

2.16.2 増設多核種除去設備

2.16.2.1 基本設計

2.16.2.1.1 設置の目的

増設多核種除去設備は、汚染水処理設備の処理済水に含まれる放射性物質（トリチウムを除く）を十分低い濃度になるまで除去することを目的とする。

2.16.2.1.2 要求される機能

『2.16.1 多核種除去設備』に同じ。

2.16.2.1.3 設計方針

『2.16.1 多核種除去設備』に同じ。

2.16.2.1.4 供用期間中に確認する項目

『2.16.1 多核種除去設備』に同じ。

2.16.2.1.5 主要な機器

増設多核種除去設備は、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、薬品供給設備、放射性物質を吸着した吸着材等を収容して貯蔵する高性能容器、増設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。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。

増設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。更に、特に重要な運転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。また、増設多核種除去設備の設置エリアには放射線レベル上昇が確認できるようエリア放射線モニタを設置し監視を行う。

増設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) 前処理設備

前処理設備は、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価の金属を炭酸塩沈殿処理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する。

炭酸塩沈殿処理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。

(2) 多核種除去装置

多核種除去装置は、1系列あたり18塔の吸着塔で構成する。

多核種除去装置は、除去対象核種に応じて吸着塔に収容する吸着材の種類が異なり、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物質を分離・吸着処理する機能を有する。吸着塔に収容する吸着材の構成は、処理対象水の性状に応じて変更する。また、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。

なお、吸着塔は2塔分の増設が可能である。

(3) 高性能容器 (HIC ; High Integrity Container)

高性能容器は、使用済みの吸着材、沈殿処理生成物を収容する。

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現場で状況を確認しながら手動操作によって行う。高性能容器への収容量は、水位センサにて監視する。

沈殿処理生成物及び使用済みの吸着材を収容した高性能容器は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設で貯蔵する。

また、高性能容器は、取扱い時の落下による漏えいを防止するため、補強体等を取り付ける。

(4) 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へ供給する。添加する薬品は、苛性ソーダ、炭酸ソーダ、塩酸である。なお、炭酸ソーダについては、増設多核種除去設備の処理済み水に粉体を溶解させ生成することも可能な設計とする。

なお、使用する薬品は、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。

(5) 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。

(6) 橋形クレーン

高性能容器を取り扱うための橋形クレーンを設ける。

(7) 増設多核種除去設備建屋

増設多核種除去設備建屋は、鉄骨造（一部鉄筋コンクリート造）の地上1階建てで、平面が約6.1m（南北方向）×約8.1m（東西方向）の建物で、地上高さは約16mである。

2.16.2.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

増設多核種除去設備は、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する。

(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する。

(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。

(6) 火災

火災発生を防止するため、消防法基準に準拠した火災検出設備、誘導灯を設置する。また、初期消火ができるよう近傍に消火器を設置する。

2.16.2.1.7 構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

増設多核種除去設備を構成する主要な機器は、「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と位置付けられる。これに対する適用規格は、「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、機器区分クラス3の規定を適用することを基本とする。また、一部の海外製等の理由により設計・建設規格の適用が困難な機器については、設計・建設規格適用品と同等の構造強度を有することを基本とする。

なお、クラス3機器に該当しないその他の機器は、JIS等の規格に適合する一般産業品を適用する。

また、構造強度に関連して経年劣化の影響を評価する観点から、原子力発電所での使用実績がない材料を使用する場合は、他産業での使用実績等を活用しつつ、必要に応じて試験等を行うことで、経年劣化の影響についての評価を行う。なお、試験等の実施が困難な場合にあっては、巡視点検等による状態監視を行うことで、健全性を確保する。

(2) 耐震性

増設多核種除去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、「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。

2.16.2.1.8 機器の故障への対応

(1) 機器の単一故障

増設多核種除去設備は、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) 高性能容器の落下

万一の高性能容器からの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。

2.16.2.2 基本仕様

2.16.2.2.1 系統仕様

(1) 増設多核種除去設備

処理方式 沈殿方式+吸着材方式

処理容量・処理系列 250m³/日/系列×3 系列

2.16.2.2.2 機器仕様

(1) 容器

a. 処理水受入タンク

| 名 称 | | 処理水受入タンク | |
|-------------|-------------------|----------|-----------------|
| 種 類 | — | たて置円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /個 | 25 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 静水頭 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 60 | |
| 材 料 | 胴 板 | — | SS400・内面ゴムライニング |
| | 下 部 鏡 板 | — | SS400・内面ゴムライニング |
| 個 数 | 個 | 2 | |

b. 共沈タンク

| 名 称 | | 共沈タンク | |
|-------------|-------------------|-------------|-----------------|
| 種 類 | — | たて置円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /個 | 5 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 静水頭 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 60 | |
| 材 料 | 胴 板 | — | SS400・内面ゴムライニング |
| | 下 部 鏡 板 | — | SS400・内面ゴムライニング |
| 個 数 | 個 | 1 (1 系列あたり) | |

c. 供給タンク

| 名 称 | | 供給タンク | |
|-------------|-------------------|------------|-----------------|
| 種 類 | — | たて置円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /個 | 5 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 静水頭 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 60 | |
| 材 料 | 胴 板 | — | SS400・内面ゴムライニング |
| | 下 部 鏡 板 | — | SS400・内面ゴムライニング |
| 個 数 | 個 | 1 (1系列あたり) | |

d. 吸着塔入口バッファタンク

| 名 称 | | 吸着塔入口バッファタンク | |
|-------------|-------------------|--------------|---------|
| 種 類 | — | たて置円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /個 | 6 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 静水頭 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 60 | |
| 材 料 | 胴 板 | — | SUS316L |
| | 下 部 平 板 | — | SUS316L |
| 個 数 | 個 | 1 (1系列あたり) | |

e. 多核種吸着塔 1～18

| 名 称 | | 多核種吸着塔 1～5 | |
|-------------|-------------------|------------|---------|
| 種 類 | — | たて置円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /個 | 1 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 1.37 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 60 | |
| 材 料 | 胴 板 | — | SUS316L |
| | 鏡 板 | — | SUS316L |
| 個 数 | 個 | 5 (1系列あたり) | |

| 名 称 | | 多核種吸着塔 6～14 | |
|-------------|-------------------|-------------|------------------|
| 種 類 | — | たて置円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /個 | 1 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 1.37 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 60 | |
| 材 料 | 胴 板 | — | SM400A・内面ゴムライニング |
| | 鏡 板 | — | SM400A・内面ゴムライニング |
| 個 数 | 個 | 9 (1系列あたり) | |

| 名 称 | | 多核種吸着塔 15～18 | |
|-------------|-------------------|--------------|------------------|
| 種 類 | — | たて置円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /個 | 2.4 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 1.37 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 60 | |
| 材 料 | 胴 板 | — | SM400A・内面ゴムライニング |
| | 鏡 板 | — | SM400A・内面ゴムライニング |
| 個 数 | 個 | 4 (1系列あたり) | |

f. 移送タンク

| 名 称 | | 移送タンク | |
|-------------|-------------------|--------|-----------------|
| 種 類 | — | たて置円筒形 | |
| 容 量 | m ³ /個 | 27 | |
| 最 高 使 用 圧 力 | MPa | 静水頭 | |
| 最 高 使 用 温 度 | ℃ | 60 | |
| 材 料 | 胴 板 | — | SS400・内面ゴムライニング |
| | 下 部 平 板 | — | SS400・内面ゴムライニング |
| 個 数 | 個 | 2 | |

(2) ポンプ

a. 供給ポンプ 1 (完成品)

| | |
|-----|------------------------|
| 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| 容 量 | 10.5 m ³ /h |

b. 供給ポンプ 2 (完成品)

| | |
|-----|------------------------|
| 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| 容 量 | 11.0 m ³ /h |

c. 循環ポンプ (完成品)

| | |
|-----|-----------------------|
| 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| 容 量 | 313 m ³ /h |

d. ブースタポンプ 1 (完成品)

| | |
|-----|------------------------|
| 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| 容 量 | 11.0 m ³ /h |

e. ブースタポンプ 2 (完成品)

| | |
|-----|------------------------|
| 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
| 容 量 | 11.5 m ³ /h |

(3) その他機器

a. クロスフローフィルタ

| | |
|-----|---------------|
| 台 数 | 6 台 (1 系列あたり) |
|-----|---------------|

b. 出口フィルタ

| | |
|-----|---------------|
| 台 数 | 1 台 (1 系列あたり) |
|-----|---------------|

(4) 配管

主要配管仕様

| 名 称 | 仕 様 | |
|--|--------------------------------------|---|
| 処理水受入タンク出口から 共沈タンク入口まで (鋼管) | 呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度 | 100A/Sch. 40 50A/Sch. 40 32A/Sch. 40 STPG370 + ラインゲ 静水頭 0.98MPa 60℃ |
| 共沈タンク出口から 供給タンク入口まで (鋼管) | 呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度 | 150A/Sch. 40 SUS316L 静水頭 60℃ |
| 供給タンク出口から クロスフローフィルタ循環ラインまで (鋼管) | 呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度 | 100A/Sch. 40 50A/Sch. 40 32A/Sch. 40 SUS316L 静水頭 0.98MPa 60℃ |
| クロスフローフィルタ循環ライン (鋼管) | 呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度 | 125A/Sch. 40 150A/Sch. 40 200A/Sch. 40 250A/Sch. 40 300A/Sch. 40 SUS316L 0.98MPa 60℃ |
| クロスフローフィルタ出口から 吸着塔入口バッファタンク入口まで (鋼管) | 呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度 | 50A/Sch. 40 SUS316L 0.98MPa 60℃ |

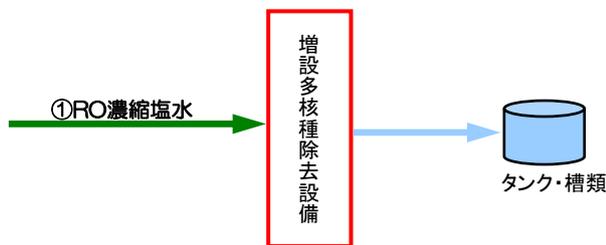
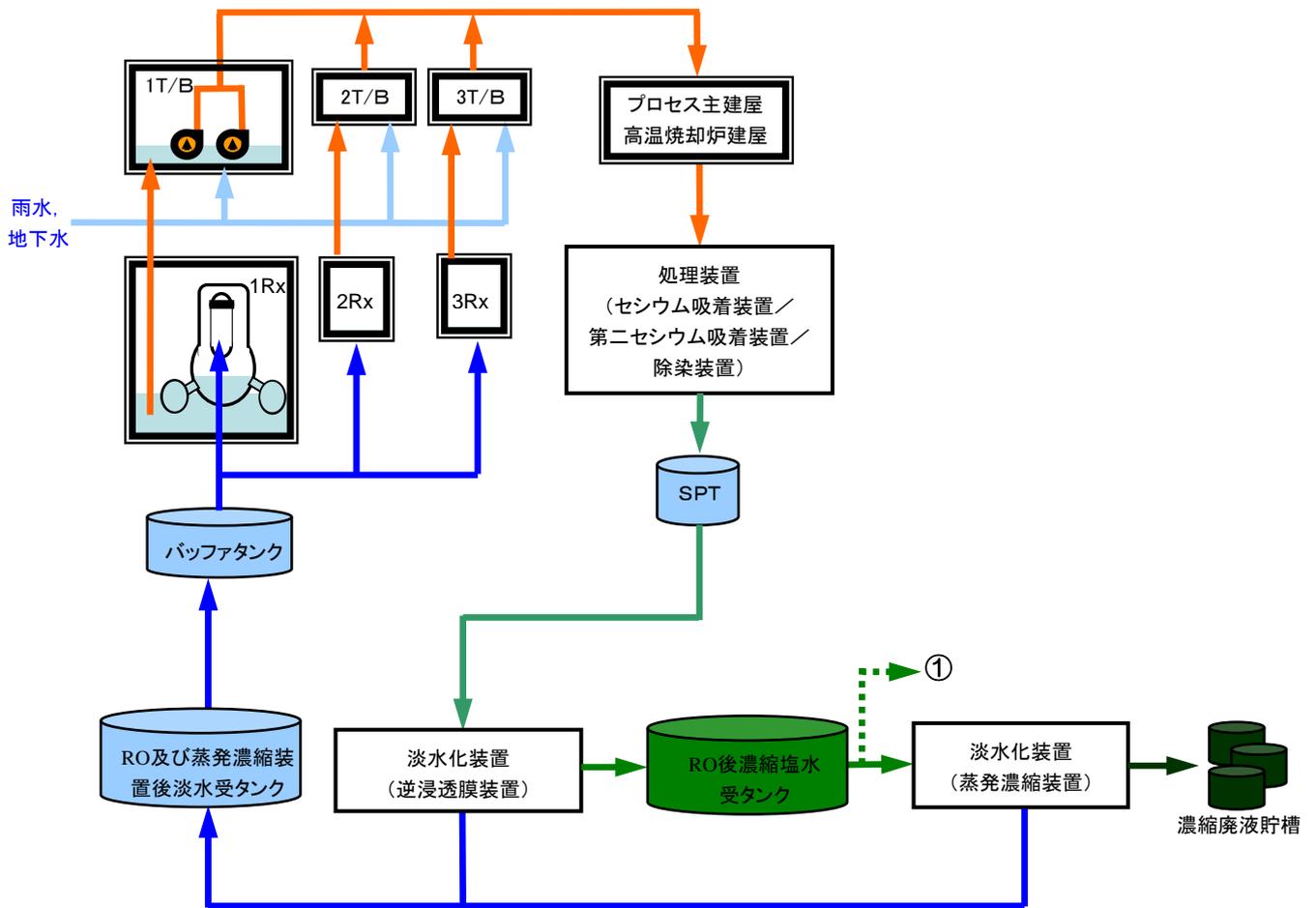
主要配管仕様

| 名 称 | 仕 様 | |
|---|--------|---|
| 吸着塔入口バッファタンク出口から 多核種吸着塔 5 下流 塩酸供給点まで (鋼管) | 呼び径／厚さ | 32A/Sch. 40 50A/Sch. 40 |
| | 材質 | SUS316L |
| | 最高使用圧力 | 静水頭 1.37MPa |
| | 最高使用温度 | 60℃ |
| 多核種吸着塔 5 下流 塩酸供給点から 移送タンクまで (鋼管) | 呼び径／厚さ | 32A/Sch. 40 50A/Sch. 40 80A/Sch. 40 |
| | 材質 | STPG370 + ライニング |
| | 最高使用圧力 | 1.37MPa |
| | 最高使用温度 | 60℃ |

2.16.2.3 添付資料

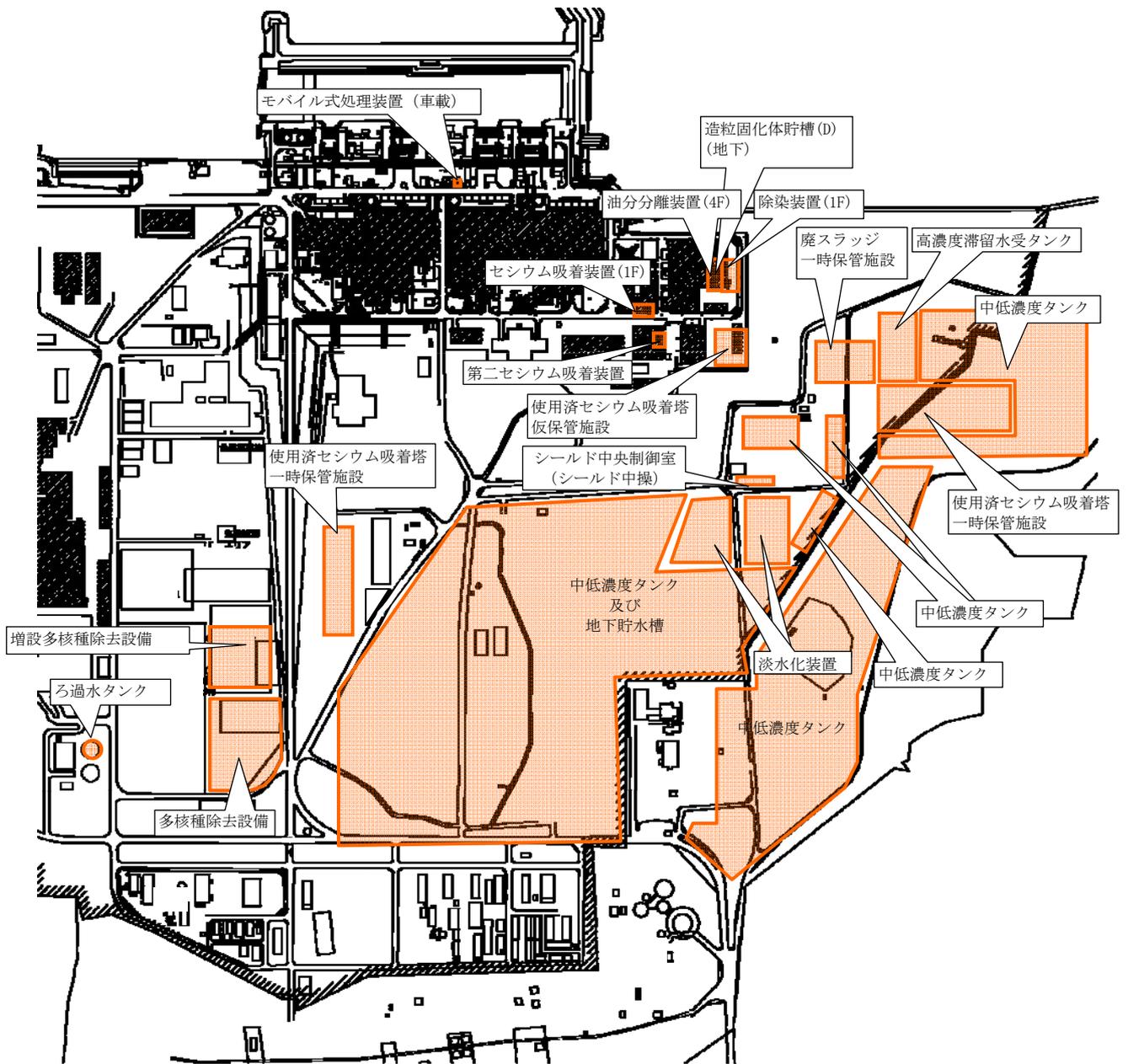
添付資料－1：全体概要図及び系統構成図

添付資料－2：増設多核種除去設備建屋基礎の構造強度に関する検討結果



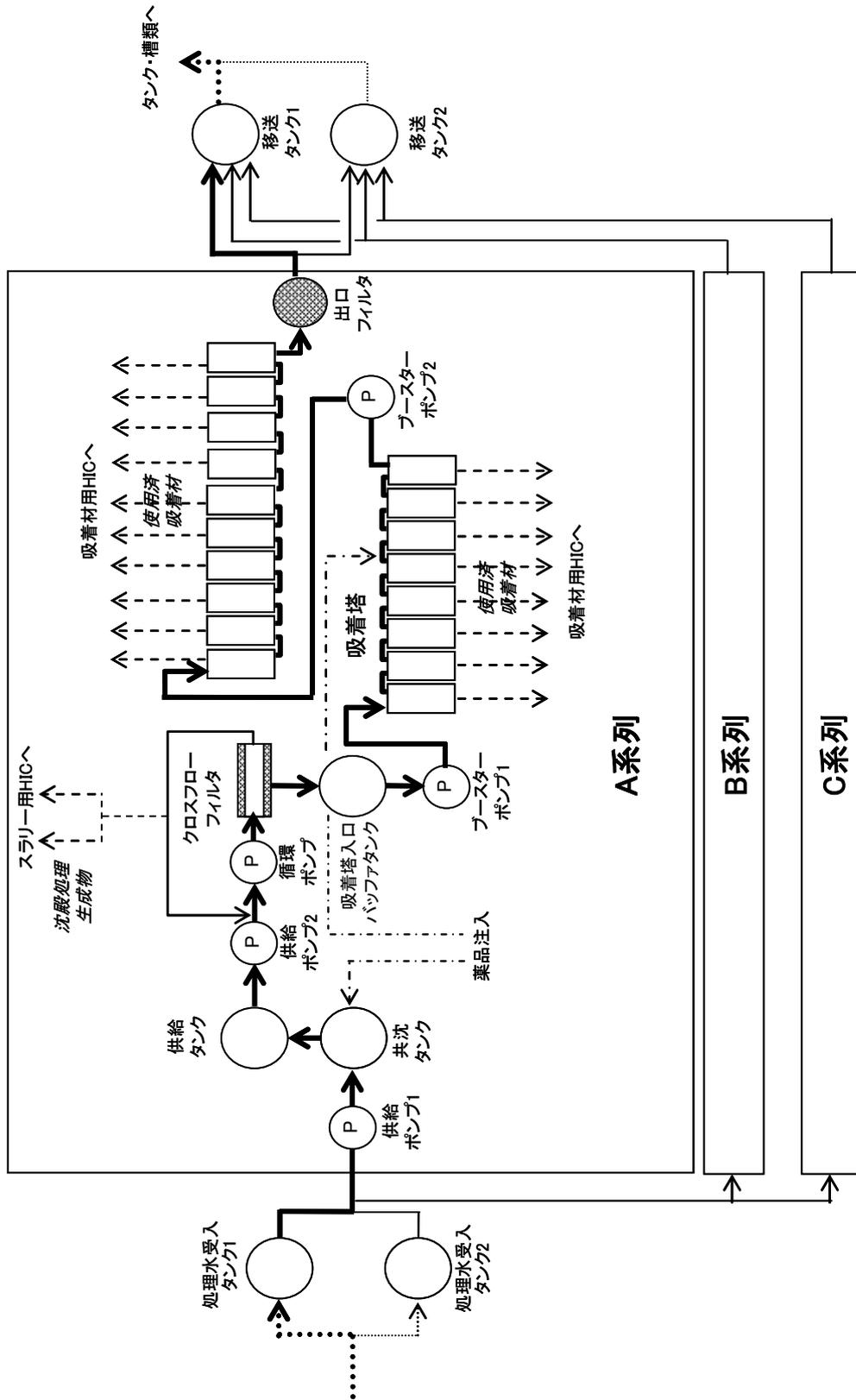
(a) 配置概要

図-1 汚染水処理設備並びに増設多核種除去設備等の全体概要図



(a) 配置概要(平成 26 年 2 月現在の計画)

図-2 汚染水処理設備等の全体概要図



図一3 増設多核種除去設備の系統構成図

増設多核種除去設備建屋基礎の構造強度に関する検討結果

1. 評価方針

増設多核種除去設備建屋基礎は、耐震Bクラスである増設多核種除去設備の間接支持構造物であるため、耐震Bクラス相当として、設計する。

増設多核種除去設備建屋基礎は、平面が約 81m (EW 方向) ×約 61m (NS 方向)、厚さ約 0.3m の鉄筋コンクリート造で、段丘堆積層に直接支持されている。増設多核種除去設備建屋基礎の平面図及び断面図を図-1～図-3に示す。

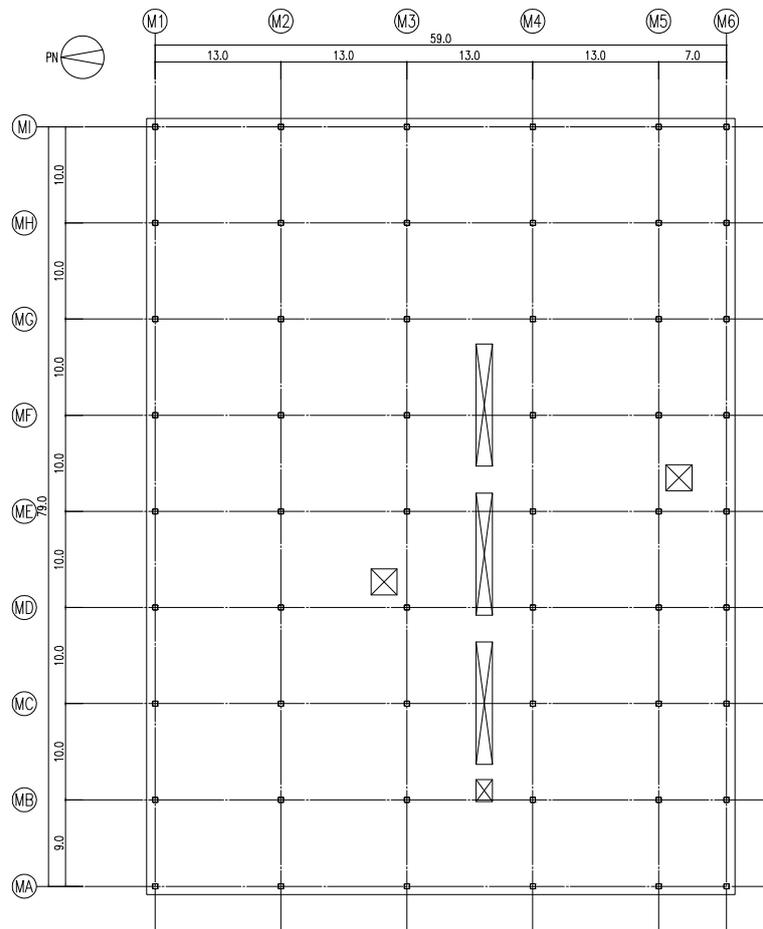


図-1 1階平面図 (単位:m)

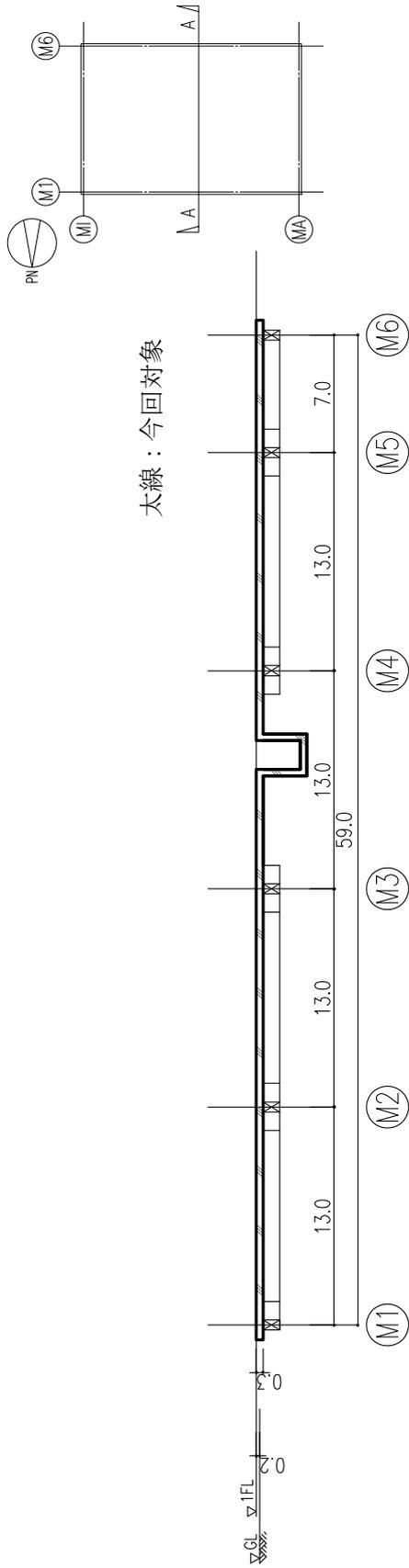


図-2 A-A断面図 (NS方向) (単位：m)

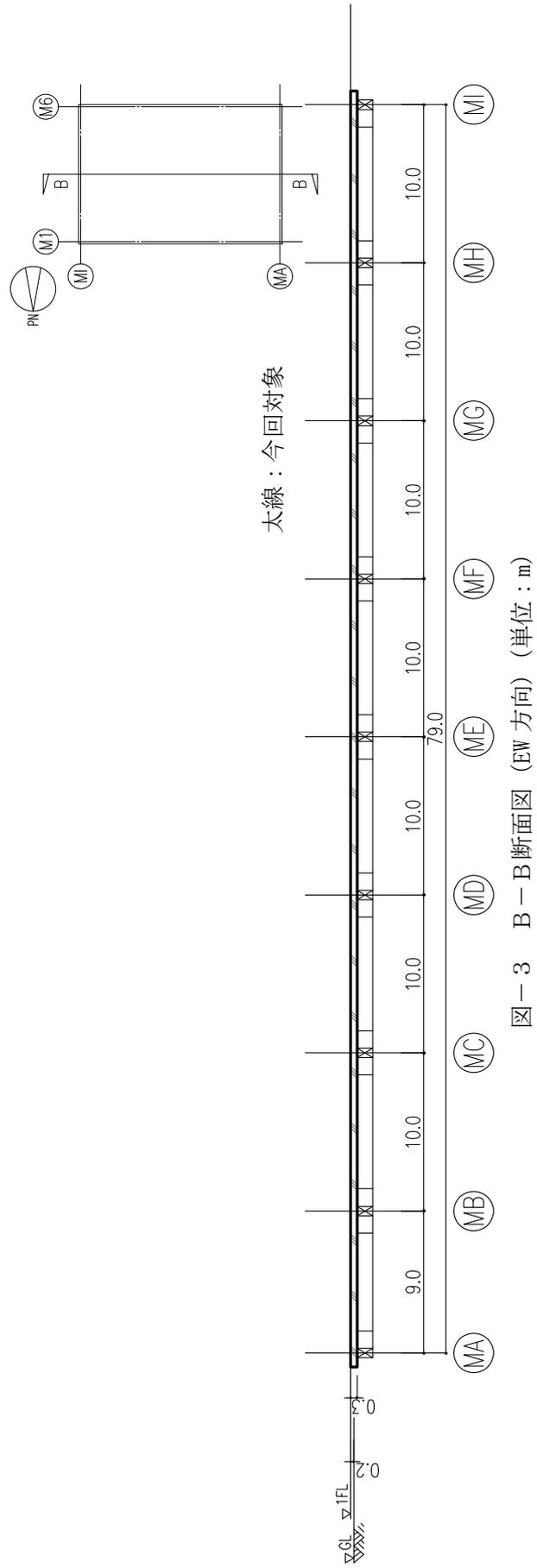


図-3 B-B断面図 (EW方向) (単位：m)

2. 評価条件

2.1 使用材料及び材料の許容応力度

増設多核種除去設備建屋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 30N/mm^2 とする。鉄筋は SD295A とする。各使用材料の許容応力度を表-1 及び表-2 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 |
| $F_c=30$ | 10 | 0.79 | 20 | 1.18 |

注：日本建築学会「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 | 195 | 195 | 295 | 295 |

注：日本建築学会「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」による。

2.2 荷重

長期荷重として、鉛直荷重（固定荷重、配管荷重及び積載荷重）を考慮する。

また、短期荷重として地震時に基礎面に作用する荷重を考慮する。

3. 評価結果

3.1 基礎スラブの評価結果

基礎スラブの応力解析は、地盤上に支持された盤として計算を行う。曲げモーメントおよび面外せん断力について、地震時転倒モーメントが最大となり、検定比が最大となる断面検討結果を表-3及び表-4に示す。基礎スラブ配筋図を図-4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。

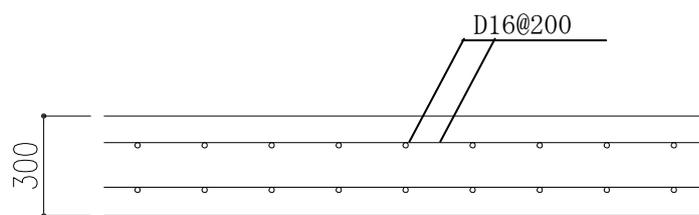
なお、基礎地盤に生じる接地圧は短期で最大 153kN/m^2 であり、基礎地盤の短期許容支持力度 278kN/m^2 以内（平板載荷試験結果による）となっている。短期許容支持力度を評価するにあたっては、日本建築学会「建築基礎構造設計指針」に準拠する。

表-3 曲げモーメントに対する検討結果

| 応力 曲げモーメント ($\text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}$) | 必要鉄筋比 (%) | 設計鉄筋比 (%) | 検定比 |
|---|--------------|--------------|-----------------|
| 6.7 | 0.05 | 0.33 | $0.16 \leq 1.0$ |

表-4 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) | 検定比 |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------|
| 44.0 | 206 | $0.22 \leq 1.0$ |



鉄筋のかぶり厚さ
基礎上端部：80mm 以上
基礎下端部：70mm 以上

図-4 基礎スラブ配筋図