器

機器ドレン脱塩器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

建設時第16回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）

(j) 廃液サンプルタンク

廃液サンプルタンクについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

建設時第25回工事計画軽微変更届出書（総文発官第636号 昭和53年8月31日届出）

(k) 廃液サンプルポンプ

廃液サンプルポンプについては、工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

建設時第26回工事計画変更認可申請書（53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可）

b. 床ドレン化学廃液系

(a) 床ドレン化学廃液収集タンク

床ドレン化学廃液収集タンクについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第25回工事計画軽微変更届出書（総文発官第636号 昭和53年8月31日届出）

(b) 床ドレン化学廃液混合ポンプ

床ドレン化学廃液混合ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

(c) 床ドレン化学廃液ろ過器

床ドレン化学廃液ろ過器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第16回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）

(d) 床ドレン化学廃液ろ過水タンク

床ドレン化学廃液ろ過水タンクについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第25回工事計画軽微変更届出書（総文発官第636号 昭和53年8月31日届出）

(e) 床ドレン化学廃液ろ過水ポンプ

床ドレン化学廃液ろ過水ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画変更認可申請書（51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可）

(f) 蒸発濃縮器給液ポンプ

蒸発濃縮器給液ポンプについては、以下の工事計画届出書により確認している。
工事計画届出書（総文発官6第1066号 平成7年2月17日届出）

(g) 蒸発濃縮器

蒸発濃縮器については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

工事計画認可申請書（59資庁第10413号 昭和59年9月21日認可）

工事計画届出書（総文発官57第470号 昭和57年7月20日届出）

(h) 蒸発濃縮器復水器

蒸発濃縮器復水器については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第16回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）

(i) 蒸留水タンク

蒸留水タンクについては、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第25回工事計画軽微変更届出書（総文発官第636号 昭和53年8月31日届出）

届出)

(j) 蒸留水ポンプ

蒸留水ポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

(k) 蒸留水脱塩器

蒸留水脱塩器については、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

(l) 蒸留水サンプルタンク

蒸留水サンプルタンクについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

(m) 蒸留水サンプルポンプ

蒸留水サンプルポンプについては、以下の工事計画認可申請書により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

(n) 蒸発濃縮器循環ポンプ

蒸発濃縮器循環ポンプについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）
工事計画届出書（総文発官59第928号 昭和59年11月19日届出）

c. 洗浄廃液系

(a) 洗浄廃液収集タンク

洗浄廃液収集タンクについては、以下の工事計画認可申請書等により確認している。
建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）
建設時第16回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）

(b) 洗浄廃液ポンプ

洗浄廃液ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第7回工事計画変更認可申請書（51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可）

(c) 洗浄廃液ろ過器

洗浄廃液ろ過器については、以下の工事計画変更認可申請書等により確認している。

建設時第7回工事計画変更認可申請書（51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可）

建設時第16回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）

d. 主配管

主配管については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

工事計画認可申請書（58資庁第2841号 昭和58年3月28日認可）

工事計画認可申請書（60資庁第8681号 昭和60年7月24日認可）

工事計画認可申請書（61資庁第8632号 昭和61年7月11日認可）

建設時第4回工事計画軽微変更届出書（総官第1193号 昭和50年2月26日届出）

建設時第16回工事計画軽微変更届出書（総官第704号 昭和52年8月15日届出）

建設時第19回工事計画軽微変更届出書（総官第1268号 昭和52年12月12日届出）

建設時第25回工事計画軽微変更届出書（総文発官第636号 昭和53年8月31日届出）

(3) 5・6号機共用

a. シャワードレン系

(a) シャワードレン受タンク

シャワードレン受タンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

(b) シャワードレン移送ポンプ

シャワードレン移送ポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

(c) シャワードレンタンク

シャワードレンタンクについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

(d) シャワードレンポンプ

シャワードレンポンプについては、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

b. サプレッションプール水サージタンク

サプレッションプール水サージタンクについては、以下の工事計画変更認可申請書及び工事計画認可申請書により確認している。

5号機：建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

6号機：建設時第4回工事計画認可申請書（49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可）

6号機：建設時第7回工事計画変更認可申請書（51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可）

2.33.1.4 構造強度及び耐震性

構造強度及び耐震性については、以下の工事計画認可申請書等により確認している。

(1) 5号機

建設時第3回工事計画認可申請書（47公第11378号 昭和48年2月19日認可）

工事計画認可申請書（59資庁第10414号 昭和59年9月28日認可）

工事計画認可申請書（61資庁第13609号 昭和62年2月5日認可）

工事計画認可申請書（62資庁第10732号 昭和62年12月4日認可）

工事計画認可申請書（63資庁第13号 昭和63年5月31日認可）

工事計画認可申請書（元資庁第4474号 平成元年6月15日認可）

工事計画認可申請書（63資庁第14698号 平成元年2月23日認可）

建設時第5回工事計画変更認可申請書（49資庁第1067号 昭和49年4月26日認可）

建設時第9回工事計画変更認可申請書（49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可）

建設時第2・3回工事計画変更認可申請書（52資庁第519号 昭和52年3月1日認可）

建設時第4回工事計画軽微変更届出書（総官第1375号 昭和49年1月30日届出）

(2) 6 号機

建設時第 4 回工事計画認可申請書 (49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

工事計画認可申請書 (59資庁第10413号 昭和59年9月21日認可)

工事計画認可申請書 (60資庁第8681号 昭和60年7月24日認可)

建設時第 7 回工事計画変更認可申請書 (51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

建設時第 2 6 回工事計画変更認可申請書 (53資庁第14829号 昭和53年12月9日認可)

建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書 (総官第704号 昭和52年8月15日届出)

建設時第 2 5 回工事計画軽微変更届出書 (総文発官第636号 昭和53年8月31日届出)

(3) 5 ・ 6 号機共用

1 号機 : 工事計画認可申請書 (48公第657号 昭和48年3月3日認可)

5 号機 : 建設時第 3 回工事計画認可申請書 (47公第11378号 昭和48年2月19日認可)

5 号機 : 建設時第 9 回工事計画変更認可申請書 (49資庁第15900号 昭和50年3月10日認可)

5 号機 : 建設時第 2 3 回工事計画変更認可申請書 (52資庁第519号 昭和52年3月1日認可)

2.33.2 5・6号機 仮設備（滞留水貯留設備）

2.33.2.1 基本設計

2.33.2.1.1 設置の目的

屋外に設置する滞留水貯留設備へ滞留水を移送し、貯留することを目的とする。

2.33.2.1.2 要求される機能

滞留水を貯留し、放射性物質を閉じ込める機能を有すること。

2.33.2.1.3 設計方針

(1)処理能力

滞留水貯留設備は、地下水の流入により増加する滞留水に対して、十分対処できる貯留容量とすると共に、散水可能な放射能濃度を満足する性能を有するものとする。

(2)規格・基準等

滞留水貯留設備の機器等は、設計、材料の選定、製作及び検査について、原則として適切と認められる規格及び基準によるものとする。

(3)滞留水の漏えい防止及び管理されない放出の防止

滞留水貯留設備は、滞留水の漏えいの防止及び所外への管理されない放出を防止するため、次の各項を考慮した設計とする。

- a. 漏えいを防止するため、機器等には設置環境や滞留水の性状に応じた適切な材料を使用すると共に、タンク水位の検出器を設ける。
- b. 滞留水貯留設備は、異常のないことを巡視点検等により容易に確認できる設備とし、漏えいを停止するための適切な処置ができるようにする。

(4)遮へいに関する考慮

遮へいについては、内包する滞留水の線量が低いため設置は考慮しない。

(5)監視

- a. 滞留水貯留設備は、漏えいの検知及び貯留状況の確認に必要な水位を監視できる設計とする。
- b. 滞留水貯留設備は、設備の異常を検知できる設計とする。

2.33.2.1.4 供用期間中に確認する項目

滞留水貯留設備からの有意な漏えいがないこと。

2. 33. 2. 1. 5 主要な機器

系統概要図 添付資料－ 4 に示す。

滞留水は、 6 号機タービン建屋から移送設備により貯留設備（タンク・メガフロート）に移送され、貯留する。

貯留設備に貯留された滞留水の一部は、浄化装置及び淡水化装置により放射性核種を除去した後、構内散水に使用し、滞留水を低減する。

滞留水は、これまでの実績より地下水の流入により約 $30\text{m}^3/\text{日}$ で増加しており、構内散水により約 $25\text{m}^3/\text{日}$ （実績）で増加を抑制している。なお、平成24年11月末現在、貯留タンクの設備容量（約 $10,000\text{m}^3$ ）に対し約70%貯留している。

今後、滞留水は、地下水流入量の変動が予想されるものの増加傾向にあるため、貯留タンクについて、空き容量約 $2,000\text{m}^3$ を目安に、貯留能力増強のため増設を計画する。（添付資料－ 5 参照）

(1) 貯留設備

a. タンク

タンクは、屋外に設置された受入タンク及び貯留タンクで構成され、 5・6 号機の滞留水を貯留する。

受入タンクは、建屋からの滞留水を受け入れる。

貯留タンクは、受入タンクから油分除去した滞留水を受け入れた後、浄化装置により放射性核種を除去し、貯留する。また、淡水化装置の戻り水を貯留する。

なお、汚染拡大防止対策として、タンク周辺に土嚢等の設置を計画する。（一部については設置中）

b. メガフロート

メガフロートは、港湾内において安全に係留するための水深確保等を考慮した場所を選定し、長期の係留における潮位変動、荒天時のメガフロートの動揺等を考慮した最適な係留方法にて、安全に位置保持する。

(2) 移送設備

移送設備は、滞留水を貯留設備へ移送することを目的に、移送ポンプ、移送ラインで構成する。

移送ポンプは、地下水の流入により増加する滞留水に対して十分対処可能な設備容量を確保する。滞留水の移送は、移送元のタービン建屋の水位や移送先となる貯留設備の水位の状況に応じて、移送ポンプの起動時間を適宜選定して実施する。

移送ラインは、使用環境を考慮した材料を選定し、必要に応じて保温等を設置する。

なお、今後、信頼性向上のため耐圧ホースをポリエチレン管へ変更を計画する。

(3) 油分分離装置

油分分離装置は、滞留水に含まれる油分を活性炭により除去する。

(4) 浄化装置

浄化装置は、内部に充填されたキレート樹脂及びゼオライトにより、滞留水に含まれる放射性核種を除去する。

(5) 淡水化装置

淡水化装置は、逆浸透膜の性質を利用して滞留水に含まれる放射性核種を散水可能な放射能濃度*まで除去する。

また、淡水化後は散水し滞留水の低減を実施しているが、今後、淡水化装置の信頼性向上のため装置の増設を計画する。（添付資料－5 参照）

*：散水可能な放射能濃度；セシウム134とセシウム137の和が、 $0.01\text{Bq}/\text{cm}^3$ を満足すること。

(6) 監視装置

滞留水貯留設備は、警報装置及び監視カメラにて監視する。

警報装置は、タンク水位高・低及び移送ポンプ用電動機過負荷を検知し、中央制御室に警報を発する。

(7) 電源設備

電源設備については、Ⅱ.2.32 参照。

2.33.2.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

タンクは、津波が到達した場合においても破損や損傷等の被害が最小限になるような位置に設置する。

メガフロートは、津波による破損や損傷等の被害が最小限になるような港湾内の位置に係留する。

(2) 台風・豪雨・竜巻

滞留水貯留設備は、屋外に設置してあるため台風・豪雨・竜巻による直接的な被害を受ける可能性は否定できないが、台風・豪雨・竜巻の発生の可能性が予見される場合には、移送設備の停止等を行い、設備損傷による影響が最小限になるよう対策を図

る。

(3) 火災

電源設備については，初期消火の対応ができるよう，近傍に消火器を設置する。

2. 33. 2. 1. 7 構造強度

滞留水貯留設備を構成する機器は，発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令上，廃棄物処理設備に相当するクラス3 機器と位置付けられる。この適用規格は，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格設計・建設規格」（以下，「設計・建設規格」という。）で規定されるものであるが，各機器については，以下のとおり個別に評価する。

(1) 貯留設備（タンク・メガフロート）

タンク・メガフロートは，「設計・建設規格」におけるクラス3 機器の要求を満足するものではないが，漏えい試験を行い，有意な漏えいがないことを確認する。

また，タンク・メガフロートは全て大気開放のため，水頭圧以上の内圧が作用することはない。

以上のことから，タンク・メガフロートは，必要な構造強度を有するものと評価する。（添付資料－6 参照）

(2) 移送設備

a. 移送ポンプ

移送ポンプについては，「設計・建設規格」におけるクラス3 機器の要求を満足するものではないが，系統の温度，圧力を考慮して仕様を選定した上で，試運転を行い有意な漏えい，運転状態に異常がないことを確認する。

以上のことから，移送ポンプは，必要な構造強度を有するものと評価する。

b. 移送ライン（耐圧ホース・ポリエチレン管）

耐圧ホース及びポリエチレン管は，非金属材であるため，「設計・建設規格」上のクラス3 機器に対する要求を満足するものではないが，系統の温度，圧力を考慮して仕様を選定した上で，漏えい試験を行い，有意な漏えいのないことを確認する。

以上のことから，耐圧ホース及びポリエチレン管は，必要な構造強度を有するものと評価する。

(3) 油分分離装置及び浄化装置

油分分離装置及び浄化装置は，「設計・建設規格」におけるクラス3 機器の要求を満足するものではないが，漏えい試験を行い，有意な漏えいがないことを確認する。

以上のことから，各装置は，必要な構造強度を有するものと評価する。

(4) 淡水化装置

淡水化装置は、「設計・建設規格」におけるクラス 3 機器の要求を満足するものではないが、試運転を行い、有意な漏えいがないこと及び運転状態に異常がないことを確認する。

以上のことから、淡水化装置は、必要な構造強度を有するものと評価する。

2. 33. 2. 1. 8 耐震性

滞留水貯留設備を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程」上の B クラス相当の設備と位置付けられる。

耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態にあわせたものを採用する場合もある。

支持部材がない等の理由によって、耐震性に関する評価ができない設備を設置する場合においては、可撓性を有する材料を使用するなどし、耐震性を確保する。（添付資料－6 参照）

2. 33. 2. 1. 9 機器の故障への対応

(1) 移送ポンプの故障

移送ポンプが故障した場合は、ポンプの修理または交換を行い、1 週間程度で機能を回復する。

(2) 電源喪失

移送ポンプの電源が喪失した場合は、仮設発電機を使用することで、1 週間程度で機能を回復する。

(3) 異常時の評価

移送ポンプによる移送が長期に停止した場合、地下水の流入により建屋内の水位が上昇し、冷温停止に必要な設備に電源を供給している所内高圧母線が被水する可能性がある。

移送停止後、建屋内水位が冷温停止に必要な設備に電源を供給している所内高圧母線が被水する可能性がある水位に達するまでの水量の余裕は、約 4,500m³と想定しているため、地下水の流入量（約 30m³/日）を考慮しても約 5 ヶ月の余裕がある。

したがって、移送ポンプの故障及び電源喪失した場合でも、1 週間程度で機能を回復できるため、建屋内水位が電源設備に影響するまでの期間内（約 5 ヶ月）に十分復旧可能である。

2.33.2.2 基本仕様

(1)貯留設備

a. 受入タンク（完成品）

合計容量	7, 514 m ³
基 数	33 基
容 量	12 m ³ /基×1 基
	35 m ³ /基×6 基
	42 m ³ /基×6 基
	110 m ³ /基×4 基
	160 m ³ /基×5 基
	200 m ³ /基×2 基
	600 m ³ /基×9 基（平成25年7月より順次、貯留タンクに変更）

b. 貯留タンク

合計容量	15, 541 m ³
基 数	26 基
容 量	299 m ³ /基×3 基（完成品）
	508 m ³ /基×18 基（完成品）
	1, 100 m ³ /基×5 基

c. メガフロート（完成品）

主要寸法	136 m × 46 m × 3 m（長さ×幅×深さ）
基 数	1 基

(2)移送設備

a. 移送ポンプ（完成品）

台 数	15 台
容 量	30 m ³ /日（1台あたり）

b. 耐圧ホース

呼 び 径	75 A相当, 100 A相当, 200 A相当
材 質	ポリ塩化ビニル
最高使用圧力	0.98 MPa
最高使用温度	50 °C

c. ポリエチレン管

呼 び 径	3 5 A相当, 7 5 A相当, 1 0 0 A相当
材 質	ポリエチレン
最高使用圧力	0 . 9 8 MP a
最高使用温度	4 0 ℃

(3) 油分分離装置

処 理 量	2 0 m ³ / h
系 列 数	直列 2 系列

(4) 浄化装置

吸 着 剤	キレート樹脂及びゼオライト
処 理 量	2 0 m ³ / h
系 列 数	1 系列

(5) 淡水化装置 (完成品)

処 理 量	1 0 0 ~ 2 0 0 m ³ / 日
基 数	2 基

2. 33. 3 添付資料

- 添付資料－ 1 建屋内の滞留水による冷温停止設備への影響について
- 添付資料－ 2 6 号機 放射性液体廃棄物処理系の未復旧期間における廃液の処理について
- 添付資料－ 3 6 号機 原子炉建屋付属棟の一部没水機器について
- 添付資料－ 4 系統概要図及び全体概要図
- 添付資料－ 5 滞留水貯留設備の増設及び移設について
- 添付資料－ 6 構造強度及び耐震性に関する評価結果について

建屋内の滞留水による冷温停止設備への影響について

現在、滞留水は 5 号機タービン建屋地下階・ 6 号機タービン建屋地下階及び 6 号機原子炉建屋付属棟地下階の 3 箇所に滞留しており、定期的に水位の計測を実施している。なお、前述の各建屋に隣接するコントロール建屋等（冷温停止設備の電源室）へ滞留水が流入する可能性のある水位は、各建屋の床面から約 2m であるが、仮設の滞留水貯留設備による処理により、水位はその半分以下で推移しているため、問題ないと考える。

6 号機 放射性液体廃棄物処理系の未復旧期間における廃液の処理について

5・6 号機の廃液については、現状 6 号機の放射性液体廃棄物処理系が未復旧であることから、5 号機の機器ドレン系にて全量処理後、5・6 号機の復水貯蔵タンクに回収し、その全量を再使用している。

廃液の発生量は、5・6 号機共に冷温停止維持設備の点検時に約 50m^3 程度（月 1 回以内）であり、仮に、5・6 号機の点検が同時期になっても廃液発生量は約 100m^3 /月となり、処理能力 $45\text{m}^3/\text{h}$ を有する 5 号機の機器ドレン系にて、十分処理可能である。

また、復水貯蔵タンクの容量（5 号機： $2,500\text{m}^3$ 、6 号機： $3,194\text{m}^3$ ）に対して、震災以降、5・6 号機共に概ねタンクの半分程度の保管量で推移しており、廃液の回収には十分な余裕がある。

なお、廃液の貯留を目的に設置されている、サプレッションプール水サージタンクは、津波による損傷が著しく使用できない状態にあるが、上記のとおり復水貯蔵タンクに回収できることから廃液の処理は問題ないとする。

6 号機 原子炉建屋付属棟の一部没水機器について

原子炉建屋付属棟の地下階は、大量の滞留水により没水している。

滞留水により没水している設備のうち、放射性廃液を貯蔵しているタンクは、機器ドレン収集タンク、廃液サンプルタンク、床ドレン化学廃液収集タンク、蒸留水サンプルタンク、機器ドレンフィルタスラッジ貯蔵タンク（固体）、原子炉浄化系フィルタスラッジ貯蔵タンク（固体）、使用済樹脂貯蔵タンク（固体）、濃縮廃液貯蔵タンク（固体）、蒸留水タンクがある。また、タンクの付属配管についても一部没水している。

タンク及び付属配管の材質は、ステンレス鋼または炭素鋼である。

1. ステンレス鋼製タンク及び付属配管

文献^{*1}によれば、通常の水環境において、ステンレス鋼の表面には保護皮膜が形成されるため、腐食速度は無視できるほど小さいが、環境中に濃度の高い塩化物イオンがあると、保護皮膜が局部的に破壊されて、腐食進展速度の大きい局部腐食が生じる場合がある。ステンレス鋼に局部腐食が発生し得る塩化物イオン濃度は、常温で 500ppm 程度とされているが、現状、設備外面が接する滞留水の塩化物イオン濃度は 200ppm 程度（水温約 20℃）で推移しており、外面から腐食が発生する可能性は小さいと考えられる。なお、滞留水の増加要因は、主に地下水の流入であり、塩化物イオン濃度が増加する可能性は小さいが、引き続き、滞留水中の塩化物イオン濃度を確認する。

一方、設備内面が接する水環境は震災前と変わらないことから、内面からの腐食が発生する可能性も小さいと考えられる。

一部没水しているステンレス鋼製のタンク及び付属配管を表－1 に示す。

表－1 ステンレス鋼製タンク及び付属配管

機 器 名	材 質
床ドレン化学廃液収集タンク	SUS304（エポキシライニング）
機器ドレンフィルタスラッジ貯蔵タンク（固体）	SUS304
原子炉浄化系フィルタスラッジ貯蔵タンク（固体）	SUS304
使用済樹脂貯蔵タンク（固体）	SUS304
床ドレン化学廃液収集タンク付属配管	SUS316TP
濃縮廃液貯蔵タンク（固体）付属配管	SUS316LTP
廃液サンプルタンク付属配管	SUS304TP
蒸留水サンプルタンク付属配管	SUS304TP

* 1：宮坂松甫他，「ポンプの高信頼性と材料」，ターボ機械 第 36 巻 第 9 号，2008 年 9 月

2. 炭素鋼製タンク及び付属配管

タンク及び付属配管は、腐食防止のために表面塗装が施されており、塗装が健全であれば外面腐食を防止できる。しかしながら現状、滞留水が溜まっていることから、塗装がはく離し腐食している可能性がある。なお、タンク及び付属配管の内面は腐食がないものとし、ここでは、外面からの腐食について評価する。

(1) 炭素鋼製タンク

これまでの、計画的な点検により表面状態を確認し、必要に応じて補修塗装を実施し健全性を維持している。

しかしながら、タンクが滞留水に一部没水しているため外面からの腐食が進む可能性がある。そのため、必要肉厚を下回るのにどの程度の時間的余裕があるか評価した。

ここで、塗装のはく離及び飛沫帯がある状態を想定する。腐食防食データブック^{*2}によれば、海水中では腐食速度は 0.1mm/年、飛沫帯では 0.3mm/年と報告されているため、水面からの飛沫があると仮定し腐食速度は 0.3mm/年とする。

その結果、必要肉厚に到達するまでの時間的余裕は約 10 年以上となると予測される。

一部没水している炭素鋼製タンクの評価結果を表－2に示す。

表－2 炭素鋼製タンクの評価結果

機器名	材質	肉厚 (mm)	必要肉厚 (mm)	必要肉厚 までの時間	備考
機器ドレン収集タンク	SM41 (エポキシライニング)	10.8	6.73	約 13 年	* 3
濃縮廃液貯蔵タンク (固体)	SM41A (エポキシライニング)	16.2	3.75	約 41 年	* 4
廃液サンプルタンク	SM41A (エポキシライニング)	6.96	3.81	約 10 年	
蒸留水サンプルタンク	SM41A (エポキシライニング)	9.96	3.81	約 10 年	
蒸留水タンク	SM41A (エポキシライニング)	7.1	3	約 13 年	

* 2 : 腐食防食協会編 ; 腐食防食データブック , 丸善 , p. 49 (1995) .

* 3 : 建設時第 4 回工事計画認可申請書 (49資庁第21657号 昭和50年2月5日認可)

* 4 : 建設時第 7 回工事計画変更認可申請書 (51資庁第9100号 昭和51年10月8日認可)

(2) 炭素鋼製タンク付属配管

付属配管の外表面は防食塗装が施工されているため、急速な腐食の進展は少ないと考えられるが、タンク同様に外表面からの腐食速度を 0.3mm/年とした結果、必要肉厚に到達するまでの時間的余裕は約 6 年以上となると予測される。

付属配管については、念のため、定期的に肉厚の測定を実施し、減肉評価を実施する。(初回は、平成 25 年度に計画する)

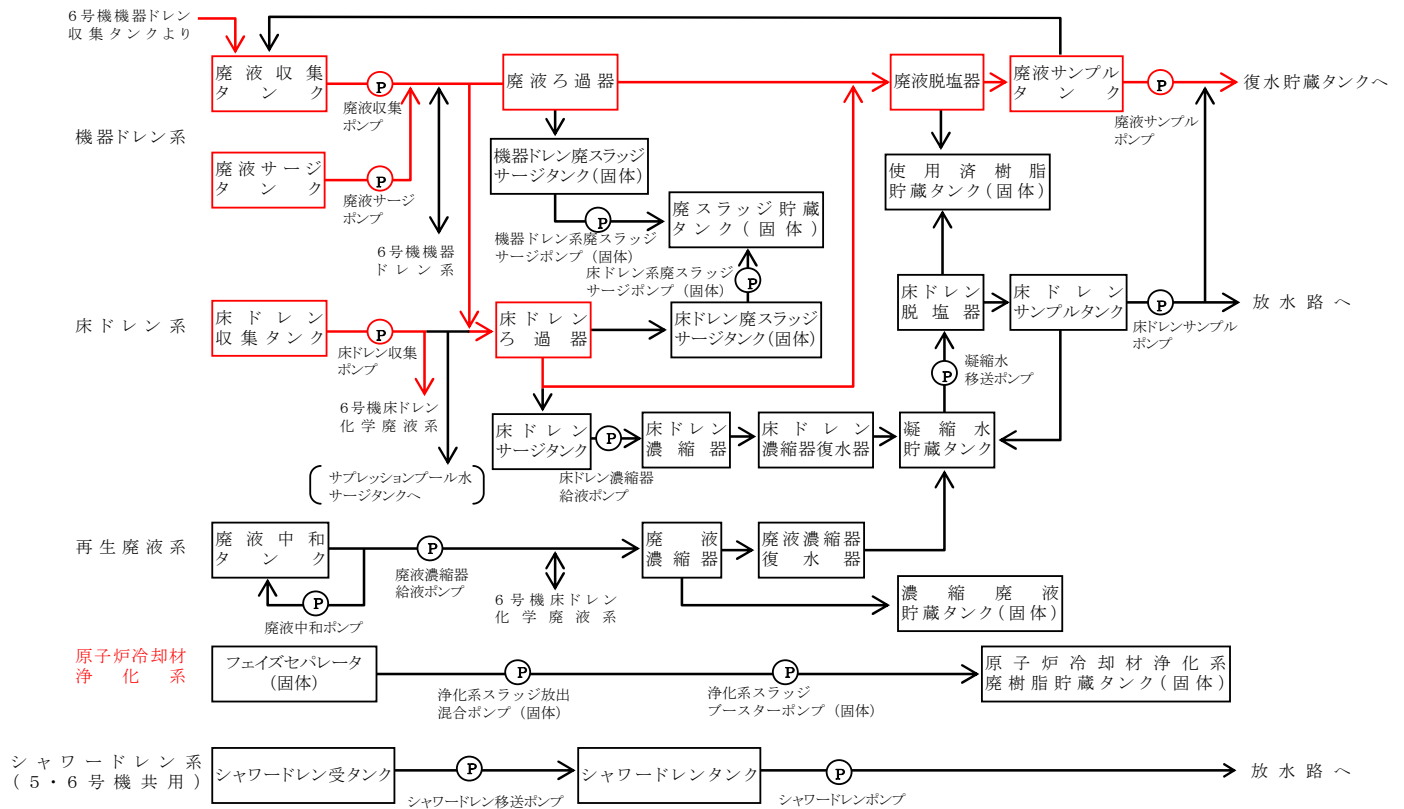
一部没水している炭素鋼製タンク付属配管の評価結果を表 3 に示す。

表 3 炭素鋼製タンク付属配管の評価結果

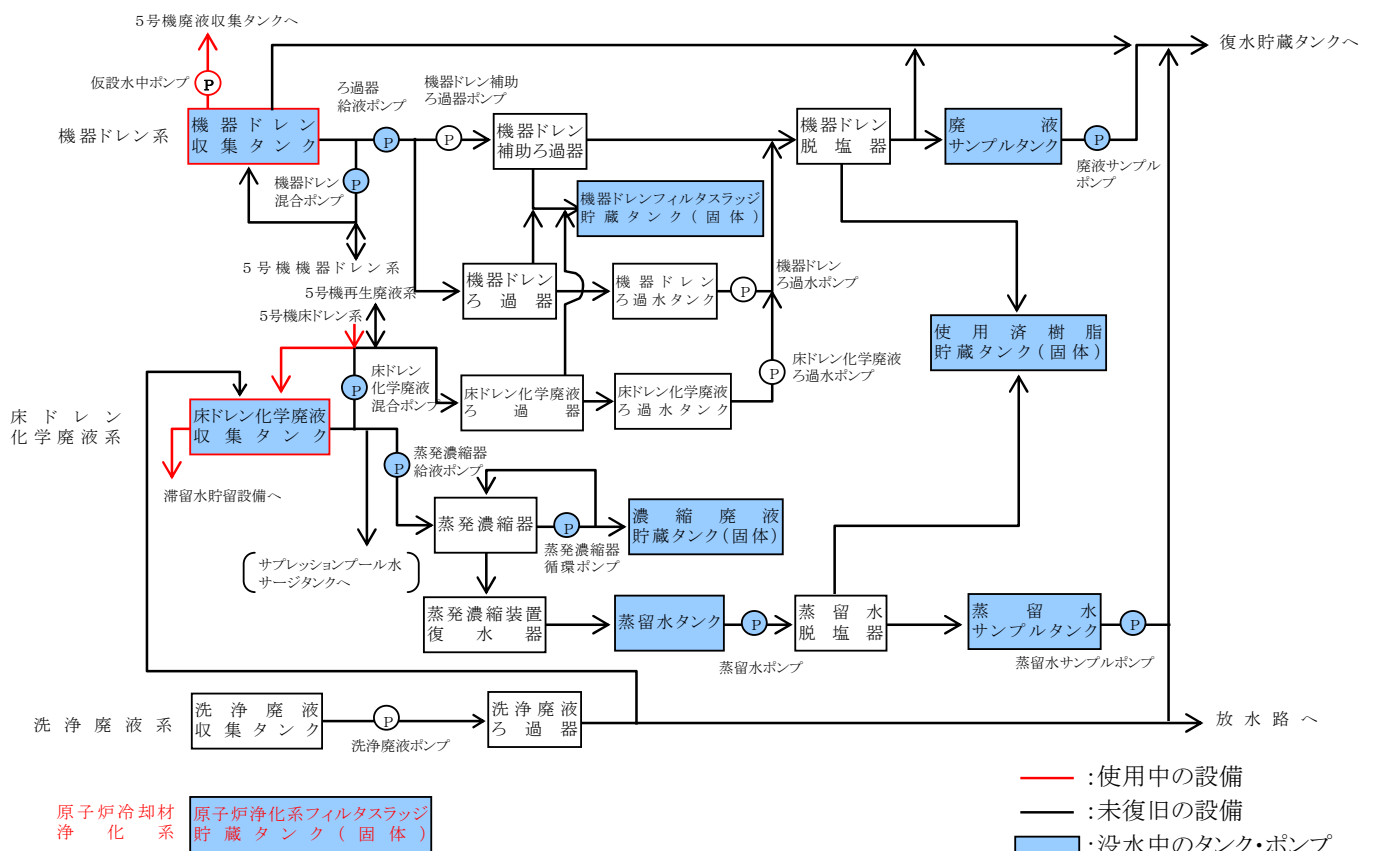
機器名	口径	材質	肉厚 (mm)	必要肉厚 (mm)	必要肉厚 までの時間	備考
機器ドレン収集タンク付属配管	100A	STPT42	5.2	3.4	6 年	* 5
	80A	STPT42	4.8	3.0	6 年	* 5
	40A	PT42	4.4	2.2	7 年	* 6
原子炉浄化系フィルタスラッジ貯蔵タンク (固体) 付属配管	100A	STPT42	5.2	3.4	6 年	* 5
	80A	STPT42	4.8	3.0	6 年	* 5
	40A	PT42	4.4	2.2	7 年	* 6
機器ドレンフィルタスラッジ貯蔵タンク (固体) 付属配管	100A	STPT42	5.2	3.4	6 年	* 5
	80A	STPT42	4.8	3.0	6 年	* 5
	40A	PT42	4.4	2.2	7 年	* 6
蒸留水タンク付属配管	80A	STPT42	4.8	3.0	6 年	* 5
	25A	PT42	3.9	1.7	7 年	* 6

* 5 : 建設時第 16 回工事計画軽微変更届出書 (総文発官第 704 号 昭和 52 年 8 月 15 日届出)

* 6 : 建設時第 25 回工事計画軽微変更届出書 (総文発官第 636 号 昭和 53 年 8 月 31 日届出)



図－1 5号機 放射性液体廃棄物処理系 系統概要図



— : 使用中の設備
 — : 未復旧の設備
 ■ : 没水中のタンク・ポンプ
 (固体): 放射性固体廃棄物処理系^{*1}

^{*1}: 放射性固体廃棄物処理系については、II.2.10参照

図－2 6号機 放射性液体廃棄物処理系 系統概要図

II-2-33-添4-2

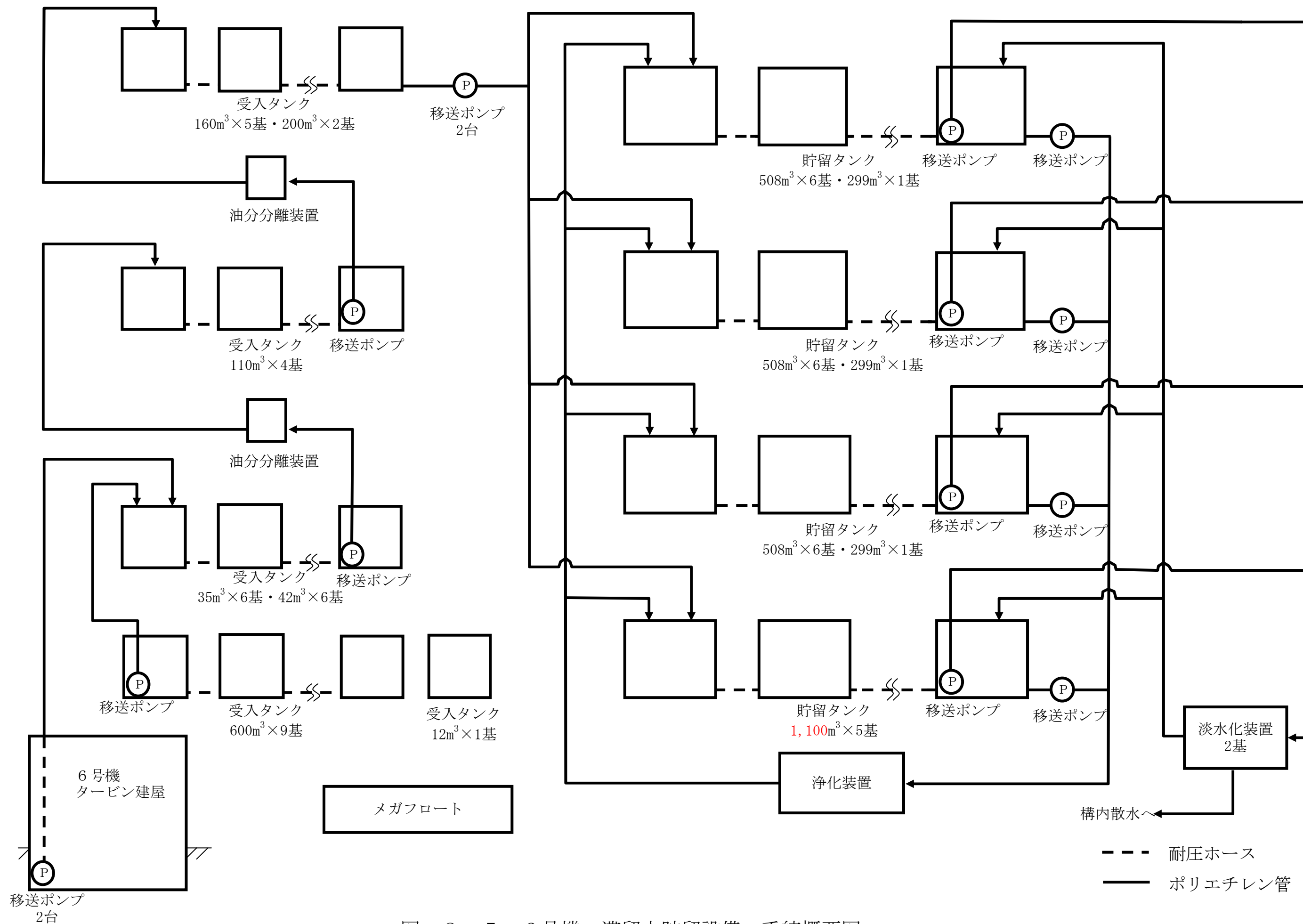


図-3 5・6号機 滞留水貯留設備 系統概要図

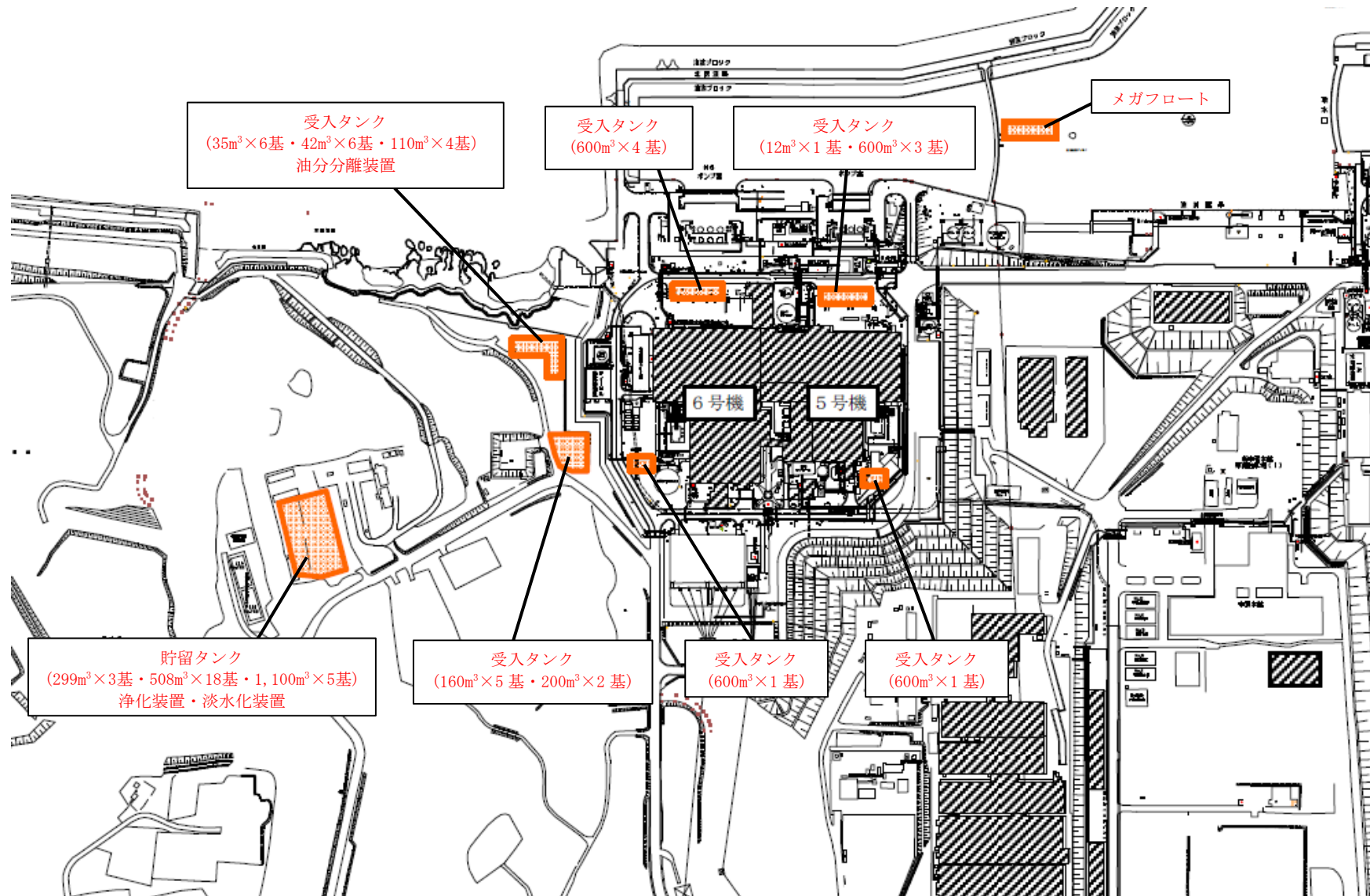


図-4 5・6号機 滞留水貯留設備 全体概要図

滞留水貯留設備の増設及び移設について

滞留水貯留設備は、貯留能力増強対策及び信頼性向上対策を目的とした以下の工事について計画し実施する。

1. 工事概要

1.1 貯留設備（貯留タンク）増設及び移設

貯留設備の貯留能力増強対策のため、貯留タンクの増設を行う。なお、受入タンクのうち 600m³タンク 9 基については、貯留タンクとして使用目的を変更し移設する。

1.2 淡水化装置増設

淡水化装置は、信頼性向上対策のため、増設を行う。

2. 設備概要

2.1 貯留設備（貯留タンク）

(1) 増設

容 量 : 1,100 m³/基
基 数 : 5 基
材 料 : S S 4 0 0
板厚（胴板） : 12 mm

(2) 移設（完成品）

容 量 : 600 m³/基
基 数 : 9 基
(受入タンクから貯留タンクに使用目的を変更する)

2.2 淡水化装置（完成品）

処 理 量 : 100～200 m³/日
基 数 : 1 基

2.3 各設備付属配管

(1) 耐圧ホース（完成品）

呼 び 径 : 75 A 相当, 100 A 相当, 200 A 相当
材 質 : ポリ塩化ビニル
最高使用圧力 : 0.98 MPa

最高使用温度 : 50℃

(2) ポリエチレン管 (完成品)

呼び径 : 75A相当

材質 : ポリエチレン

最高使用圧力 : 0.98 MPa

最高使用温度 : 40℃

3. 工 程

年度	2013						
	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
貯留設備 (貯留タンク)		増設*					
					移設*		
淡水化装置					装置増設*		

* : 各設備付属配管の増設を含む。

構造強度及び耐震性に関する評価結果について

1. 構造強度及び耐震性

滞留水貯留設備を構成する機器の構造強度及び耐震性についての評価を行う。

2. 構造強度

(1) 受入タンク及び貯留タンクの評価

「設計・建設規格」に準拠し、円筒形タンクの板厚評価を実施した。評価の結果、水頭圧に耐えられることを確認した。(表－ 1)

$$t = \frac{DiH\rho}{0.204S\eta}$$

t : 胴の必要板厚

Di : 胴の内径

H : 水頭

ρ : 液体の比重

S : 最高使用温度における材料 (SS400) の許容引張応力

η : 長手継手の効率

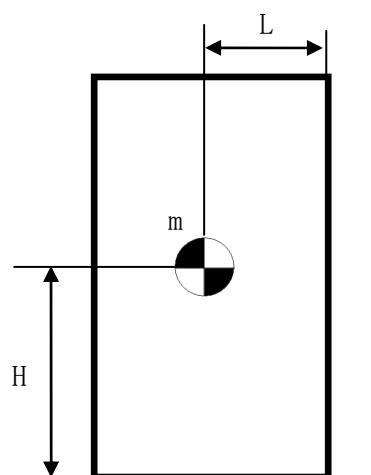
表－ 1 板厚評価結果

機器名称	評価部位	必要板厚[mm]	板厚[mm]
受入タンク (容量：160m ³)	胴板	1.5	4.5
受入タンク (容量：200m ³)	胴板	1.9	6.0
受入タンク (容量：600m ³)	胴板	4.4	9.0
貯留タンク (容量：299m ³)	胴板	3.1	9.0
貯留タンク (容量：508m ³)	胴板	4.0	9.0
貯留タンク (容量：1,100m ³)	胴板	9.6	12.0

3. 耐震性

(1) 転倒評価

地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し、それらと比較することにより転倒評価を行った。評価の結果、「地震による転倒モーメント<自重による安定モーメント」となることから、転倒しないことを確認した。(表-2)



- C_H : 水平方向設計震度 (0.36)
- m : 機器質量 (水の自重)
- g : 重力加速度
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 転倒支点から機器重心までの距離

地震による転倒モーメント : $M_1 = m \times g \times C_H \times H$

自重による安定モーメント : $M_2 = m \times g \times L$

(2) 滑動評価

地震時の水平荷重によるすべり力と接地面の摩擦力を比較することにより、滑動評価を行った。評価の結果、「地震時の水平荷重によるすべり力<接地面の摩擦力」となることから、滑動しないことを確認した。(表-2)

地震時の水平荷重によるすべり力 : $F_L = C_H \times m \times g$

接地面の摩擦力 : $F_\mu = \mu \times m \times g$

- C_H : 水平方向設計震度 (0.36)
- m : 機器質量 (水の自重)
- g : 重力加速度
- μ : 摩擦係数 (コンクリート上 : 0.4,
敷鉄板上 : 0.52)

表-2 受入タンク及び貯留タンクの転倒・滑動評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
受入タンク (容量：12m ³)	本体	転倒	0.36	41	117	kN・m
		滑動		43	61	kN
受入タンク (容量：35m ³)	本体	転倒	0.36	139	346	kN・m
		滑動		124	178	kN
受入タンク (容量：42m ³)	本体	転倒	0.36	167	477	kN・m
		滑動		149	214	kN
受入タンク (容量：110m ³)	本体	転倒	0.36	497	2,533	kN・m
		滑動		389	560	kN
受入タンク (容量：160m ³)	本体	転倒	0.36	1,271	5,331	kN・m
		滑動		565	815	kN
受入タンク (容量：200m ³)	本体	転倒	0.36	1,941	6,664	kN・m
		滑動		706	1,019	kN
受入タンク (容量：600m ³)	本体	転倒	0.36	10,568	25,977	kN・m
		滑動		2,117	3,057	kN
貯留タンク (容量：299m ³)	本体	転倒	0.36	4,833	9,924	kN・m
		滑動		1,055	1,523	kN
貯留タンク (容量：508m ³)	本体	転倒	0.36	8,275	21,994	kN・m
		滑動		1,793	2,588	kN
貯留タンク (容量：1,100m ³)	本体	転倒	0.36	20,446	64,680	kN・m
		滑動		3,881	4,312	kN

2.34 5・6号機 計測制御設備

2.34.1 系統の概要

計測制御設備は、通常運転時に起こり得る運転条件の変化、負荷の変化及び外乱に対して、監視及び制御を行うためのものである。

さらに、これらの設備からの情報を基にプラントの主要な系統の運転に必要なパラメータの監視及び機器の操作を集中して管理するための計測制御設備を中央制御室に設ける。

[系統の現況]

冷温停止を維持・管理するための主要な系統の監視及び臨界未満に維持されていることを監視するための主要な機器は復旧済みである。

2.34.2 要求される機能

- (1) 冷温停止を維持・管理するための主要な系統の監視ができること。
- (2) 炉心、冷却材圧力バウンダリ、原子炉格納容器バウンダリの健全性を確保するために必要なパラメータを監視することができること。
- (3) 燃料が装荷されている状態において、臨界未満に維持されていることを監視できること。

2.34.3 主要な機器

- (1) 冷温停止を維持・管理するための主要な系統の監視機器は下記に示すとおりである。

また、冷温停止時の運転上の制限（設定値）については、「Ⅲ 特定原子力施設の保安 第2編（5号炉及び6号炉に係る保安措置）第27条」に示す。

a. 原子炉系計測制御設備

水位計，温度計，圧力計，導電率計

b. 残留熱除去系計測制御設備

圧力計，温度計，流量計

c. 燃料プール冷却浄化系計測制御設備

圧力計，温度計，水位計，流量計

d. 非常用炉心冷却系計測制御設備

圧力計，流量計

e. 復水補給水系計測制御設備

圧力計

f. 原子炉冷却材浄化系計測制御設備

圧力計，温度計，流量計

g. 原子炉補機冷却系計測制御設備

水位計，温度計，圧力計

- h. 制御棒駆動系計測制御設備
圧力計，流量計，水位計
- i. 非常用予備電源装置関連計測制御設備
圧力計，温度計
- j. 核計測装置
起動領域モニタ，出力領域モニタ（6号機のみ）
- k. 安全保護系計測制御設備
地震計
- l. 制御棒駆動機構関連計測制御設備
原子炉手動制御系，制御棒位置指示系
- m. 非常用ガス処理系計測制御設備
流量計，差圧計
- n. 原子炉建屋常用換気系及び中央制御室換気系計測制御設備
流量計，差圧計
- o. 放射線モニタ関連計測制御設備
エリア放射線モニタ，プロセス放射線モニタ^{*1}
^{*1}：放射性気体廃棄物の放出管理は，主排気筒放射線モニタである。

(2) 炉心，冷却材圧力バウンダリ，原子炉格納容器バウンダリの健全性を確保されていることを監視するために必要な機器は下記に示すとおりである。

なお，5・6号機の原子炉格納容器に関しては，今後，燃料取出し作業を計画しているため，現状の開放状態を維持・継続することから除外する。

- a. 原子炉系計測制御設備
水位計，温度計

(3) 燃料が装荷されている状態において，臨界未満に維持されていることを監視するために必要な機器は下記に示すとおりである。

- a. 核計測装置
起動領域モニタ

また，上記監視機器において，既に工事計画軽微変更届出書等により確認している，原子炉水位，原子炉圧力，残留熱除去系熱交換器入口温度（原子炉水温度），残留熱除去系流量，炉心スプレイ系圧力・流量（5号機），低圧炉心スプレイ系流量（6号機），起動領域モニタ，出力領域モニタ（6号機），主排気筒放射線モニタ，エリア放射線モニタのパラメータについては，添付資料－1に示す。

2.34.4 添付資料

添付資料－1 パラメータ一覧

パラメーター一覧

1. 5 号機

(1) 原子炉水位

原子炉水位を計測する装置については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第 1102 号 昭和 51 年 3 月 17 日届出)

(2) 原子炉圧力

原子炉圧力を計測する装置については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 1 6 回工事計画軽微変更届出書(総官第 1102 号 昭和 51 年 3 月 17 日届出)

(3) 残留熱除去系熱交換器入口温度(原子炉水温度)

残留熱除去系熱交換器入口温度を計測する装置については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 2 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第 1230 号 昭和 52 年 1 月 25 日届出)

(4) 残留熱除去系流量

残留熱除去系流量を計測する装置については、以下の工事計画軽微変更届出書により確認している。

建設時第 2 4 回工事計画軽微変更届出書(総官第 1230 号 昭和 52 年 1 月 25 日届出)

(5) 炉心スプレイ系圧力

炉心スプレイ系圧力を計測する装置については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 8 回工事計画認可申請書(48 公第 8194 号 昭和 49 年 1 月 7 日認可)

(6) 炉心スプレイ系流量

炉心スプレイ系流量を計測する装置については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 8 回工事計画認可申請書(48 公第 8194 号 昭和 49 年 1 月 7 日認可)

(7) 起動領域モニタ

起動領域モニタについては、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官 4 第 679 号 平成 4 年 11 月 5 日届出)

(8)主排気筒放射線モニタ

主排気筒放射線モニタについては、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官 62 第 319 号 昭和 62 年 6 月 29 日届出)

(9)エリア放射線モニタ

エリア放射線モニタについては、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官 6 第 18 号 平成 6 年 4 月 19 日届出)

2. 6 号機

(1)原子炉水位

原子炉水位を計測する装置については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第 2 1 回工事計画変更認可申請書(53 資庁第 1730 号 昭和 53 年 3 月 28 日認可)

(2)原子炉圧力

原子炉圧力を計測する装置については、以下の工事計画変更認可申請書により確認している。

建設時第 2 1 回工事計画変更認可申請書(53 資庁第 1730 号 昭和 53 年 3 月 28 日認可)

(3)残留熱除去系熱交換器入口温度(原子炉水温度)

残留熱除去系熱交換器入口温度を計測する装置については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50 資庁第 14354 号 昭和 51 年 4 月 8 日認可)

(4)残留熱除去系流量

残留熱除去系流量を計測する装置については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50 資庁第 14354 号 昭和 51 年 4 月 8 日認可)

(5)低圧炉心スプレイ系流量

低圧炉心スプレイ系流量を計測する装置については、以下の工事計画認可申請書により確認している。

建設時第 1 1 回工事計画認可申請書(50 資庁第 14354 号 昭和 51 年 4 月 8 日認可)

(6)起動領域モニタ

起動領域モニタについては、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官 5 第 182 号 平成 5 年 5 月 26 日届出)

(7) 出力領域モニタ

出力領域モニタについては、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官 5 第 182 号 平成 5 年 5 月 26 日届出)

(8) エリア放射線モニタ

エリア放射線モニタについては、以下の工事計画届出書により確認している。

工事計画届出書(総文発官 5 第 245 号 平成 5 年 7 月 8 日届出)