2.36　雨水処理設備等

2.36.1　基本設計

2.36.1.1　設置の目的

汚染水タンクエリアの堰内に溜まった雨水のうち，その放射能濃度が排水基準※を上回るもの（以下，『雨水』という）について逆浸透膜を利用し，処理することを目的とする。

※サンプリング頻度を考慮して実効的に測定が可能な主要核種に基づいた評価として，下記の式を満足すること。

これを満足しない場合は，仮設ポンプ等により，処理水タンク内の処理水を雨水受入タンクに戻し，再度，ＲＯ膜による処理を行う。

$$\frac{Cs-134\text{濃度}[Bq/L]}{60[Bq/L]}+\frac{Cs-137\text{濃度}[Bq/L]}{90[Bq/L]}+\frac{Sr-90\text{濃度}^{注}[Bq/L]}{30[Bq/L]}+\frac{H-3\text{濃度}[Bq/L]}{60000[Bq/L]}\leq 0.22$$

注）Sr-90 は，分析値若しくは全βでの評価とする。

2.36.1.2　要求される機能

(1)　雨水処理設備等は，雨水の処理，貯留および管理等を行い，放射性物質の放射能濃度を低減し，排水する能力を有すること。

(2)　雨水処理設備等は，漏えいに対して適切な拡大防止機能を有すること。

2.36.1.3　設計方針

2.36.1.3.1　雨水処理設備，貯留設備（タンク），雨水移送用貯留設備（タンク）および関連設備（移送配管，移送ポンプ）の設計方針

(1)　処理能力

雨水処理設備および関連設備（移送配管，移送ポンプ）は，集水した雨水に対して適切な管理および処理が可能な処理量とする。貯留設備（タンク）は，雨水処理設備の運転に支障のない容量とする。

なお，関連設備（移送配管，移送ポンプ）のうち，処理水移送ポンプ，濃縮水移送ポンプ，集水ピット抜出ポンプ，雨水回収タンク移送ポンプ，中継タンク移送ポンプ及びその移送配管は，移送できれば良く処理量に関する要求はない。

(2)　材料

雨水処理設備等は，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。

(3)　放射性物質の漏えい防止および管理されない放出の防止

雨水処理設備等の機器等は，液体状の放射性物質の漏えい防止およ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. 雨水処理設備は，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。また，漏えいした場合の検知機能を設ける。なお，雨水処理設備運転中において，万一電源供給が遮断された場合は，漏えいを検知する機能を喪失するものの，供給ポンプが停止することとなる。その際には運転員は，供給ポンプの停止確認や弁の閉止により万一の漏えい拡大防止の措置を講ずるものとする。

b. 液体状の放射性物質が漏えいした場合は，漏えいした液体の除去を行えるようにする。また雨水処理設備および貯留設備（タンク）、雨水移送用貯留設備（タンク）においては，漏えい水の拡大を抑制するための堰を設ける。

c. 運転員は，運転中は常時現場で待機し，漏えい等の異常がないことの監視に加えタンク水位，逆浸透（以下，逆浸透を『ＲＯ』という。）膜出口流量およびＲＯ膜入口圧力のパラメータを監視することにより，異常時には適切な措置をとれるようにする。また，定期的なパトロールによって漏えいの有無の確認ならびに漏えい時に適切な措置をとる。また漏えい拡大防止が図れるよう運転操作手順書に反映する。

(4)　放射線遮へいに対する考慮

雨水処理設備等にて取り扱う液体は，放射能濃度を 100 Bq/cm^3 以下で管理するため，放射線遮へいは不要である。

なお，放射線遮へいの必要が生じた場合には，状況に応じて適切な放射線遮へいを行う。

(5)　誤操作防止に対する考慮

雨水処理設備等には誤操作を防止するために，操作バルブ等には銘板を設ける。

なお，運転にあたり運転操作手順書を整備し誤操作防止を図る。

(6)　検査に対する設計上の考慮

雨水処理設備等の性能を確認するための検査が可能である設計とする。

(7)　健全性に対する考慮

雨水処理設備等は，機器に応じた必要な保全が可能な設計とする。

(8)　規格・基準等

モバイルＲＯ膜ユニットおよびＲＯ膜ユニット，移送ポンプ，移送配管およびタンクについては，日本工業規格，日本水道協会規格等に準拠した製品で構成される。

(9)　運用に関わる考慮

雨水受入タンクで扱う液体の放射能濃度は，100 Bq/cm^{3}以下とする。

雨水受入タンクは，雨水を最大 400t 受け入れる。雨水処理設備は，雨水受入タンク内の液体を，処理水と濃縮水に分離する。処理水は，処理水タンクに移送される。処理水については，サンプリングを行い，放射能濃度を測定し，排水基準を満足することを確認した後，排水路に排水する。一方，濃縮水は，雨水受入タンクに戻すこととする。また，雨水受入タンク内の液体の放射能濃度が 100 Bq/cm^3 以下となるよう，必要に応じて濃縮水を濃縮水受入タンクに移送し，貯留する等を行う。１回の処理を完了した後，雨水受入タンクに雨水を追加して，再度，同様の雨水処理を進める。雨水の受け入れにあたっては，最大 400t となるよう管理する。これらの操作において，適切な対応ができるよう運転操作手順書に反映する。

なお，処理水の排水路への排水は，関係箇所の了解なくしては行わないものとする。

また，対象核種を含めて排水基準については，堰内雨水及び雨水処理設備の処理水の詳細な核種分析をもとに平成 27 年度末までに別途見直すこととし，排水基準が確定するまでは，排水時と同様の確認を行い，処理水を構内散水する。

2.36.1.4　供用期間中に確認する項目

(1) 雨水処理設備により，放射性核種が低減されていること及び運転状態に異常（異音，異臭，振動等）の無いこと

(2) 雨水処理設備の堰内に設置された漏えい検知器が所定の水位にて漏えいを検知し，警報ランプが点灯表示すること

2.36.1.5　主要な機器

雨水処理設備等は，雨水処理設備，貯留設備（タンク），雨水移送用貯留設備（タンク）および関連設備（移送配管，移送ポンプ）で構成する。電源は，所内高圧母線から受電できる構成とする。

また，貯留設備（タンク）内には水位計を設置し，貯留設備内の水位を確認できる構成とする。

2.36.1.5.1　雨水処理設備

2.36.1.5.1.1　モバイルＲＯ膜装置

モバイルＲＯ膜装置は，３基のモバイルＲＯ膜ユニットで構成する。処理量の確認および性能を確認するためのサンプリングが可能な設計とする。

モバイルＲＯ膜ユニットは，保安フィルタ，ＲＯ膜加圧ポンプ，ＲＯ膜，デミナー，脱塩器および配管で構成する。

保安フィルタは，大まかなゴミや鉄分等を捕捉する。ＲＯ膜は逆浸透圧を利用し，雨水中のイオンおよび微粒子等を除去する。デミナー，脱塩器に通水させることにより，ＲＯ膜通過後の雨水をさらに浄化する。

2.36.1.5.1.2　淡水化処理ＲＯ膜装置

淡水化処理ＲＯ膜装置は，２基のＲＯ膜ユニット，脱塩器および配管で構成する。処理量の確認および性能を確認するためのサンプリングが可能な設計とする。

ＲＯ膜ユニットは，保安フィルタ，ＲＯ膜加圧ポンプおよびＲＯ膜で構成する。

保安フィルタは，大まかなゴミや鉄分等を捕捉する。ＲＯ膜は逆浸透圧を利用し，雨水中のイオンおよび微粒子等を除去する。脱塩器に通水させることにより，ＲＯ膜通過後の雨水をさらに浄化する。

2.36.1.5.2 貯留設備（タンク）

貯留設備は，雨水処理設備にて処理する雨水を受け入れる４基の雨水受入タンクと，雨水処理設備にて放射性物質が除去された処理水を受け入れる６基の処理水タンク，雨水受入タンクで濃縮された水を受け入れる１基の濃縮水受入タンクで構成する。フランジ型タンク内部の底面は伸縮性の高いシーリング材にて全面塗装し，漏えい防止強化を図る。
なお，処理水タンクには散水箇所への移送設備を設ける。

2.36.1.5.3 雨水移送用貯留設備（タンク）

雨水移送用貯留設備は，汚染水タンクエリアの堰内雨水を受け入れる１５基の雨水回収タンクと，必要に応じて処理前の雨水を雨水回収タンクから一時的に受け入れる５基の中継タンクで構成する。フランジ型タンク内部の底板については，漏えい防止対策としてフランジ部シーリングやシーリング材による底板全面塗装を行う。既に使用しているフランジ型タンクの内，上記対策が取れないものについては，汚染水タンクと同じ堰内に設置することで漏えい発生時の堰外への溢水を防止する。

また，必要に応じて雨水回収タンクに散水箇所への移送設備を設ける。

ＲＯ濃縮水貯槽※から用途変更するタンク（2.36.2.1.2（5）　タンク型式：溶接型　容量：1,000㎥が対象）については，ＲＯ濃縮水貯槽との連結管を取り外し，雨水とＲＯ濃縮水等の混水を防止する。

※Ⅱ-2.5 汚染水処理設備等　2.5.2.1.1(39)ＲＯ濃縮水貯槽

実施計画の認可日以降に実施する検査において，既に雨水の受入に使用中のタンク（2.36.2.1.2（5)が対象）は，汚染水タンクエリアの堰内雨水の堰外への溢水を回避するために，雨水受入をし，雨水処理を継続することを最優先とし，雨水処理を継続しながら，タンクに係わる確認項目を確認するために，東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の防護に関する規則第20条第1項に規定する使用前検査に準じた検査を受検する。

2.36.1.5.4 関連設備

(1)　移送配管

移送配管は，鋼管，ポリエチレン管，合成ゴム管およびポリ塩化ビニル管で構成する。ポリ塩化ビニル管は，接続部をフランジ接続とするなどし，サポート等により配管を固定する。サポート等により接続部が外れないように処置する。

なお，モバイルＲＯ膜装置処理水タンクから淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンクまでの処理水移送配管は，モバイルＲＯ膜装置と淡水化処理ＲＯ膜装置の２段階で処理する場合に使用する。ただし，モバイルＲＯ膜装置あるいは淡水化処理ＲＯ膜装置は，基本的にそれぞれ単独で放射能濃度を低減できる。

(2)　移送ポンプ

雨水処理用の移送ポンプは，モバイルＲＯ膜装置供給ポンプ，ＲＯ膜装置供給ポンプおよび処理水移送ポンプ，濃縮水移送ポンプにて構成する。

雨水移送用の移送ポンプは，集水ピット抜出ポンプ，雨水回収タンク移送ポンプ，中継タンク移送ポンプにて構成する。

集水ピット抜出ポンプ 2.36.1.6　自然災害対策等

(1)　津波

雨水処理設備等は，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

雨水処理設備は，コンテナ内に設置する。コンテナは一般的に貨物輸送に使われる強固な鋼製のものであり，基本的に台風時にも横転することはないが，念のため基礎ボルト又はアンカーによってコンテナを固縛することで更なる横転防止を図る。暴風警報，竜巻警報等の予報，特別警報により，運転継続に支障を来す可能性がある場合には，漏えい防止を図るため，装置を停止する。豪雨及び強風に対する対応は，予め定めたマニュアル等に従い実施する。

(3)　火災

雨水処理設備は，原則として難燃性の材料を用いる。ＲＯ膜等は難燃性ではないものの常時湿潤状態にあることから火災の発生環境にはない。運転時には原則として現場で運転員が操作することから早期に火災を検知することができる。また，運転停止中には動的機器は停止しており，空調機，漏えい検知器，制御盤等を除いて通電していない。雨水処理設備のコンテナ内には消火器を設置する。更に，動力消防ポンプ（ポンプ車）を適切に配置することにより，初期消火の対応を可能にし，消火活動の円滑化を図る。

2.36.1.7　構造強度および耐震性

2.36.1.7.1　雨水処理設備等

(1)　構造強度

雨水処理設備等を構成する雨水処理設備，タンク，移送ポンプおよび移送配管は，日本工業規格，日本水道協会規格等に準拠する。

(2)　耐震性

雨水処理設備等を構成する主要な機器のうち，雨水処理設備，タンク，移送ポンプについては，耐震性評価の基本方針に基づき耐震性の評価を実施し耐震性を確認している。また，ポリエチレン管，合成ゴム管およびポリ塩化ビニル管は，材料の可撓性により耐震性を確保する。

2.36.2　基本仕様

2.36.2.1　主要仕様

2.36.2.1.1 雨水処理設備，貯留設備（タンク），関連設備（移送配管，移送ポンプ）

(1)　モバイルＲＯ膜ユニット（完成品）

基　数	３基
処理量	１５m^3／ｈ／基
材　料	ＦＷ，ＦＲＰ（ＲＯ膜）
	ＦＲＰ／ＰＥ（デミナー）
	ＳＵＳ３０４（脱塩器）

(2)　ＲＯ膜ユニット（完成品）

基　数	２基（脱塩器は１基）
処理量	１８m^3／ｈ／基
材　料	ＦＷ（ＲＯ膜）
	ＳＵＳ３０４（脱塩器）

雨水処理設備はバッチ処理を行っており，系統の処理容量は雨水受入タンク容量に依存し，モバイル RO 膜ユニット，RO 膜ユニットそれぞれ 350m^3／日※となるため，30 日運転を想定した場合には合計 21,000m^3／月となる。

※雨水受入タンクの容量は 600 m^3 であるが，運用上最大 400 m^3 としている。また，ＲＯ濃縮水を雨水受入タンクに戻しながら扱う液体の放射能濃度を 100Bq/cm^3 以下とする運用をしており，50 m^3 程度は残存させるため 1 回の処理量は 350 m^3 程度となる。

(3)　モバイルＲＯ膜装置供給ポンプ（完成品）

台　数	４台
容　量	48m^3／ｈ／台

(4)　ＲＯ膜装置供給ポンプ（完成品）

台　数	４台
容　量	48m^3／ｈ／台

(5)　処理水移送ポンプ（完成品）

台　数	１台

容　　量　　48m^3／h／台

(6)　濃縮水移送ポンプ（完成品）

台　　数　　4台
容　　量　　48m^3／h／台（2台）
容　　量　　36m^3／h／台（2台）

(7)　雨水受入タンク（モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンク，淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンク）

タンク型式　　フランジ型
合計容量（公称）　　2400m^3
基　　数　　４基
容量（単基）　　600m^3／基
材　　料（胴板）　　SS400
寸　　法　　天板直径　　9004mm
　　高　さ　　10072mm
　　厚　さ　　底板　12mm，胴板　9mm，12mm

(8)　処理水タンク（モバイルＲＯ膜装置処理水タンク，淡水化処理ＲＯ膜装置処理水タンク）

タンク型式　　フランジ型
合計容量（公称）　　3600m^3
基　　数　　６基
容量（単基）　　600m^3／基
材　　料（胴板）　　SS400
寸　　法　　天板直径　　9004mm
　　高　さ　　10072mm
　　厚　さ　　底板　12mm，胴板　9mm，12mm

(9)　濃縮水受入タンク

タンク型式　　溶接型
合計容量（公称）　　600m^3
基　　数　　1基
容量（単基）　　600m^3／基
材　　料　　SS400
寸　　法　　天板直径　　9004mm

高　さ		10072mm
厚　さ		底板　12mm，胴板　9mm

2.36.2.1.2 雨水移送用貯留設備（タンク），関連設備（移送配管，移送ポンプ）

(1)　集水ピット抜出ポンプ（完成品）

台　　数	61 台
容　　量	36m^3／h／台

(2)　雨水回収タンク移送ポンプ（完成品）

台　　数	10 台
容　　量	24m^3／h／台

(3)　中継タンク移送ポンプ（完成品）

台　　数	2 台
容　　量	24m^3／h／台

(4)　雨水回収タンク

タンク型式		フランジ型
合計容量（公称）		6000m^3
基　　数		10 基
容量（単基）		600m^3／基（10 基）
材　　料（胴板）		SS400
寸　　法	天板直径	9004mm
	高　さ	10072mm
	厚　さ	底板　12mm，胴板　9，12mm

(5)　雨水回収タンク（平成 27 年 1 月 30 日以前から運用中）

タンク型式	フランジ型
合計容量（公称）	3000m^3
基　　数	4 基
容量（単基）	600m^3／基（3 基）
	1200m^3／基（1 基）
材　　料（胴板）	SS400

寸　　法		天板直径	9004，12,224mm
		高　さ	10072，10616mm
		厚　さ	底板　12，16mm，胴板　9，12mm

タンク型式			溶接型
合計容量（公称）			1,000m^3
基　　数			1 基
容量（単基）			1,000m^3／基
材　　料（胴板）			SS400
寸　　法		内　径	12,000mm
		高　さ	10,537mm
		厚　さ	底板　12mm，胴板　12mm

(6)　廃止（雨水回収タンク（ＲＯ処理水貯槽※から用途変更））

※Ⅱ-2.5 汚染水処理設備等　2.5.2.1.1(35)ＲＯ処理水貯槽

(7)　中継タンク

タンク型式			溶接型
合計容量（公称）			5800m^3
基　　数			5 基
容量（単基）			1160m^3／基
材　　料（胴板）			SM400C
寸　　法		内　径	11,000mm
		高　さ	13,000mm
		厚　さ	底板　12mm，胴板　12mm
連結管		呼び径	200A 相当
		材質	合成ゴム
		最高使用圧力	0.98MPa
		最高使用温度	50℃

表２．３６．１　雨水処理設備等の主要配管仕様

(1)　モバイルＲＯ膜装置

名　称	仕　様	
①モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンクからモバイルＲＯ膜装置入口まで	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 合成ゴム 0.5MPa 40℃
	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A 相当，100A 相当 ポリエチレン 0.5MPa 40℃
	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A／Sch.40 100A／Sch.40 SUS304TP 0.5MPa 40℃
②モバイルＲＯ膜装置入口からモバイルＲＯ膜装置出口まで	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	25A／Sch.10S 40A，50A，65A，80A／Sch.10S，Sch．20S，Sch．40，Sch．80 SUS304TP，SUS316LTP 0.5MPa， 1.0MPa，1.5MPa（ＲＯ膜加圧ポンプからＲＯ膜まで，濃縮水ラインのＲＯ膜出口から絞り弁まで） 40℃
	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	25A 相当，50A 相当， 65A 相当，80A 相当 ポリ塩化ビニル 0.5MPa 40℃
	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	25A 相当，50A 相当 合成ゴム 0.5MPa 40℃

③モバイルＲＯ膜装置出口からモバイルＲＯ膜装置処理水タンクまで	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A 相当，100A 相当 ポリエチレン 0.5MPa 40℃
	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A／Sch. 40 SUS304TP 0.5MPa 40℃
④モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンクから濃縮水受入タンクまで	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 合成ゴム 0.74MPa 40℃
	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A 相当 ポリエチレン 0.74MPa 40℃

(2) 淡水化処理ＲＯ膜装置

名　称	仕　様	
⑤淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンクから淡水化処理ＲＯ膜装置入口まで	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 合成ゴム 0.5MPa 40℃
	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当，75A 相当， 100A 相当 ポリエチレン 0.5MPa 40℃
	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A／Sch. 10S 80A／Sch. 10S 80A／Sch. 40 100A／Sch. 40 SUS304TP 0.5MPa 40℃

	呼び径／厚さ	50A／Sch. 40 50A／Sch. 80
	材質	STPT370
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	40℃
⑥淡水化処理ＲＯ膜装置入口から淡水化処理ＲＯ膜装置出口まで	呼び径	25A 相当，50A 相当， 65A 相当
	材質	ポリ塩化ビニル
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	40℃
	呼び径／厚さ	50A，65A ／Sch. 10S，Sch. 20S 25A，40A，80A，100A ／Sch. 10S
	材質	SUS304TP
	最高使用圧力	0.5MPa 1.35MPa（ＲＯ膜加圧ポンプからＲＯ膜まで）
	最高使用温度	40℃
	呼び径	50A 相当，75A 相当， 100A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	40℃
⑦淡水化処理ＲＯ膜装置出口から淡水化処理ＲＯ膜装置処理水タンクまで	呼び径	100A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	40℃
	呼び径／厚さ	100A／Sch. 40
	材質	STPT370
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	40℃
	呼び径／厚さ	100A／Sch. 40
	材質	SUS304TP
	最高使用圧力	0.5MPa
	最高使用温度	40℃

⑧淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンクから濃縮水受入タンクまで	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 合成ゴム 0.74MPa 40℃
	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A 相当 ポリエチレン 0.74MPa 40℃

(3)　処理水移送

名　称	仕　様	
⑨モバイルＲＯ膜装置処理水タンクから淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンクまで	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A 相当 ポリエチレン 0.5MPa 40℃
	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 合成ゴム 0.5MPa 40℃

(4)　雨水移送

名　称	仕　様	
⑩集水ピット抜出ポンプから雨水回収タンクまで	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	75A 相当，100A 相当 ポリエチレン 0.74MPa 40℃
	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A／Sch. 40 SUS304TP 0.74MPa 40℃
⑪雨水回収タンクから中継タンクまで	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 0.74MPa 40℃

	呼び径	80A／Sch. 40 100A／Sch. 40 150A／Sch. 40 200A／Sch. 40
	材質	SUS304TP
	最高使用圧力	0.74MPa
	最高使用温度	40℃
⑫中継タンクからＲＯ膜装置受入タンクまで	呼び径	100A 相当
	材質	ポリエチレン
	最高使用圧力	0.74MPa
	最高使用温度	40℃
	呼び径	80A／Sch. 40 100A／Sch. 40 150A／Sch. 40 200A／Sch. 40
	材質	SUS304TP
	最高使用圧力	0.74MPa
	最高使用温度	40℃

2.36.3　添付資料

添付資料－１：　雨水処理設備等全体概略図

添付資料－２：　雨水処理設備等概略配置図

添付資料－３：　雨水処理設備等の構造強度・耐震性

添付資料－４：　雨水処理設備等の具体的な安全確保策

添付資料－５：　雨水処理設備等に係る確認事項

添付資料－６：　雨水処理設備等の先行運用について

添付資料－７：　雨水処理設備等のタンクの解体・撤去の方法について

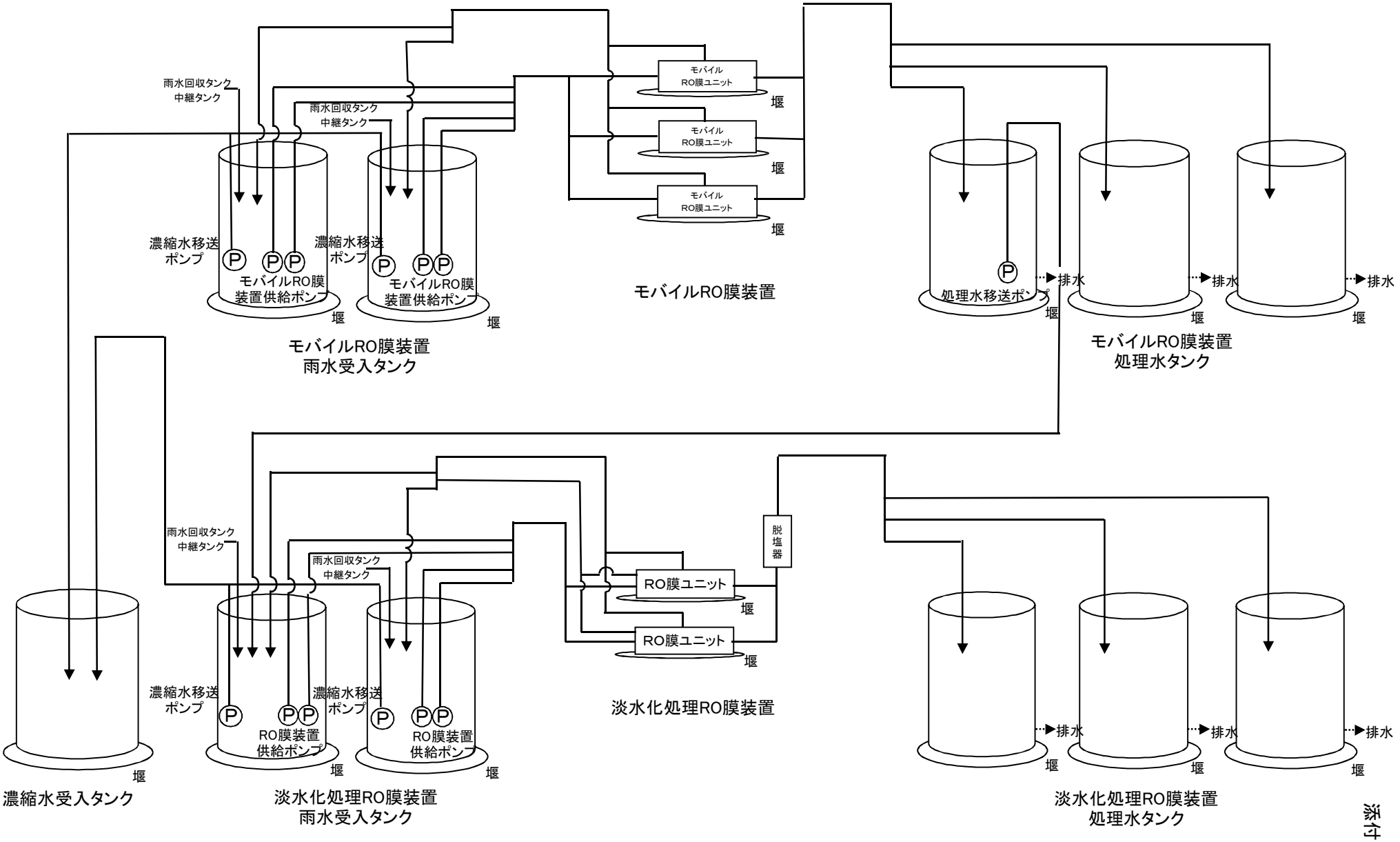
2.36.4　参考資料

参考資料－１：構内散水における被ばく評価

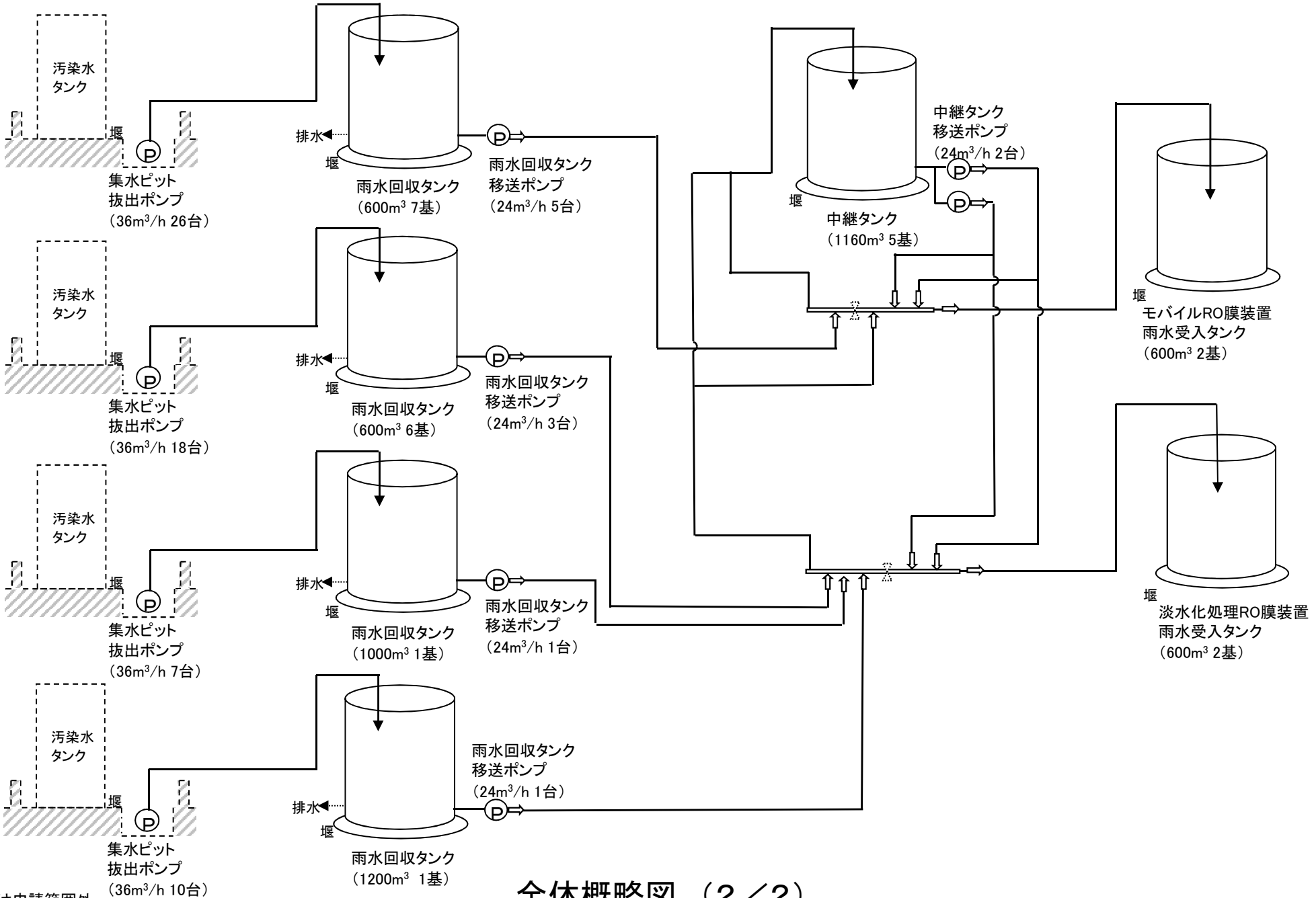
参考資料－２：放射性固体廃棄物発生量に関する評価

参考資料－３：雨水処理設備等の散水設備について

参考資料－４：雨水処理設備等の円筒型タンクに関する計算書

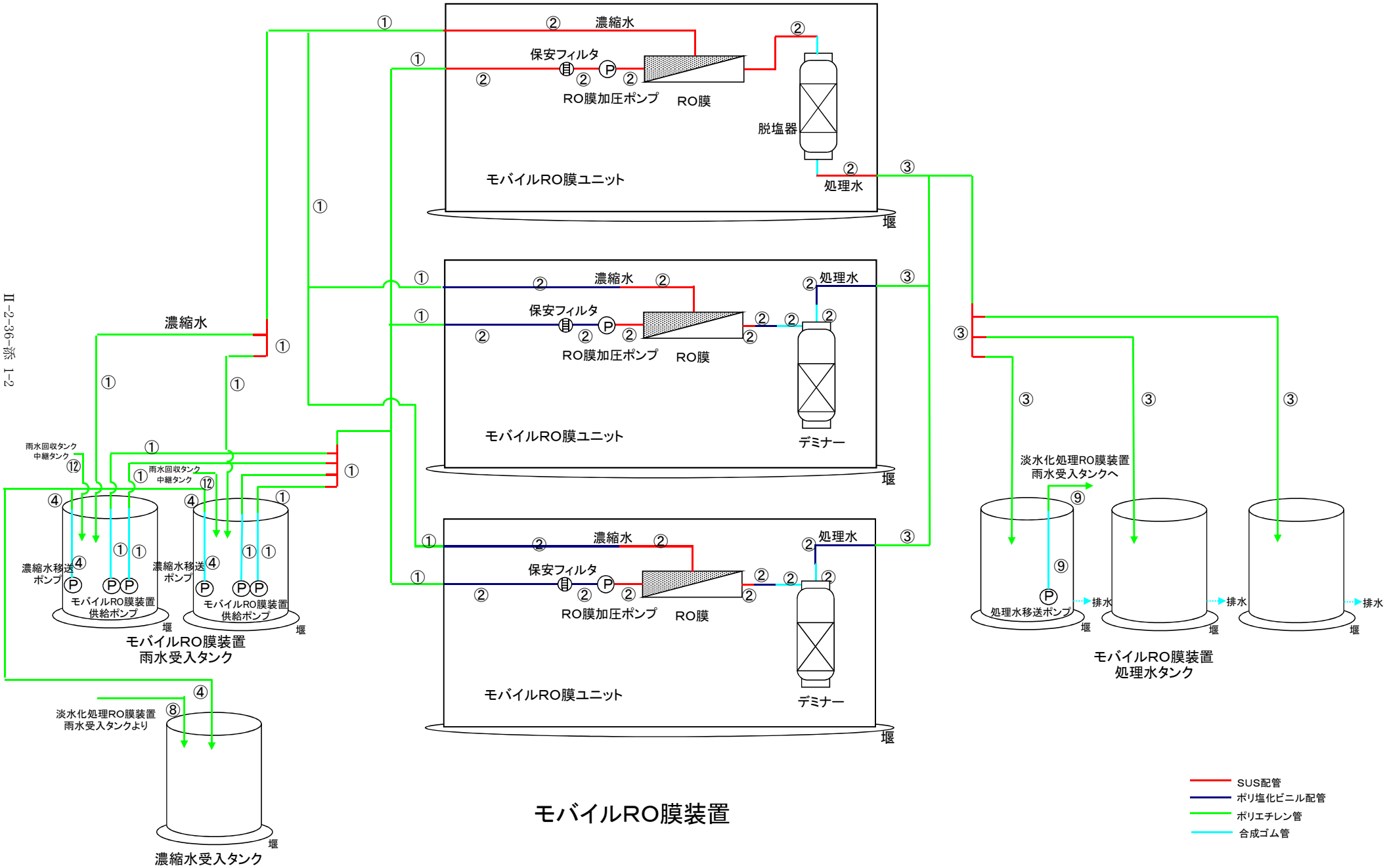

雨水回収タンク
中継タンク
雨水回収タンク
中継タンク
モバイル
RO膜ユニット
モバイル
RO膜ユニット
モバイル
RO膜ユニット
堰
堰
堰
堰
濃縮水移送
ポンプ
濃縮水移送
ポンプ
モバイルRO膜
装置供給ポンプ
モバイルRO膜
装置供給ポンプ
堰
堰
モバイルRO膜装置
雨水受入タンク
モバイルRO膜装置
処理水移送ポンプ
堰
排水
排水
排水
堰
モバイルRO膜装置
処理水タンク
脱
塩
器
雨水回収タンク
中継タンク
雨水回収タンク
中継タンク
RO膜ユニット
RO膜ユニット
堰
堰
濃縮水移送
ポンプ
濃縮水移送
ポンプ
RO膜装置
供給ポンプ
RO膜装置
供給ポンプ
堰
堰
淡水化処理RO膜装置
堰
濃縮水受入タンク
淡水化処理RO膜装置
雨水受入タンク
排水
排水
排水
堰
淡水化処理RO膜装置
処理水タンク

全体概略図 （1／2）

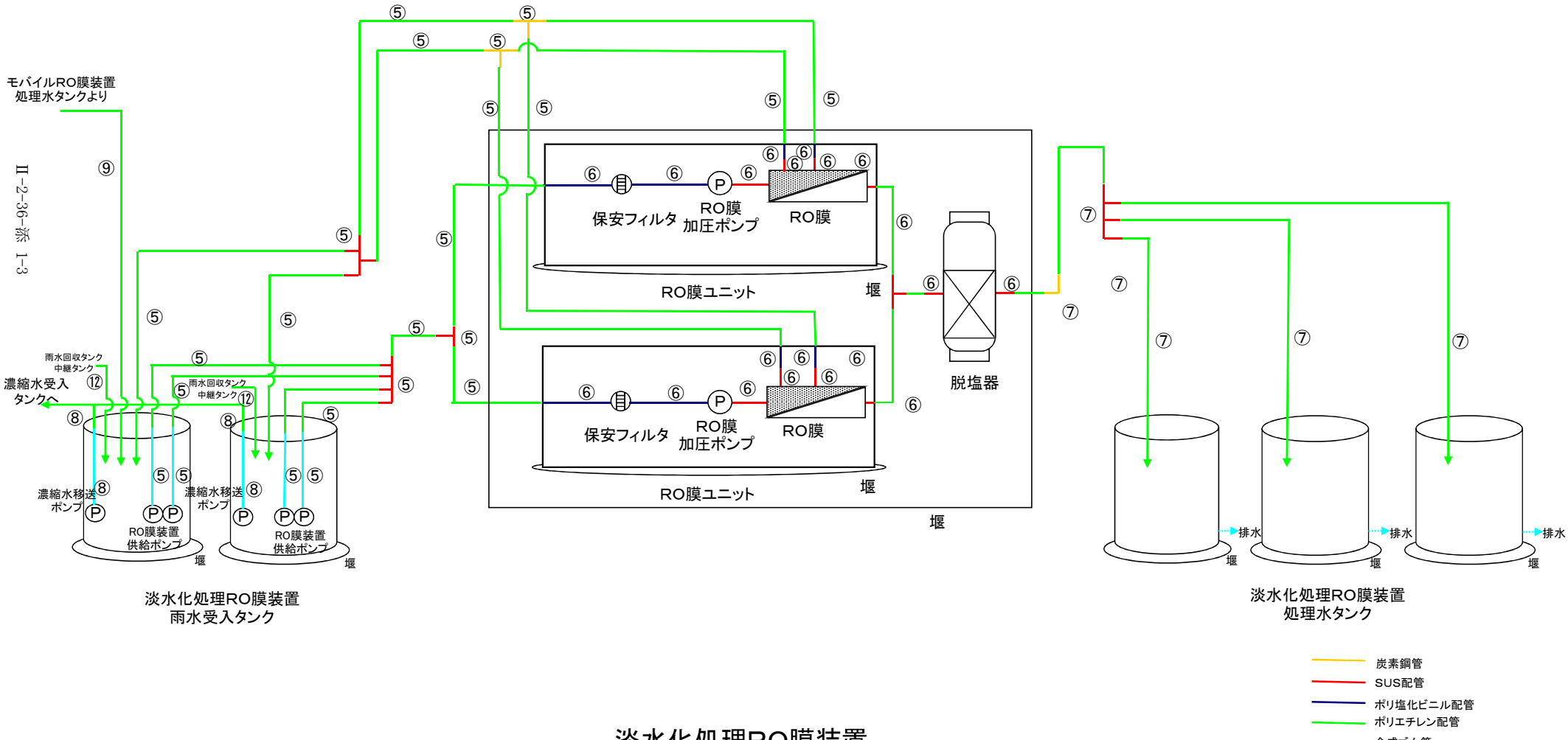


全体概略図 （2／2）

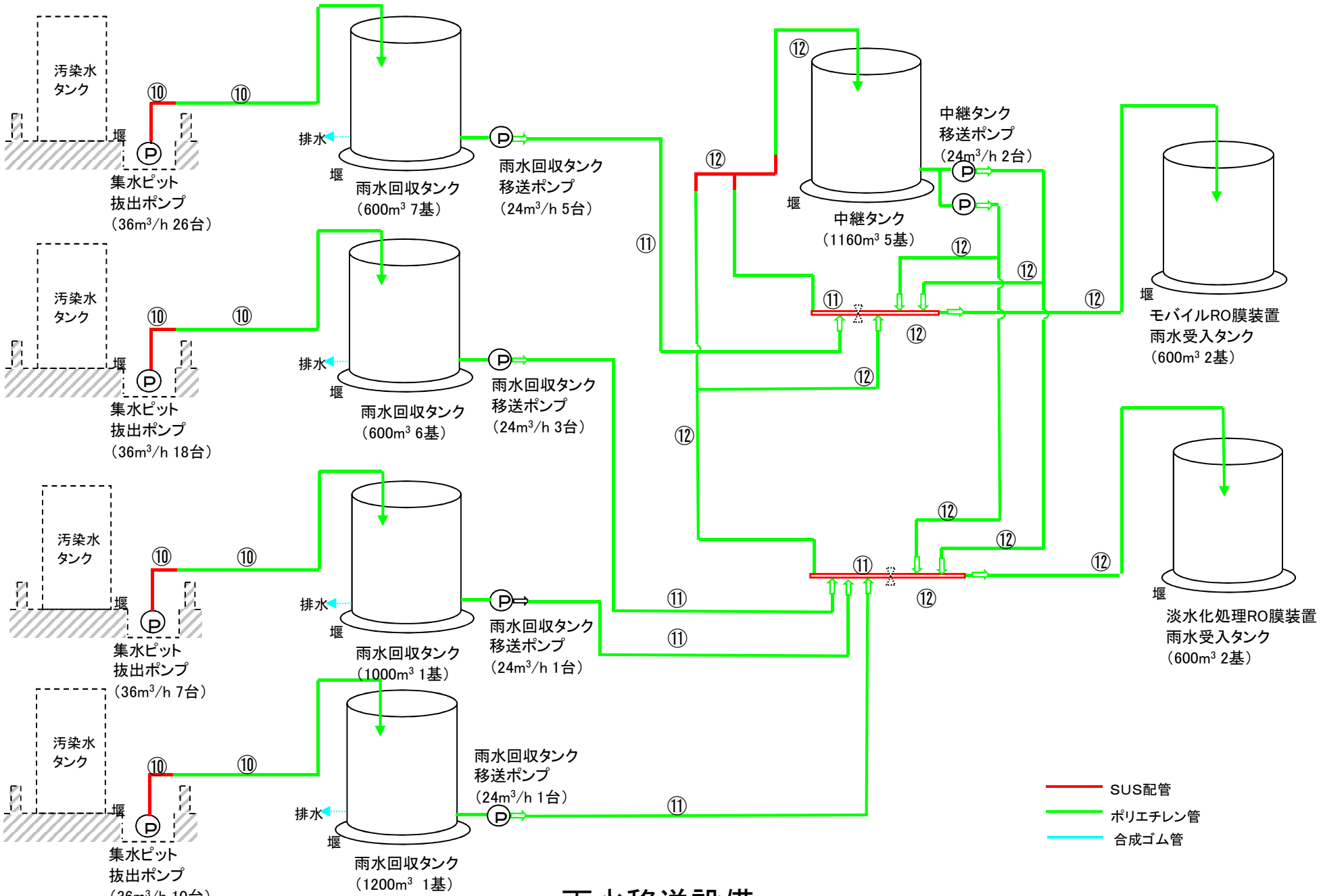
注記）点線は申請範囲外
必要に応じて雨水回収タンクに排水設備を設ける


濃縮水
保安フィルタ
RO膜加圧ポンプ
RO膜
脱塩器
処理水
モバイルRO膜ユニット
堰
デミナー
雨水回収タンク
中継タンク
濃縮水移送
ポンプ
モバイルRO膜装置
供給ポンプ
モバイルRO膜装置
雨水受入タンク
淡水化処理RO膜装置
雨水受入タンクより
濃縮水受入タンク
淡水化処理RO膜装置
雨水受入タンクへ
処理水移送ポンプ
排水
モバイルRO膜装置
処理水タンク
SUS配管
ポリ塩化ビニル配管
ポリエチレン管
合成ゴム管

モバイルRO膜装置

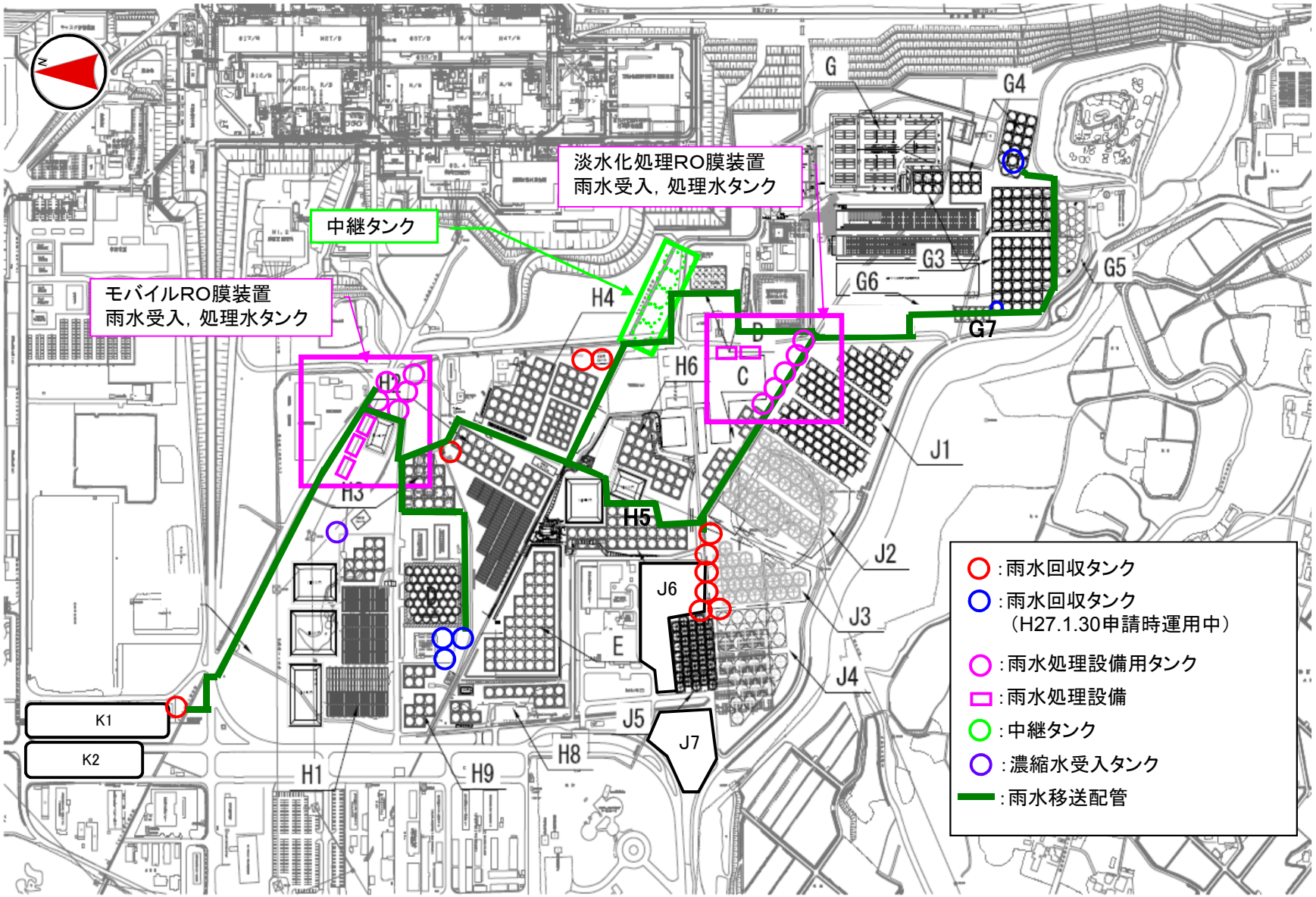

モバイルRO膜装置
処理水タンクより
⑨
雨水回収タンク
中継タンク
⑫
濃縮水受入
タンクへ
⑧
濃縮水移送
ポンプ
P
RO膜装置
供給ポンプ
堰
淡水化処理RO膜装置
雨水受入タンク
⑤
保安フィルタ
RO膜
加圧ポンプ
RO膜
RO膜ユニット
脱塩器
⑥
⑦
排水
淡水化処理RO膜装置
処理水タンク
炭素鋼管
SUS配管
ポリ塩化ビニル配管
ポリエチレン配管
合成ゴム管

淡水化処理RO膜装置



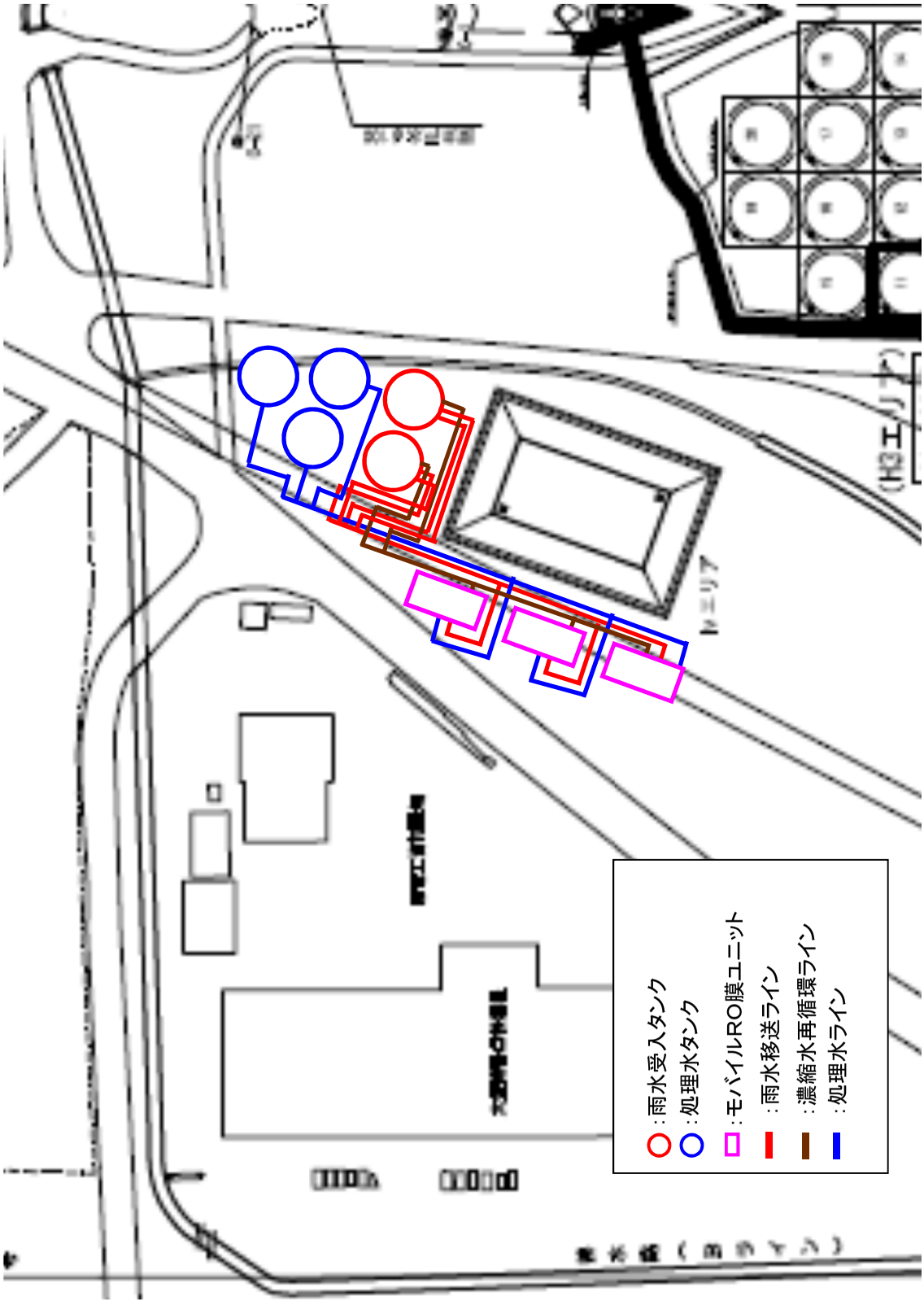
雨水移送設備

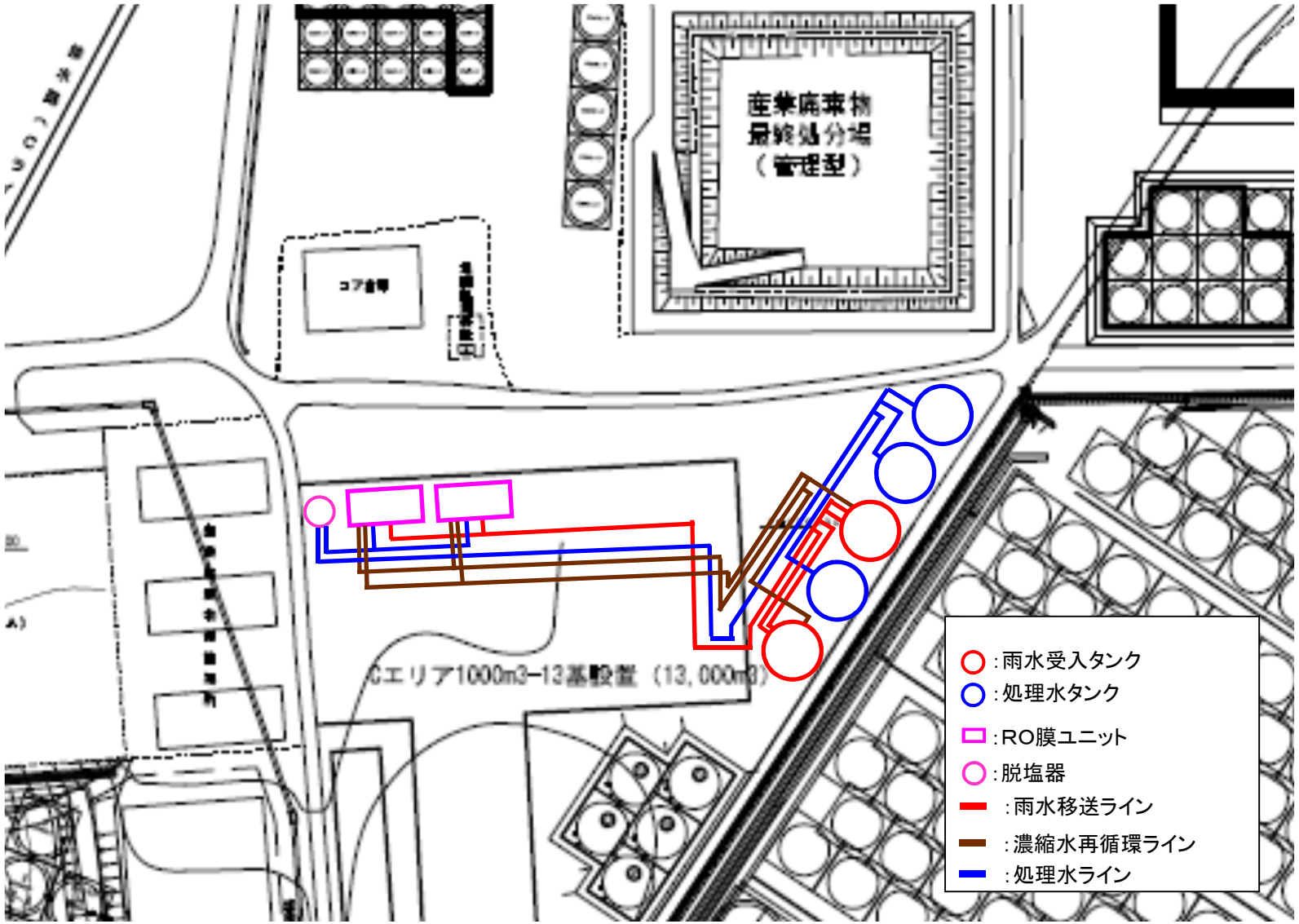
注記）点線は申請範囲外
必要に応じて雨水回収タンクに排水設備を設ける



雨水処理設備等概略配置図

雨水処理設備等モバイルＲＯ膜装置周りの概略図





雨水処理設備等淡水化処理ＲＯ膜装置周り概略図

添付資料－３

雨水処理設備等の構造強度・耐震性

雨水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および耐震性評価の基本方針に基づき構造強度および耐震性等の評価を行う。

1. 基本方針

1.1 構造強度評価の基本方針

雨水処理設備等を構成する機器は，一般産業品を使用する。

従って，鋼材を使用しているタンクおよび鋼管については，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」のクラス３機器に準じた評価を行う。また，モバイルＲＯ膜装置及び淡水化処理ＲＯ膜装置は，製造者仕様範囲内の圧力および温度で運用することで構造強度を有すると評価する。

ポリエチレン管は，日本水道協会規格に適合したものを適用範囲内で使用することで，構造強度を有すると評価する。また，ポリ塩化ビニル管および合成ゴム管については，製造者仕様範囲内の圧力および温度で運用することで構造強度を有すると評価する。

1.2 耐震性評価の基本方針

雨水処理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規程」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。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。

また，各機器は必要な耐震性を確保するために，原則として以下の方針に基づき設計する。

- 倒れ難い構造（機器等の重心を低くする，基礎幅や支柱幅を大きくとる）
- 動き難い構造，外れ難い構造（機器をアンカ，溶接等で固定する）
- 座屈が起こり難い構造
- 変位による破壊を防止する構造（定ピッチスパン法による配管サポート間隔の設定,配管等に可撓性のある材料を使用）

2. 評価結果

2.1 雨水処理設備

(1)構造強度評価

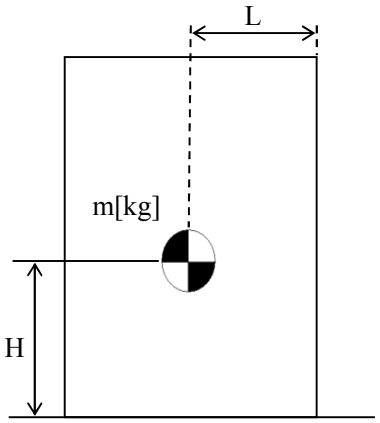
モバイルＲＯ膜ユニットおよびＲＯ膜ユニットはＪＩＳ規格に準拠しているほか，製造者仕様範囲内の圧力及び温度の運用とすることで構造強度を有すると評価した。

具体的には，モバイルＲＯ膜装置の製造者仕様範囲は，圧力０．５ＭＰａ以内（ただし，ＲＯ膜加圧ポンプからＲＯ膜間は圧力１．０ＭＰａ又は１．５ＭＰａ以内），温度４０℃以下である。淡水化処理ＲＯ膜装置の製造者仕様範囲は，圧力０．５ＭＰａ以内（ただし，ＲＯ膜加圧ポンプからＲＯ膜間は圧力１．３５ＭＰａ以内），温度４０℃以下である。

(2)耐震性評価

a.転倒評価

雨水処理設備について，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で転倒評価を行った。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いことから，転倒しないことを確認した（表－１）。



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
C_H ： 水平方向設計震度

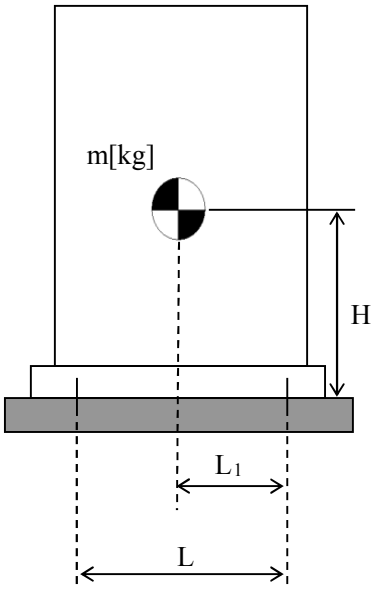
地震による転倒モーメント：M_1[N・m]=m×g×C_H×H

自重による安定モーメント：M_2[N・m]=m×g×L

b. 基礎ボルトの強度評価

原子力発電所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）。

※コンテナ内にあるものはコンテナとユニットの固定ボルト



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 ： 基礎ボルト間の水平方向距離
L_1 ： 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

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

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

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

表－１　雨水処理設備耐震評価結果

機器名称	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
モバイルＲＯ膜装置	転倒	0.36	26	79	kN･m
	転倒	0.36	69	184	kN･m
モバイルＲＯ膜ユニット基礎ボルト	せん断	0.36	5	135	MPa
	引張	0.36	<0	176	MPa
	せん断	0.36	10	135	MPa
	引張	0.36	<0	176	MPa
淡水化処理ＲＯ膜装置	転倒	0.36	22	65	kN･m
淡水化処理ＲＯ膜ユニット基礎ボルト	せん断	0.36	5	135	MPa
	引張	0.36	<0	176	MPa

2.2 タンク

(1)構造強度評価

モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンク，モバイルＲＯ膜装置処理水タンク，淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンク，淡水化処理ＲＯ膜装置処理水タンク，濃縮水受入タンク，雨水回収タンク，中継タンクについては，水頭圧による漏えい試験等を行い，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。また，これらのタンク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。

JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 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－２）

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

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

表－２　円筒型タンク板厚評価結果

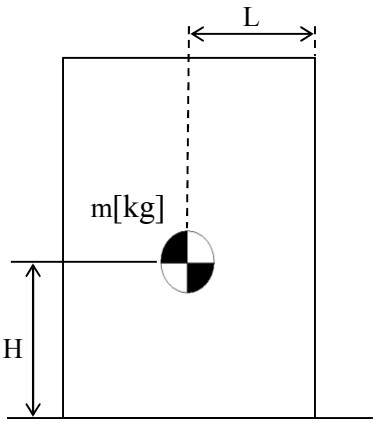
機器名称		評価部位	必要肉厚［mm］	肉厚［mm］
モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	9.0
	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	12.0
モバイルＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	9.0
	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	12.0
淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	9.0
	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	12.0
淡水化処理ＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	9.0
	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	12.0
濃縮水受入タンク	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	9.0
雨水回収タンク	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	9.0
	600m^{3}容量	タンク板厚	4.5	12.0
	1000m^{3}容量	タンク板厚	9.6	12.0
	1200m^{3}容量	タンク板厚	6.4	12.0
中継タンク	1160m^{3}容量	タンク板厚	11.7	12.0

(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－３)

なお，地震によるスロッシングの影響を避けるため、タンクの運用は運転操作手順書により別途定める水位で行う。



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
C_H ： 水平方向設計震度

地震による転倒モーメント：M_1[N・m]=m×g×C_H×H

自重による安定モーメント：M_2[N・m]=m×g×L

表－３　円筒型タンク耐震評価結果

機器名称		評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19816	49293	kN･m
	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19801	49256	kN･m
モバイルＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19816	49293	kN･m
	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19801	49256	kN･m
淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19816	49293	kN･m
	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19801	49256	kN･m
淡水化処理ＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19816	49293	kN･m
	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19801	49256	kN･m
濃縮水受入タンク	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19816	49293	kN･m
雨水回収タンク	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19816	49293	kN･m
	600m^{3}容量	本体	転倒	0.36	19801	49256	kN･m
	1000m^{3}容量	本体	転倒	0.36	23265	73597	kN･m
	1200m^{3}容量	本体	転倒	0.36	42351	133149	kN･m
中継タンク	1160m^{3}容量	本体	転倒	0.36	44414	105567	kN･m

2.3 配管

(1)構造強度評価

a. 配管（鋼管）

配管の主要仕様から JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格に基づき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）。

$$t = \frac{PDo}{2S\eta + 0.8P}$$

t ： 管の計算上必要な厚さ

D_0 ： 管の外径

P ： 最高使用圧力[MPa]

S ： 最高使用温度における材料の許容引張応力[MPa]

η ： 長手継手の効率

表－４　配管（鋼管）板厚評価結果

評価機器	口径	Sch.	材質	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (℃)	必要肉厚（mm）	肉厚 (mm)
配管 1	25A	10S	SUS304TP	0.5	40	0.11	2.8
配管 2	40A	10S	SUS304TP	0.5	40	0.16	2.8
配管 3	40A	20S	SUS304TP	1.35	40	0.42	3.0
配管 4	50A	10S	SUS304TP	0.5	40	0.20	2.8
配管 5	50A	20S	SUS304TP	1.35	40	0.52	3.5
配管 6	65A	10S	SUS304TP	0.5	40	0.26	3.0
配管 7	65A	20S	SUS304TP	1.35	40	0.66	3.5
配管 8	80A	10S	SUS304TP	0.5	40	0.30	3.0
配管 9	80A	20S	SUS304TP	1.0	40	0.58	4.0
配管 10	100A	10S	SUS304TP	0.5	40	0.38	3.0
配管 11	50A	80	STPT370	0.5	40	0.28	5.5
配管 12	100A	40	STPT370	0.5	40	0.52	6.0
配管 13	50A	40	STPT370	0.5	40	0.28	3.9
配管 14	80A	20S	SUS316LTP	0.5	40	0.20	3.5

配管 15	65A	20S	SUS316LTP	0.5	40	0.18	3.0
配管 16	50A	20S	SUS316LTP	0.5	40	0.14	3.0
配管 17	65A	20S	SUS316LTP	1.5	40	0.52	3.0
配管 18	65A	80	SUS316LTP	1.5	40	0.52	6.1
配管 19	50A	80	SUS316LTP	1.5	40	0.41	4.8
配管 20	40A	80	SUS304TP	0.5	40	0.10	4.4
配管 21	50A	80	SUS304TP	0.5	40	0.12	4.8
配管 22	50A	20S	SUS304TP	0.5	40	0.12	3.0
配管 23	50A	40	SUS304TP	0.5	40	0.12	3.4
配管 24	80A	20S	SUS304TP	0.5	40	0.18	3.5
配管 25	80A	40	SUS304TP	0.5	40	0.18	4.8
配管 26	100A	40	SUS304TP	0.5	40	0.23	5.3
配管 27	80A	40	SUS304TP	0.74	40	0.26	4.8
配管 28	100A	40	SUS304TP	0.74	40	0.33	5.3
配管 29	150A	40	SUS304TP	0.74	40	0.48	6.2
配管 30	200A	40	SUS304TP	0.74	40	0.62	7.2

b. 配管（ポリエチレン管）

ポリエチレン管は，一般に耐食性，電気特性（耐電気腐食），耐薬品性を有しているとともに以下により信頼性を確保している。

- 日本水道協会規格等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。
- 敷設時に漏えい試験等を行い，運転状態に異常がないことを確認する。

以上のこと及び製造者仕様範囲内の圧力および温度の運用とすることで，ポリエチレン管は，必要な構造強度を有するものと評価した。（表－５）

表－５　配管（ポリエチレン管）製造者仕様範囲（上限値）

評価機器	口径	材質	最高使用圧力（MPa）	最高使用温度（℃）
配管①	75A	ポリエチレン	0.5	40
配管②	100A	ポリエチレン	0.5	40
配管③	50A	ポリエチレン	0.5	40
配管④	75A	ポリエチレン	0.74	40
配管⑤	100A	ポリエチレン	0.74	40

c.配管（合成ゴム管）

製造者仕様範囲内の圧力および温度の運用とすることで構造強度を有すると評価した。（表－６）

表－６　配管（合成ゴム管）製造者仕様範囲（上限値）

評価機器	口径	材質	最高使用圧力（MPa）	最高使用温度（℃）
配管①	25A 相当	合成ゴム	0.5	40
配管②	80A 相当	合成ゴム	0.5	40
配管③	50A 相当	合成ゴム	0.5	40
配管④	80A 相当	合成ゴム	0.74	40
配管⑤	200A 相当	合成ゴム	0.98	50

※⑤は中継タンク連絡管

d.配管（ポリ塩化ビニル管）

製造者仕様範囲内の圧力および温度の運用とすることで構造強度を有すると評価した。（表－７）

表－７　配管（ポリ塩化ビニル管）製造者仕様範囲（上限値）

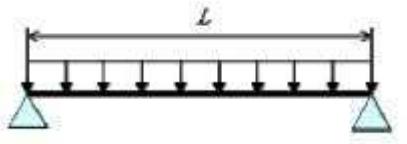
評価機器	口径	材質	最高使用圧力（MPa）	最高使用温度（℃）
配管①	25A 相当	ポリ塩化ビニル	0.5	40
配管②	50A 相当	ポリ塩化ビニル	0.5	40
配管③	65A 相当	ポリ塩化ビニル	0.5	40
配管④	80A 相当	ポリ塩化ビニル	0.5	40

(2)耐震性評価

a. 配管（鋼管）

主要配管(鋼管)の耐震性評価を実施した。評価の結果、自重による応力 Sw を 30［MPa］以下になるような支持間隔とすることで，配管は十分な強度を有するものと評価する。（表－８）

評価条件として配管は，配管軸直角 2 方向拘束サポートにて支持される両端単純支持のはりモデルとする。



等分布荷重 両端単純支持はりモデル

水平方向震度による管軸直角方向の配管応力を評価する。
自重による応力 Sw は，下記の式で示される。

$$Sw = \frac{M}{Z} = \frac{w \cdot L^2}{8Z}$$

Sw	：自重による応力	［MPa］
L	：支持間隔	［mm］
M	：曲げモーメント	［N・mm］
Z	：断面係数	［mm3］
w	：等分布荷重	［N/mm］

管軸直角方向の地震による応力 Ss は，自重による応力 Sw の震度倍で下記の式で示される。

$$Ss = \alpha \cdot Sw$$

Ss	：地震による応力	［MPa］
α	：想定震度値	［-］

また，評価基準値として JEAC4601-2008 に記載の供用応力状態 Cs におけるクラス３配管の一次応力制限を用いると，地震評価としては下記の式で示される。

$$S = Sp + Sw + Ss = Sp + Sw + \alpha \cdot Sw = Sp + (1 + \alpha) \cdot Sw \leq 1.0Sy$$

S	：内圧，自重，地震による発生応力	［MPa］
Sp	：内圧による応力	［MPa］
Sy	：設計降伏点	［MPa］

表－８ 応力評価結果(SUS316LTP)

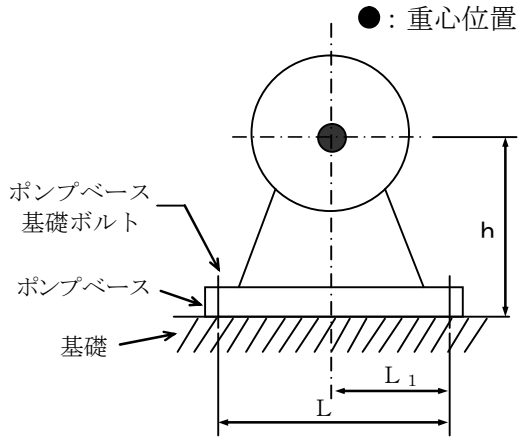
配管分類	主配管（鋼管）					
配管材質	SUS316LTP					
配管口径	50A	65A	80A	50A	65A	65A
Sch	20S	20S	20S	80	20S	80
設計圧力［MPa］	0.5	0.5	0.5	1.5	1.5	1.5
内圧，自重，地震による発生応力 S［MPa］	45	46	46	48	56	48
供用状態 Cs における一次許容応力［MPa］	175					

表－８ 応力評価結果(SUS304TP)

配管分類	主配管（鋼管）										
配管材質	SUS304TP										
配管口径	40A	50A	50A	50A	80A	80A	100A	80A	100A	150A	200A
Sch	80	20S	40	80	20S	40	40	40	40	40	40
設計圧力［MPa］	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.74	0.74	0.74	0.74
内圧，自重，地震による発生応力 S［MPa］	43	45	45	44	46	45	46	47	48	50	51
供用状態 Cs における一次許容応力［MPa］	205										

B．移送ポンプ

移送ポンプの基礎ボルトについて、耐震性評価を実施した。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－９）。



ｍ：機器の運転時質量
ｇ：重力加速度
ｈ：据付面から重心までの距離
M_P：ポンプ回転により働くモーメント
Ｌ：基礎ボルト間の水平方向距離
L_1：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
C_p：ポンプ振動による震度

基礎ボルトに作用する引張力：$F_b=\frac{1}{L}\left(m\,g\ (C_H+C_P)\ h+M_P-m\,g(1-C_V)L_1\right)$

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

基礎ボルトに作用するせん断力：$Q_b=m\,g(C_H+C_P)$

基礎ボルトのせん断応力：$\tau_b=\frac{Q_b}{n\,A_b}$

表－９　雨水処理設備耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
移送ポンプ	基礎ボルト	引張	0.36	7	136	MPa
			0.36	17	136	MPa
		せん断	0.36	3	78	MPa
			0.36	4	136	MPa

雨水処理設備等のタンクの解体・撤去の方法について

雨水処理設備等のタンクの解体・撤去に伴い，核燃料物質その他の放射性物質に汚染されている可能性のあるタンクの解体・撤去作業※の方法について定める。

※実施計画上の撤去作業には仮置き作業を含む

1.　雨水移送用貯留設備（タンク）

雨水回収タンク（フランジタンク）は，受入している堰内雨水を雨水処理設備により処理した後に，必要に応じて汚染拡大防止を図った上で解体・切断し，構内で保管する。

1.1.　残水処理作業時の漏えい防止策及び漏えい拡大防止策

堰内雨水の処理後にタンク底部に残る残水の回収処理作業では，仮設ホース，仮設ポンプ，バキュームカー及び底部残水回収装置等を使ってタンク底部より残水を回収し，雨水処理設備等により処理する。残水の回収処理作業は，タンク内の空間線量率を測定し、閾値（γ線：0.4mSv/h または β 線：2.5mSv/h）を基準にして残水回収処理方法を判断する。

なお，解体前にタンク内部のダスト濃度測定を行い，閾値（5×10^{-5}Bq/cm^3）を超過している場合は，タンク内表面に散水を行うが，散水により発生する残水（1 回に 1m^{3}程度）についても回収処理作業で回収を行い雨水処理設備等により処理を行う。また、作業中のダスト濃度上昇に伴う追加対策として実施する追加散水を考慮しても最大でタンク 1 基あたり 5m^{3}程度であるため雨水処理設備等による処理に影響を及ぼすことはない。

当該作業を行う際の，漏えい防止策及び漏えい拡大防止策は以下の通り。

a.　漏えい防止策として，仮設ホースを使用する場合は，仮設ホースの継手部をカムロック式とし，さらに番線等で固縛して，継手の外れ防止を行う。また、タンクの撤去にあたり実施する残水回収処理作業にバキュームカーを使用する場合には，バキュームカーとホースの接続にロック機構を有するものを使用し，確実にロックされていることを確認する。

b.　漏えい拡大防止策として，仮設ホースの接続部に水受けをもうけることにより，漏えい水を受けられるようにした上で，残水移送中には作業員による常時監視を行う。

1.2.　解体作業時の汚染拡大防止策

解体作業時における汚染拡大防止対策の可否については，解体前にタンク内部のダスト濃度測定を行い，閾値（5×10^{-5}Bq/cm^3）を超過する場合は，汚染拡大防止を図った上で作業を実施する。

解体作業手順の概要を図―１に示す。

a※.　タンク上部のマンホールからタンク内表面に散水し，表面の汚染をできるだけ洗い流すことにより，放射性物質の飛散のリスクを低減する。

b※.　局所排気装置を設置し，タンク下部のマンホールからタンク内部の空気を吸引し，フィルタでろ過することにより，タンク上部から放射性物質が飛散するリスクを抑制する。

c.　タンク解体片は，地面に降ろした後，周辺の汚染レベルを上昇させないように養生等を実施し運搬する。

d.　最下段の側板及び底板の解体は，残水が完全に除去されていることを確認した後に着手する。

e.　解体作業の期間中は，タンク上部の空気中の放射性物質濃度を定期的に確認する。なお，測定値が閾値を超過している場合は，作業を中断し，追加散水や集塵の強化等の対策を実施し，測定値が閾値未満に戻ったことを確認してから再開する。

ｆ．追加散水や集塵の強化等の対策を施しても測定値が閾値未満に戻らない場合には，作業を中止し，タンク上部に仮天板を取り付ける。その後，原因を調査し，必要に応じて対策を施した上で再開する。

※　a.ｂについてはタンク内部のダスト濃度が閾値を超えた場合にのみ実施する。

1.3.　減容作業・保管時の汚染拡大防止策

「2.5　汚染水処理設備等　添付資料-13　中低濃度タンクの解体・撤去の方法について　4.3.減容作業・保管時の汚染拡大防止策」に同じ。

1.4.　作業員の被ばく低減

a.　タンクの解体においては，必要に応じてゴムマット等の養生を行い，被ばく低減を図る。

b.　タンク切断では，可能な限り遠隔作業により被ばくの低減を図る。

C.　解体作業中にダスト濃度が万が一上昇した場合に備えて，念のため全面マスクを着用する。

1.5.　瓦礫類発生量

a.　タンクの解体・撤去に伴い，Bエリア：約250m^3，H5エリア：約250m^3，G6エリア：約500 m^{3}の瓦礫類が発生する見込みである。

b.　瓦礫類は0.1mSv/h以下の表面線量率であり，表面線量率に応じて定められた屋外の一時保管エリア（受入目安表面線量率0.1mSv/h以下のエリア（一時保管エリアC，N，O，P1））へ搬入する。

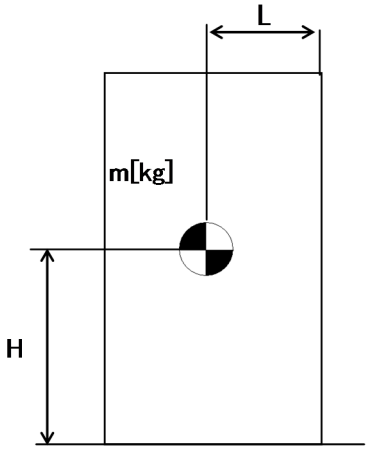
ただし，タンク減容片を保管した容器については，一時保管エリアP1へ搬入する。

c.　今後発生する瓦礫類の保管容量が逼迫する場合は，受入目安表面線量率を満足する他

の線量区分のエリアに瓦礫類を一時保管することにより保管容量を確保する。また，固体廃棄物貯蔵庫第９棟等の設置を行うことにより容量不足を解消していく。

1.6.　保管時の安定性評価

「2.5 汚染水処理設備等 添付資料-13 中低濃度タンクの解体・撤去の方法について 4.8. 保管時の安定性評価」に同じ。



m： 機器質量

g： 重力加速度（9.80665 m/s^2）

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

C_H： 水平方向設計震度（0.24）

地震による転倒モーメント：

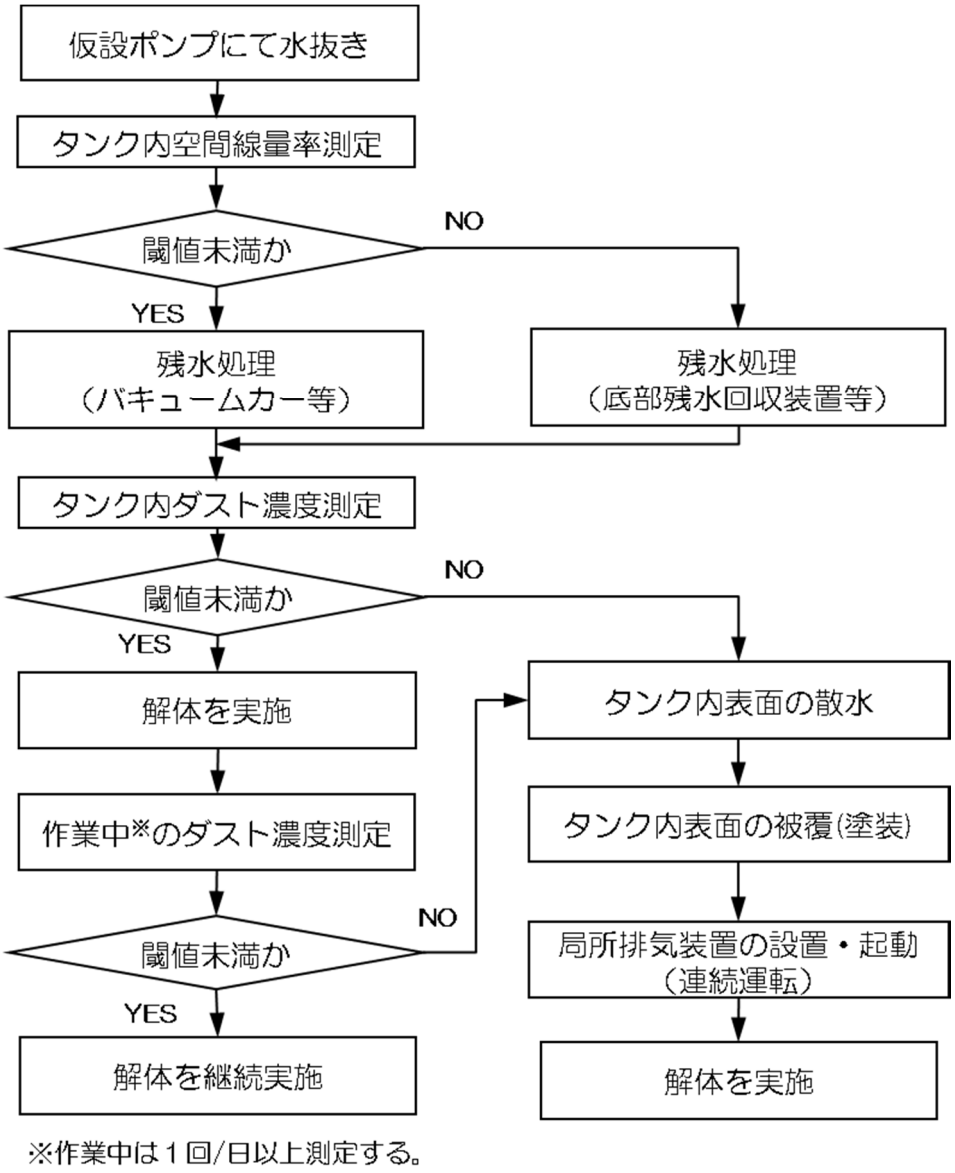
$M1[N・m] = m \times g \times C_H \times H$

自重による安定モーメント：

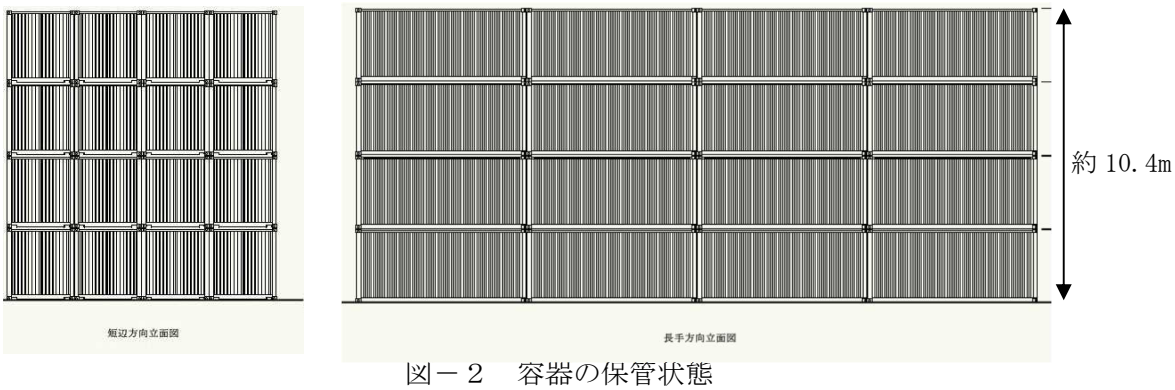
$M2[N・m] = m \times g \times L$

表－１　転倒評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平方向設計震度 C_H	算出値 M1	許容値 M2	単位
容器（20ft コンテナ）１ブロック	本体	転倒	0.24	4.60×10^3	1.80×10^4	kN･m

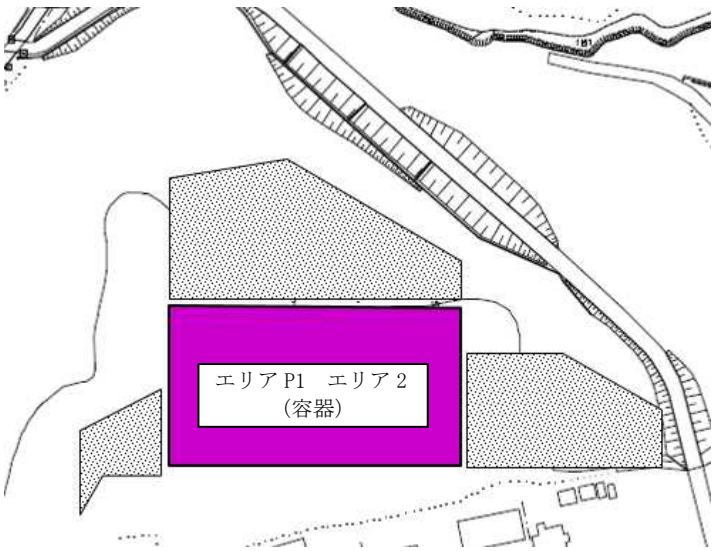

仮設ポンプにて水抜き
タンク内空間線量率測定
閾値未満か
NO
YES
残水処理
（バキュームカー等）
残水処理
（底部残水回収装置等）
タンク内ダスト濃度測定
閾値未満か
NO
YES
解体を実施
作業中※のダスト濃度測定
閾値未満か
NO
YES
解体を継続実施
タンク内表面の散水
タンク内表面の被覆(塗装)
局所排気装置の設置・起動
（連続運転）
解体を実施
※作業中は１回/日以上測定する。

図－１　解体作業のフロー



図－２　容器の保管状態

一時保管エリア（エリア P）



H28 年 11 月現在

図－３　容器を保管する一時保管エリア（エリア P1 エリア 2）

以上

雨水処理設備等の円筒型タンクに関する計算書

雨水処理設備等を構成する機器のうち円筒型タンクについては，以下の通り貯留機能維持について評価する。

『JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規定』に基づき，タンク胴板の応力評価及び座屈評価により，発生する応力が許容値を超えないことを確認する。

円筒型タンクの地震発生時のタンク内包水のスロッシング評価については，速度ポテンシャル理論に基づきスロッシング波高を算出し，スロッシング時のタンク内の液位がタンク天板に到達しないことを確認する。

評価結果については以下の通り。

1. 評価

1.1. 胴の応力評価

a. 組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力Ｓａ以下であること。

応力の種類	許　容　応　力　Sa
一次一般膜応力	設計降伏点Ｓｙと設計引張強さＳｕの0.6倍のいずれか小さい方の値。

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。

応力計算において，静的地震力を用いる場合は，絶対値和を用いる。

(1)　静水頭及び鉛直方向地震による応力

$$\sigma_{\phi 1}=\frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_{\phi 2}=\frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t}$$

$$\sigma_{x1}=0$$

(2)　運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がベースプレートと接合する点には，胴自身の質量による圧縮応力と鉛直方向地震による軸方向応力が生じる。

$$\sigma_{x2}=\frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i+t) \cdot t}$$

$$\sigma_{x3}=\frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i+t) \cdot t}$$

(3)　水平方向地震による応力

水平方向の地震力により胴はベースプレート接合部で最大となる曲げモーメントを受ける。この曲げモーメントによる軸方向応力と地震力によるせん断応力は次のように求める。

$$\sigma_{x4}=\frac{4 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \ell_g}{\pi \cdot (D_i+t)^2 \cdot t}$$

$$\tau=\frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g}{\pi \cdot (D_i+t) \cdot t}$$

(4)　組合せ応力

(1)～(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

a.　一次一般膜応力

(a)　組合せ引張応力

$$\sigma_{\phi}=\sigma_{\phi 1}+\sigma_{\phi 2}$$

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

$$\sigma_{xt}=\sigma_{x1}-\sigma_{x2}+\sigma_{x3}+\sigma_{x4}$$

(b)　組合せ圧縮応力

σ_{xc}が正の値（圧縮側）のとき，次の組合せ圧縮応力を求める。

$$\sigma_{\phi} = -\sigma_{\phi 1} - \sigma_{\phi 2}$$

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

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4}$$

したがって，胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は，

σ_0＝Max｛組合せ引張応力（σ_{0t}），組合せ圧縮応力（σ_{0c}）｝とする。一次応力は一次一般膜応力と同じになるので省略する。

表－１　円筒型タンク応力評価結果

機器名称		部材	材料	水平方向設計震度	応力	算出応力［MPa］	許容応力［MPa］
モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
モバイルＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
淡水化処理ＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
濃縮水受入タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
雨水回収タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	58	237
	1000m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	61	154
	1200m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	一次一般膜	63	237
中継タンク	1160m^{3}容量	胴板	SM400C	0.36	一次一般膜	70	231

b. 圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）は次式を満足すること。
（座屈の評価）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2}+\sigma_{x3})}{f_c}+\frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leqq 1$$

ここで，f_cは次による。

$\dfrac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t} \leqq \dfrac{1200\cdot g}{F}$　のとき

$f_c = F$

$\dfrac{1200\cdot g}{F} < \dfrac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t} < \dfrac{8000\cdot g}{F}$ のとき

$$f_c = F\cdot\left[1-\frac{1}{6800\cdot g}\cdot\left\{F-\phi_1\left(\frac{8000\cdot g}{F}\right)\right\}\cdot\left(\frac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t}-\frac{1200\cdot g}{F}\right)\right]$$

$\dfrac{8000\cdot g}{F} \leqq \dfrac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t} \leqq 800$　のとき

$$f_c = \phi_1\left(\frac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t}\right)$$

ただし，$\phi_1(x)$は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6\cdot\frac{E}{x}\cdot\left[1-0.901\cdot\left\{1-\exp\left(-\frac{1}{16}\cdot\sqrt{x}\right)\right\}\right]$$

また，f_bは次による。

$\dfrac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t} \leqq \dfrac{1200\cdot g}{F}$　のとき

$f_b = F$

$\dfrac{1200\cdot g}{F} < \dfrac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t} < \dfrac{9600\cdot g}{F}$　のとき

$$f_b = F\cdot\left[1-\frac{1}{8400\cdot g}\cdot\left\{F-\phi_2\left(\frac{9600\cdot g}{F}\right)\right\}\cdot\left(\frac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t}-\frac{1200\cdot g}{F}\right)\right]$$

$\dfrac{9600\cdot g}{F} \leqq \dfrac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t} \leqq 800$　のとき

$$f_b = \phi_2\left(\frac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t}\right)$$

ただし，$\phi_2(x)$は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6\cdot\frac{E}{x}\cdot\left[1-0.731\cdot\left\{1-\exp\left(-\frac{1}{16}\cdot\sqrt{x}\right)\right\}\right]$$

η は安全率で次による。

$\frac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t} \leqq \frac{1200\cdot g}{F}$ のとき

$\eta = 1$

$\frac{1200\cdot g}{F} < \frac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t} < \frac{8000\cdot g}{F}$ のとき

$\eta = 1+\frac{0.5\cdot F}{6800\cdot g}\cdot\left(\frac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t}-\frac{1200\cdot g}{F}\right)$

$\frac{8000\cdot g}{F} \leqq \frac{D_i+2\cdot t}{2\cdot t}$ のとき

$\eta = 1.5$

表－２　円筒型タンク座屈評価

機器名称		部材	材料	水平方向設計震度	座屈評価結果
モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
モバイルＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
淡水化処理ＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
濃縮水受入タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
雨水回収タンク	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
	600m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
	1000m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.27 ＜ 1
	1200m^{3}容量	胴板	SS400	0.36	0.30 ＜ 1
中継タンク	1160m^{3}容量	胴板	SM400C	0.36	0.36 ＜ 1

記号の説明

記　号	記　号　の　説　明	単　位
C_H	水平方向設計震度	－
C_v	鉛直方向設計震度	－
D_i	胴の内径	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格　SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
f_b	曲げモーメントに対する許容座屈応力	MPa
f_c	軸圧縮荷重に対する許容座屈応力	MPa
g	重力加速度（＝9.80665）	m/s^2
H	水頭	mm
ℓ_g	基礎から容器重心までの距離	mm
m_0	容器の運転時質量	kg
m_e	容器の空質量	kg
S	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表5に定める値	MPa
S_a	胴の許容応力	MPa
S_u	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表9に定める値	MPa
S_y	設計・建設規格　付録材料図表　Part5　表8に定める値	MPa
t	胴板の厚さ	mm
η	座屈応力に対する安全率	－
π	円周率	－
ρ'	液体の密度（＝比重$\times 10^{-6}$）	kg/mm^3
σ_0	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{0c}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{0t}	胴の組合せ引張応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$	静水頭により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ_{x2}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x3}	胴の鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{x4}	胴の水平方向地震による軸方向応力	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和（圧縮側）	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和（引張側）	MPa
σ_{ϕ}	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
ϕ_1（x）	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
ϕ_2（x）	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

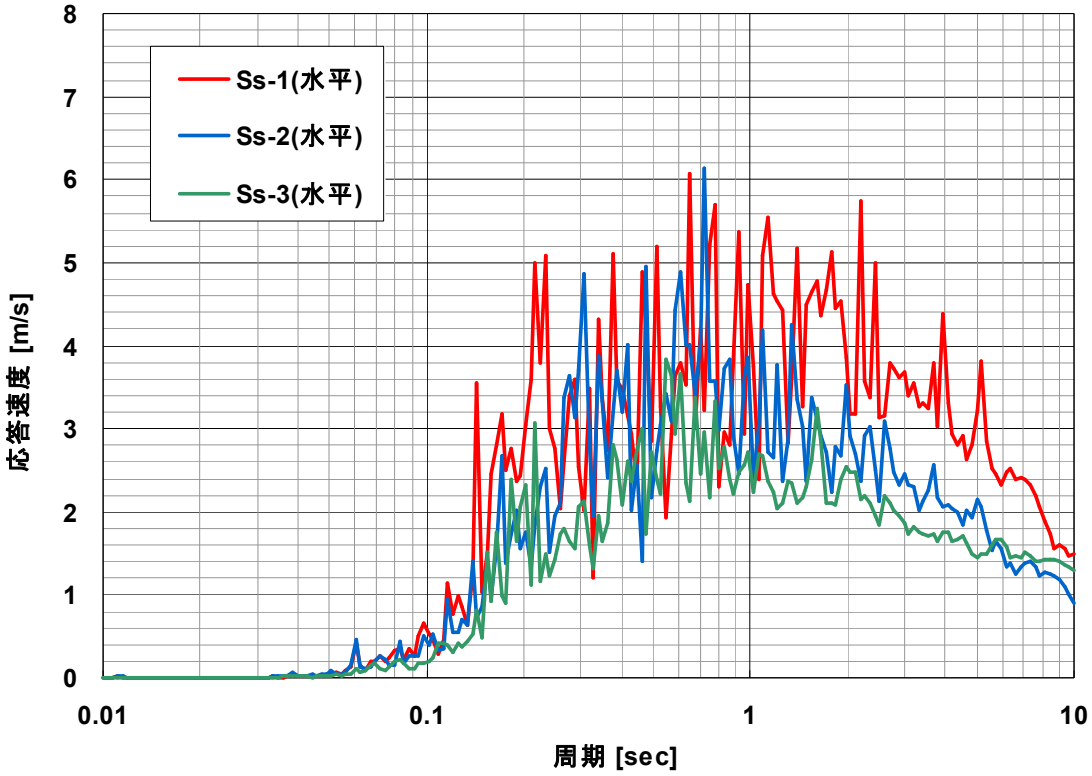
1. 2. スロッシング評価

- 速度ポテンシャル理論に基づき，スロッシング固有周期（水面の一次固有周期）を算出する。
- タンク設置エリアの地表面における基準地震動：Ss-1, 2, 3 に対する速度応答スペクトルから，スロッシング固有周期に応じた速度応答値を求める。
- 速度ポテンシャル理論に基づき，速度応答値からスロッシング波高を算出する。
- スロッシング波高がタンク高さを超えないことを確認する。

$$T_s = 2\pi\sqrt{\frac{D}{3.68g}\coth\left(\frac{3.68H}{D}\right)}$$

$$\eta = 0.837\left(\frac{D}{2g}\right)\left(\frac{2\pi}{T_s}\right)S_v$$

D ： タンク内径 [m]
H ： タンク液位 [m]
g ： 重力加速度 [m/s²]
T_s ： スロッシング固有周期 [s]
S_v ： 速度応答値 [m/s]
η ： スロッシング波高 [m]



速度応答スペクトル（水平方向・減衰なし）

表－３　円筒型タンクスロッシング評価結果

機器名称		スロッシング波高［mm］	スロッシング時液位［mm］	タンク高さ［mm］
モバイルＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	654	8,712	10,054
	600m^{3}容量	653	8,711	10,054
モバイルＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	654	8,712	10,054
	600m^{3}容量	653	8,711	10,054
淡水化処理ＲＯ膜装置雨水受入タンク	600m^{3}容量	654	8,712	10,054
	600m^{3}容量	653	8,711	10,054
淡水化処理ＲＯ膜装置処理水タンク	600m^{3}容量	654	8,712	10,054
	600m^{3}容量	653	8,711	10,054
濃縮水受入タンク	600m^{3}容量	653	8,711	10,054
雨水回収タンク	600m^{3}容量	654	8,712	10,054
	600m^{3}容量	653	8,711	10,054
	1000m^{3}容量	802	10,502	10,537
	1200m^{3}容量	809	9,302	10,800
中継タンク	1160m^{3}容量	702	12,908	13,000

1.3 タンク基礎の支持力

（1）評価方法

タンクの鉛直荷重と極限支持力を比較して評価を行う。支持力の算定式は「社団法人日本道路協会（2002）：道路橋示方書・同解説Ⅳ下部構造編」に基づき次式を用いる。計算した結果，①タンクの鉛直荷重＜②タンク基礎底面地盤の極限支持力であり，安全性を有していることを確認する。

①タンクの鉛直荷重：$W = m \times g$

②タンク基礎底面地盤の極限支持力：$Q_u = A_e\left(\alpha kcN_cS_c + kqN_qS_q + \frac{1}{2}\gamma_1\beta B_eN_rS_r\right)$

m　：機器質量

g　：重力加速度

A_e　：有効載荷面積

α，β　：基礎の形状係数

k　：根入れ効果に対する割増し係数

c　：地盤の粘着力

N_c，N_q，N_r：荷重の傾斜を考慮した支持力係数

S_c，S_q，S_r：支持力係数の寸法効果に関する補正係数

q　：上載荷重（$q=\gamma_2 D_f$）

γ_1，γ_2　：支持地盤及び根入れ地盤の単位重量（γ_1，γ_2＝15.9kN/m^2）

D_f　：基礎の有効根入れ深さ

B_e　：荷重の偏心を考慮した基礎の有効載荷幅（$B_e=B-2e_B$）

B　：基礎幅

e_B　：荷重の偏心量

（2）管理

地盤改良後，簡易支持力測定器（キャスポル）※により地盤の強度を測定し，上記式により必要な極限支持力を有していることを確認する。

※ランマー（重鎮）を一定の高さから地盤に自由落下させたときに生ずる衝撃加速度の最大値と地盤強度特性値と相関させる衝撃加速度法を基本原理とした簡易な測定器。

1.4 タンク基礎の不陸

（1）評価方法

タンクの設置高さが，設計高さに対して許容値以内※であることを確認する。

※　設計高さ±30㎜（社内基準値）

（2）管理

タンク基礎高さ（レベル）を測量し，当該高さが設計高さに対して±30㎜以内であることを確認する。