

2.7 電気系統設備

2.7.1 基本設計

2.7.1.1 設置の目的

特定原子力施設に対して、必要な外部電源及び非常用所内電源を確保し、特定原子力施設の機能を達成するために必要とする電力を供給できる電気系統設備を設置する。

2.7.1.2 要求される機能

- (1) 特定原子力施設のうち重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器に対し、外部電源又は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) 外部電源は、異なる送電系統で2回線以上であること。
- (3) 非常用所内電源が使用できない場合は、電源車などの代替機能を有すること。

2.7.1.3 設計方針

特定原子力施設のうち電気系統設備の設計方針は次のとおりとする。

(1) 電源の確保

特定原子力施設に対して必要な電源を確保できる設計とする。

重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器が、その機能を達成するために電力を必要とする場合においては、外部電源又は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設計とする。

具体的には、特に高い安全機能や監視機能を有する設備は多重化又は多様化による電力の供給、高い安全機能や監視機能を有する設備は電源切替による電力の供給、それ以外の設備は単一系統による電力の供給など、設備の機能要求に応じて電力を供給する。

(2) 外部電源

外部電源は、異なるルートで2回線以上の送電線により電力系統に接続できる設計とする。

(3) 非常用所内電源

非常用所内電源は、多重性又は多様性を備え、かつ、独立性を備えた設計とする。

(4) 検査可能性

安全機能に関連する電気系統設備は、その機能の重要度に応じて、その重要な部分の健全性及び能力を確認するために、適切な方法によりその機能を検査できる設計とする。

(5) 火災防護

所内ケーブル，電源盤等の材料は，不燃性又は難燃性のものを使用することを基本とする。

(6) 耐雷対策

電気系統設備の主要な機器については，新たな接地網の布設や既設の接地網との接続等による接地抵抗の低減対策を行う。また，送電線については，避雷器を設置する対策を行う。

(7) 小動物侵入防止対策

電源盤内への小動物の侵入による短絡・地絡事故を防止するため，小動物の侵入する恐れのある電源盤については，貫通孔等の侵入路の閉塞を行う。

2.7.1.4 供用期間中に確認する項目

所内共通ディーゼル発電機は，定期的に負荷をかけての運転状況を確認する。

2.7.1.5 主要な機器

(1) 設備概要

福島第一原子力発電所1～4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（大熊線3号，4号，東北電力（株）東電原子力線，双葉線1号，2号）で構成する。

通常時には，所内電力は，大熊線3号及び4号から南側66kV開閉所及び66kV受電用変圧器を経由して供給する。また，双葉線1号及び2号から5号機及び6号機の起動用開閉所，起動変圧器及び所内高圧母線を通じて供給することもできる。さらに南側66kV開閉所は，東北電力（株）東電原子力線からも受電できる。

外部電源がすべて喪失した場合には，所内共通ディーゼル発電機2台から所内電力を供給できる。また，所内高圧母線は5号機又は6号機の非常用ディーゼル発電機からも受電できる。

(2) 送電線

外部電源は，以下の4回線の66kV送電線により当社の電力系統から受電する。

大熊線3号

大熊線4号

双葉線1号（5号機及び6号機の起動用開閉所で受電）

双葉線2号（5号機及び6号機の起動用開閉所で受電）

これら66kV送電線は，1回線で特定原子力施設の必要電力を送電し得る容量を有する。

また、上記の 66kV 送電線が全て停止するような場合、東北電力（株）東電原子力線から受電する。

(3) 開閉所

南側 66kV 開閉所は、66kV 送電線と 66kV 受電用変圧器を連系する遮断器、66kV 母線等で構成する。

(4) 変圧器

66kV 受電用変圧器は、送電線電圧 66kV を所内高圧母線電圧 6.9kV に降圧する変圧器で構成し、特定原子力施設の必要電力を供給する。

(5) 所内高圧母線

所内高圧母線はメタルクラッド開閉装置で構成し、所内高圧母線間を連系することにより、特定原子力施設の各設備へ電力を振り分ける。

所内高圧母線は、接続される特定原子力施設の重要度等に応じて、単一の所内高圧母線の故障があっても設備の全機能が喪失しないよう、設備を 2 母線以上に分割接続、又は双方の母線から受電できる構成とする。

尚、今後、特定原子力施設の新設等に合わせ、必要に応じ所内高圧母線及び建屋の増設を行う。

(6) ケーブル及び電線路

特定原子力施設の設備の容量に応じたケーブルで接続する。

(7) 非常用所内電源とその代替機能

所内共通ディーゼル発電機は、外部電源が喪失した場合に、1 台にて特定原子力施設のうち重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する構築物、系統及び機器がその機能を達成するために必要となる電力を供給できる。

所内共通ディーゼル発電機は 2 台を備え、多重性を有した設備となっており、各々専用の所内高圧母線に接続する。

また、所内共通ディーゼル発電機全台が使用できない場合においても、5 号機又は 6 号機の非常用ディーゼル発電機（5 A、5 B、6 A、6 B）から電力を供給できる。また、免震重要棟については、ガスタービン発電機から電力を供給できる。

外部電源及び非常用所内電源が使用できない場合は、代替電源の電源車（500kVA 以上×2 台）を所内高圧母線の所内共通 M/C 1 A 及び 2 A の各々に接続することにより、原子炉圧力容器・原子炉格納容器注水設備等の必要な負荷に対して電力を供給できる構成とする。

(8) 監視装置等

免震重要棟から以下を監視可能とする装置を備える。

- ・ 送電線電圧
- ・ 所内高圧母線電圧

また、電気系統設備の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る。

2.7.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

a. 開閉設備，変圧器

開閉設備，変圧器については，津波により影響がないと想定される高台（T.P.約28m以上）へ設置する。

b. 所内高圧母線

所内高圧母線は，津波による影響がないと想定される建屋内（防水性向上対策を実施した建屋又は建屋の高所階（T.P.約15m以上））又は高台（T.P.約28m以上）へ設置する。

c. 所内共通ディーゼル発電機

所内共通ディーゼル発電機については，津波による影響がないと想定される建屋内に設置する。

d. 電源車

電源車については，津波による影響がないと想定される高台へ配備する。（T.P.約28m以上）

(2) 火災

所内ケーブル，電源盤等の材料は，不燃性又は難燃性のものを使用することを基本とする。

(3) 豪雨，台風

所内高圧母線は，風による影響及び雨水の浸入を防止するために，建築基準法及び関連法令に基づき設計した建屋内に設置する。

2.7.1.7 構造強度及び耐震性

(1) 外部電源受変電設備

外部電源からの受変電設備については、耐震設計審査指針上の C クラス設備と位置づけられており、C クラス設備として設計する。

(2) メタルクラッド開閉装置

メタルクラッド開閉装置については、床面に後打ちアンカにより固定し耐震性を確保する設計とする。

(3) 所内共通ディーゼル発電機及び補機冷却系（空気冷却器，ポンプ，主配管）

所内共通ディーゼル発電機及び補機冷却系（空気冷却器，ポンプ，主配管）については、耐震設計指針上の S クラスの設備として設計する。

(4) ケーブル及び電線路

ケーブル及び電線路についてはフレキシビリティを持たせた構造を基本とする。

2.7.1.8 機器の故障への対応

常時は 66kV 2 回線（大熊線 3 号，4 号）から所内電力を供給するが、いずれかの回線の停電時には他方の回線で電力を供給する。新福島変電所からの全ての回線（大熊線 3 号，4 号，双葉線 1 号及び 2 号）が停止している場合には、東北電力（株）東電原子力線 66kV 1 回線から供給する。これら全ての外部電源が停電している場合には、非常用所内電源から必要な設備の電力を供給する。更に、非常用所内電源からの電力供給ができない場合は、電源車 2 台から必要な設備の電力を供給する。これらの切替における 6.9kV 所内高圧母線の連系については、連系用遮断器を手動にて投入する操作を実施する。

(1) 機器の単一故障

送電線における故障の場合は、送電線の故障箇所の特定制り離しを行うが、南側 66kV 開閉所は二重母線構成のため、大熊線 3 号，4 号のいずれかが停止となっても、所内共通変圧器 2 台への電力供給は他方の送電線により維持される。一方、変圧器，所内高圧母線等の故障等により停電した場合には、故障箇所を特定した上で所内電源機器の損傷状況や現場状況に加えて負荷の損傷状況等を把握し、電源切り替えや非常用所内電源からの受電を行い、電力供給を再開する。

(2) 複数の設備が同時に機能喪失した場合

電気系統は、機器の故障等による機能喪失を防止するよう配慮した構成としているが、複数の設備の機能が同時に喪失した場合は、故障箇所を特定した上で、送電線，変圧器，所内高圧母線等の損傷状況や現場状況に加えて負荷の損傷状況等を把握し、電源切り替えや非常用所内電源の受電や電源車の配備を行い、電力供給を再開する。

2.7.2 基本仕様

2.7.2.1 変圧器主要仕様

(1) 66kV 受電用変圧器

台数	2
容量	30,000kVA (1台あたり)
電圧	約66kV/6.9kV
相数	3
周波数	50Hz

2.7.2.2 非常用ディーゼル発電機主要仕様 (既設)

(1) 所内共通ディーゼル発電機 (A) (非常用ディーゼル発電機 4B)

台数	1
容量	8,250kVA
電圧	6.9kV
力率	0.8
周波数	50Hz
補機冷却系 (冷却方式)	空気冷却

(2) 所内共通ディーゼル発電機 (B) (非常用ディーゼル発電機 2B)

台数	1
容量	8,250kVA
電圧	6.9kV
力率	0.8
周波数	50Hz
補機冷却系 (冷却方式)	空気冷却

(3) 免震重要棟ガスタービン発電機

台数	1
容量	1,000kVA
電圧	6.9kV
力率	0.8
周波数	50Hz

2.7.2.3 電源車

台数	2台以上
容量	500kVA以上

電 圧 6.6kV (使用電圧 6.9kV)

相 数 3

周波数 50Hz

タンク容量／燃料消費率 2時間以上

2.7.3 添付資料

添付資料－1 送電系統一覽図

添付資料－2 所内単線結線図及び構内電源配置図

添付資料－3 所内高圧母線に接続する主な負荷及び電源設備の設計区分の考え方

添付資料－4 電源車からの電力供給負荷について

添付資料－5 構造強度及び耐震性について

添付資料－6 事故拡大及び伝播防止を目的としたメタルクラッド開閉装置の
保護継電器について

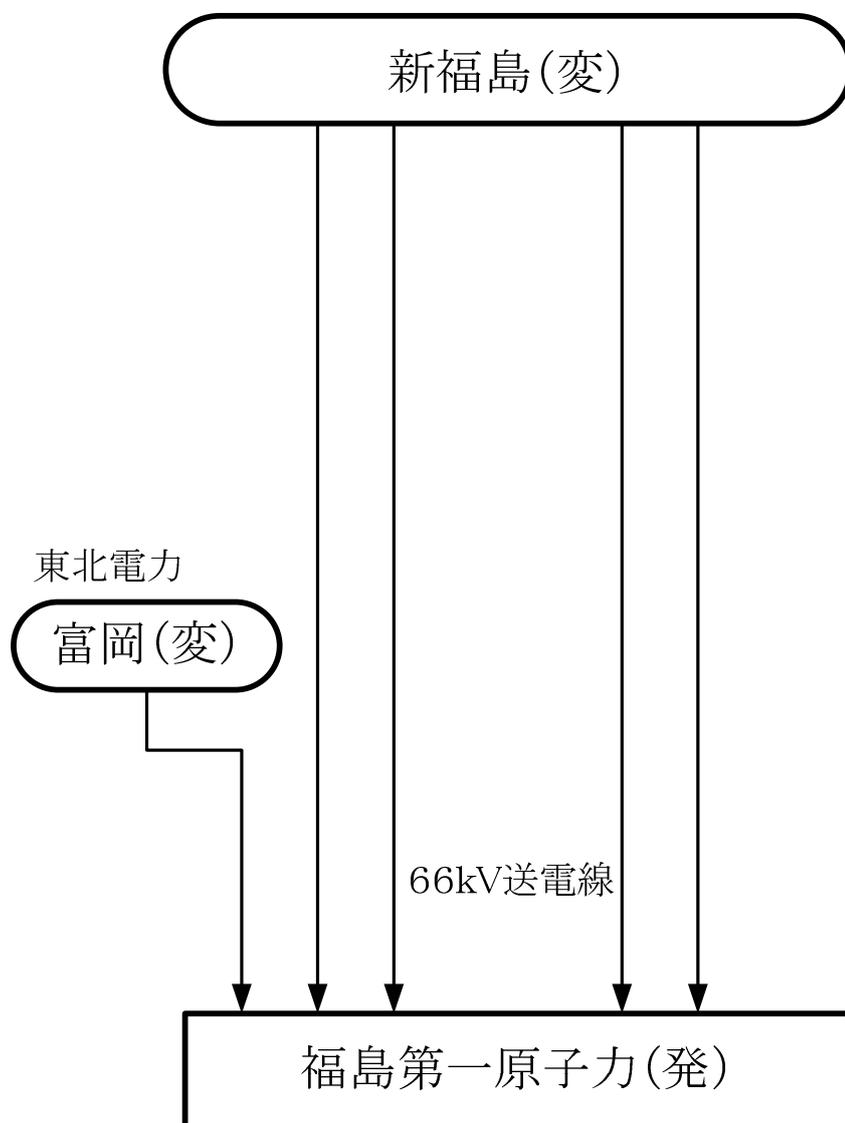


図-1. 送電系統一覽図

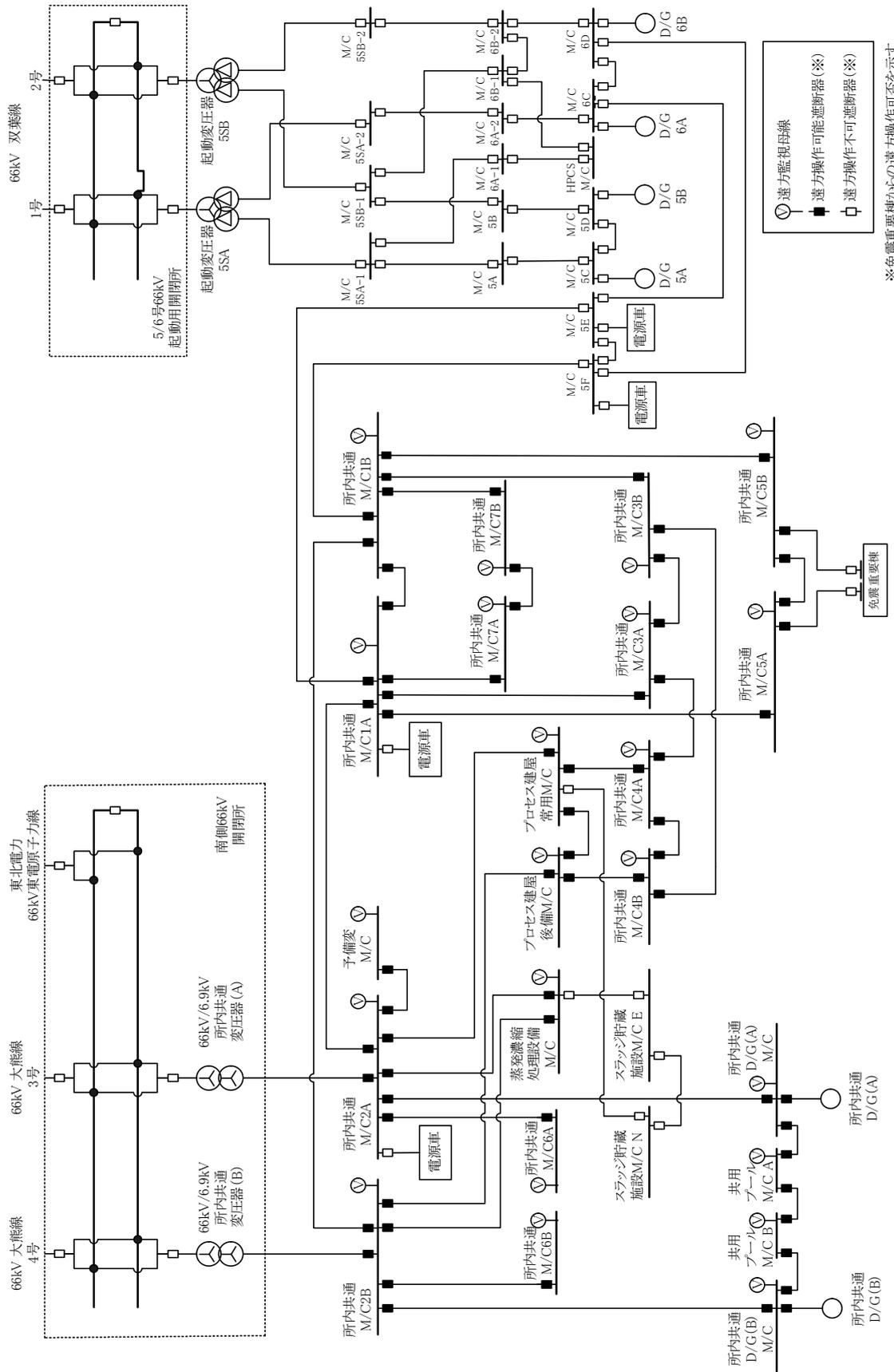


図-1. 所内単線結線図

所内高圧母線に接続する主な負荷及び電源設備の設計区分の考え方

表-1. 所内高圧母線に接続する主な負荷及び電源設備の設計区分 (A系電源)

所内高圧母線	所内共通P/C 又は 主な変圧器盤	接続する主な負荷		供給対象			電源設計		備考		
				所内 共通 D/G 供給	電源 供給	機器 D/G 供給	区分	負荷への電源 供給形態		設備多重性	
所内共通 M/C1A	②-2 変圧器盤	原子炉格納容器内窒素封入設備	窒素ガス分離装置 A	○	-	-	I-1	二重化	二重化		
		使用済燃料プール設備	非常用注水設備(電動ポンプ)	○	○ ※2	-	I-2	単一	多様化※1	※1: 消防車との多様性	
	多核種除去設備 変圧器盤A	放射核種除去設備	多核種除去設備 A系、C系/共通系	-	-	-	I-1	二重化	二重化		
		使用済燃料乾式キャスク取扱設備	キャスク取扱設備	-	-	-	II-2	切替	単一		
所内共通 M/C3A	所内共通P/C3A	汚染水処理設備等	滞留水移送装置	○ ※2	-	-	I-1	二重化	二重化		
		サブドレン他水処理施設	地下水ドレン前処理装置	-	-	-	II-2	切替	単一		
	所内共通P/C3A, 3C	放射核種除去設備	多核種除去設備 A系、C系/共通系	-	-	-	II-2	切替	単一		
		使用済燃料乾式キャスク取扱設備	キャスク取扱設備	-	-	-	II-2	切替	単一		
	所内共通 M/C3A	1/2号機 建屋内照明			◎	◎	○	I-1	二重化	二重化	
		汚染水処理設備等	滞留水移送装置	○ ※2	-	-	I-1	二重化	二重化		
		1/2号機 計測用電源(監視計測器通信設備含む)			◎	◎	○	I-1	二重化	二重化	
		所内共通P/C3C	原子炉圧力容器・格納容器注水設備	2号機 タービン建屋内炉注水ポンプ	◎	◎	-	I-2	単一	多様化	
			原子炉格納容器ガス管理設備	1/2号機 CST炉注水ポンプ A	◎	◎	-	I-1	二重化	二重化	
		原子炉圧力容器・格納容器注水設備	1号機 タービン建屋内炉注水ポンプ	◎	◎	-	I-2	単一	多様化		
プロセス建屋 常用M/C	プロセス水処理P/C(A)他	汚染水処理設備等	除染装置(12)、セシウム吸着装置(12)、造粒固化体貯槽(1)	○ ※2	-	-	I-2	単一	多様化	()内は区分	
所内共通 M/C4A	所内共通P/C4A	汚染水処理設備等	滞留水移送装置	○ ※2	-	-	I-1	二重化	二重化		
		3/4号機 建屋内照明			◎	◎	○	I-1	二重化	二重化	
	所内共通 M/C4A	汚染水処理設備等	滞留水移送装置	○ ※2	-	-	I-1	二重化	二重化		
		3/4号機 計測用電源(監視計測器通信設備含む)			◎	◎	○	I-1	二重化	二重化	
		所内共通P/C4C	原子炉圧力容器・格納容器注水設備	3号機 タービン建屋内炉注水ポンプ	◎	◎	-	I-2	単一	多様化	
			原子炉格納容器ガス管理設備	3号機 CST炉注水ポンプ A	◎	◎	-	I-1	二重化	二重化	
		使用済燃料プールからの燃料取り出し設備	4号機 燃料取扱設備	-	-	-	I-1	二重化	二重化		
		4号機 燃料取扱設備 受電設備	使用済燃料プールからの燃料取り出し設備	4号機 燃料取扱設備	-	-	-	III	単一	単一	燃料取扱設備は、「高い安全機能」であるがフェイルセーフ設計のため電源供給機能は「安全機能」となる
	所内共通 M/C5A	免費重要種受電設備	監視室・制御室	免費重要種	○	-	○	I-1	二重化	二重化	免費種は非常用スタービン発電機があるため電源供給対象外 D/G負荷はCVCF
		サブドレン浄化設備高圧 変圧器盤A	サブドレン他水処理施設	サブドレン他浄化設備	-	-	-	I-1	二重化	二重化	
放射核種除去設備			増設多核種除去設備	-	-	-	I-1	二重化	二重化		
所内共通 M/C6A	高性能多核種除去設備 変圧器盤A	放射核種除去設備	高性能多核種除去設備	-	-	-	I-1	二重化	二重化		
		滞留水を貯留している(滞留している場合を含む) 建屋	床土汚水壁設備	-	-	-	I-1 (I-2)	二重化 (単一)	二重化 (多様化)	()内は床土初期造成時	
	凍結プラントP/C A-2	放射線管理関係設備等	モニタリングポスト(予備側)	○	-	-	II-2	切替	単一		
所内共通 M/C7A	-	SFP循環冷却設備配電 盤A系	使用済燃料プール設備	1~3号機 使用済燃料プール冷却系	○	-	○	I-1	二重化	二重化	
		放射核種除去設備	放射核種除去設備第1種	放射核種除去設備第1種	-	-	-	II-2	切替	単一	
所内共通 D/G(A)M/C	所内共通DGAP/C	所内共通D/G(A)補機		○	-	-	I-1	二重化	二重化		
共用プール M/C A	共用プールP/C A	使用済燃料共用プール設備	共用プール補給水系	○	○ ※2	-	I-1	二重化	二重化		
		使用済燃料共用プール設備	共用プール冷却浄化系	○	-	-	I-1	二重化	二重化		
予備変M/C	-	構内配電線(モニタリングポスト予備等)		○	-	-	I-2	切替	多様化	D/G負荷はMP予備	
スラッジ貯蔵施設M/C N	スラッジ貯蔵施設P/C N	汚染水処理設備等	廃スラッジ一時保管施設	○	-	-	I-1	二重化	二重化	D/G負荷は廃スラッジ設備(水素発生排気設備)	

(注)
 ・H28.10月時点の計画におけるH31.3月末設備の主要な負荷を記載
 ・◎は重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する設備として供給するもの、○は◎以外で供給する設備(※2は運用上重要な設備と判断し供給対象とした)。
 ・各設備のうち運転に必要な系統や機器に対して供給するため、◎又は○はすべての機器に同時に供給するものではない。
 ・D/G供給時、電源供給時は一部負荷を制限する。

表-2. 所内高圧母線に接続する主な負荷及び電源設備の設計区分 (B系電源)

所内高圧母線	所内共通P/C 又は 主な変圧器盤	接続する主な負荷		供給対象			電源設計			備考
				所内 共通 D/G 供給	電源車 供給	機器付 D/G供給	区分	負荷への電源 供給形態	設備多重性	
所内共通 M/C1B	①変圧器盤	原子炉圧力容器・格納容器注水設備	常用高台炉注水ポンプ	◎	◎	-	I-2	単一	多様化	
	②変圧器盤		純水タンク脇炉注水ポンプ	◎	◎	○	I-2	単一	多様化	
	①変圧器盤	原子炉格納容器内窒素封入設備	窒素ガス分離装置 C	○	-	-	I-1	二重化	二重化	
	②変圧器盤		窒素ガス分離装置 B	○	-	-	I-1	二重化	二重化	
	多核種除去設備 変圧器盤B	放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設	多核種除去設備 B系、C系/共通系	-	-	-	I-1	二重化	二重化	
		使用済燃料乾式キャスク取保管設備	キャスク取保管設備	-	-	-	II-2	切替	単一	
所内共通 M/C3B	所内共通P/C3B	1/2号機 建屋内照明		◎	◎	○	I-1	二重化	二重化	
		汚染水処理設備等	滞留水移送装置	○ ※2	-	-	I-1	二重化	二重化	
		サブレン他水処理施設	地下水ドレン前処理装置	-	-	-	II-2	切替	単一	
		放水路浄化設備	放水路浄化装置	-	-	-	II-2	切替	単一	
	所内共通P/C3D	原子炉圧力容器・格納容器注水設備	1/2号機 CST炉注水ポンプ B	◎	◎	-	I-1	二重化	二重化	
	原子炉格納容器ガス管理設備	1/2号機 原子炉格納容器ガス管理設備 B	○	-	-	I-1	二重化	二重化		
	1/2号機 計測用電源(監視計測器通信設備含む)		◎	◎	○	I-1	二重化	二重化		
	汚染水処理設備等	滞留水移送装置	○ ※2	-	-	I-1	二重化	二重化		
プロセス建屋 後備M/C	第二セシウム吸着設備変 圧器盤	汚染水処理設備等	第二セシウム吸着装置	○ ※2	-	-	I-2	単一	多様化	
	プロセス水処理P/C(B)	プロセス建屋内照明他		-	-	-	I-1	二重化	二重化	
所内共通 M/C 2B	所内共通P/C4B	汚染水処理設備等	滞留水移送装置	○ ※2	-	-	I-1	二重化	二重化	
		3/4号機 建屋内照明		◎	◎	○	I-1	二重化	二重化	
	所内共通P/C4D	3/4号機 計測用電源(監視計測器通信設備含む)		◎	◎	○	I-1	二重化	二重化	
		原子炉圧力容器・格納容器注水設備	3号機 CST炉注水ポンプ B	◎	◎	-	I-1	二重化	二重化	
		原子炉格納容器ガス管理設備	3号機 原子炉格納容器ガス管理設備 B	○	-	-	I-1	二重化	二重化	
	使用済燃料プールからの燃料取り出し設備	4号機 燃料取り出し用カバー B	-	-	-	I-1	二重化	二重化		
所内共通 M/C5B	免震重要機受電設備	監視室・制御室	免震重要機	○	-	○	I-1	二重化	二重化	免震機は非常用ガスタービン発電機があるため電源車供給対象外 D/G負荷はLVCF
	サブレン浄化設備高圧 変圧器盤 B	サブレン他水処理施設	サブレン他浄化設備	-	-	-	I-1	二重化	二重化	
		放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設	増設多核種除去設備		-	-	-	I-1	二重化	二重化
	高性能多核種除去設備 変圧器盤B	放射性液体廃棄物処理施設及び関連施設	高性能多核種除去設備	-	-	-	I-1	二重化	二重化	
所内共通 M/C6B	凍結プラントP/C B系	滞留水を貯留している(滞留している場合を含む)建屋	凍土遮水壁設備	-	-	-	I-1 (I-2)	二重化 (単一)	二重化 (多様化)	()内は凍土初期造成時
	凍結プラントP/C B-2	放射線管理関係設備等	モニタリングポスト	○	-	-	II-2	切替	単一	
	SFP循環冷却設備配電 盤B系	使用済燃料プール設備	1~3号機 使用済燃料プール冷却系	○	-	○	I-1	二重化	二重化	
	-	大型機器除染設備	大型機器除染設備	-	-	-	III	単一	単一	
所内共通 M/C7B	-	放射性物質分析・研究施設第1棟	放射性物質分析・研究施設第1棟	-	-	-	II-2	切替	単一	
所内共通 D/G(B) M/C	所内共通D/G(B)P/C	所内共通D/G(B)補機		○	-	-	I-1	二重化	二重化	
共用プール M/C B	共用プールP/C B	使用済燃料共用プール設備	共用プール補給水系	○	○ ※2	-	I-1	二重化	二重化	
			共用プール冷却浄化系	○	-	-	I-1	二重化	二重化	
蒸発濃縮処理設備 M/C	蒸発濃縮処理設備用 変圧器盤 ほか	汚染水処理設備等	蒸発濃縮装置、逆浸透膜装置、シールド中機	○ ※2	-	-	II-2	切替	単一	D/G負荷はシールド中機
スラッジ貯蔵施設M/C 他	スラッジ貯蔵施設P/C E 他	汚染水処理設備等	廃スラッジ一時保管施設(II)、使用済セシウム吸着塔保管施設(III)	○	-	-	I-1	二重化	二重化	D/G負荷は廃スラッジ設備(水素発生排気設備) ()内は区分

(注)
 ・H28.10月時点の計画におけるH31.3月末設備の主要な負荷を記載。
 ・◎は重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する設備として供給するもの、○は◎以外で供給する設備(※2は運用上重要な設備と判断し供給対象とした)。
 ・各設備のうち運転に必要な系統や機器に対して供給するため、◎又は○はすべての機器に同時に供給するものではない。
 ・D/G供給時、電源車供給時は一部負荷を制限する。

福島第一原子力発電所1～4号機電源設備における設計区分の考え方

福島第一原子力発電所1～4号機特定原子力施設に関する系統及び機器への電源設備については、以下の3つの区分を基本的考え方として設計している。

■区分Ⅰ

設備機能要求：単一故障かつ外部電源喪失時においても安全機能維持すること

設計方針：電源供給，システム設備ともに多重化設計もしくはシステム設備を多様化し，それぞれに異系統の電源を供給

■区分Ⅱ

設備機能要求：単一故障かつ外部電源喪失時において，長期の安全機能の喪失がないこと
(機能要求に時間的裕度あり)

設計方針：電源を切替方式にて2系統を供給

■区分Ⅲ

設備機能要求：区分Ⅰ，Ⅱ以外

設計方針：電源供給，システム設備ともに単一

以上の考え方について，概要単結を図-1に示す。

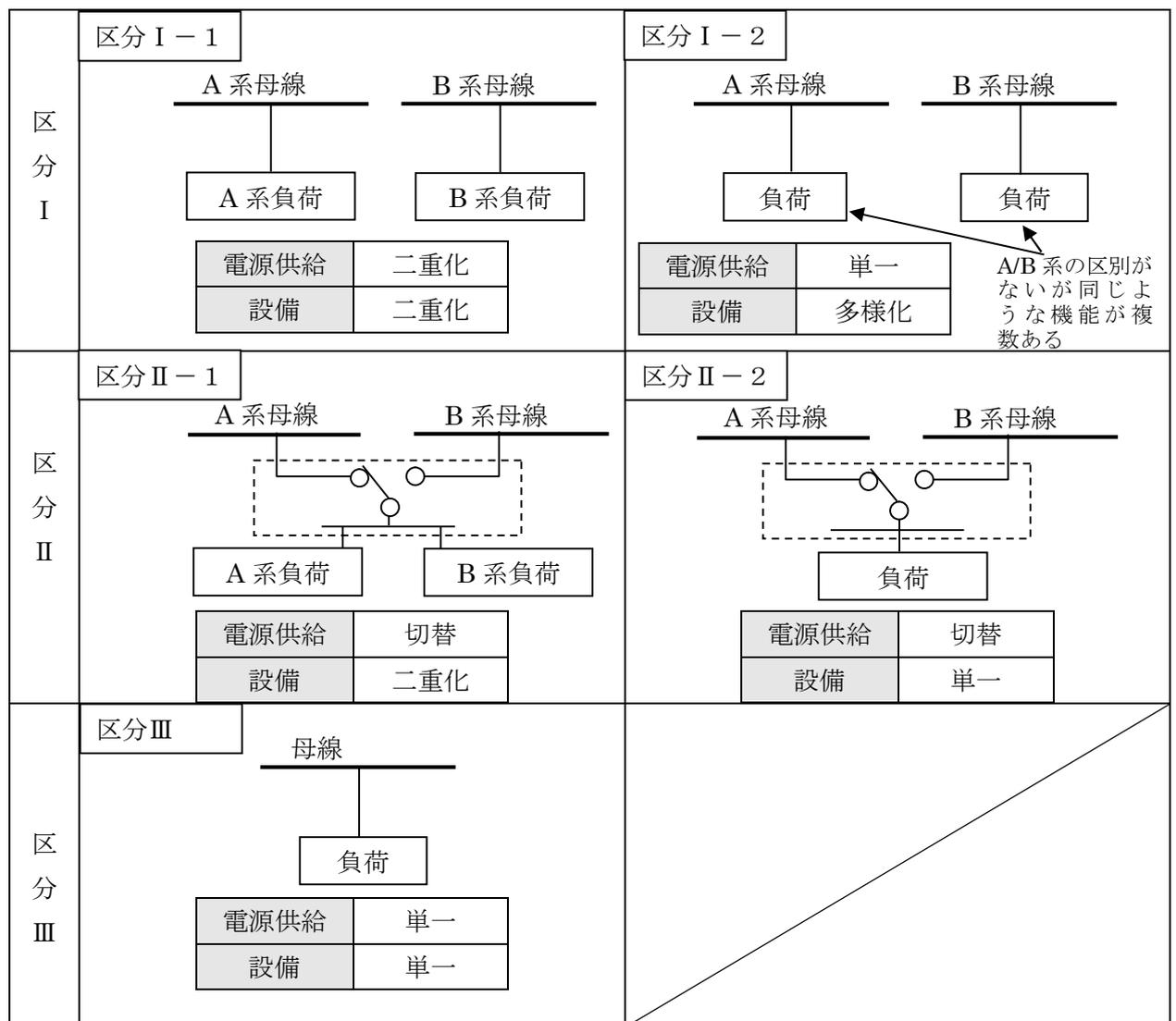


図-1 電源設備設計に関する区分別概要単結

電源車からの電力供給負荷について

所内共通M/C 1 A接続の電源車及び所内共通M/C 2 A接続の電源車（各々500kVA 以上）からの電力供給は、以下の重要度の特に高い安全機能や監視機能を有する設備等に対して計画している。

表1 所内共通M/C 1 A接続の電源車からの電力供給負荷

所内共通M/C1A接続の電源車からの電力供給負荷		負荷容量	最大
原子炉压力容器・格納容器注水設備	常用高台炉注水ポンプ	約45kVA	約70kVA
	純水タンク脇炉注水ポンプ	約70kVA	
	1号機 CST炉注水ポンプ A又はB	約19kVA	
	2号機 CST炉注水ポンプ A又はB	約19kVA	
	1号機 タービン建屋内炉注水ポンプ	約14kVA	
	2号機 タービン建屋内炉注水ポンプ	約14kVA	
1/2号機 計測用電源及び建屋内照明		約130kVA	約130kVA
使用済燃料プール設備	非常用注水設備(電動ポンプ)	約47kVA	約47kVA
合計			約247kVA

表2 所内共通M/C 2 A接続の電源車からの電力供給負荷

所内共通M/C2A接続の電源車からの電力供給負荷		負荷容量	最大
原子炉压力容器・格納容器注水設備	3号機 CST炉注水ポンプ A又はB	約19kVA	約19kVA
	3号機 タービン建屋内炉注水ポンプ	約14kVA	
3/4号機 計測用電源及び建屋内照明		約130kVA	約130kVA
使用済燃料共用プール設備	共用プール補給水系	約38kVA	約38kVA
合計			約187kVA

構造強度及び耐震性について

- (1) 外部電源からの受変電設備については、耐震設計審査指針上のCクラス設備と位置づけられており、Cクラス設備として設計している（JEAC4601 原子力発電所耐震設計技術規程）。新設した大熊線3号、4号、東北電力（株）東電原子力線が連系する南側66kV開閉所の開閉設備には地震に強いガス絶縁開閉装置（GIS）を採用するとともに、所内共通変圧器の基礎ボルト本数を従来に比べて増やし耐震性を高めている。
- (2) メタルクラッド開閉装置については、床面に後打ちアンカにより固定し耐震性を確保している。
- (3) 所内共通ディーゼル発電機及び補機冷却系（空気冷却器、ポンプ、主配管）については、従来同様、耐震Sクラス設計の設備を採用しており、高い信頼性を確保している。また、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された設備を復旧して使用している。

所内共通ディーゼル発電機（A）及び補機冷却系（空気冷却器、ポンプ、主配管）（既設 非常用ディーゼル発電機 4 B）

工事計画届出書（総文発官5第1222号 平成6年4月25日届出）

建設時第11回工事計画認可申請書（49資庁第18004号 昭和49年11月14日認可）

建設時第19回工事計画軽微届出書（総官第989号 昭和51年12月3日届出）

建設時第21回工事計画軽微届出書（総官第1341号 昭和52年2月15日届出）

所内共通ディーゼル発電機（B）及び補機冷却系（空気冷却器、ポンプ、主配管）（既設 非常用ディーゼル発電機 2 B）

工事計画届出書（総文発官5第1220号 平成6年4月25日届出）

建設時第14回工事計画認可申請書（46公第11145号 昭和46年8月17日認可）

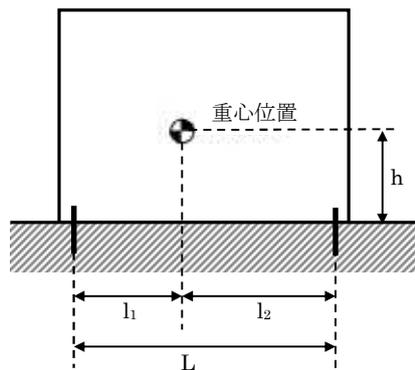
- (4) ケーブル及び電線路についてはフレキシビリティを持たせた構造を基本としており、ケーブル本体は可とう管路材に収納することで損傷防止策を講じている。

所内共通 M/C5A/B, 6A/B 及び 7A/B の耐震性評価について

(1) 耐震性評価方法について

所内共通 M/C5A/B, 6A/B 及び 7A/B の耐震性評価については, JEAC4601「原子力発電所耐震設計技術規程」等に基づき盤の固有振動数値に応じた入力地震動 S_s の応答加速度を算出し, その加速度における基礎ボルトに生じるせん断応力及び引張り応力が, 許容応力に対して裕度を有しているか評価を実施した。(図 1 参照)

具体的な耐震性評価については別冊 20 参照。



- L 支点としている基礎ボルトより最大引張応力が作用する基礎ボルトまでの距離
- m 盤の質量
- g 重力加速度
- h 据付面から重心までの距離
- $l_{1/2}$ 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 水平方向評価震度
- C_V 鉛直方向評価震度

図 1 所内高圧母線設備（盤）評価の概要図

ボルトに作用する引張力： $F_b = \max [F_{b1}, F_{b2}]$

$$F_{b1,2} = \frac{1}{L} \{ mg \sqrt{ \{ (C_H h)^2 + (C_V l_{1,2})^2 \} } - mg l_{1,2} \}$$

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

ボルトに作用するせん断力： $Q_b = mg C_H$

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

(2) 入力地震動について

福島第一原子力発電所における基準地震動 S_s 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結果中間報告書」(原管発官 19 第 603 号平成 20 年 3 月 31 日付け) に示すとおりであり, 所内共通 M/C5A/B, 6A/B 及び 7A/B 設置エリアにおける, 盤の固有振動数値に応じた入力地震動 S_s の最大応答加速度を表 1 に示す。

表1 評価用最大応答加速度

	方向	最大応答加速度(gal)
所内共通 M/C5A/B	水平方向	806
	鉛直方向	517
所内共通 M/C6A/B	水平方向	884
	鉛直方向	507
所内共通 M/C7A/B	水平方向	773
	鉛直方向	684

(3) 耐震性評価結果

評価上の裕度を表2に示す。

表2 耐震性評価結果

名称	裕度	
	引張り	せん断
所内共通 M/C5A/B	13.0	9.2
所内共通 M/C6A/B	30.4	7.4
所内共通 M/C7A/B	21.2	3.8

以上の通り、所内共通 M/C5A/B、6A/B 及び 7A/B の所内高圧母線設備については裕度が 1 以上であり、基礎ボルトの損傷に伴い機能不全となる可能性は低いことを確認した。

(4) 凍土遮水壁凍結プラント電気品建屋の耐震性評価について

電気品建屋は、所内共通 M/C6A/B に耐震性を考慮すべき負荷設備を接続しないことから、耐震性を考慮すべき建屋には該当しない。

事故拡大及び伝播防止を目的としたメタルクラッド開閉装置の保護継電器について

所内高圧母線を構成するメタルクラッド開閉装置には，表1に示す保護継電器を組み合わせて設置し，所内高圧母線及び所内高圧母線に接続する設備で事故が発生した場合に異常を検知し，その拡大及び伝播を防止する。

表1．保護継電器の種類

保護継電器の種類	想定事故	保護継電器の目的・用途
過電流継電器	短絡・過負荷	短絡・過負荷事故時に生じる過電流により短絡・過負荷を検知し，警報を発報するとともに，遮断器を開放する。
地絡過電圧継電器	地絡	地絡事故時に生じる零相電圧により地絡を検知し，警報を発報する。
地絡方向継電器		地絡事故時に生じる地絡電流により地絡を検知し，地絡過電圧継電器と組み合わせて警報を発報するとともに，遮断器を開放 [※] する。 [※] 同一建屋内を接続する回路および常時非通電回路については除く

2.35 サブドレン他水処理施設

2.35.1 基本設計

2.35.1.1 設置の目的

サブドレン他水処理施設は、1～4号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットから地下水を汲み上げること（サブドレン集水設備）、海側遮水壁と既設護岸の間に設置される地下水ドレンポンドから地下水を汲み上げること（地下水ドレン集水設備）、汲み上げた水に含まれている放射性核種（トリチウムを除く）を十分低い濃度になるまで除去すること（サブドレン他浄化設備）及び浄化された水を排水すること（サブドレン他移送設備）を目的とする。（以下、「本格運転」という。）

2.35.1.2 要求される機能

- (1) サブドレン集水設備は、1～4号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットから地下水を集水タンクに移送できること。
- (2) 地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンドから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できること。
- (3) サブドレン他浄化設備は、サブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備で集水した地下水の処理、貯留、管理等を行い、放射性物質の濃度を適切な値に低減する能力を有すること。
- (4) サブドレン他浄化設備は、設備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管理が適切に行える機能を有すること。
- (5) サブドレン他移送設備は、サブドレン他浄化設備にて浄化された水を排水できること。
- (6) サブドレン他水処理施設は、漏えい防止機能を有すること。

2.35.1.3 設計方針

2.35.1.3.1 サブドレン集水設備の設計方針

(1) 処理能力

サブドレン集水設備は、1～4号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できる処理容量とする。

(2) 材料

サブドレン集水設備は、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及び管理されない放出の防止

サブドレン集水設備の機器等は、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、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. サブドレンピットの水位、タンク水位等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、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。

(4) 健全性に対する考慮

サブドレン集水設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

(5) 検査可能性に対する設計上の考慮

サブドレン集水設備は、サブドレンピットから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できることを確認するための検査が可能な設計とする。

2.35.1.3.2 サブドレン他浄化設備の設計方針

(1) 放射性物質の濃度の低減

サブドレン他浄化設備は、サブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備で汲み上げた水を、ろ過、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

サブドレン他浄化設備は、サブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備で想定される汲み上げ量以上の処理容量とする。

(3) 材料

サブドレン他浄化設備の機器等は、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

サブドレン他浄化設備の機器等は、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、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. タンク水位、漏えい検知等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、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. サブドレン他浄化装置の機器等は、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、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。

(5) 被ばく低減

サブドレン他浄化設備は、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

サブドレン他浄化設備は、水の放射線分解により発生する可燃性ガスの滞留を防止でき、必要に応じて適切に排出できる設計とする。また、可燃性ガスに放射性物質が含まれる可能性がある場合は、適切に除去する設計とする。

(7) 健全性に対する考慮

サブドレン他浄化設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

(8) 検査可能性に対する設計上の考慮

サブドレン他浄化設備は、処理量ならびに放射能濃度を低減できることを確認するための検査が可能な設計とする。

(9) 地下水の貯留

サブドレン他浄化設備は、地下水を浄化してサンプルタンクへ移送することを目的とするが、地下水の水質や処理状況に応じて、地下水を RO 濃縮水貯槽又は Sr 処理水貯槽へ移送することが可能な設計とする。なお、RO 濃縮水貯槽又は Sr 処理水貯槽へ移送した地下水はサブドレン他水処理施設へ移送して処理しない。

2.35.1.3.3 サブドレン他移送設備の設計方針

(1) 処理能力

サブドレン他移送設備は、サブドレン他浄化設備で想定される処理容量以上の処理容量とする。

(2) 材料

サブドレン他移送設備の機器等は、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。

(3) 放射性物質の漏えい防止及び管理されない放出の防止

サブドレン他移送設備は浄化した水を取り扱うことから、液体中の放射性物質による影響はほとんど無い。ただし、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、機器等は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、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、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. 漏えい検知等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、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. 浄化した水を排水する際には事前に水質分析を行い、浄化水に含まれる放射性物質濃度が、告示濃度限度よりも十分に低い排水の基準（詳細は「Ⅲ 2.1.2 放射性液体廃棄物の管理」を参照）を満足することを確認した後に、排水を行う。また、運転員の誤操作等により、水質分析前の水を排水することが無いよう配慮した設計とする。

(4) 健全性に対する考慮

サブドレン他移送設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

(5) 検査可能性に対する設計上の考慮

サブドレン他移送設備は、浄化された水を排水できることを確認するための検査が可能な設計とする。

2.35.1.3.4 地下水ドレン集水設備の設計方針

(1) 処理能力

地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンドから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できる処理容量とする。

(2) 材料

地下水ドレン集水設備は、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及び管理されない放出の防止

地下水ドレン集水設備の機器等は、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、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. 地下水ドレンのタンク水位等の警報については、免震重要棟集中監視室等に表示し、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。

(4) 健全性に対する考慮

地下水ドレン集水設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

(5) 検査可能性に対する設計上の考慮

地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンドで汲み上げた地下水を移送できることを確認するための検査が可能な設計とする。

2.35.1.4 供用期間中に確認する項目

- (1) サブドレン集水設備は、サブドレンピットから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できること。
- (2) サブドレン他浄化設備は、通水でき、放射性核種濃度を低減できること。
- (3) サブドレン他移送設備は、浄化した水を移送先まで移送できること。
- (4) 地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンドから地下水を汲み上げ、集水タンクまで移送できること。

2.35.1.5 主要な機器

2.35.1.5.1 サブドレン集水設備

サブドレン集水設備は、揚水ポンプ、中継タンク、中継タンク移送ポンプ、集水タンク及び移送配管で構成する。汲み上げた地下水は集水タンクに集水する。また、共通設備として、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。

サブドレン集水設備は、免震重要棟集中監視室の監視・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。更に、運転員の誤操作、誤判断を防止するようにし、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。

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。

また、サブドレンピット内の水位が建屋内の滞留水の水位を下回らないように管理するため、各サブドレンピット内には水位計を設置し、サブドレンピット内の水位を監視する。

2.35.1.5.2 サブドレン他浄化設備

サブドレン他浄化設備は、集水タンク移送ポンプ、処理装置供給タンク、サブドレン他浄化装置、サンプルタンクで構成する。サブドレン他浄化装置は、2系列で構成し、1系列が点検等の場合においても対象水を処理できる設計とする。付帯設備として、運転監視を行う監視・制御装置、電源を供給する電源設備及び建屋等で構成する。また、放射能濃度が低減していることを確認するための試料採取が可能な設計とする。なお、サブドレン他浄化装置は、必要に応じ、2系列同時運転が可能な構成とする。

サブドレン他浄化設備の主要な機器は、免震重要棟集中監視室の監視・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。更に、運転員の誤操作、誤判断を防止するようにし、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。

(1) サブドレン他浄化装置

サブドレン他浄化装置は、1系列あたり、3塔の前処理フィルタ、1塔のpH緩衝塔、5塔の吸着塔及び2台のポンプで構成する。

前処理フィルタは、浮遊物質を除去、及びストロンチウムを粗取りする。pH緩衝塔は、処理対象水の水質を弱アルカリ性にする。また、除去性能に影響しないため、バイパス配管を設置して、除外可能とする。吸着塔は、セシウム、ストロンチウム、アンチモン、及び重金属核種(銀・コバルト)を除去する。また、前処理フィルタ及び吸着塔の吸着材は、除去対象核種に応じて入れ替え可能な設計とし、アンチモン、重金属核種の除去に用いる吸着塔については、除外可能とする。

前処理フィルタは、一定量処理後、水抜きを行い、交換する。使用済前処理フィルタは、容器に収納して、固体廃棄物貯蔵庫に一時貯蔵する。pH緩衝塔及び吸着塔は、一定量処

理後、水抜きを行い、塔ごと交換する。使用済 pH 緩衝塔は、一時保管エリアに、使用済吸着塔は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設あるいは大型廃棄物保管庫に一時貯蔵する。

(2) 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、サブドレン他浄化設備は、電源が喪失した場合に系統が隔離され停止するため、外部への漏えいを発生させることはない。

(3) サブドレン他浄化装置建屋

サブドレン他浄化装置建屋は、平面が約 46m×約 32m で厚さが約 1.5m の鉄筋コンクリート造のべた基礎を有し、漏えいの拡大を防止するための堰を設置する。

2.35.1.5.3 サブドレン他移送設備

サブドレン他移送設備は、浄化水移送ポンプ、移送配管等で構成する。浄化した水はサンプルタンクに一時貯留し、水質分析後、浄化水移送ポンプにより排水する。浄化した水の再浄化を行う場合は、サブドレン他浄化設備へ移送する。

また、共通設備として、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。サブドレン他移送設備は、免震重要棟集中監視室の監視・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。更に、運転員の誤操作、誤判断を防止するようにし、排水等の重要な操作については、ダブルアクションを要する等の設計とする。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。

2.35.1.5.4 地下水ドレン集水設備

地下水ドレン集水設備は、地下水ドレンポンド揚水ポンプ、地下水ドレン中継タンク、地下水ドレン中継タンク移送ポンプ、地下水ドレン前処理装置及び移送配管で構成する。地下水ドレン集水設備により汲み上げた地下水は集水タンクまたはタービン建屋へ移送する。

また、共通設備として、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。地下水ドレン集水設備は、免震重要棟集中監視室の監視・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。更に、運転員の誤操作、誤判断を防止するようにし、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。

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。

また、各地下水ドレンポンド内には水位計を設置し、地下水ドレンポンド内の水位を監視する。

2.35.1.6 自然災害対策等

(1) 津波

放射性物質を蓄積するサブドレン他浄化装置およびサンプルタンクは、アウターライズ津波が到達しないと考えられる T.P. 33.5m 盤に設置する。集水タンクは、T.P. 2.5m 盤に設置することから、アウターライズ津波による波力がタンクに直接作用しないような高さの堰を設ける。また、大津波警報が出た際はサブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備を停止することで、汲み上げる水の流出防止に努める。また、サブドレン他移送設備を停止することで、排水前の水の流出防止に努める。

(2) 台風

放射性物質を蓄積するサブドレン他浄化装置は、台風による設備損傷の可能性が低い鉄骨造の建屋内に設置する。

(3) 積雪

積雪による設備の損傷を防止するため、建屋は建築基準法施行令及び福島県建築基準法施行細則に基づく積雪荷重に対して設計する。

(4) 落雷

動的機器及び電気設備は、機器接地により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・隔離弁の閉止作業等を行い、サブドレンピット及び地下水ドレンポンドから汲み上げた地下水の漏えい防止を図る。

(6) 火災

火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用する。火災検知のため、消防法及び関係法令に従い、建屋内には自動火災報知設備を設置する。集水移送加圧ポンプについては、巡視点検を実施するとともに、監視カメラを設置し、免震棟にて確認することで早期検知に努める。また、消火器を設置し、動力消防ポンプ（防火水槽及びポンプ車）を適切に配置することにより、初期消火の対応を可能とし、消火活動の円滑化を図る。放射性物質を吸着する前処理フィルタ及び吸着塔は鋼製容器のため、燃焼・延焼し難く、またこれらの機器付配管は鋼製であり、燃焼しない。

なお、建屋内には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。

2.35.1.7 構造強度及び耐震性

2.35.1.7.1 サブドレン集水設備

(1) 構造強度

中継タンク，集水移送加圧ポンプは，JIS 等に準拠する。集水タンクは，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に準拠する。配管のうち，ポリエチレン管は ISO 規格，JWWA 規格または JIS に準拠し，鋼管及び伸縮継手は，JIS に準拠する。また，JSME 規格で規定される材料の JIS 年度指定は，技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

(2) 耐震性

サブドレン集水設備を構成する主要な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」に従い設計する。主要な機器の耐震性を評価するにあたっては，「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管及び伸縮継手は，材料の可撓性により耐震性を確保する。

2.35.1.7.2 サブドレン他浄化設備

(1) 構造強度

前処理フィルタ，pH 緩衝塔及び吸着塔は，「ASME Boiler and Pressure Vessel Code」に準拠する。前処理フィルタ，pH 緩衝塔及び吸着塔廻りの鋼管は，「ASME B31.1 Power Piping」に準拠する。その他の主要機器及び配管は，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」等に準拠し，このうちポリエチレン配管は ISO 規格，JWWA 規格に準拠する。また，JSME 規格で規定される材料の JIS 年度指定は，技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

(2) 耐震性

サブドレン他浄化設備を構成する主要な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」に従い設計する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては，「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管及び伸縮継手は，材料の可撓性により耐震性を確保する。

2.35.1.7.3 サブドレン他移送設備

(1) 構造強度

サブドレン他移送設備のポンプは JIS 規格に準拠する。その他の主要機器及び配管は「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」等に準拠し、このうちポリエチレン配管は ISO 規格, JWVA 規格に準拠する。JSME 規格で規定される材料の JIS 年度指定は、技術的妥当性の範囲において材料調達性の観点から考慮しない場合もある。

(2) 耐震性

サブドレン他移送設備を構成する主要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」に従い設計する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管及び伸縮継手は、材料の可撓性により耐震性を確保する。

2.35.1.7.4 地下水ドレン集水設備

(1) 構造強度

地下水ドレン集水設備を構成するタンクは、JIS 等に準拠する。配管のうち、ポリエチレン管は ISO 規格, JWVA 規格, または、JIS に準拠し、鋼管は、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」等に準拠する。

(2) 耐震性

地下水ドレン集水設備を構成する主要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」に従い設計する。主要な機器及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては、「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管は、材料の可撓性により耐震性を確保する。

2.35.1.8 機器の故障への対応

2.35.1.8.1 サブドレン集水設備

(1) 機器の単一故障

サブドレン集水設備は電源について多重化しており、上流の電源系統設備の単一故障については、速やかな集水の再開が可能である。

2.35.1.8.2 サブドレン他浄化設備

(1) 機器の単一故障

サブドレン他浄化設備は、電源について多重化している。そのため、電源系統の単一故障については、電源系統の切替作業等により、速やかな処理の再開が可能である。

2.35.1.8.3 サブドレン他移送設備

(1) 機器の単一故障

サブドレン他移送設備は、動的機器及び電源について多重化している。そのため、動的機器、電源系統の単一故障については、機器の切替作業等により、速やかな処理の再開が可能である。

2.35.1.8.4 地下水ドレン集水設備

(1) 機器の単一故障

地下水ドレン集水設備は、電源について多重化しており、上流の電源系統設備の単一故障については、速やかな集水の再開が可能である。

2.35.2 基本仕様

2.35.2.1 主要仕様

2.35.2.1.1 サブドレン集水設備

(1) タンク

a. 中継タンク

名 称		中継タンク	
種 類	—	角形	
容 量	m ³ /個	12.0	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	内 寸	mm	2000×4000
	側 板 厚 さ	mm	6.0
	底 板 厚 さ	mm	9.0
	高 さ	mm	1500
材 料	側 板	—	SS400
	底 板	—	SS400
個 数	個	5	

b. 集水タンク

名 称		集水タンク	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /個	1235	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	m	11.0
	胴 板 厚 さ	mm	12.0
	底 板 厚 さ	mm	12.0
	高 さ	m	13.0
材 料	胴 板	—	SM400C
	底 板	—	SM400C
個 数	個	7	

(2) その他機器

a. 揚水ポンプ (完成品)

台 数	46 台
容 量	30 L/min

b. 中継タンク移送ポンプ (完成品)

台 数	5 台
容 量	400 L/min

c. 集水移送加圧ポンプ (完成品)

台 数	4 台
容 量	50 m ³ /h

(3) 配管

主要配管仕様 (1 / 2)

名 称	仕 様	
サブドレンピット内 (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	32A 相当 ポリエチレン 0.48 MPa 30 °C
サブドレンピット出口から 中継タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A 相当, 80A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	32A/Sch. 40, 40A/Sch. 40, 50A/Sch. 40, 200A/Sch. 20S STPG370, SUS316LTP 0.98 MPa 40 °C
中継タンク出口から 中継タンク移送ポンプ入口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A/Sch. 40 STPG370 静水頭 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A SUS316L 静水頭 40 °C
中継タンク移送ポンプ出口から 集水タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当, 100A 相当, 150A 相当, 200A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 40 80A/Sch. 40 200A/Sch. 40 300A/Sch. 40 350A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 SUS316LTP 0.49 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A SUS316L 0.98 MPa 40 °C

主要配管仕様（2 / 2）

名 称	仕 様	
集水タンク 1～3 出口から 集水タンク 1～3 出口部まで (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 静水頭 40 °C
集水タンク 1～3 出口部から 集水タンク 出口側ヘッダーまで (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 0.98 MPa 40 °C
集水タンク 4～7 出口から 集水移送加圧ポンプ入口まで (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, 200A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa (集水タンク連結管は静水頭) 40 °C
(鋼管)	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 200A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当, 200A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C
集水移送加圧ポンプ出口から 集水タンク 出口側ヘッダーまで (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 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A/Sch. 40 100A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。

2.35.2.1.2 サブドレン他浄化設備

(1) サブドレン他浄化装置の対象水の種類, 処理方式, 容量並びに系列数

名 称		仕 様
対象水の種類	—	サブドレン
処 理 方 式	—	ろ過+吸着材方式
処 理 容 量	m ³ /h	50
系 列 数	系列	2

(2) 容器

a. 処理装置供給タンク

名 称		処理装置供給タンク	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /個	30	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	mm	3000
	胴 板 厚 さ	mm	9.0
	底 板 厚 さ	mm	12.0
	平 板 厚 さ	mm	6.0
	高 さ	mm	5006
材 料	胴 板	—	SUS316L/SM400C
	底 板	—	SUS316L/SM400C
個 数	個	2	

b. 前処理フィルタ 1, 2

名 称		前処理フィルタ 1, 2	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /h/個	50	
最高使用圧力	MPa	1.03	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴 内 径	mm	901.7
	胴 板 厚 さ	mm	6.35
	上部平板厚さ	mm	63.5
	下部平板厚さ	mm	63.5
	高 さ	mm	2013
材 料	胴 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	上 部 平 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	下 部 平 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
個 数	個	2 (1 系列あたり)	

c. 前処理フィルタ 3

名 称		前処理フィルタ 3	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /h/個	50	
最高使用圧力	MPa	1.03	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴 内 径	mm	901.7
	胴 板 厚 さ	mm	6.35
	上部平板厚さ	mm	63.5
	下部平板厚さ	mm	63.5
	高 さ	mm	1800
材 料	胴 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	上 部 平 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	下 部 平 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
個 数	個	1 (1 系列あたり)	

d. pH緩衝塔

名 称		pH 緩衝塔	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /h/個	50	
最高使用圧力	MPa	1.03	
最高使用温度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	mm	1346.2
	胴 板 厚 さ	mm	25.4
	鏡 板 厚 さ	mm	25.4
	高 さ	mm	2487
材 料	胴 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	鏡 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
個 数	—	1 (1 系列あたり)	

e. 吸着塔 1, 2, 3, 4, 5

名 称		吸着塔 1, 2, 3, 4, 5	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /h/個	50	
最高使用圧力	MPa	1.55	
最高使用温度	℃	40	
主 要 寸 法	胴 内 径	mm	1346.2
	胴 板 厚 さ	mm	25.4
	鏡 板 厚 さ	mm	25.4
	高 さ	mm	3119
材 料	胴 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
	鏡 板	—	ASME SA 516 Gr. 70
個 数	—	5 (1 系列あたり)	

f. サンプルタンク

名 称		サンプルタンク	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /個	1235	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴 内 径	m	11.0
	胴 板 厚 さ	mm	12.0
	底 板 厚 さ	mm	12.0
	高 さ	m	13.0
材 料	胴 板	—	SM400C
	底 板	—	SM400C
個 数	個	11	

g. RO 濃縮水処理水中継タンク (RO 濃縮水処理設備[※]から用途変更)

名 称		RO 濃縮水処理水中継タンク	
種 類	—	たて置円筒形	
容 量	m ³ /個	1235	
最高使用圧力	MPa	静水頭	
最高使用温度	℃	40	
主要寸法	胴 内 径	mm	11000
	胴 板 厚 さ	mm	12.0
	底 板 厚 さ	mm	12.0
	高 さ	mm	13000
材 料	胴 板	—	SM400C
	底 板	—	SM400C
個 数	個	1	

※Ⅱ-2.38 RO 濃縮水処理設備 2.38.2.2 機器仕様 (1) 容器

(3) その他機器

a. 集水タンク移送ポンプ（完成品）

台数	2台
容量	50 m ³ /h

b. 処理装置供給ポンプ（完成品）

台数	1台（1系列あたり）
容量	50 m ³ /h

c. 処理装置加圧ポンプ（完成品）

台数	1台（1系列あたり）
容量	50 m ³ /h

d. RO濃縮水処理水移送ポンプ（完成品）（RO濃縮水処理設備*から用途変更）

台数	2台（1台予備）
容量	21 m ³ /h

※Ⅱ-2.38 RO濃縮水処理設備 2.38.2.2 機器仕様 (2) ポンプ

(4) 配管

主要配管仕様 (1 / 3)

名 称	仕 様	
集水タンク出口側ヘッダーから 処理装置供給タンク入口まで (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, 150A 相当 ポリエチレン 静水頭(集水タンク移送ポンプ 下流は 0.98 MPa) 40 °C
(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, 150A/Sch. 40 STPT410 静水頭(集水タンク移送ポンプ 下流は 0.98 MPa) 40 °C
処理装置供給タンク出口から 処理装置供給ポンプ入口まで (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 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPT410 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 40, 100A/Sch. 10 UNS S32750 (ASME SA 790) 静水頭 40 °C
処理装置供給ポンプ出口から 処理装置加圧ポンプ入口まで (鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 40 80A/Sch. 10, Sch. 40 UNS S32750 (ASME SA 790) 1.03 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 40 STPT410 1.03 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 EPDM 合成ゴム 1.03 MPa 40 °C

主要配管仕様 (2 / 3)

名 称	仕 様	
処理装置加圧ポンプ出口から サブドレン他浄化装置出口 (吸着塔5下流) 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 80A/Sch. 10 UNS S32750 (ASME SA 790) 1.55 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A/Sch. 40 STPT410 1.55 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 UNS N04400 (ASME SB 127 / ASTM B 127) , 合成ゴム 1.55 MPa 40 °C
サブドレン他浄化装置出口 (吸着塔5下流) から サンプルタンクまで (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 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A, 100A/Sch. 10 UNS S32750 (ASME SA 790) 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A, 100A/Sch. 40 STPT410 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
処理装置供給タンク入口側 配管分岐部から RO濃縮水処理水中継タンク 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 0.98 MPa 40 °C

主要配管仕様 (3 / 3)

名 称	仕 様	
吸着塔 5 下流から RO 濃縮水処理水中継タンク入口まで* (ポリエチレン管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
RO 濃縮水処理水中継タンク 出口から RO 濃縮水処理水移送ポンプ入口まで* (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 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPT410 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 100A/Sch. 40 STPG370 静水頭 40 °C
(伸縮継手)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 合成ゴム 静水頭 40 °C
RO 濃縮水処理水移送ポンプ 出口より RO 濃縮水貯槽又は Sr 処理水貯槽まで* (ポリエチレン管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 ポリエチレン管 0.98 MPa 40 °C
(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. 80 STPT410 0.98 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径，厚さ，材質）の一部を使用しない場合がある。

* RO 濃縮水処理設備から用途変更（II-2.38 RO 濃縮水処理設備 2.38.2.2 機器仕様 (3) 配管）

2.35.2.1.3 サブドレン他移送設備

(1) その他機器

a. 浄化水移送ポンプ（完成品）

台 数	2 台
容 量	50 m ³ /h 以上（1 台あたり）

b. 攪拌ポンプ（完成品）

台 数	2 台
容 量	330 m ³ /h 以上（1 台あたり）

(2) 配管

主要配管仕様 (1 / 3)

名 称	仕 様	
サンプルタンク出口から 浄化水移送ポンプ入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A 相当 200A 相当 ポリエチレン 静水頭 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A 相当, 200A 相当 EPDM 合成ゴム 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 150A/Sch. 40 STPG370 静水頭 40 °C
浄化水移送ポンプ出口から 排水箇所まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 150A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A/Sch. 40 SUS316LTP 0.98 MPa 40 °C

主要配管仕様 (2 / 3)

名 称	仕 様	
サンプルタンク出口から 攪拌ポンプ入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当, 250A 相当 ポリエチレン 静水頭 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 EPDM 合成ゴム 静水頭 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 250A/Sch. 40 STPG370 静水頭 40 °C
攪拌ポンプ出口から サンプルタンク攪拌水受入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当, 250A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(伸縮継手)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 250A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A/Sch. 40 SUS316LTP 0.49 MPa 40 °C

主要配管仕様（3 / 3）

名 称	仕 様	
攪拌ポンプ出口からサブドレン他浄化設備（処理装置供給タンク）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 0.98 MPa 40 °C
（伸縮継手）	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	200A 相当 EPDM 合成ゴム 0.98 MPa 40 °C
（鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 200A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
（鋼管）	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	100A/Sch. 40 STPT410 0.98 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。

2.35.2.1.4 地下水ドレン集水設備

(1) タンク

a. 地下水ドレン中継タンク

名 称		地下水ドレン中継タンク	
種 類	—	角形	
容 量	m ³ /個	12.0	
最 高 使 用 圧 力	MPa	静水頭	
最 高 使 用 温 度	℃	40	
主 要 寸 法	内 寸	mm	2000×4000
	側 板 厚 さ	mm	6.0
	底 板 厚 さ	mm	9.0
	高 さ	mm	1500
材 料	側 板	—	SS400
	底 板	—	SS400
個 数	個	3	

(2) その他機器

a. 地下水ドレンポンド揚水ポンプ (完成品)

台 数 5 台
容 量 120 L/min

b. 地下水ドレン中継タンク移送ポンプ (完成品)

台 数 3 台
容 量 400 L/min

c. 地下水ドレン前処理装置 (完成品)

台 数 1 台
容 量 20m³/h
材 料 FRP (RO ベッセル)
SUS304 (脱塩器)

(3) 配管

主要配管仕様 (1 / 3)

名 称	仕 様	
地下水ドレンポンド内 (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリエチレン 0.49 MPa 40 °C
地下水ドレンポンド出口から 地下水ドレン中継タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当 ポリエチレン 0.49 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A/Sch. 40 SUS316LTP 0.49 MPa 40 °C
地下水ドレン中継タンク出口または 地下水ドレン前処理装置出口 (処理水) 移送配管分岐部から 集水タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当, 150A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A, 150A, 200A/Sch. 40 SUS316LTP 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A/Sch. 40 STPG370 0.98 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径/厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	150A/Sch. 40 200A/Sch. 40 SUS316LTP 0.49 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。

主要配管仕様（2 / 3）

名 称	仕 様	
地下水ドレン中継タンク出口移送配管 分岐部から 地下水ドレン前処理装置入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C
地下水ドレン前処理装置入口から 地下水ドレン前処理装置出口まで (鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch. 20S 65A／Sch. 20S 80A／Sch. 20S SUS316LTP 0.5 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A／Sch. 80 65A／Sch. 20S, Sch. 80 SUS316LTP 1.5 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	40A／Sch. 80 50A／Sch. 20S, Sch. 40, Sch. 80 80A／Sch. 20S SUS304TP 0.5 MPa 40 °C
(鋼管)	呼び径／厚さ 材質 最高使用圧力 最高使用温度	65A／Sch. 20S 80A／Sch. 20S SUS316LTP 0.98 MPa 40 °C
(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 合成ゴム 0.5 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により、配管仕様（呼び径、厚さ、材質）の一部を使用しない場合がある。

主要配管仕様 (3 / 3)

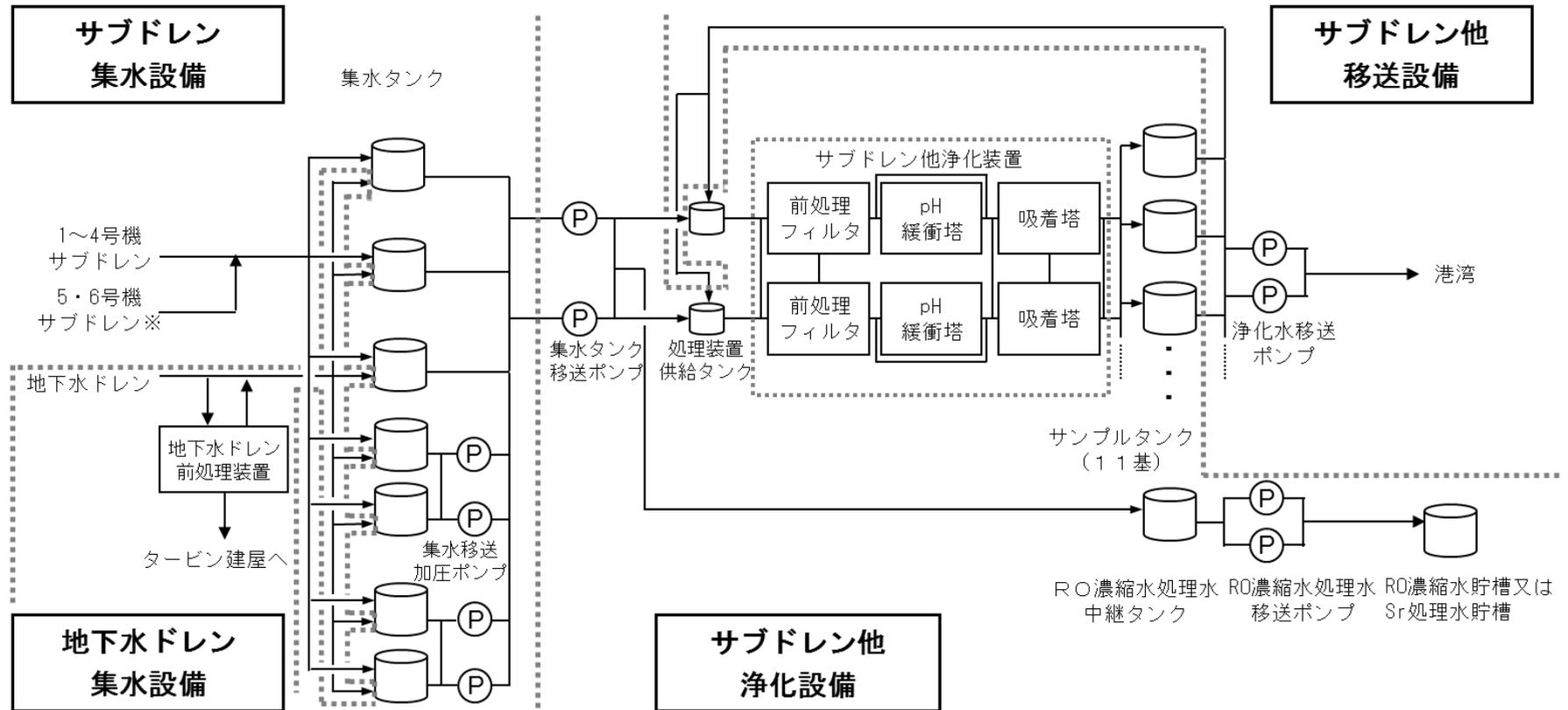
名 称	仕 様	
地下水ドレン前処理装置出口 (処理水) から 集水タンク入口配管分岐部または地下水ドレン中継タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当 ポリエチレン 0.50 MPa 40 °C
地下水ドレン前処理装置出口 (濃縮水) から タービン建屋または地下水ドレン中継タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	80A 相当, 100A 相当 ポリエチレン 0.50 MPa, 大気圧 40 °C
地下水ドレン中継タンク出口配管分岐部から 地下水ドレン中継タンク入口まで (ポリエチレン管)	呼び径 材質 最高使用圧力 最高使用温度	50A 相当, 80A 相当 ポリエチレン 0.98 MPa 40 °C

※ 現場施工状況により, 配管仕様 (呼び径, 厚さ, 材質) の一部を使用しない場合がある。

2.35.3 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 : 機器配置図
- 添付資料－3 : サブドレン他水処理施設の耐震性に関する説明書
- 添付資料－4 : サブドレン集水設備の強度に関する説明書
- 添付資料－5 : サブドレン他浄化設備の強度に関する説明書
- 添付資料－6 : サブドレン他移送設備の強度に関する説明書
- 添付資料－7 : 地下水ドレン集水設備の強度に関する説明書
- 添付資料－8 : サブドレン他浄化装置建屋基礎の構造強度に関する検討結果
- 添付資料－9 : 流体状の放射性廃棄物の施設外への防止能力についての計算書
- 添付資料－10 : 工事工程表
- 添付資料－11 : サブドレン他水処理施設の具体的な安全確保策
- 添付資料－12 : サブドレン他水処理施設に係る確認事項
- 添付資料－13 : 地下水ドレン前処理装置について
- 添付資料－14 : 前処理フィルタの撤去方法について
- 添付資料－15 : 5・6号機サブドレン集水設備復旧による地下水流入低減について

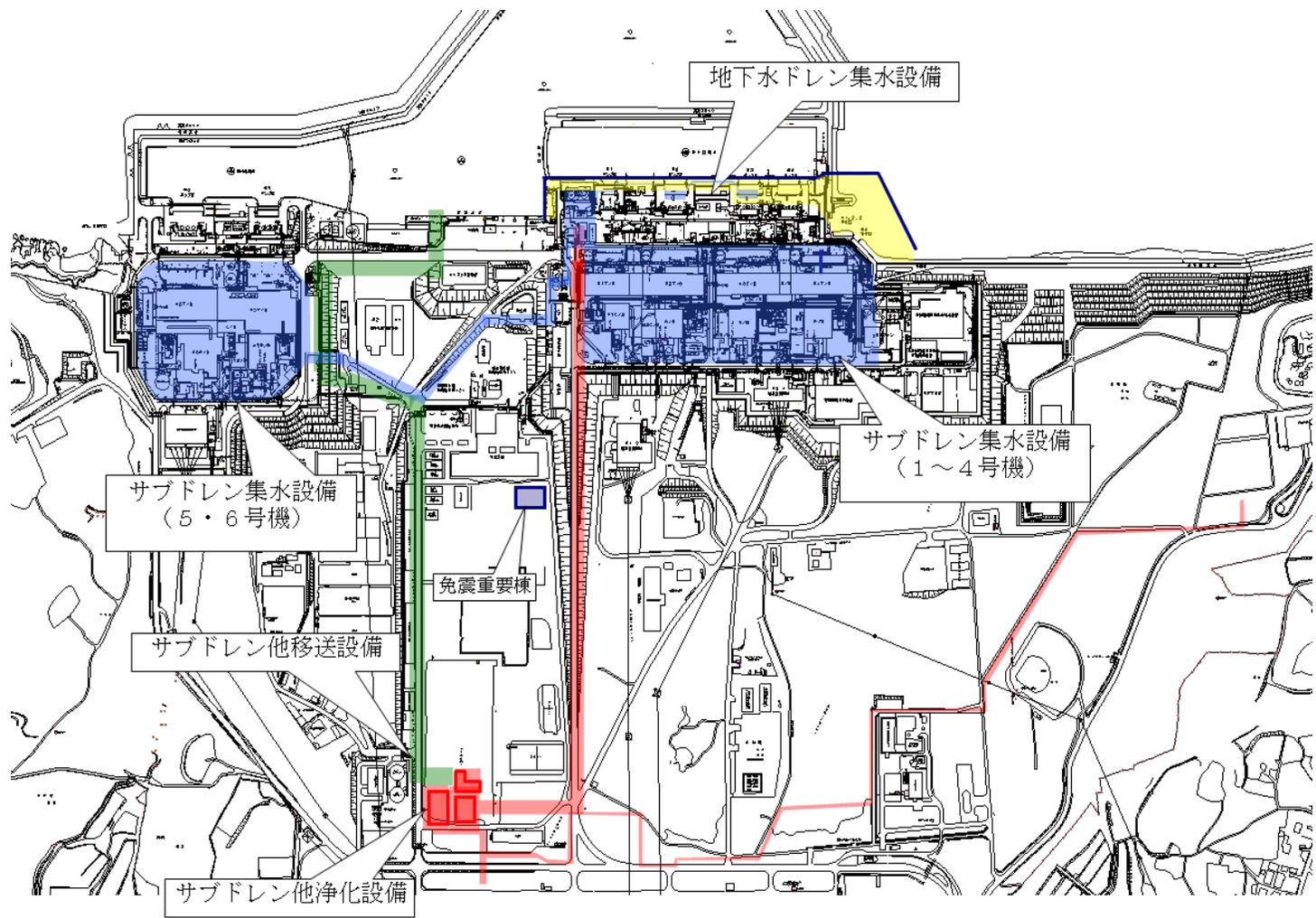
全体概要図及び系統構成図



※5・6号機サブドレンピットから汲み上げた地下水は、集水タンクへ移送する。（「添付資料-15 5・6号機サブドレン集水設備復旧による地下水流入低減について」参照）

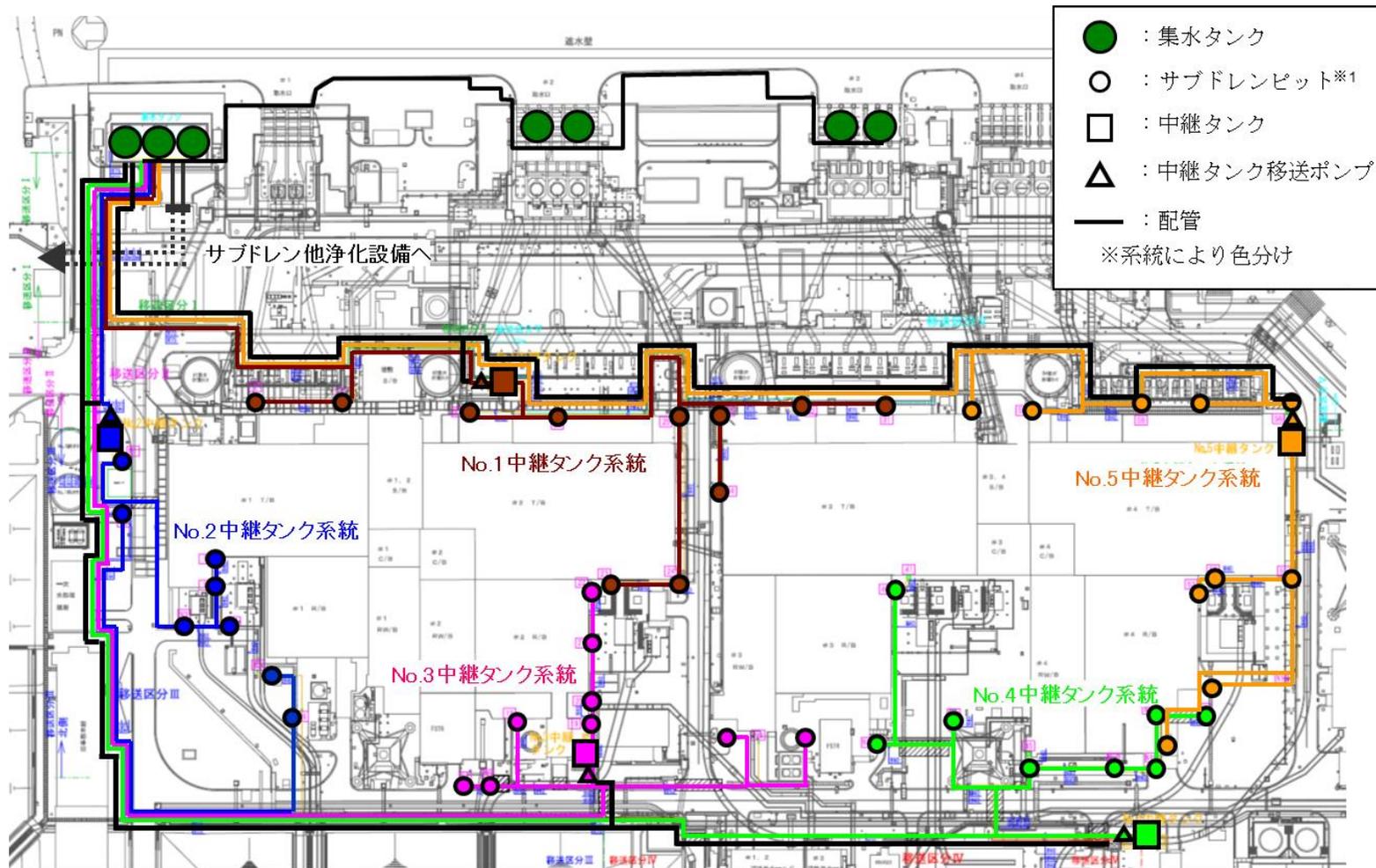
(a) 系統概要

図-1 サブドレン他水処理施設の全体概要図 (1/2)



(b) 配置概要

図-1 サブドレン他水処理施設の全体概要図 (2/2)



※1 揚水ポンプおよび水位計は、サブドレンピット内部に設置されている。(揚水ポンプ：各ピットに1台ずつ、計46台、水位計：各ピットに2台ずつ、計92台)

図-2 サブドレン集水設備系統図(1~4号機)

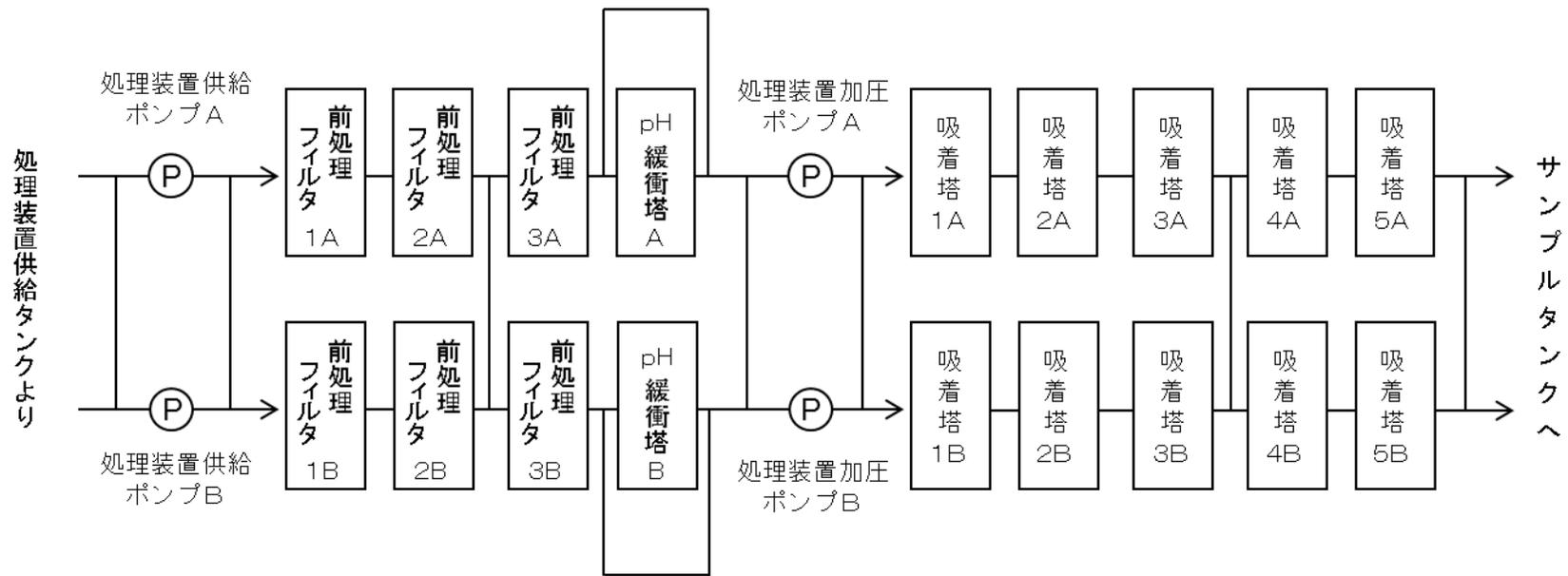


図-3 サブドレン他浄化装置系統構成図

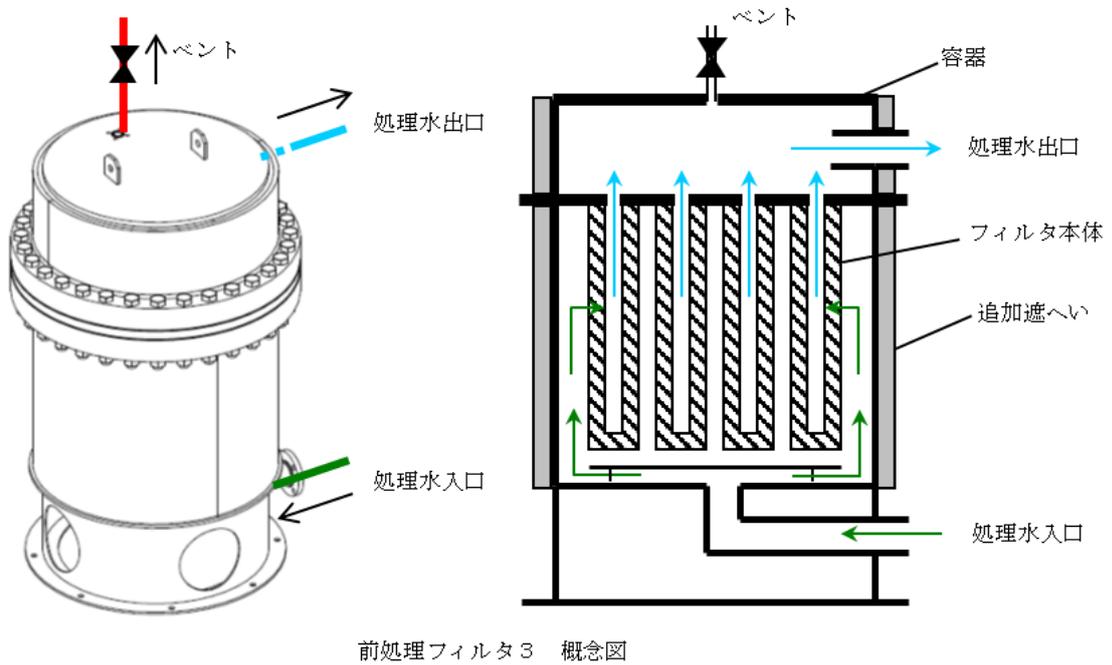
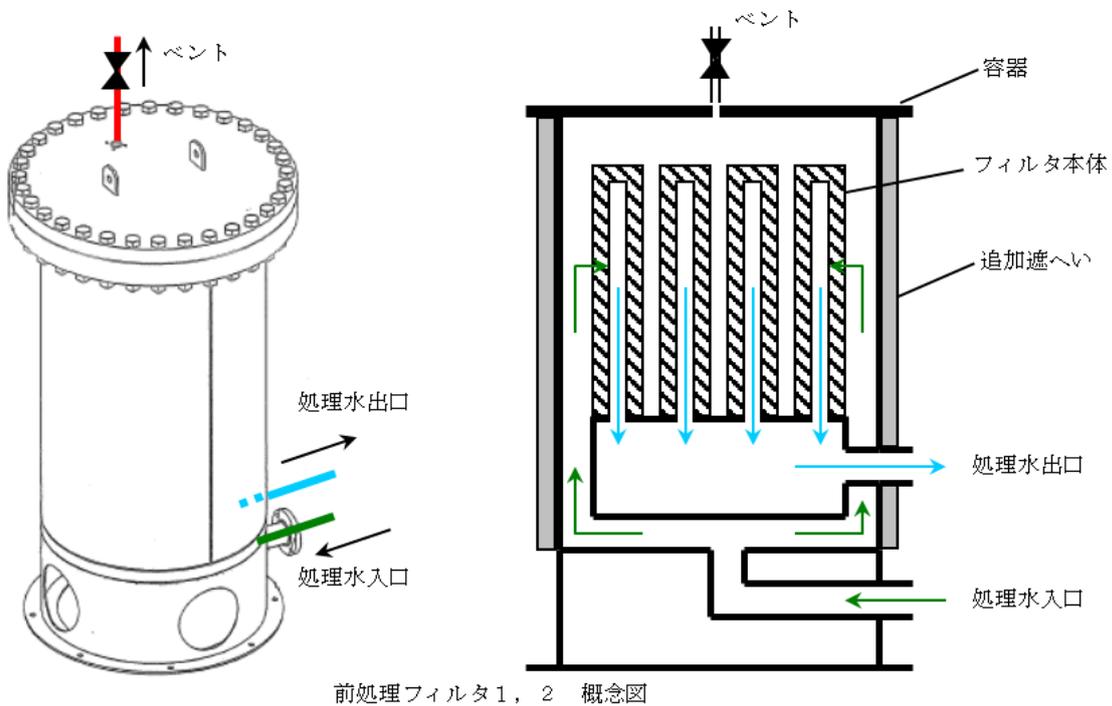


図-4 サブドレン他浄化装置 前処理フィルタの概念図

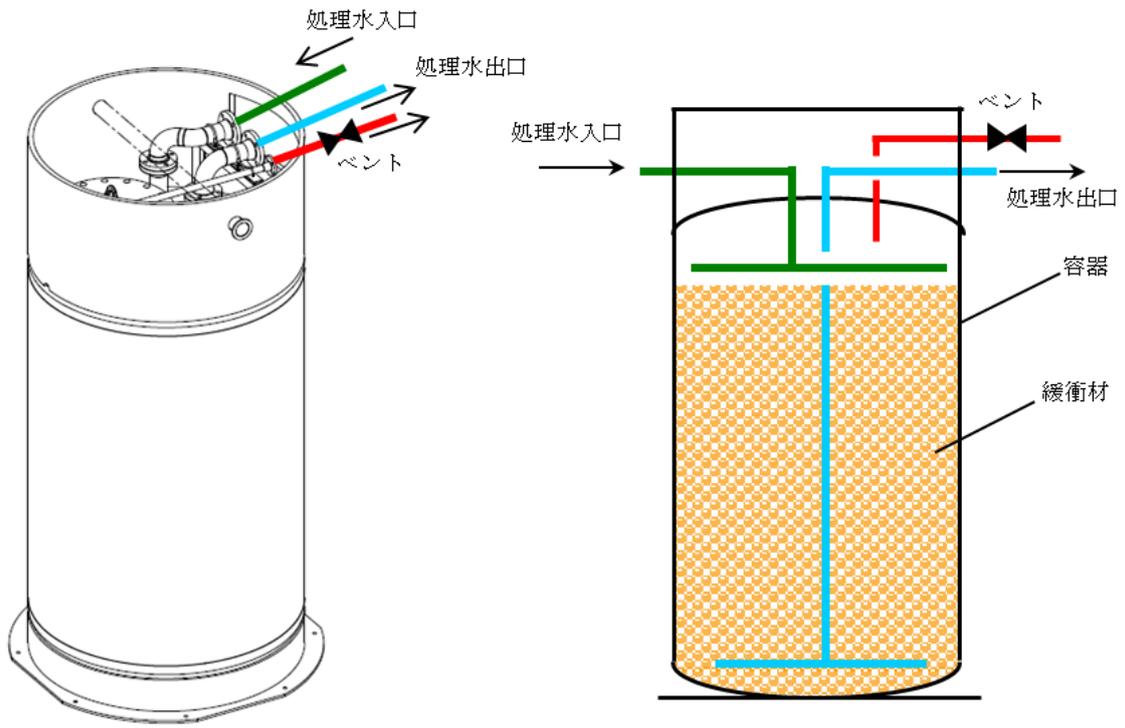


図-5 サブドレン他浄化装置 pH 緩衝塔の概念図

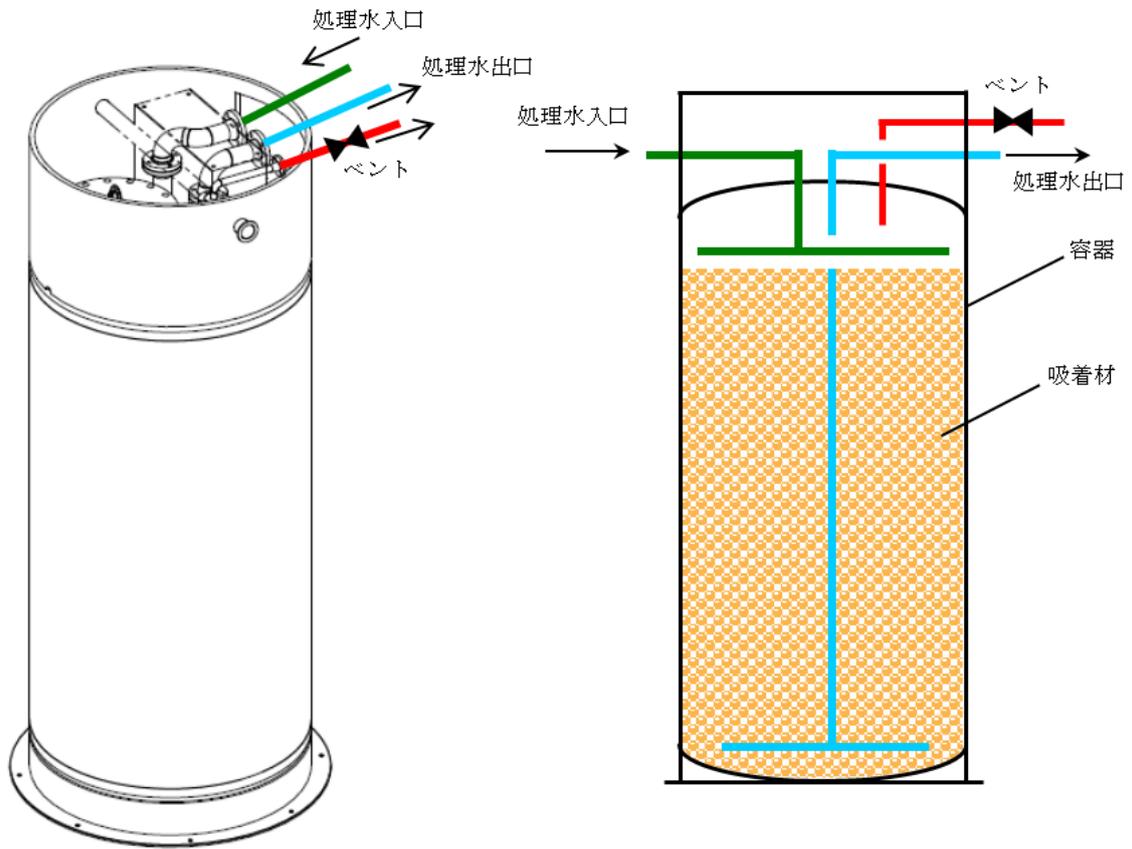
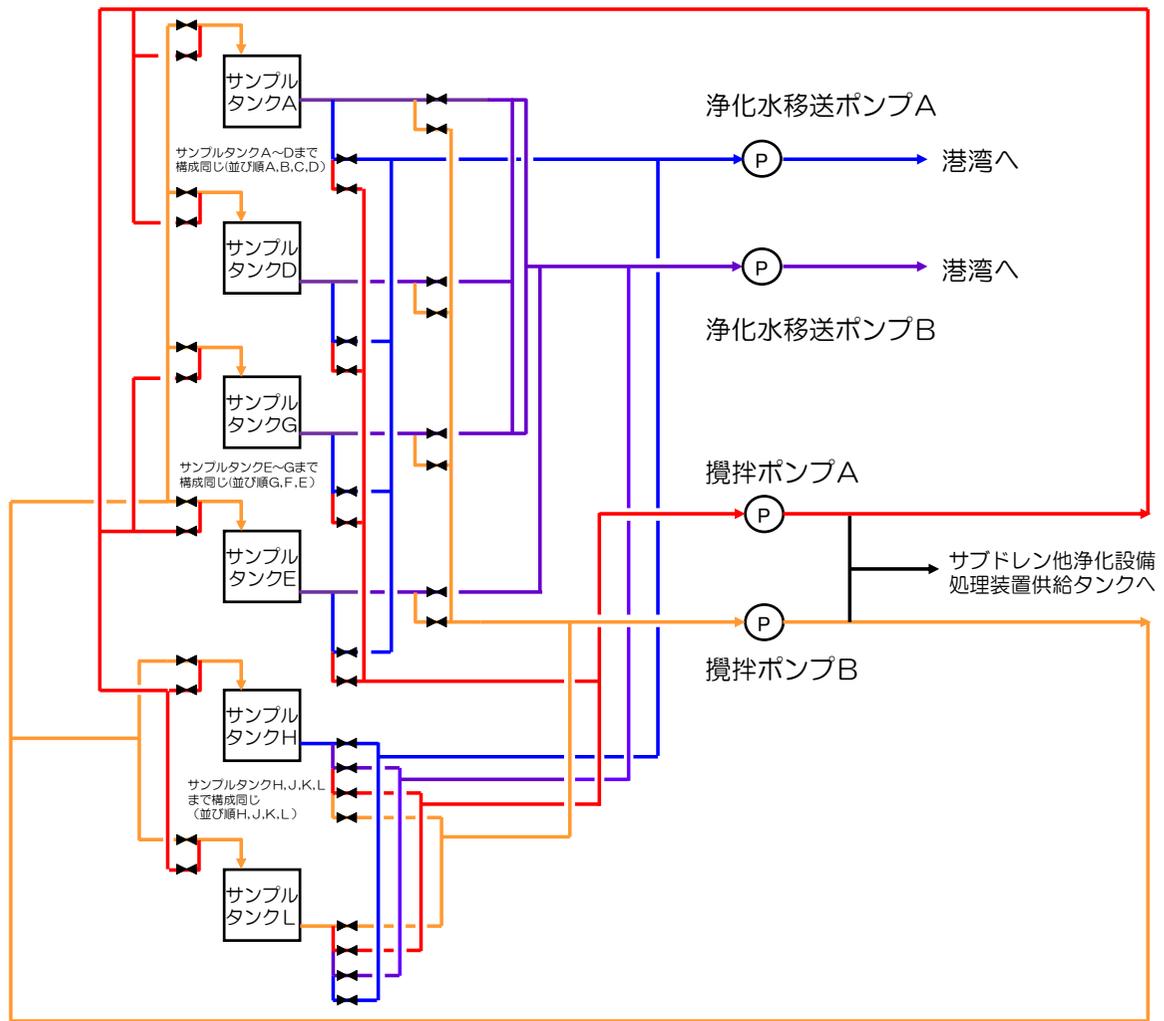


図-6 サブドレン他浄化装置 吸着塔の概念図

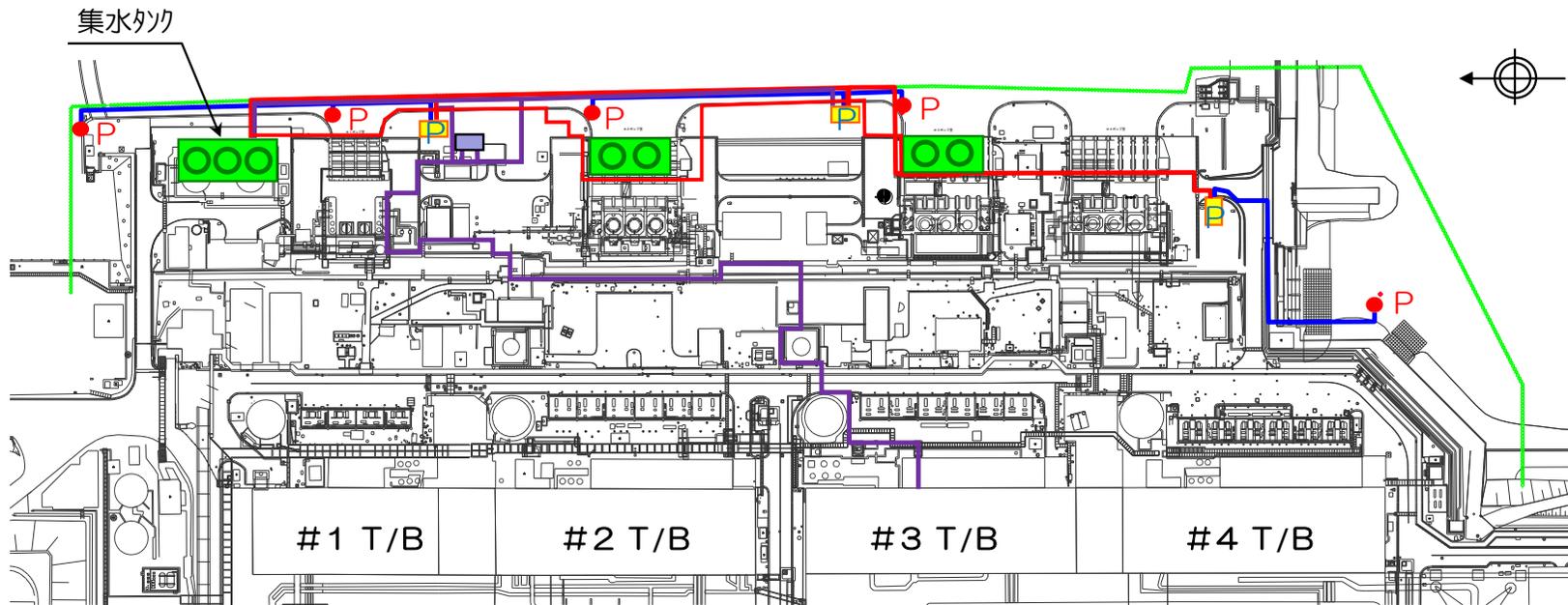


※サンプルタンクはサブドレン他浄化設備に含まれる

図-7 サブドレン他移送設備系統図

凡例

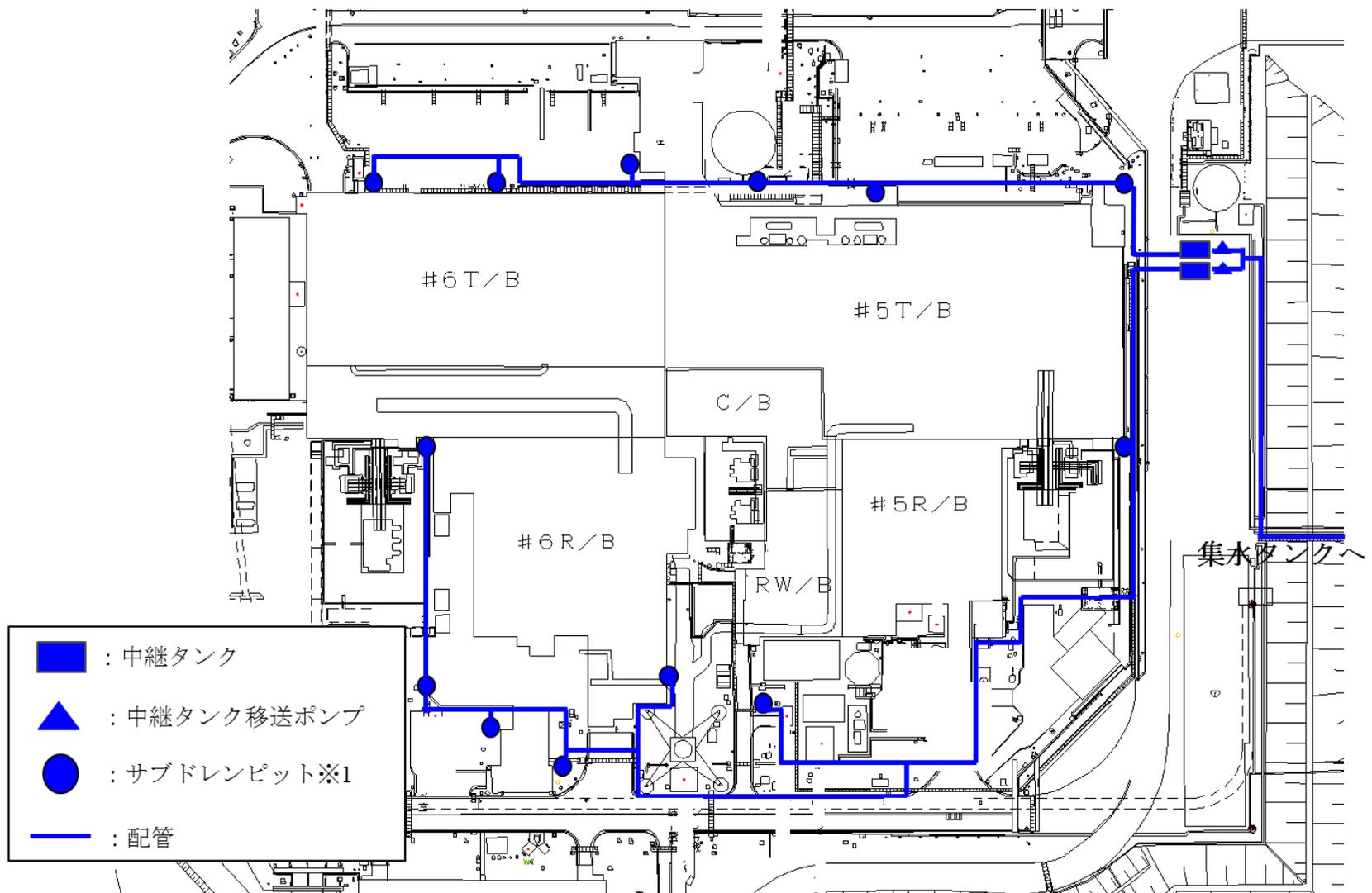
●	地下水ドレンポンド
P	地下水ドレンポンド揚水ポンプ※1
— (Blue)	移送配管 (地下水ドレンポンド～地下水ドレン中継タンク)
P	地下水ドレン中継タンク移送ポンプ※2
— (Yellow)	地下水ドレン中継タンク
— (Red)	移送配管 (地下水ドレン中継タンク～集水タンク)
— (Green)	海側遮水壁 (申請範囲外)
— (Blue)	地下水ドレン前処理装置
— (Purple)	移送配管 (地下水ドレン前処理装置関係)



※1 地下水ドレンポンド揚水ポンプは、地下水ドレンポンド内に設置されている。(各ポンドに1台ずつ、計5台)

※2 地下水ドレン中継タンク移送ポンプは、地下水ドレン中継タンク内に設置されている。(各タンクに1台ずつ、計3台)

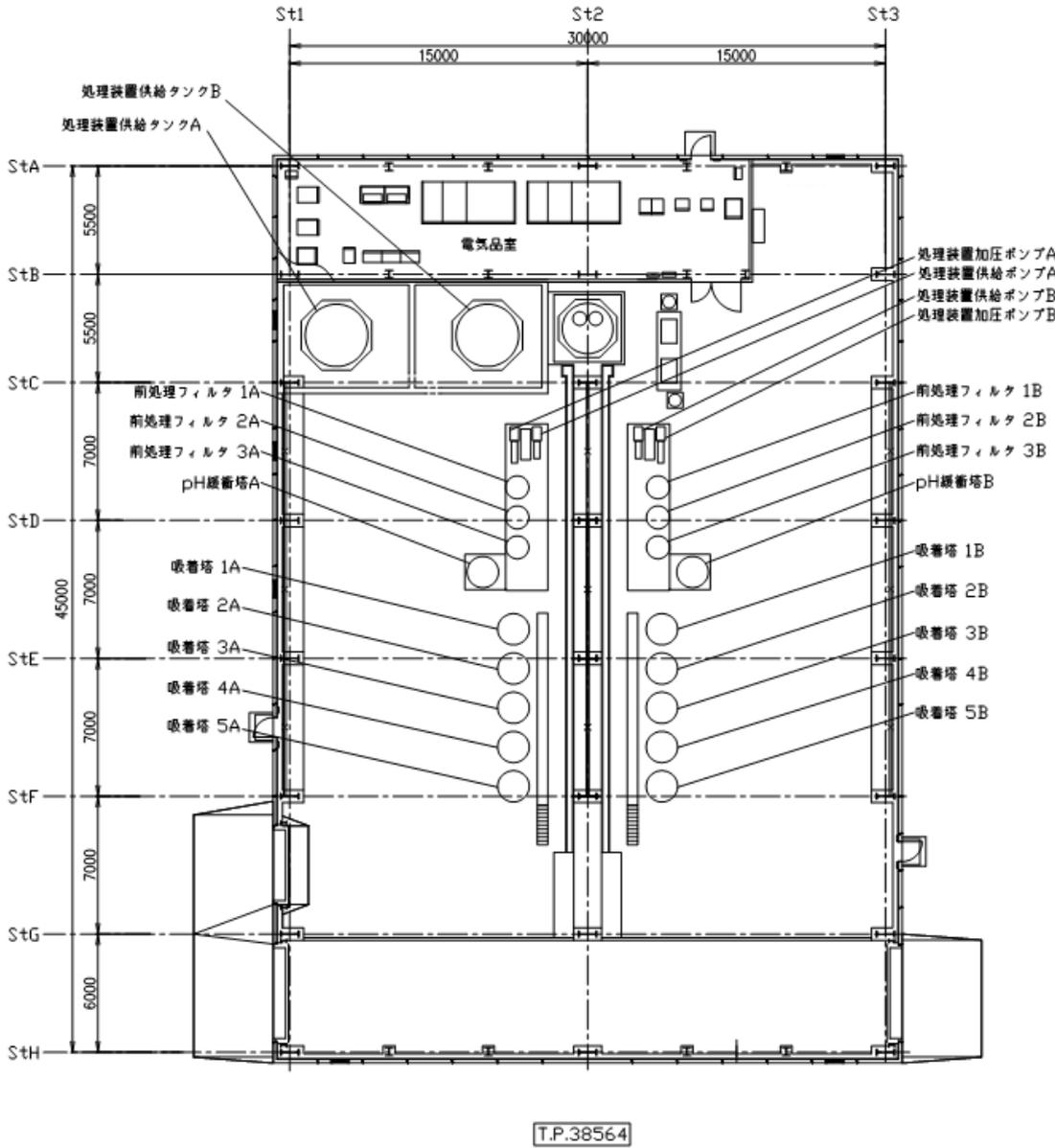
図-8 地下水ドレン集水設備系統図



※1揚水ポンプと水位計は、サブドレンピット内部に設置されている。(揚水ポンプ：各ピットに1台ずつ、計13台、水位計：各ピットに1台ずつ、計13台)

図-9 サブドレン集水設備系統図 (5・6号機)

機器配置図



(a) 平面図

図-1 サブドレン他浄化装置建屋内機器配置図 (1/2)

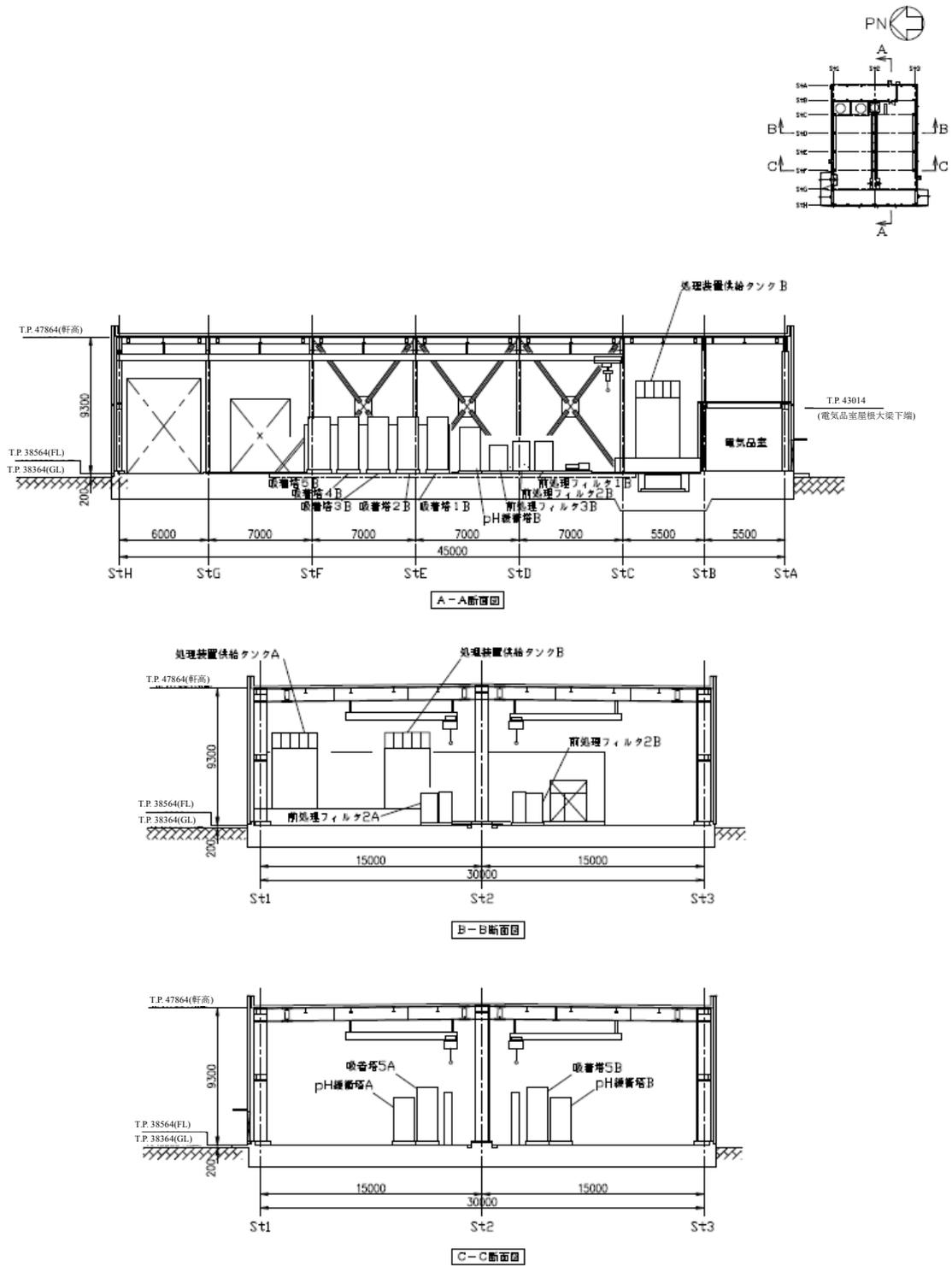


図-1 サブドレン他浄化装置建屋内機器配置図 (2/2)

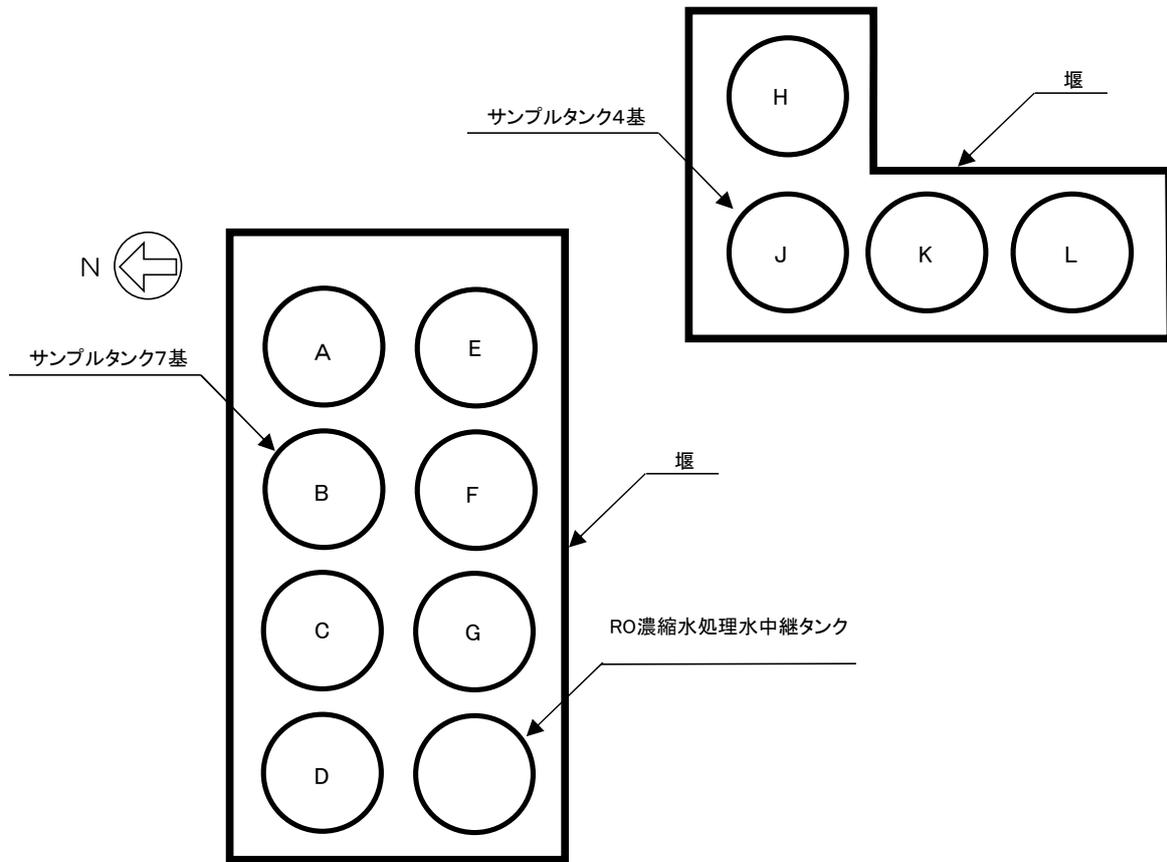


図-2 サンプルタンク設置エリアの機器配置図

サブドレン他水処理施設の耐震性に関する説明書

1. 耐震設計の基本方針

サブドレン他水処理施設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 クラスに相当する設備と位置付ける。主要な機器の耐震性を評価するにあたっては、「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。

鋼管については、B クラス相当の定ピッチスパン法で評価されるサポート間隔とする。ポリエチレン配管及び伸縮継手は、材料の可撓性により耐震性を確保する。

ただし、サブドレン他移送設備の浄化水移送ポンプは、水質分析を行い排水出来ることを確認した水のみを通水することから、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の C クラスに相当する設備と位置付ける。また、水質分析を行い排水出来ることを確認した水のみが通水される配管についても C クラスに相当する設備と位置付ける。

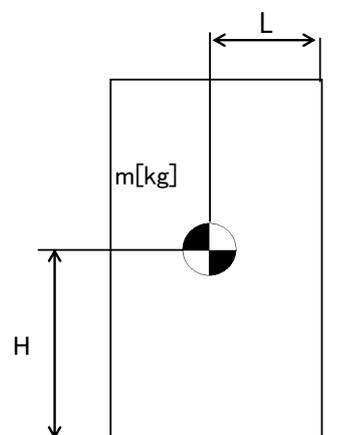
なお、サブドレン他浄化装置建屋基礎は、「添付資料－8 サブドレン他浄化装置建屋基礎の構造強度に関する検討結果」において耐震性の評価を行っている。サブドレン他浄化装置建屋上屋は設備を支持しておらず、間接支持構造物及び相互影響を考慮すべき設備には該当しない。

2. 耐震性評価

2. 1 タンク、ポンプ、地下水ドレン前処理装置の耐震性評価

(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－1）。



m : 機器質量

g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)

H : 据付面からの重心までの距離

L : 転倒支点から重心までの距離

C_H : 水平方向設計震度 (0.36)

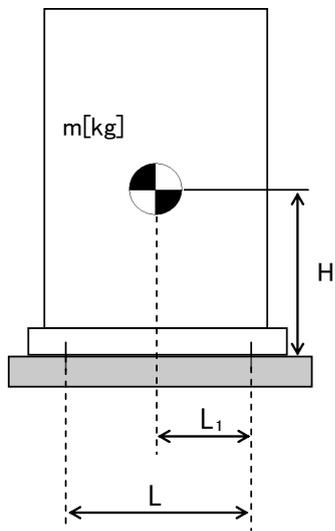
(各記号の下付文字は、下記を意味する。
1 : 胴部, 2 : 天板)

$$\begin{aligned} \text{地震による転倒モーメント：} M_1 [\text{N} \cdot \text{m}] &= m \times g \times C_H \times H \\ &= g \times C_H \times (m_1 \times H_1 + m_2 \times H_2) \\ \text{自重による安定モーメント：} M_2 [\text{N} \cdot \text{m}] &= m \times g \times L \end{aligned}$$

(2) 基礎ボルトの強度評価

原子力発電所耐震設計技術指針の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）。

a. タンク，地下水ドレン前処理装置



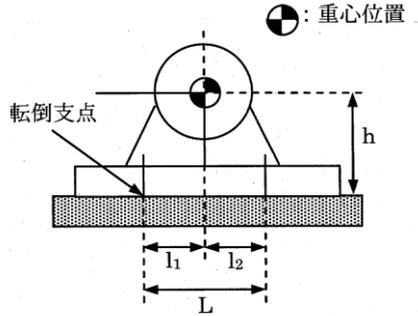
- m : 機器質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- H : 据付面からの重心までの距離
- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- L_1 : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離
- n_f : 引張力の作用する基礎ボルトの評価本数
- n : 基礎ボルトの本数
- A_b : 基礎ボルトの軸断面積
- C_H : 水平方向設計震度 (0.36)
- C_V : 鉛直方向設計震度 (0)

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

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

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

b. ポンプ



- m : 機器の運転時質量
- g : 重力加速度 (9.80665 m/s²)
- 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 (0)
※ 基礎ボルトに M_p は作用しない
- L : 基礎ボルト間の水平方向距離
- l₁ : 重心と基礎ボルト間の水平方向距離 (l₁ ≤ l₂)
- 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 (0.36 または 0.24)
- C_V : 鉛直方向設計震度 (0)
- C_P : ポンプ振動による震度

$$\text{ボルトに作用する引張力} : F_b = \frac{1}{L} \{ mg(C_H + C_P)h + M_p - mg(1 - C_V - C_P)l_1 \}$$

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

$$\text{ボルトに作用するせん断力} : Q_b = mg(C_H + C_P)$$

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

表-1 タンク、ポンプ、地下水ドレン前処理装置の耐震評価結果

機器名称	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
集水タンク	本体	転倒	0.36	3.0×10^4	7.0×10^4	kN・m
サンプルタンク	本体	転倒	0.36	3.0×10^4	7.0×10^4	kN・m
中継タンク	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	102	MPa
		せん断	0.36	39	72	MPa
処理装置供給 タンク (SUS316L)	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	176	MPa
		せん断	0.36	16	135	MPa
処理装置供給 タンク (SM400C)	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	176	MPa
		せん断	0.36	16	135	MPa
地下水ドレン 中継タンク	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	102	MPa
		せん断	0.36	39	72	MPa
中継タンク移送 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	1	176	MPa
		せん断	0.36	5	101	MPa
集水タンク移送 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	1	188	MPa
		せん断	0.36	5	223	MPa
処理装置供給 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	1	452	MPa
		せん断	0.36	3	348	MPa
処理装置加圧 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	1	452	MPa
		せん断	0.36	3	348	MPa
浄化水移送 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.24	< 0	176	MPa
		せん断	0.24	3	135	MPa
攪拌ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	176	MPa
		せん断	0.36	5	135	MPa
RO濃縮水処理水 中継タンク	本体	転倒	0.36	3.1×10^4	7.1×10^4	kN・m
RO濃縮水処理水 移送ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	183	MPa
		せん断	0.36	4	141	MPa
地下水ドレン 前処理装置	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	176	MPa
		せん断	0.36	33	135	MPa
集水移送加圧 ポンプ	基礎 ボルト	引張	0.36	< 0	183	MPa
		せん断	0.36	2	141	MPa

(3) 応力評価及び座屈評価

サブドレン他水処理施設を構成する機器のうち、集水タンク、サンプルタンク、RO濃縮水処理水中継タンクについて、『JEAC4601-2008 原子力発電所耐震設計技術規程』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。

1. 評価

1.1. 胴の応力評価

イ. 組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

応力の種類	許容応力 S_a
一次一般膜応力	設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u 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

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

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

$$\sigma_{x 1} = 0$$

(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。

$$\sigma_{x 2} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t}$$

(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。

$$\sigma_{x 4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \lambda_g}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t}$$

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

(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

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

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

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

(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。

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

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

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

したがって、胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は、

$$\sigma_o = \text{Max} \left\{ \text{組合せ引張応力} (\sigma_{ot}), \text{組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \right\} \text{ と}$$

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-2 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]
集水タンク	胴板	SM400C	0.36	一次一般膜	70	240
サンプルタンク	胴板	SM400C	0.36	一次一般膜	70	240
RO濃縮水処理水 中継タンク	胴板	SM400C	0.36	一次一般膜	70	240

ロ. 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）

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

ここで、 f_c は次による。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F$$

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

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

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

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

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。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F$$

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

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

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

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

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。

$$\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1$$

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

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

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5$$

表-3 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
集水タンク	胴板	SM400C	0.36	0.35 < 1
サンプルタンク	胴板	SM400C	0.36	0.35 < 1
RO濃縮水処理水 中継タンク	胴板	SM400C	0.36	0.35 < 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 (=0.36)	—
C_V	鉛直方向設計震度 (=0)	—
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
λ_g	基礎から容器重心までの距離	mm
m_o	容器の運転時質量	kg
m_e	容器の空質量	kg
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×10 ⁻⁶)	kg/mm ³
σ_o	胴の一次一般膜応力の最大値	MPa
σ_{oc}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{ot}	胴の組合せ引張応力	MPa
$\sigma_{x1}, \sigma_{\phi1}$	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
$\sigma_{\phi2}$	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
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

2. 2 前処理フィルタ, pH 緩衝塔, 吸着塔の耐震性評価

本評価は,「付録1 スカート支持たて置円筒形容器(耐震設計上の重要度分類Bクラス)の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下,「基本方針」という。)に基づいて,耐震性の計算を行う。

(1) 構造計画

a. 機器

主要区分	計画の概要		概略構造図	摘要
	基礎・支持構造	主体構造		
(1) スカートを支持したて置円筒形容器	胴をスカートで支持し、スカートをボルトで基礎に据え付ける	<p>上面及び下面に平板を有するたて置円筒形</p> <p>上面及び下面に鏡板を有するたて置円筒形</p>	<p>The diagram shows a vertical cylindrical vessel with a hemispherical bottom. It is supported by a skirt that is bolted to a horizontal base plate, which is in turn supported by a foundation. Labels with arrows point to the body plate, skirt opening, base plate, foundation bolts, and foundation.</p>	<p>・前処理フィルタ</p> <p>・pH緩衝塔</p> <p>・吸着塔</p>
				* 機器が架台に据え付けられる構造の場合には取付ボルトと称する。

(2) 設計用地震力

耐震 クラス	適用する地震動		設計用地震力	摘要
	水平	鉛直		
B	静的震度 ($1.8 \cdot C_i^{*1}$)	—	静的震度	・前処理フィルタ ・pH 緩衝塔 ・吸着塔

*1: C_i は、標準せん断力係数を 0.2 とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求められる値とする。

(3) 荷重の組合せと許容限界

荷重の組合せと許容限界は、原子力発電所耐震設計技術指針（重要度分類・許容応力編 JEAG4601・補-1984, JEAG4601-1987及びJEAG4601-1991追補版）（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和59年9月, 昭和62年8月及び平成3年6月）（以下「JEAG4601」という。）および発電用原子力設備規格（設計・建設規格JSME S NC-1-2005（2007年追補版含む。））（日本機械学会 2005年9月, 2007年9月）（以下「設計・建設規格」という。）に準拠する。

記号の説明

- D : 死荷重
- P_d : 当該設備に設計上定められた最高使用圧力による荷重
- M_d : 当該設備に設計上定められた機械的荷重
- S_B : Bクラスの設備に適用される地震動より求まる地震力又はBクラス設備に適用される静的地震力
- B_{AS} : Bクラス設備の地震時許容応力状態
- S_y : 設計降伏点
- S_u : 設計引張強さ
- S : 許容引張応力
- f_t : 許容引張応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値。ボルト等に対して設計・建設規格 SSB-3131 により規定される値。
- f_s : 許容せん断応力 同上
- f_c : 許容圧縮応力 支持構造物（ボルト等を除く。）に対して設計・建設規格 SSB-3121.1 により規定される値。
- f_b : 許容曲げ応力 同上
- τ_b : ボルトに生じるせん断応力
- ASS : オーステナイト系ステンレス鋼

HNA : 高ニッケル合金

また、「供用状態C」とは、「対象とする機器等が構造不連続部等においては大変形を生じてもよい」と設計仕様書等で規定された圧力及び機械的荷重が負荷された条件下にある状態をいう。

a. 前処理フィルタ, pH緩衝塔, 吸着塔

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)	許容限界		適用範囲
			一次一般膜応力	一次一般膜応力+一次曲げ応力	
B	$D + P_d + M_d + S_B$	C (B _A S)	S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 ただし, ASS及びHNAについては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	S_y ただし, ASS及びHNAについては S_y と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。	<ul style="list-style-type: none"> 前処理フィルタ pH緩衝塔 吸着塔

b. 支持構造物 (注1, 注2)

耐震クラス	荷重の組合せ	供用状態 (許容応力状態)	許容限界 (ボルト等以外)					許容限界 (ボルト等)			適用範囲
			一次応力					一次応力			
			引張	せん断	圧縮	曲げ	組合せ	引張	せん断	組合せ	
B	$D + P_d + M_d + S_B$	C (B _A S)	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$1.5 \cdot f_c$	$1.5 \cdot f_b$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$	$\text{Min}\{1.5 \cdot f_t, (2.1 \cdot f_t - 1.6 \cdot \tau_b)\}$	<ul style="list-style-type: none"> 取付ボルト スカート

注1: 耐圧部に溶接等により直接取り付けられる支持構造物であって, 耐圧部と一体の応力解析を行うものについては, 耐圧部と同じ許容応力とする。

注2: 鋼構造設計規準 (日本建築学会 2005 改定) 等の幅厚比の規定を満足する。

(1) 前処理フィルタ1, 2

a. 条件

機器名称	耐震設計上の重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
前処理フィルタ1, 2	B	サブドレン他浄化装置建屋 T.P. 38.5*	CH = 0.36	—	1.03	40	40	—

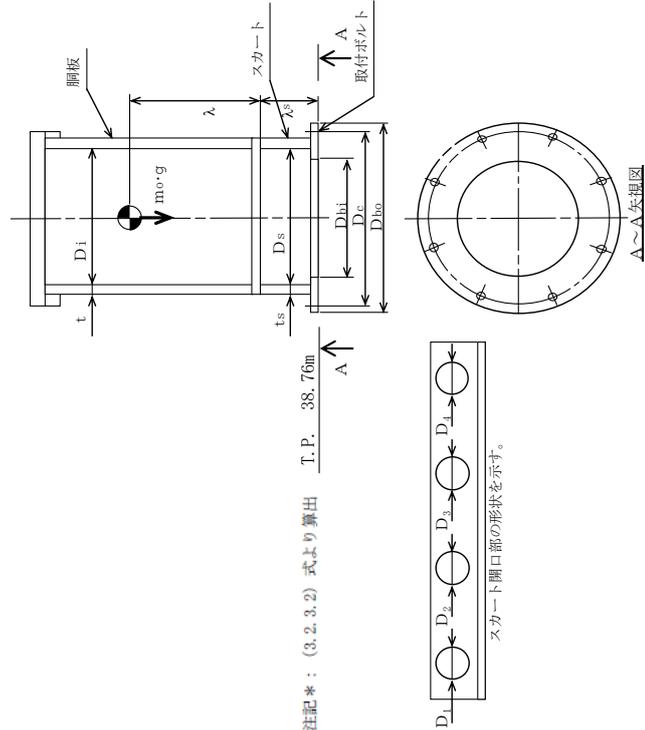
注記*: 基準レベルを示す

b. 評価結果

(単位: MPa)

部材	材料	応力	力	算出応力	力	許容力	力
胴板	ASME SA516 Gr.70	組合せ		$\sigma_o = 74$		$S_a = 262$	
スカート	ASME SA516 Gr.70	組合せ 圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)		$\sigma_s = 35$		$f_t = 262$	
				$\frac{\eta \cdot (\sigma_{st} + \sigma_{st})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{sz}}{f_b} \leq 1$			
				0.15 (無次元)			
取付ボルト	ASTM A193 Gr.B7	引張り		$\sigma_b = 2$		$f_{ts} = 452$ *	
		せん断		$\tau_b = 9$		$f_{sb} = 348$	

*すべて許容応力以下である。



(2) 前処理フィルタ 3

a. 条件

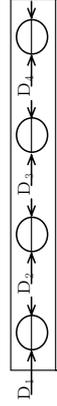
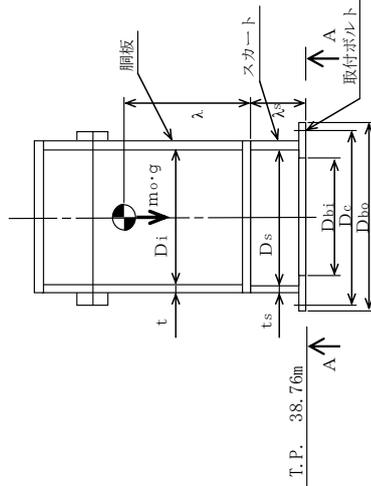
機器名称	前処理フィルタ 3	耐震設計上の重要度分類	B	据付場所及び床面高さ (m)	サブドレン他浄化装置建屋 T.P. 38.5*	水平方向設計震度	C _H = 0.36	鉛直方向設計震度	—	最高使用圧力 (MPa)	1.03	最高使用温度 (°C)	40	周囲環境温度 (°C)	40	比重	—
------	-----------	-------------	---	----------------	----------------------------	----------	-----------------------	----------	---	--------------	------	-------------	----	-------------	----	----	---

注記*: 基準床レベルを示す。

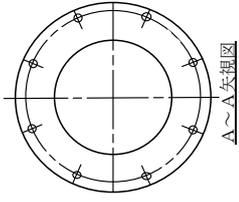
b. 評価結果

部材	材料	芯力	算出芯力	力許容芯力	(単位: MPa)
胴板	ASME SA516 Gr. 70	組合せ	$\sigma_0 = 74$	$S_a = 262$	
スカート	ASME SA516 Gr. 70	組合せ	$\sigma_s = 31$	$f_t = 262$	
		圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s2})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$		
取付ボルト	ASTM A193 Gr. B7	引張り	$\sigma_b = 1$	$f_{ts} = 452$	*
		せん断	$\tau_b = 8$	$f_{sb} = 348$	

*すべて許容応力以下である。



スカート開口部の形状を示す。



A~A 矢視図

(3) pH 緩衝塔

a. 条件

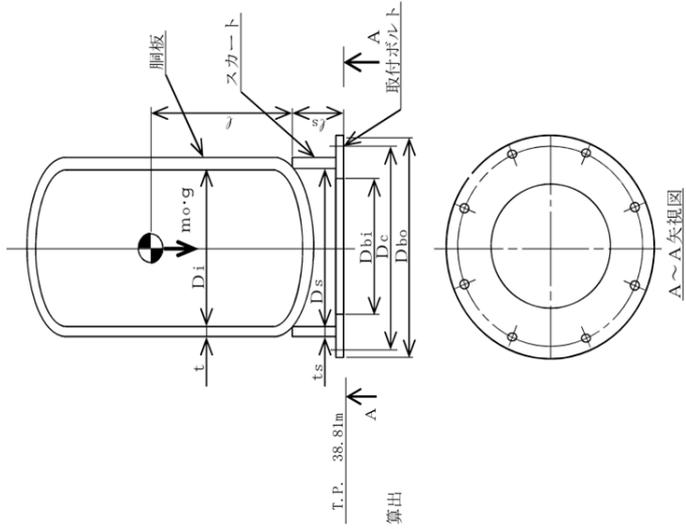
機器名称	耐震設計上の 重要度分類	据付場所及び床面高さ (m)	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	最高使用圧力 (MPa)	最高使用温度 (°C)	周囲環境温度 (°C)	比重
pH 緩衝塔	B	サブドレン他浄化装置建屋 T.P. 38.5 *	CH= 0.36	—	1.03	40	40	—

注記*：基準床レベルを示す。

b. 評価結果

部材	材料	応力	算出応力	許容応力	力
胴板	ASME SA516 Gr.70	組合せ	$\sigma_o = 28$	$S_a = 262$	力
スカート	ASME SA516 Gr.70	組合せ 圧縮と曲げ の組合せ (座屈の評価)	$\sigma_s = 3$ $\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s2})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$	$f_t = 262$	
取付ボルト	ASTM A193 Gr. B7	引張り せん断	$\sigma_b = 0$ $\tau_b = 41$	0.01 (無次元) $f_{ts} = 452$ $f_{sb} = 348$	*

すべて許容応力以下である。



A~A 矢視図

注記*：(3.2.3.2)式より算出

(4) 吸着塔 1～5

a. 条件

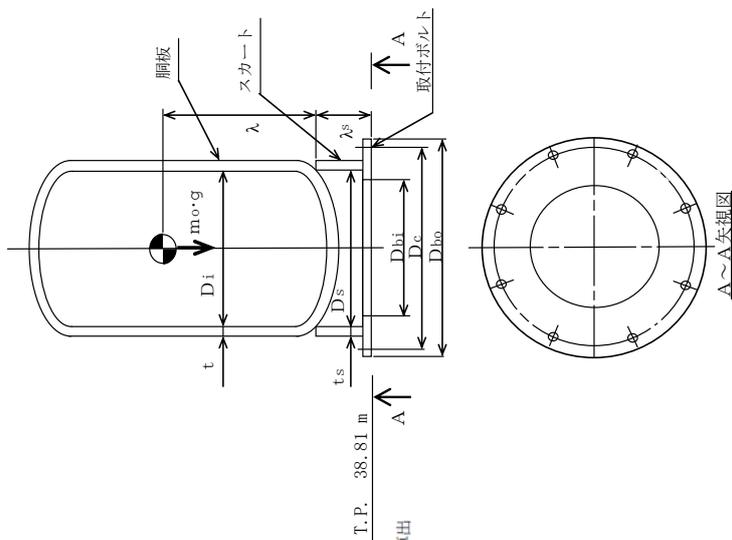
機器名称	吸着塔 1, 2, 3, 4, 5	耐震設計上の重要度分類	B	据付場所及び床面高さ (m)	サブドレン他浄化装置建屋 T.P. 38.5*	水平方向設計震度	C _H = 0.36	鉛直方向設計震度	—	最高使用圧力 (MPa)	1.55	最高使用温度 (°C)	40	周囲環境温度 (°C)	40	比重	—
------	-------------------	-------------	---	----------------	----------------------------	----------	-----------------------	----------	---	--------------	------	-------------	----	-------------	----	----	---

注記*: 基準床レベルを示す

b. 評価結果

部材	材料	応力	力	算出応力	力	許容力	力	(単位: MPa)
胴板	ASME SA516 Gr.70	組合せ	組合せ	$\sigma_o = 42$	組合せ	$S_a = 262$	力	
スカート	ASME SA516 Gr.70	圧縮と曲げの組合せ (座屈の評価)	組合せ	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s2})}{f_c}$	$f_c = 4$	$f_t = 262$	力	
				$\eta \cdot \sigma_{s2} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$				
取付ボルト	ASTM A193 Gr.B7	引張りせん断	引張りせん断	$\sigma_b = 1$	引張りせん断	$f_{ts} = 452$	力	
				$\tau_b = 40$		$f_{sb} = 348$	力	

すべて許容応力以下である。



2. 3 主配管（鋼管）の耐震性評価

a. 評価条件

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（図－1）とする。

次に，当該設備における主配管（鋼管）について，各種条件を表－1 に示す。表－1 より管軸方向については，サポート設置フロアの水平震度 0.36 が鉄と鉄の静止摩擦係数 0.52 より小さいことから，地震により管軸方向は動かないものと仮定する。

図－1 等分布荷重 両端単純支持はりモデル

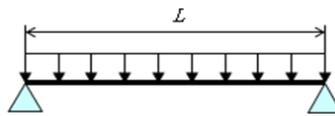


表-1 配管系における各種条件

配管分類	主配管 (鋼管)						
配管クラス	クラス3相当						
耐震クラス	Bクラス相当						
設計温度 [°C]	40						
配管材質	STPT410						
配管口径	150A	100A		80A		50A	
Sch	40	40		40		80	
設計圧力 [MPa]	0.98	0.98	静水頭	1.03	1.55	0.98	0.98
配管支持間隔 [m]	8.4	7.2		6.5		5.5	

配管分類	主配管 (鋼管)								
配管クラス	クラス3相当								
耐震クラス	Bクラス相当								
設計温度 [°C]	40								
配管材質	UNS S32750								
配管口径	100A		80A				50A		
Sch	10		10		40		40		
設計圧力 [MPa]	静水頭	0.98	1.03	1.55	0.98	静水頭	1.03	1.03	1.55
配管支持間隔 [m]	6.3		5.9			6.5		5.4	

配管分類	主配管 (鋼管)												
配管クラス	クラス3相当												
耐震クラス	Bクラス相当												
設計温度 [°C]	40												
配管材質	STPG370												
配管口径	350A	300A	250A	200A		150A	100A		80A	65A	50A	40A	32A
Sch	40	40	40	40		40	40		40	40	40	40	40
設計圧力 [MPa]	0.98	0.98	0.98	0.98	静水頭	0.98	0.98	静水頭	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
配管支持間隔 [m]	11.6	11.1	10.3	9.4		8.4	7.2		6.5	6.1	5.4	4.9	4.6

配管分類	主配管（鋼管）														
配管クラス	クラス3相当														
耐震クラス	Bクラス相当														
設計温度 [°C]	40														
配管材質	SUS316LTP														
配管口径	200A		150A	80A			65A			50A			32A		
Sch	40	20	40	40	20S		80	20S			80	40		20S	40
設計圧力 [MPa]	0.98		0.98	0.98	0.98	0.5	1.5	1.5	0.98	0.5	1.5	0.98	0.49	0.5	0.98
配管支持間隔 [m]	9.4	8.9	8.4	6.5	6.2		6.2	5.7			5.5	3.0	5.4	5.3	4.6

配管分類	主配管（鋼管）					
配管クラス	クラス3相当					
耐震クラス	Bクラス相当					
設計温度 [°C]	40					
配管材質	SUS304TP					
配管口径	80A	50A			40A	
Sch	20S	80	40	20S	80	
設計圧力 [MPa]	0.5					
配管支持間隔 [m]	6.2	5.5	5.4	5.3	5.0	

b. 評価方法

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

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

ここで S_w :	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	[mm ³]
w :	等分布荷重	[N/mm]

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

$$S_s = \alpha \cdot S_w$$

S_s :	地震による応力	[MPa]
α :	想定震度値	[-]

また、評価基準値として JEAG4601-2008 に記載の供用応力状態 C_s 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。

$$S = S_p + S_w + S_s = S_p + S_w + \alpha \cdot S_w = S_p + (1 + \alpha) \cdot S_w \leq 1.0S_y$$

ここで、 S :	内圧，自重，地震による発生応力	[MPa]
S_p :	内圧による応力	[MPa]
S_y :	設計降伏点	[MPa]

c. 評価結果

両端単純支持はりモデルで、自重による応力 S_w が 30 [MPa]以下となる配管サポート配置を仮定し、各応力を計算した結果を表-2に示す。

表-2より、自重による応力 S_w を 30 [MPa]以下となるようサポート配置を決定することで、配管は十分な強度を有するものと評価する。

表-2 応力評価結果

配管分類	主配管 (鋼管)						
配管材質	STPT410						
配管口径	150A	100A		80A		50A	
Sch	40	40		40		80	
設計圧力 [MPa]	0.98	静水頭	0.98	1.03	1.55	0.98	0.98
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	53	41	51	50	54	49	47
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=245						

配管分類	主配管 (鋼管)								
配管材質	UNS S32750								
配管口径	100A		80A				50A		
Sch	10		10		40		40		
設計圧力 [MPa]	静水頭	0.98	1.03	1.55	0.98	静水頭	1.03	1.03	1.55
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	41	60	56	64	56	41	50	49	53
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=552								

配管分類	主配管 (鋼管)												
配管材質	STPG370												
配管口径	350A	300A	250A	200A		150A	100A		80A	65A	50A	40A	32A
Sch	40	40	40	40		40	40		40	40	40	40	40
設計圧力 [MPa]	0.98	0.98	0.98	0.98	静水頭	0.98	0.98	静水頭	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
内圧, 自重, 地震による発生応力 S [MPa]	57	56	55	54	41	53	51	41	49	48	49	48	47
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=215												

配管分類	主配管（鋼管）														
配管材質	SUS316LTP														
配管口径	200A		150A	80A			65A			50A			32A		
Sch	40	20	40	40	20S		80	20S		80	40		20S	40	
設計圧力 [MPa]	0.98		0.98	0.98	0.98	0.5	1.5	1.5	0.98	0.5	1.5	0.98	0.49	0.5	0.98
内圧，自重，地震による発生応力 S [MPa]	54	58	53	49	52	47	49	58	52	47	50	14	45	46	47
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=175														

配管分類	主配管（鋼管）					
配管材質	SUS304TP					
配管口径	80A	50A			40A	
Sch	20S	80	40	20S	80	
設計圧力 [MPa]	0.5					
内圧，自重，地震による発生応力 S [MPa]	47	44	45	46	44	
供用状態 Cs における一次応力許容値 [MPa]	1.0Sy=205					

タンク基礎に関する説明書

サブドレン他水処理施設を構成する機器のうち、増設する集水タンク、サンプルタンクの基礎について、評価を実施する。

1. 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。

$$\text{①タンクの鉛直荷重： } W = m \times g$$

$$\text{②タンク基礎底面地盤の極限支持力： } Q_u = A_e \left(\alpha k c N_c S_c + k q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma_1 \beta B_e N_r S_r \right)$$

- 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 ($\gamma_1, \gamma_2 = 15.9 \text{ kN/m}^2$)
- 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。

2. 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±30mm（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±30mm以内であることを確認する。

タンクに対するスロッシング評価

サブドレン他水処理施設を構成する機器のうち、集水タンク、サンプルタンク、RO濃縮水処理水中継タンクについて地震発生時のタンク内包水のスロッシング評価を実施した。速度ポテンシャル理論に基づきスロッシング波高の評価を行った結果、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した。

スロッシング評価の流れは下記の通り。

- ・ 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]

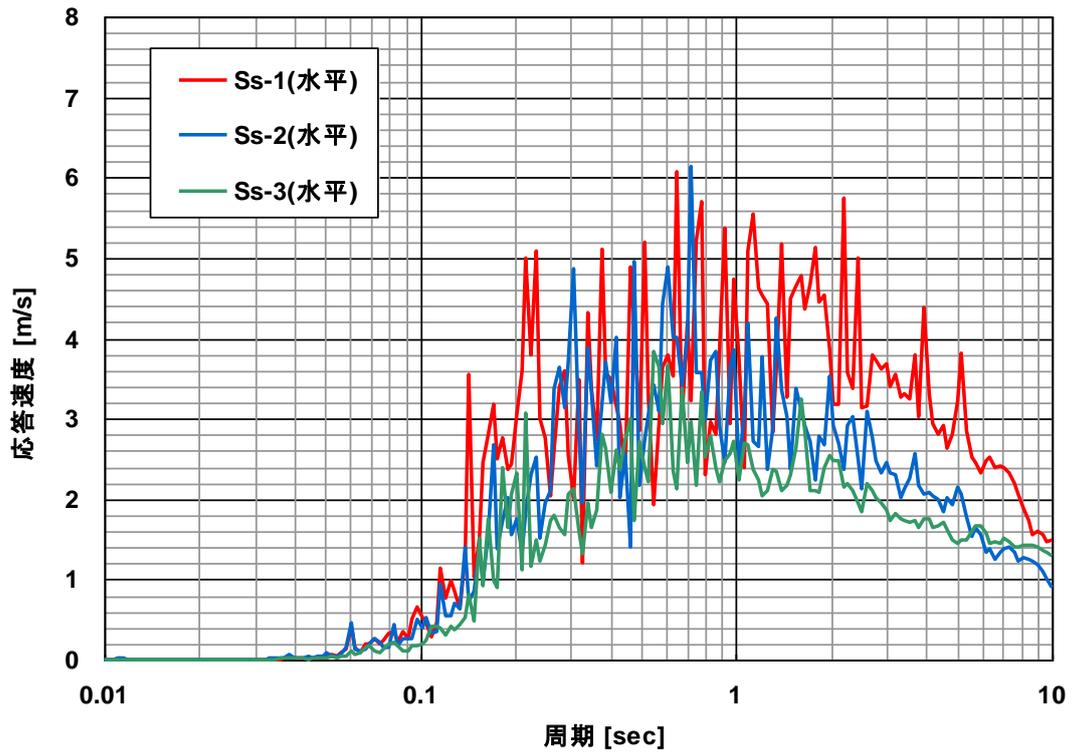
H : タンク液位 [m]

g : 重力加速度 [m/s²]

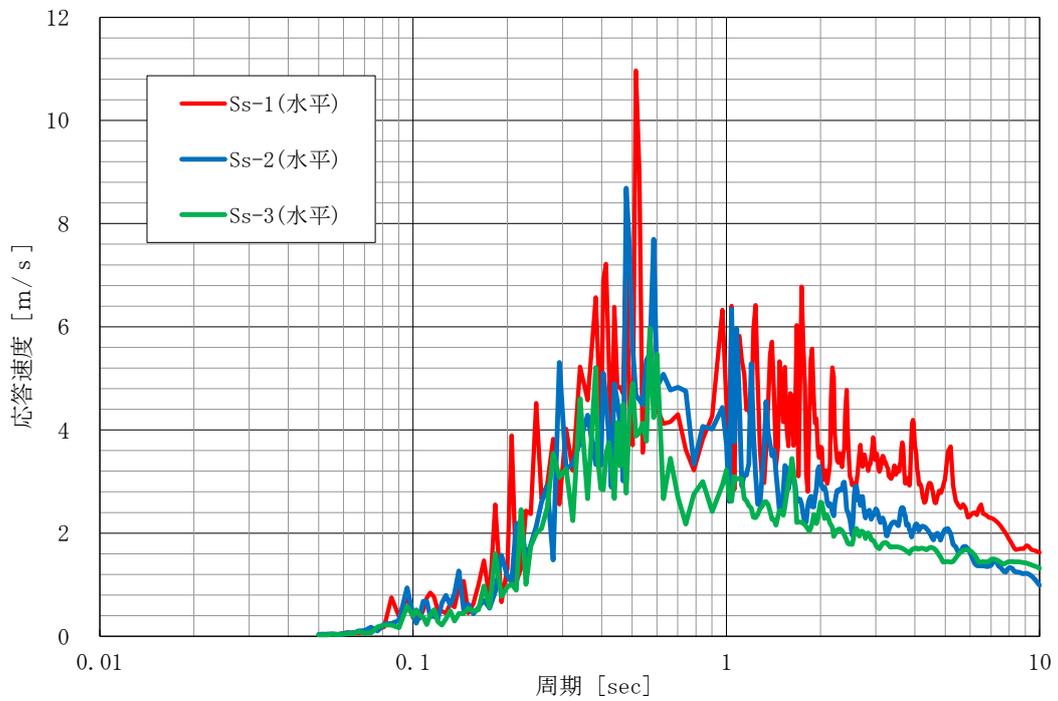
T_s : スロッシング固有周期 [s]

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）
 サンプルタンク，RO濃縮水処理水中継タンク



速度応答スペクトル（水平方向・減衰なし）
 集水タンク

タンクの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]
集水タンク	682	12,888	13,000
サンプルタンク	702	12,908	13,000
RO 濃縮水処理水 中継タンク	702	12,908	13,000

付録 1 スカート支持たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類 B クラス）の
耐震性についての計算書作成の基本方針

1. 一般事項

本基本方針は、スカート支持たて置円筒形容器（耐震設計上の重要度分類Bクラス）の耐震性についての計算方法を示す。

1.1 適用基準

本基本方針における計算方法は、原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会 電気技術基準調査委員会 昭和62年8月）に準拠する。

1.2 計算条件

- (1) 容器及び内容物の質量は重心に集中するものとする。
- (2) 地震力は容器に対して水平方向に作用するものとする。
- (3) 容器はスカートで支持され、スカートは下端のベースプレートを円周上等ピッチの多数の基礎ボルトで基礎又は架台に固定された固定端とする。ここで、基礎又は架台については剛となるように設計する。
- (4) 胴とスカートをはりと考え、変形モードは曲げ及びせん断変形を考慮する。
- (5) スカート部材において、マンホール等の開口部があつて補強をしていない場合は、欠損の影響を考慮する。

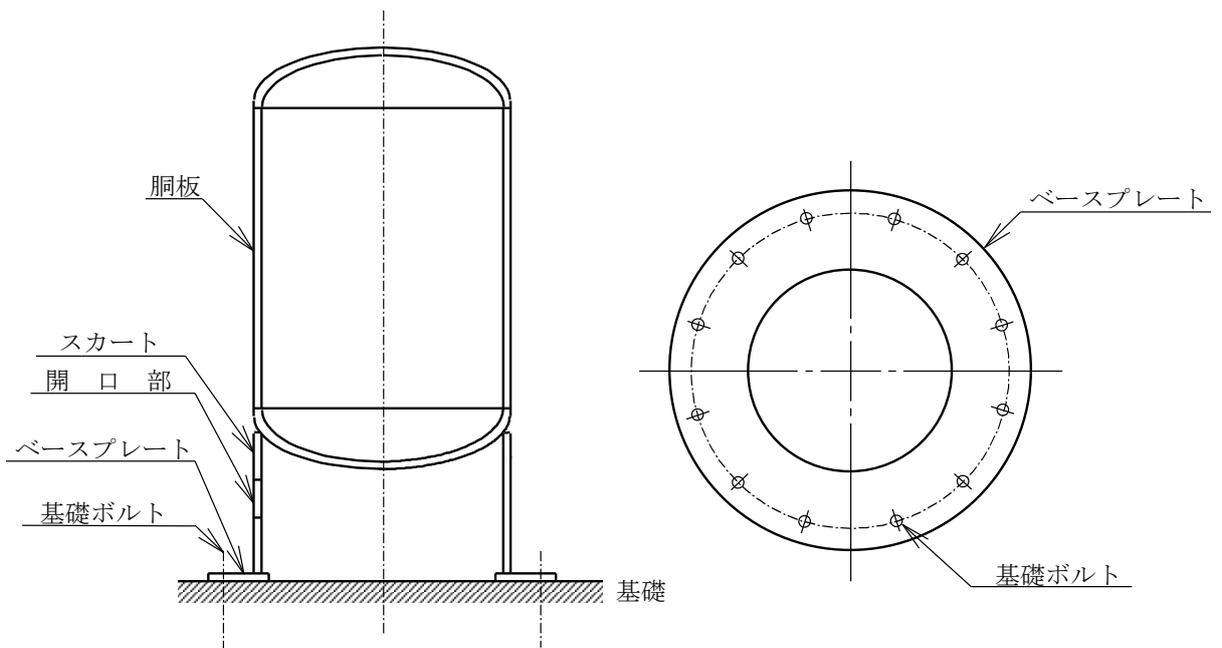


図1-1 概要図

1.3 記号の説明

記号	記号の説明	単位
A	胴の軸断面積	mm ²
A _b	基礎ボルトの軸断面積	mm ²
A _e	胴の有効せん断断面積	mm ²
A _s	スカートの軸断面積	mm ²
A _{s e}	スカートの有効せん断断面積	mm ²
C _c	基礎ボルト計算における係数	—
C _H	水平方向設計震度	—
C _t	基礎ボルト計算における係数	—
C _v	鉛直方向設計震度	—
D _{b i}	ベースプレートの内径	mm
D _{b o}	ベースプレートの外径	mm
D _c	基礎ボルトのピッチ円直径	mm
D _i	胴の内径	mm
D _j	スカートに設けられた各開口部の穴径 (j=1, 2, 3…j ₁)	mm
D _s	スカートの内径	mm
E	胴の縦弾性係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に定める値。又は、 ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart2 Physical Properties Tables Table TM-1～TM-5による	MPa
E _s	スカートの縦弾性係数 設計・建設規格 付録材料図表 Part6 表1に定める値。又は、 ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart2 Physical Properties Tables Table TM-1～TM-5による	MPa
e	基礎ボルト計算における係数	—
F	設計・建設規格 SSB-3121.1又はSSB-3131に定める値	MPa
F _c	基礎に作用する圧縮力	N
F _t	基礎ボルトに作用する引張力	N
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
f _{s b}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
f _t	スカートの許容引張応力	MPa
f _{t o}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f _{t s}	引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa

記号	記号の説明	単位
G	胴のせん断弾性係数	MPa
G _s	スカートのせん断弾性係数	MPa
g	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
H	水頭	mm
I	胴の断面二次モーメント	mm ⁴
I _s	スカートの断面二次モーメント	mm ⁴
j ₁	スカートに設けられた開口部の穴の個数	—
K _H	水平方向のばね定数	N/m
K _V	鉛直方向のばね定数	N/m
k	基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数	—
λ	胴のスカート接合点から重心までの距離	mm
λ ₁ , λ ₂	基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離	mm
λ _r	容器の重心から上端支持部までの距離	mm
λ _s	スカートの長さ	mm
M _s	スカートに作用する転倒モーメント	N・mm
M _{s1}	スカートの上端部に作用する転倒モーメント	N・mm
M _{s2}	スカートの下端部に作用する転倒モーメント	N・mm
m ₀	容器の運転時質量	kg
m _e	容器のスカート接合部から上部の空質量	kg
n	基礎ボルトの本数	—
P _r	最高使用圧力	MPa
Q	重心に作用する任意の水平力	N
Q'	Qにより上端の支持部に作用する反力	N
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値。又は、 ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart1 -Stress Tables Table 1Aによる。	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。 又は、ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart1 -Stress Tables Table Uによる。	MPa
S _y	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値。 又は、ASME BPVCセクションII Material Specifications PartD-Properties Subpart1 -Stress Tables Table Y-1による。	MPa
s	基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比	—
T _H	水平方向固有周期	s
T _V	鉛直方向固有周期	s

記号	記号の説明	単位
t	胴板の厚さ	mm
t ₁	基礎ボルト面積相当板幅	mm
t ₂	圧縮側基礎相当幅	mm
t _s	スカートの厚さ	mm
Y	スカート開口部の水平断面における最大円周長さ	mm
z	基礎ボルト計算における係数	—
α	基礎ボルト計算における中立軸を定める角度	rad
δ	荷重Qによる容器の上端での変位置	mm
δ'	荷重Q'による容器の上端での変位置	mm
δ ₀	荷重Q, Q'による容器の重心での変位置	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×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
σ _b	基礎ボルトに生じる引張応力	MPa
σ _c	基礎に生じる圧縮応力	MPa
σ _s	スカートの組合せ応力	MPa
σ _{s1}	スカートの運転時質量による軸方向応力	MPa
σ _{s2}	スカートの曲げモーメントによる軸方向応力	MPa
σ _{s3}	スカートの鉛直方向地震による軸方向応力	MPa
σ _{x1} , σ _{φ1}	静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向及び周方向応力	MPa
σ _{x2}	胴の運転時質量による軸方向引張応力	MPa
σ _{x3}	胴の空質量による軸方向圧縮応力	MPa
σ _{x4}	地震により胴に生じる軸方向応力	MPa
σ _{x5}	胴の鉛直方向地震による軸方向引張応力	MPa
σ _{x6}	胴の鉛直方向地震による軸方向圧縮応力	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
σ _{φ2}	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
τ _b	基礎ボルトに生じるせん断応力	MPa
τ _s	地震によりスカートに生じるせん断応力	MPa

記号	記号の説明	単位
$\phi_1(x)$	圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数	MPa
$\phi_2(x)$	曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数	MPa

注：「設計・建設規格」とは，発電用原子力設備規格（設計・建設規格 JSME S NC-1-2005）（日本機械学会 2005年9月及び2007年9月）をいう。

「ASME BPVC セクションⅡ」とは，

The American Society of Mechanical Engineers 「Boiler and Pressure Vessels Code」
Section Ⅱ ; Material Specifications （米国機械学会 セクションⅡ 材料規格）
をいう。

2. 計算方法

2.1 固有周期の計算方法

(1) 計算モデル

本容器は、1.2項より図2-1に示す下端固定の1質点系振動モデルあるいは下端固定上端支持の1質点系振動モデルとして考える。

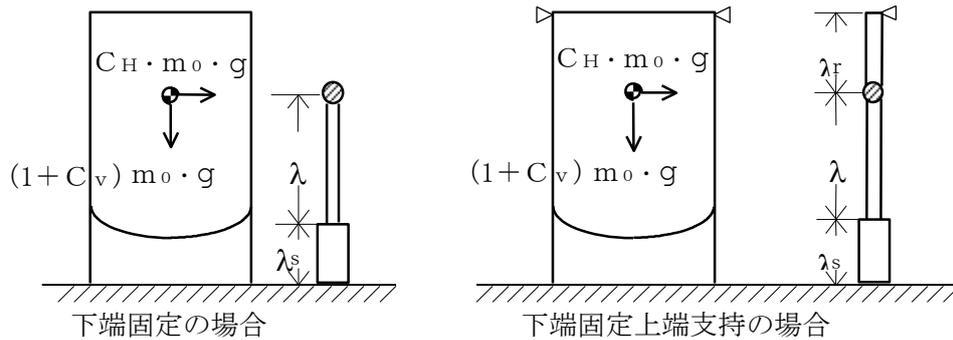


図2-1 固有周期の計算モデル

(2) 水平方向固有周期

a. 下端固定の場合

曲げ及びせん断変形によるばね定数KHは次式で求める。

$$K_H = 1000 \left\{ \frac{\lambda^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{1}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot (3 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_s + 3 \cdot \lambda \cdot \lambda_s^2 + \lambda_s^3) + \frac{\lambda}{G \cdot A_e} + \frac{\lambda_s}{G_s \cdot A_{s_e}} \right\} \dots \dots \dots (2.1.1)$$

ここで、スカートの開口部（図 2-2 参照）による影響を考慮し、胴及びスカートの断面性能は次のように求める。

胴の断面性能は

$$I = \frac{\pi}{8} \cdot (D_i + t)^3 \cdot t \dots \dots \dots (2.1.2)$$

$$A_e = \frac{2}{3} \cdot \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \dots \dots \dots (2.1.3)$$

スカートの断面性能は

$$I_s = \frac{\pi}{8} \cdot (D_s + t_s)^3 \cdot t_s - \frac{1}{4} \cdot (D_s + t_s)^2 \cdot t_s \cdot Y \dots \dots \dots (2.1.4)$$

スカート開口部の水平断面における最大円周長さは、（図 2-2 及び図 2-3 参照）

$$Y = \sum_{j=1}^{j_1} (D_s + t_s) \cdot \sin^{-1} \left(\frac{D_j}{D_s + t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (2.1.5)$$

$$A_{se} = \frac{2}{3} \cdot \{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s \quad \dots\dots\dots (2.1.6)$$

したがって、固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_0}{K_H}} \quad \dots\dots\dots (2.1.7)$$

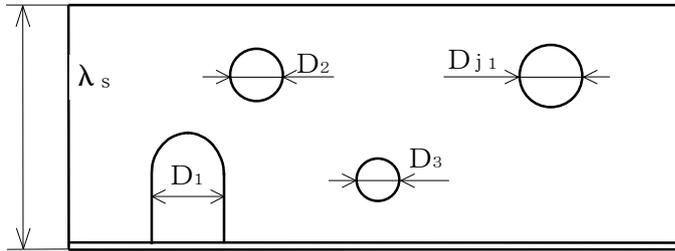


図2-2 スカート開口部の形状

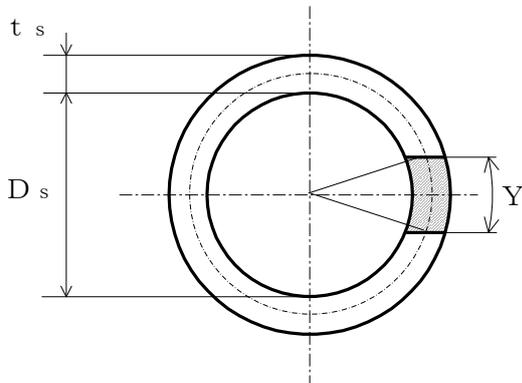


図2-3 スカート開口部の水平断面における最大円周長さ

b. 下端固定上端支持の場合

重心の位置に水平方向の荷重Qが作用したときに上端の支持部に生じる反力Q'は、図2-4に示すように荷重Q及び反力Q'による上端の変位量δとδ'が等しいとして求める。

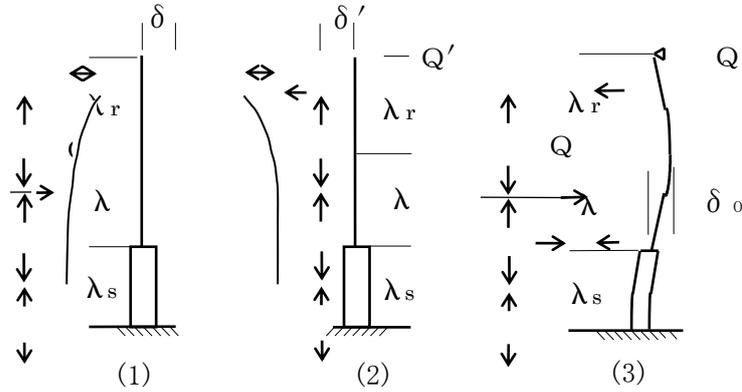


図2-4 下端固定上端支持の場合の変形モデル

図2-4の(1)の場合

$$\delta = \frac{Q \cdot \lambda^2}{6 \cdot E \cdot I} \cdot (2 \cdot \lambda + 3 \cdot \lambda_r) + \frac{Q}{6 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot \{ 2 \cdot \lambda_s^3 + 3 \cdot \lambda_s^2 \cdot \lambda_r + 6 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot (\lambda_s + \lambda + \lambda_r) \} + \frac{Q \cdot \lambda}{G \cdot A_e} + \frac{Q \cdot \lambda_s}{G_s \cdot A_{se}} \dots \dots \dots (2.1.8)$$

図2-4の(2)の場合

$$\delta' = \frac{Q' \cdot (\lambda + \lambda_r)^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{Q'}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \cdot \{ 3 \cdot (\lambda + \lambda_r)^2 \cdot \lambda_s + 3 \cdot (\lambda + \lambda_r) \cdot \lambda_s^2 + \lambda_s^3 \} + \frac{Q' \cdot (\lambda + \lambda_r)}{G \cdot A_e} + \frac{Q' \cdot \lambda_s}{G_s \cdot A_{se}} \dots \dots \dots (2.1.9)$$

(2.1.8) 式と (2.1.9) 式を等しく置くことにより、

$$Q' = Q \cdot \left\{ \frac{\lambda^2 \cdot (2 \cdot \lambda + 3 \cdot \lambda_r)}{6 \cdot E \cdot I} + \frac{2 \cdot \lambda_s^3 + 3 \cdot \lambda_s^2 \cdot \lambda_r + 6 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot (\lambda_s + \lambda + \lambda_r)}{6 \cdot E_s \cdot I_s} + \frac{\lambda}{G \cdot A_e} + \frac{\lambda_s}{G_s \cdot A_{se}} \right\} \cdot \left\{ \frac{(\lambda + \lambda_r)^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot (\lambda + \lambda_r)^2 \cdot \lambda_s + 3 \cdot (\lambda + \lambda_r) \cdot \lambda_s^2 + \lambda_s^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} + \frac{\lambda + \lambda_r}{G \cdot A_e} + \frac{\lambda_s}{G_s \cdot A_{se}} \right\} \dots \dots \dots (2.1.10)$$

したがって、図 2-4 の(3)に示す重心位置での変位量 δ_o は図 2-4 の(1)及び(2)の重心位置での変位量の重ね合せから求めることができ、ばね定数 K_H は次式で求める。

$$K_H = \frac{Q}{\delta_o} = 1000 \left\{ \frac{\lambda^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_s + 3 \cdot \lambda \cdot \lambda_s^2 + \lambda_s^3}{3 \cdot E_s \cdot I_s} + \left(1 - \frac{Q'}{Q} \right) \cdot \left(\frac{\lambda}{G \cdot A_e} + \frac{\lambda_s}{G_s \cdot A_{se}} \right) - \frac{Q'}{Q} \cdot \left(\frac{2 \cdot \lambda^3 + 3 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda_r}{6 \cdot E \cdot I} + \frac{3 \cdot \lambda_s^2 \cdot \lambda + \lambda_s^3 + 3 \cdot \lambda_s \cdot \lambda^2 + 3 \cdot \lambda_s \cdot \lambda \cdot \lambda_r + \frac{3}{2} \cdot \lambda_s^2 \cdot \lambda_r}{3 \cdot E_s \cdot I_s} \right) \right\} \quad (2.1.11)$$

固有周期は (2.1.7) 式により求める。

(3) 鉛直方向固有周期

軸方向変形によるばね定数 K_v は、次式で求める。

$$K_v = 1000 \left/ \left(\frac{\lambda}{E \cdot A} + \frac{\lambda_s}{E_s \cdot A_s} \right) \right. \quad (2.1.12)$$

$$A = \pi \cdot (D_i + t) \cdot t \quad (2.1.13)$$

$$A_s = \{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s \quad (2.1.14)$$

したがって、固有周期 T_v は次式で求める。

$$T_v = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_o}{K_v}} \quad (2.1.15)$$

2.2 応力の計算方法

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、動的地震力を用いる場合は、S R S S法を用いることができる。

2.2.1 胴の応力

(1) 静水頭又は内圧による応力

静水頭による場合（鉛直方向地震時を含む。）

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.1)$$

$$\sigma_{\phi 2} = \frac{\rho' \cdot g \cdot H \cdot D_i \cdot C_v}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.2)$$

$$\sigma_{x 1} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.2.1.3)$$

内圧による場合

$$\sigma_{\phi 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{2 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.4)$$

$$\sigma_{\phi 2} = 0 \quad \dots\dots\dots (2.2.1.5)$$

$$\sigma_{x 1} = \frac{P_r \cdot (D_i + 1.2 \cdot t)}{4 \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.6)$$

(2) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

胴がスカートと接合する点を境界として、上部には胴自身の質量による圧縮応力が、下部には下部の胴自身の質量と内容物の質量による引張応力が生じる。

下部の胴について

$$\sigma_{x 2} = \frac{(m_o - m_e) \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.7)$$

$$\sigma_{x 5} = \frac{(m_o - m_e) \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.8)$$

上部の胴について

$$\sigma_{x 3} = \frac{m_e \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.9)$$

$$\sigma_{x 6} = \frac{m_e \cdot g \cdot C_v}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.10)$$

(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スカ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。

a. 下端固定の場合

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \lambda}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \dots\dots\dots (2.2.1.11)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \dots\dots\dots (2.2.1.12)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\sigma_{x4} = \frac{4 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \left| \lambda - \frac{Q'}{Q} \cdot (\lambda + \lambda_r) \right|}{\pi \cdot (D_i + t)^2 \cdot t} \dots\dots\dots (2.2.1.13)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g \cdot \left(1 - \frac{Q'}{Q}\right)}{\pi \cdot (D_i + t) \cdot t} \dots\dots\dots (2.2.1.14)$$

(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

$$\sigma_\phi = \sigma_{\phi1} + \sigma_{\phi2} \dots\dots\dots (2.2.1.15)$$

$$\sigma_{ot} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xt} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xt})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \dots\dots\dots (2.2.1.16)$$

ここで、

【絶対値和】

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sigma_{x4} + \sigma_{x5} \dots\dots\dots (2.2.1.17)$$

【SRS法】

$$\sigma_{xt} = \sigma_{x1} + \sigma_{x2} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x5}^2} \dots\dots\dots (2.2.1.18)$$

(b) 組合せ圧縮応力

$$\sigma_\phi = -\sigma_{\phi1} - \sigma_{\phi2} \dots\dots\dots (2.2.1.19)$$

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。

$$\sigma_{oc} = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \sigma_\phi + \sigma_{xc} + \sqrt{(\sigma_\phi - \sigma_{xc})^2 + 4 \cdot \tau^2} \right\} \dots\dots\dots (2.2.1.20)$$

ここで,

【絶対値和】

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sigma_{x4} + \sigma_{x6} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.21)$$

【SRSS法】

$$\sigma_{xc} = -\sigma_{x1} + \sigma_{x3} + \sqrt{\sigma_{x4}^2 + \sigma_{x6}^2} \quad \dots\dots (2.2.1.22)$$

したがって、胴の組合せ一次一般膜応力の最大値は、絶対値和、SRSS法それぞれに対して、

$$\sigma_o = \text{Max} \{ \text{組合せ引張 応力} (\sigma_{ot}), \text{ 組合せ圧縮応力} (\sigma_{oc}) \} \quad \dots\dots\dots (2.2.1.23)$$

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。

2.2.2 スカートの応力

(1) 運転時質量及び鉛直方向地震による応力

スカート底部に生じる運転時質量及び鉛直方向地震による圧縮応力は次式で求める。

$$\sigma_{s1} = \frac{m_o \cdot g}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (2.2.2.1)$$

$$\sigma_{s3} = \frac{m_o \cdot g \cdot C_v}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (2.2.2.2)$$

(2) 水平方向地震による応力

水平方向の地震力によりスカートには曲げモーメントが作用する。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。

a. 下端固定の場合

$$\sigma_{s2} = \frac{M_s}{(D_s + t_s) \cdot t_s \cdot \left\{ \frac{\pi}{4} \cdot (D_s + t_s) - \frac{Y}{2} \right\}} \quad \dots\dots\dots (2.2.2.3)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_o \cdot g}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \quad \dots\dots\dots (2.2.2.4)$$

ここで,

$$M_s = C_H \cdot m_o \cdot g \cdot (\lambda_s + \lambda) \quad \dots\dots\dots (2.2.2.5)$$

b. 下端固定上端支持の場合

軸方向応力は (2.2.2.3) 式で表されるが、曲げモーメント M_s は次の M_{s1} 又は M_{s2} のいずれか大きい方の値とする。

$$M_{s1} = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| \lambda - \frac{Q'}{Q} \cdot (\lambda + \lambda_r) \right| \dots\dots\dots (2.2.2.6)$$

$$M_{s2} = C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot \left| \lambda_s + \lambda - \frac{Q'}{Q} \cdot (\lambda_s + \lambda + \lambda_r) \right| \dots\dots\dots (2.2.2.7)$$

$$\tau_s = \frac{2 \cdot C_H \cdot m_0 \cdot g \cdot (1 - \frac{Q'}{Q})}{\{ \pi \cdot (D_s + t_s) - Y \} \cdot t_s} \dots\dots\dots (2.2.2.8)$$

(3) 組合せ応力

組合せ応力は次式で求める。

【絶対値和】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sigma_{s2} + \sigma_{s3})^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \dots\dots\dots (2.2.2.9)$$

【SRSS法】

$$\sigma_s = \sqrt{(\sigma_{s1} + \sqrt{\sigma_{s2}^2 + \sigma_{s3}^2})^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \dots\dots\dots (2.2.2.10)$$

2.2.3 基礎ボルトの応力

(1) 引張応力

基礎に作用する転倒モーメント M_s は下端固定の場合、(2.2.2.5)式を、下端固定上端支持の場合は(2.2.2.6)式又は(2.2.2.7)式を用いる。

転倒モーメントが作用した場合に生じる基礎ボルトの引張荷重と基礎部の圧縮荷重については、荷重と変位量の釣合い条件を考慮することにより求める。(図2-5参照)

以下にその手順を示す。

- a. σ_b 及び σ_c を仮定して基礎ボルトの応力計算における中立軸の荷重係数 k を求める。

$$k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_b}{s \cdot \sigma_c}} \quad \dots \dots \dots (2.2.3.1)$$

- b. 基礎ボルトの応力計算における中立軸を定める角度 α を求める。

$$\alpha = \cos^{-1} (1 - 2 \cdot k) \quad \dots \dots \dots (2.2.3.2)$$

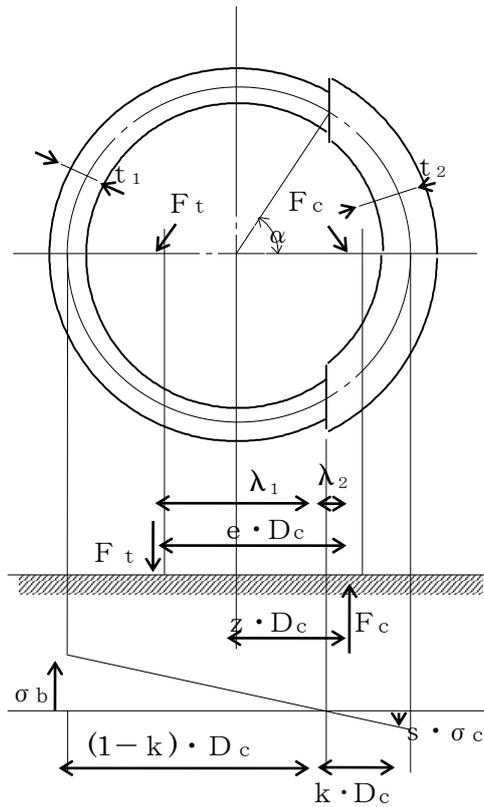


図2-5 基礎の荷重説明図

c. 各定数 e , z , C_t 及び C_c を求める。

$$e = \frac{1}{2} \cdot \left\{ \frac{(\pi - \alpha) \cdot \cos^2 \alpha + \frac{1}{2} \cdot (\pi - \alpha) + \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{(\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha} + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right\} \dots\dots\dots (2.2.3.3)$$

$$z = \frac{1}{2} \cdot \left(\cos \alpha + \frac{\frac{1}{2} \cdot \alpha - \frac{3}{2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha + \alpha \cdot \cos^2 \alpha}{\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha} \right) \dots\dots\dots (2.2.3.4)$$

$$C_t = \frac{2 \cdot \{ (\pi - \alpha) \cdot \cos \alpha + \sin \alpha \}}{1 + \cos \alpha} \dots\dots\dots (2.2.3.5)$$

$$C_c = \frac{2 \cdot (\sin \alpha - \alpha \cdot \cos \alpha)}{1 - \cos \alpha} \dots\dots\dots (2.2.3.6)$$

d. 各定数を用いて F_t 及び F_c を求める。

【絶対値和】

$$F_t = \frac{M_s - (1 - C_v) \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c}{e \cdot D_c} \dots\dots\dots (2.2.3.7)$$

$$F_c = F_t + (1 - C_v) \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (2.2.3.8)$$

【SRSS法】

$$F_t = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot z \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} - \frac{z}{e} \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (2.2.3.9)$$

$$F_c = \frac{\sqrt{M_s^2 + (C_v \cdot m_0 \cdot g \cdot (z - e) \cdot D_c)^2}}{e \cdot D_c} + \left(1 - \frac{z}{e}\right) \cdot m_0 \cdot g \dots\dots\dots (2.2.3.10)$$

基礎ボルトに引張力が作用しないのは、 α が π に等しくなったときであり、(2.2.3.3) 式及び (2.2.3.4) 式において α を π に近づけた場合の値 $e = 0.75$ 及び $z = 0.25$ を (2.2.3.7) 式又は (2.2.3.9) 式に代入し、得られる F_t の値によって引張力の有無を次のように判定する。

$F_t \leq 0$ ならば引張力は作用しない。

$F_t > 0$ ならば引張力が作用しているので次の計算を行う。

e. σ_b 及び σ_c を求める。

$$\sigma_b = \frac{2 \cdot F_t}{t_1 \cdot D_c \cdot C_t} \dots\dots\dots (2.2.3.11)$$

$$\sigma_c = \frac{2 \cdot F_c}{(t_2 + s \cdot t_1) \cdot D_c \cdot C_c} \dots\dots\dots (2.2.3.12)$$

ここで,

$$t_1 = \frac{n \cdot A_b}{\pi \cdot D_c} \dots\dots\dots (2.2.3.13)$$

$$t_2 = \frac{1}{2} \cdot (D_{bo} - D_{bi}) - t_1 \dots\dots\dots (2.2.3.14)$$

σ_b 及び σ_c が a 項にて仮定した値と十分に近似していることを確認する。この場合の σ_b 及び σ_c を基礎ボルトと基礎に生じる応力とする。

(2) せん断応力

a. 下端固定の場合

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.2.3.15)$$

b. 下端固定上端支持の場合

$$\tau_b = \frac{C_H \cdot m_o \cdot g \cdot (1 - \frac{Q'}{Q})}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (2.2.3.16)$$

3. 評価方法

3.1 固有周期の評価

2.1 項で求めた固有周期から，水平方向及び鉛直方向の設計震度を求める。

3.2 応力の評価

3.2.1 胴の応力評価

2.2.1 項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力 S_a 以下であること。

応力の種類	許容応力 S_a
一次一般膜応力	設計降伏点 S_y と設計引張強さ S_u の0.6倍のいずれか小さい方の値。ただし，オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあつては許容引張応力 S の1.2倍の方が大きい場合は，この大きい方の値とする。

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。

3.2.2 スカートの応力評価

(1) 2.2.2項で求めたスカートの組合せ応力が許容引張応力 f_t 以下であること。

$$f_t = \frac{F}{1.5} \cdot 1.5 \quad \dots\dots\dots (3.2.2.1)$$

(2) 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）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1 \quad \dots\dots\dots (3.2.2.2)$$

ここで， f_c は次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \quad \dots\dots\dots (3.2.2.3)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_c = F \cdot \left[1 - \frac{1}{6800 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_1 \left(\frac{8000 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \quad \dots\dots\dots (3.2.2.4)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_c = \phi_1 \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (3.2.2.5)$$

ただし、 $\phi_1(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_1(x) = 0.6 \cdot \frac{E_s}{x} \cdot \left[1 - 0.901 \cdot \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x} \right) \right\} \right] \cdot \dots\dots\dots (3.2.2.6)$$

また、 f_b は次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \quad \dots\dots\dots (3.2.2.7)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{9600 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$f_b = F \cdot \left[1 - \frac{1}{8400 \cdot g} \cdot \left\{ F - \phi_2 \left(\frac{9600 \cdot g}{F} \right) \right\} \cdot \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \right] \dots\dots\dots (3.2.2.8)$$

$$\frac{9600 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq 800 \quad \text{のとき}$$

$$f_b = \phi_2 \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \right) \quad \dots\dots\dots (3.2.2.9)$$

ただし、 $\phi_2(x)$ は次の関数とする。

$$\phi_2(x) = 0.6 \cdot \frac{E_s}{x} \cdot \left[1 - 0.731 \cdot \left\{ 1 - \exp \left(-\frac{1}{16} \cdot \sqrt{x} \right) \right\} \right] \dots\dots (3.2.2.10)$$

η は安全率で次による。

$$\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \leq \frac{1200 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 \quad \dots\dots\dots (3.2.2.11)$$

$$\frac{1200 \cdot g}{F} < \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} < \frac{8000 \cdot g}{F} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1 + \frac{0.5 \cdot F}{6800 \cdot g} \cdot \left(\frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} - \frac{1200 \cdot g}{F} \right) \quad \dots\dots\dots (3.2.2.12)$$

$$\frac{8000 \cdot g}{F} \leq \frac{D_s + 2 \cdot t_s}{2 \cdot t_s} \quad \text{のとき}$$

$$\eta = 1.5 \quad \dots\dots\dots (3.2.2.13)$$

3.2.3 基礎ボルトの応力評価

2.2.3項で求めた基礎ボルトの引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。

$$f_{ts} = 1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b \quad \dots\dots\dots (3.2.3.1)$$

かつ、

$$f_{ts} \leq f_{to} \quad \dots\dots\dots (3.2.3.2)$$

ただし、 f_{to} 及び f_{sb} は下表による。

	許容引張応力 f_{to}	許容せん断応力 f_{sb}
計 算 式	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$

サブドレン集水設備の強度に関する説明書

1. 強度評価の方針

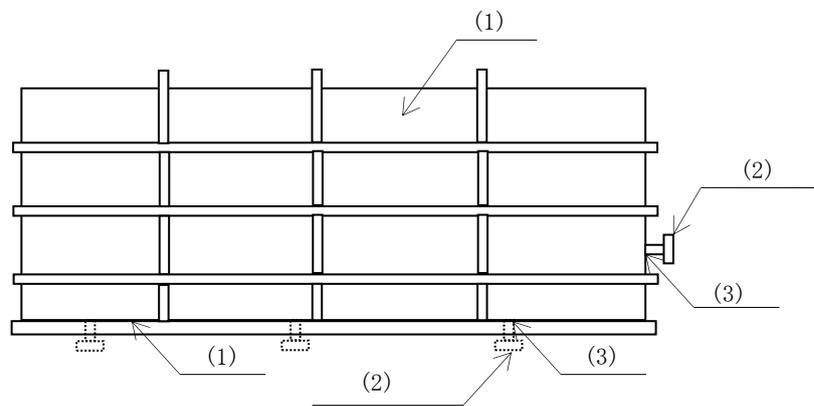
強度評価においては、中継タンクは JIS 等に準じた評価を行う。集水タンク及び主配管（鋼管、伸縮継手）は「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）のクラス 3 機器またはクラス 3 配管に、準じた評価を行う。

2. 強度評価

2.1 中継タンク

2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－1 に示す。



図中の番号は、2.1.2 の番号に対応する。

図－1 中継タンク概要図

2.1.2 評価方法

(1) 側板、底板の評価

中継タンクの側板、底板の必要厚さは、それぞれ次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ

側板、底板の最小厚さは、それぞれ 4.5mm, 6.0mm とする。

b. 計算上必要な厚さ：t

$$t = d (\beta \cdot P / f_b \cdot \eta)^{1/2} + c$$

$$\delta = \alpha \cdot P \cdot d^4 / E \cdot (T - c)^3 \leq d / 300$$

ここに、 t : 最小必要厚さ (mm)

β : d/D に対する応力係数

d : 短辺の長さ (mm)
 D : 長辺の長さ (mm)
 P : 作用する荷重 (MPa)
 fb : 許容曲げ応力 (N/mm²)
 η : 溶接継手効率
 c : 腐れ代 (mm)
 δ : 最大たわみ量 (mm)
 α : d/Dに対するたわみ係数
 E : 縦弾性係数 (N/mm²)
 T : 使用板厚 (mm)

(2) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ

管台の外径に応じ、「JIS B 8501 鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）」に規定された値とする。

b. 計算上必要な厚さ : t

$$t = D_i \times H \times \rho / (0.204 \times S \times \eta) \times 1000 + c$$

ここに、 t : 必要厚さ (mm)

D_i : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率

c : 腐れ代 (mm)

(3) 管台の穴の補強計算

管台取付部の穴の補強について、補強に有効な範囲内にある有効面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにする。

$$A_r = D_p \times t_a$$

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

ここに、 A_r : 補強に必要な面積 (mm²)

D_p : 取付部板の開口径 (mm)

t_a : 腐れ代を差引いた取付部板の板厚 (mm)

A_t : 補強に有効な面積の合計 (mm²)

A₁ : 強め材の有効面積 (= 2 × (D_p - D_r / 2) × t_r) (mm²)

A₂ : 管台 (外側) の有効面積 (= 2 × (4 × t_n) × t_n) (mm²)

- A3 : 管台 (板部) の有効面積 ($= 2 \times t \times t_n$) (mm^2)
 A4 : 管台 (内側) の有効面積 ($= 2 \times (4 \times t_n) \times t_n$) (mm^2)
 A5 : 側板腐食代分の有効面積 ($= 2 \times (D_p / 2) \times t_s$) (mm^2)
 Dr : 強め材の開口径 (mm)
 tr : 強め材の実際の板厚 (mm)
 tn : 管台の採用板厚 (mm)
 t : 取付部板の実際の板厚 (mm)
 ts : 取付部板の腐れ代 (mm)

2.1.3 評価結果

評価結果を表-1, 2に示す。必要厚さ等を満足しており, 十分な構造強度を有すると評価している。

表-1 中継タンクの評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
中継タンク	側板の厚さ	4.5	4.5 以上
	底板の厚さ	6.0	6.0 以上
	管台の厚さ (流出管:65A)	7.0	7.0 以上
	管台の厚さ (ドレン管:50A)	5.5	5.5 以上

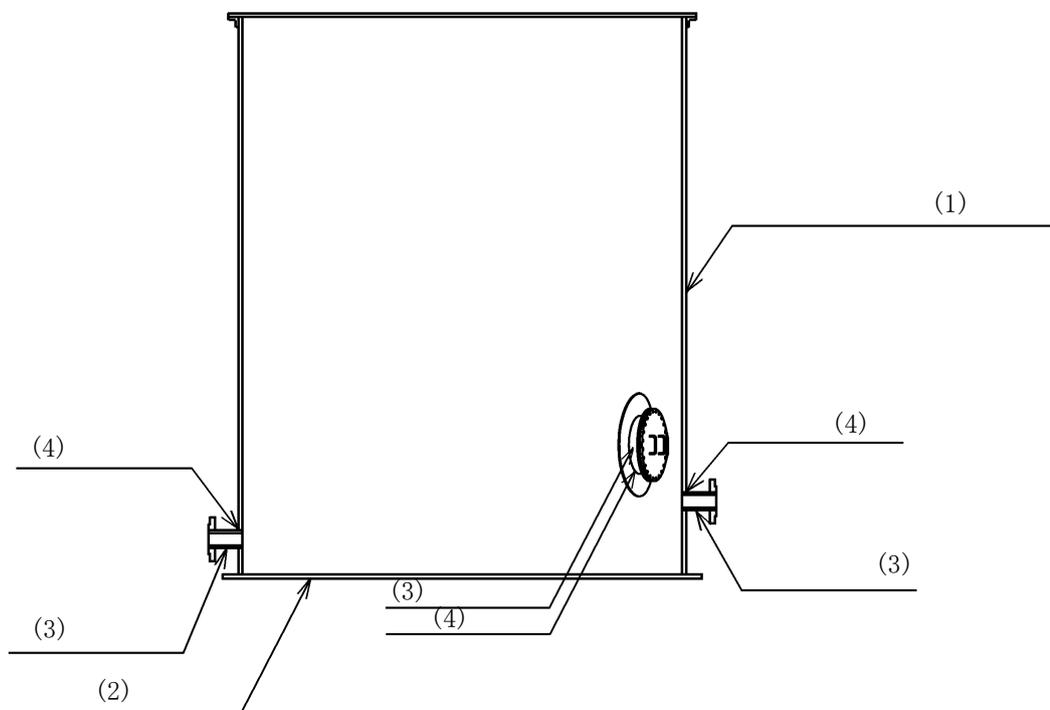
表-2 中継タンクの評価結果（管台の穴の補強計算）

機器名称	評価項目	評価結果	
		補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
中継タンク	流出管 (65A)	397	555
	ドレン管 (50A)	512	1045

2.2 集水タンク

2.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-2に示す。



図中の番号は、2.2.2, 2.2.3の番号に対応する。

図-2 集水タンク概要図

2.2.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は3mm、その他の材料で作られた場合は1.5mmとする。

b. 胴の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_2 ： 必要厚さ (mm)

D_i ： 胴の内径 (m)

H： 水頭 (m)

ρ ： 液体の比重。ただし、1未満の場合は、
1とする。

S： 許容引張応力 (MPa)

η ： 継手効率

c. 胴の内径に応じた必要厚さ： t_3

胴の内径が5mを超えるものについては、胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

(2) 底板の厚さの評価

地面、基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは、3mm以上であること。

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_1 ： 必要厚さ (mm)

D_i ： 管台の内径 (m)

H： 水頭 (m)

ρ ： 液体の比重。ただし、1未満の場合は、
1とする。

S： 許容引張応力 (MPa)

η ： 継手効率

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

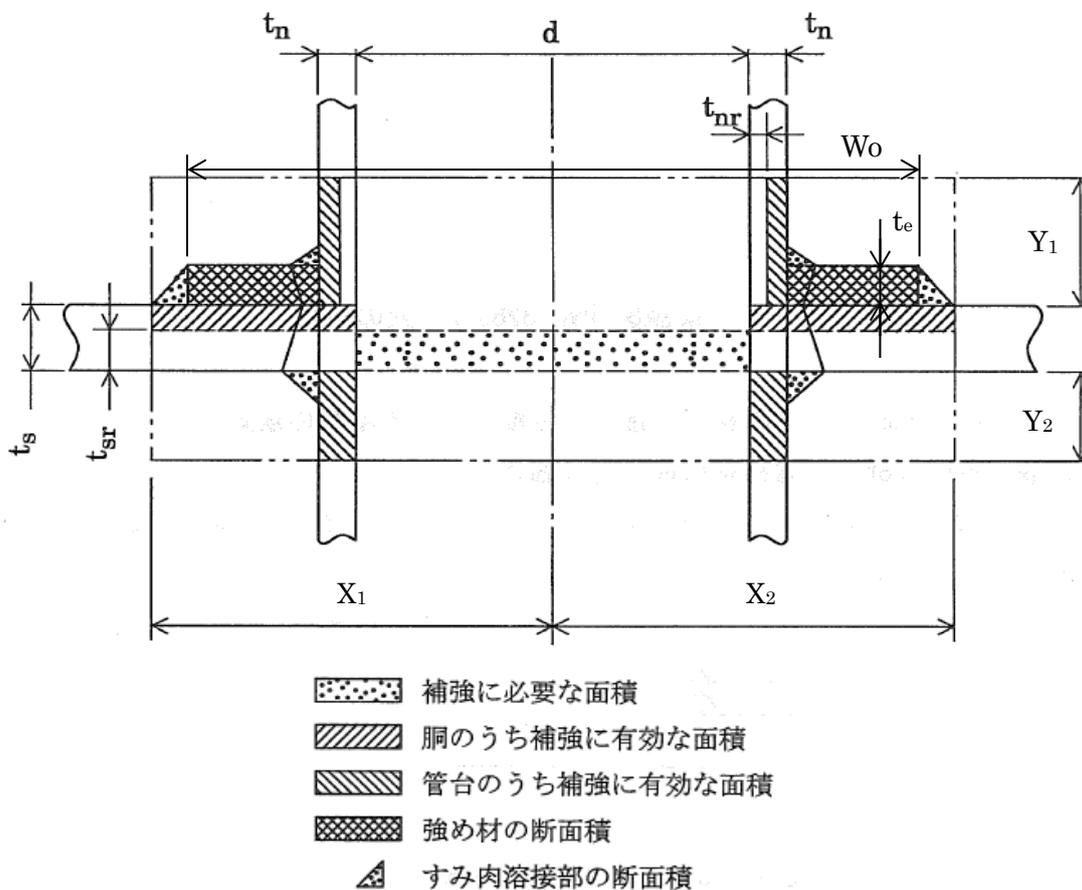
(4) 胴の穴の補強計算

a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-3参照)

b. 大きい穴の補強を要しない最大径

内径が1500mm以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の2分の1(500mmを超える場合は、500mm)以下および内径が1500mmを超える胴に設ける穴の径が胴の内径の3分の1(1000mmを超える場合は、1000mm)以下の場合は、大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上であること。(図-3参照)



d : 胴の断面に現れる穴の径 (mm) X_1, X_2, Y_1, Y_2 : 補強の有効範囲 (mm)
 t_s : 胴板の厚さ (mm) W_o : 強め材の外径 (mm)
 t_{sr} : 胴板の計算上必要な厚さ (mm) t_e : 強め材の厚さ (mm)
 t_n : 管台の厚さ (mm) A_r : 補強に必要な面積 (mm²)
 t_{nr} : 管台の計算上必要な厚さ (mm) A_0 : 補強に有効な総面積 (mm²)

図-3 補強計算概念図

2.2.3 評価結果

評価結果を表-3, 4に示す。必要厚さ等を満足しており, 十分な構造強度を有すると評価している。

表-3 集水タンクの評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
集水タンク	(1) 胴板の厚さ	11.7	12.0
	(2) 底板の厚さ	3.00	11.2
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.50	5.25
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.50	7.18
	(3) 管台の厚さ (マンホール)	3.50	11.2

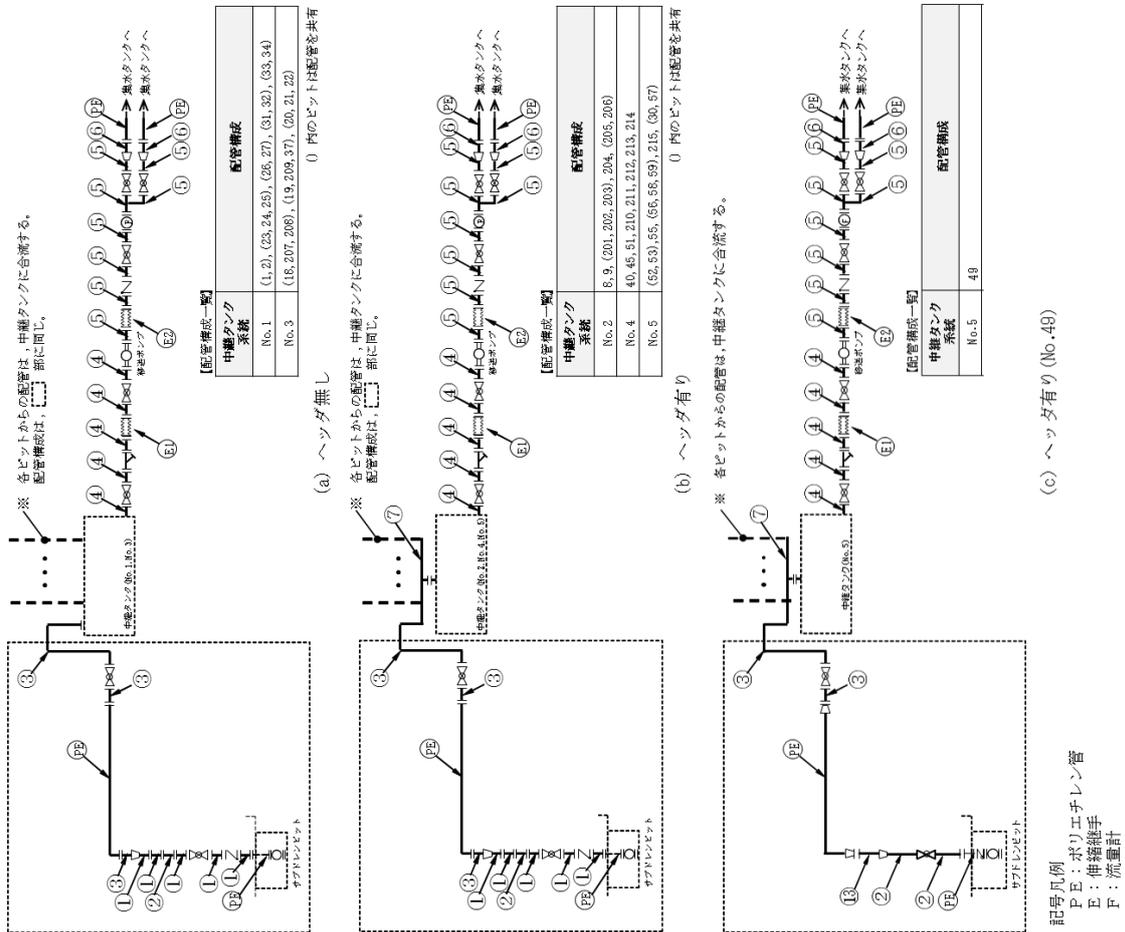
表-4 集水タンクの評価結果（胴の穴の補強計算）

機器名称	評価項目	評価結果	
集水タンク	(4) 胴 (100A 管台)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		7.318×10 ²	1.6222×10 ³
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所 の強さ (N)
		3.5520×10 ⁴	1.05278×10 ⁵
	(4) 胴 (200A 管台)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		1.4204×10 ³	3.1414×10 ³
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所 の強さ (N)
		6.1220×10 ⁴	2.88899×10 ⁵
	(4) 胴 (マンホール)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		4.466×10 ³	7.6348×10 ³
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所 の強さ (N)
		1.6324×10 ⁵	1.160164×10 ⁶

2.3 主配管

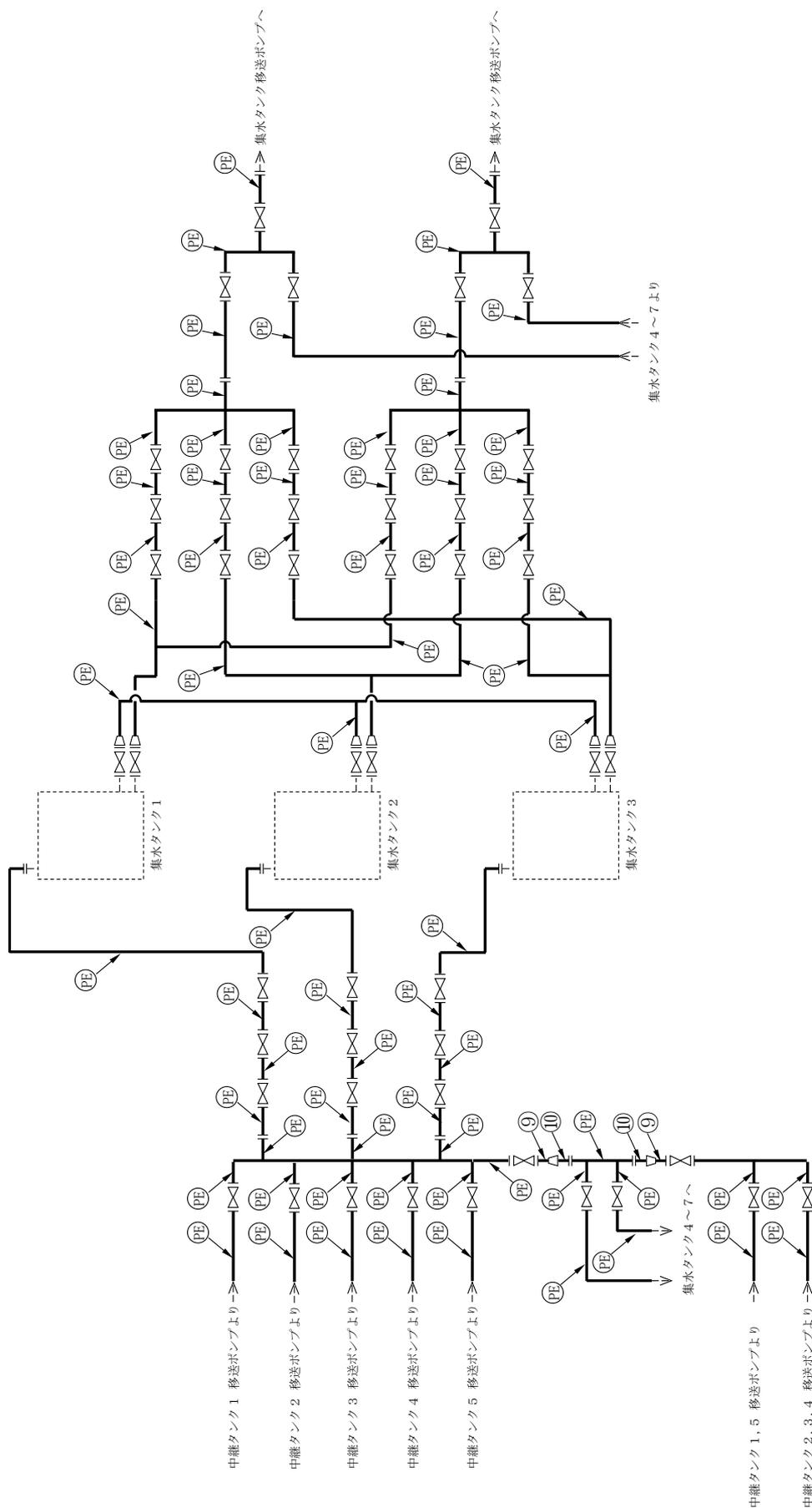
2.3.1 評価箇所

強度評価箇所を図-4に示す。



図中の番号は、2.3.3の番号に対応する。

図-4 配管概略図 (1/3)

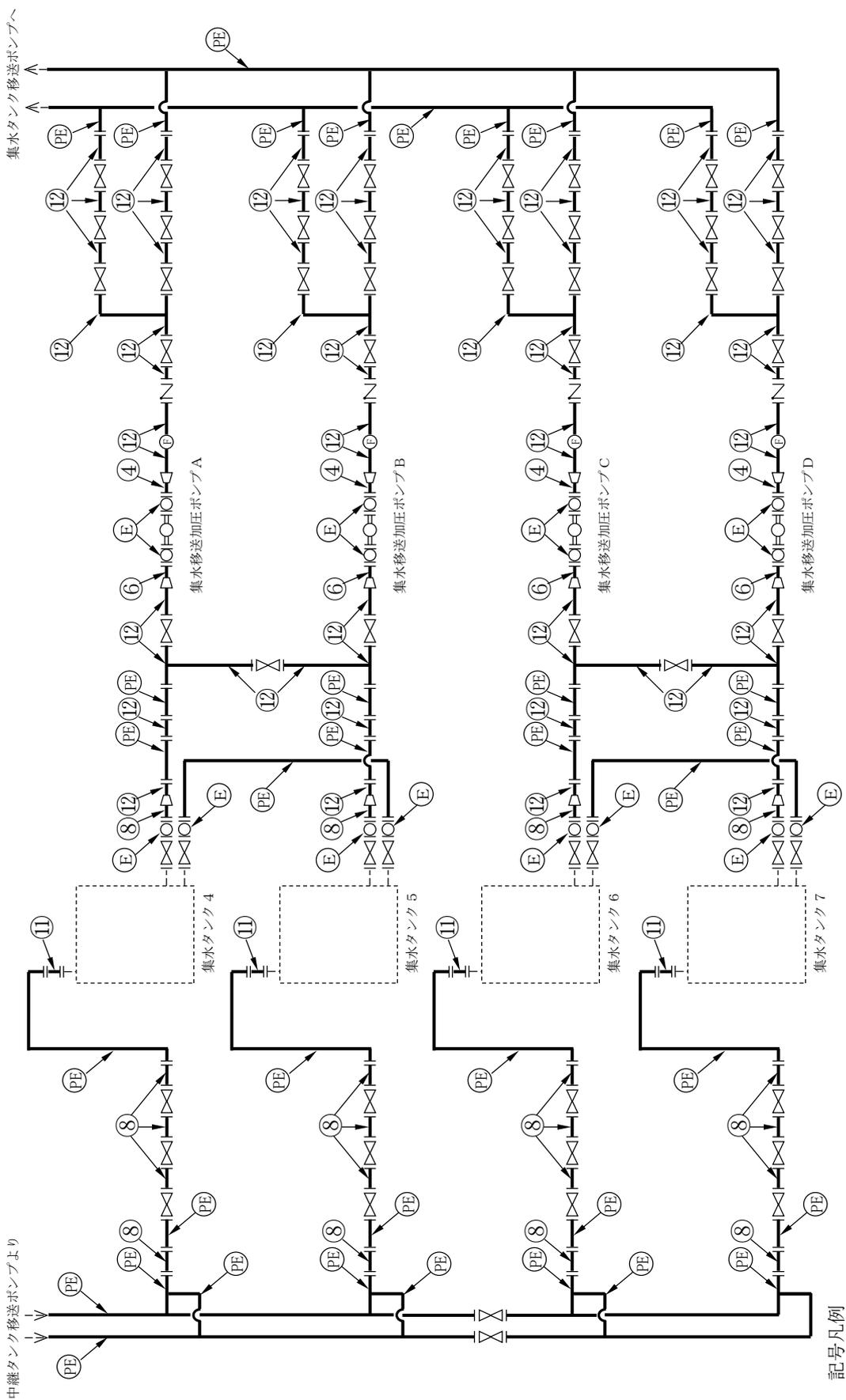


記号凡例

PE：ポリエチレン管

図中の番号は、2.3.3の番号に対応する。

図一4 配管概略図 (2/3)



図中の番号は、2.3.3の番号に対応する。

図一 4 配管概略図 (3/3)

記号凡例
 PE：ポリエチレン管
 E：伸縮継手
 F：流量計

2.3.2 評価方法

(1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

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

t : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_o : 管の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ : t_t

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

(2) 伸縮継手における疲労評価

伸縮継手については、次の計算式により計算した許容繰返し回数が、実際の繰返し回数以上のものとする。

$$N = \left(\frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

N : 許容繰返し回数

σ : 継手部応力 (MPa)

ここで、継手部応力は、調整リングが付いていない場合の以下の式により計算した値とする。

$$\sigma = \frac{1.5 \cdot E \cdot t \cdot \delta}{n \cdot \sqrt{b \cdot h^3}} + \frac{P \cdot h^2}{2 \cdot t^2 \cdot c}$$

E : 材料の縦弾性係数 (MPa)

t : 継手部の板の厚さ (mm)

σ : 全伸縮量 (mm)

n : 継手部の波数の2倍の値

b : 継手部の波のピッチの2分の1 (mm)

h : 継手部の波の高さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

c : 継手部の層数

2.3.3 評価結果

評価結果を表-5, 6に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表－5 配管の評価結果（管厚）

No.	外径 (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	42.70	STPG370	0.98	40	1.90	3.10
②	42.70	SUS316LTP	0.98	40	0.18	3.10
③	48.60	STPG370	0.98	40	2.20	3.20
④	76.30	STPG370	0.98	40	2.70	4.55
⑤	60.50	STPG370	0.98	40	2.40	3.40
⑥	89.10	STPG370	0.98	40	3.00	4.81
⑦	216.3	SUS316LTP	0.98	40	1.31	5.85
⑧	216.3	STPG370	0.98	40	3.80	7.18
⑨	318.5	STPG370	0.98	40	3.80	9.01
⑩	355.6	STPG370	0.98	40	3.80	9.71
⑪	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.46	7.18
⑫	114.3	STPG370	0.98	40	3.40	5.25
⑬	60.50	SUS316LTP	0.98	40	0.26	3.40

表－6 伸縮継手の評価結果（管厚）

No.	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (℃)	許容繰り 返し回数 (回)	実際の繰り 返し回数 (回)
E1	SUS316L	0.98	40	2.4×10^3	0.1×10^3
E2	SUS316L	0.98	40	1.0×10^3	0.1×10^3

サブドレン他浄化設備の強度に関する説明書

1. 強度評価の方針

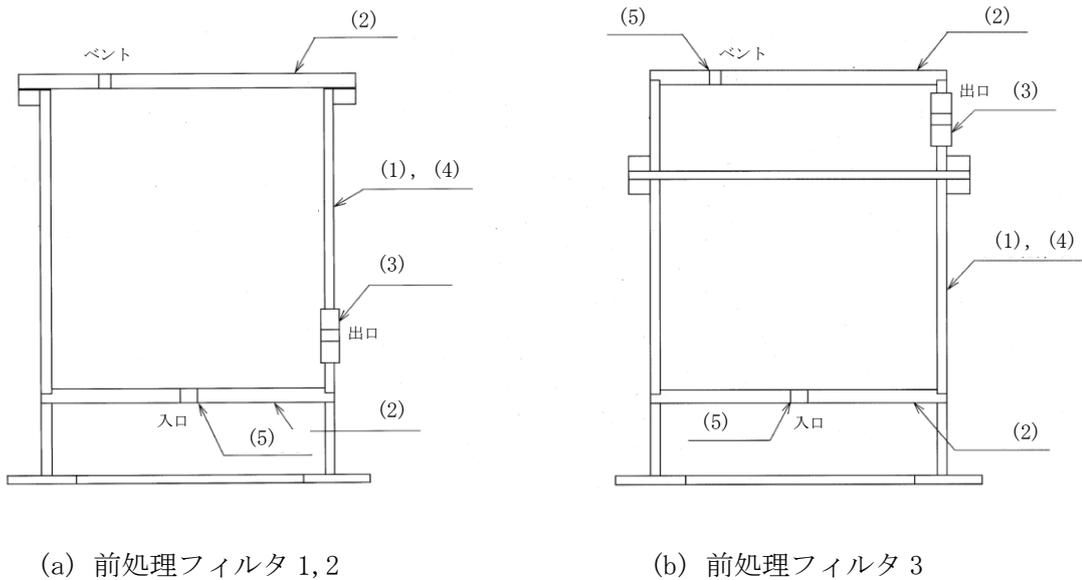
サブドレン他浄化設備を構成する主要な機器及び主配管（鋼管，伸縮継手）は，強度評価においては，「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下，「設計・建設規格」という。）のクラス 3 機器またはクラス 3 配管に準じた評価を行う。

2. 強度評価

2.1 前処理フィルタ

2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－ 1 に示す。



図中の番号は， 2.1.2 及び 2.1.3 の番号に対応する。

図－ 1 前処理フィルタ概要図

2.1.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

胴に必要な厚さは，次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものにあつては 3mm，その他の材料で作ら

れたものにあっては1.5mmとする。

b. 内面に圧力を受ける胴の必要厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

t_2 ：必要厚さ (mm)

P：最高使用圧力 (MPa)

D_i ：胴の内径 (mm)

S：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

(2) 平板の厚さの評価

平板の厚さは、次に掲げる値のうちいずれかによるものとする。

a. 平板に穴を設ける場合であって、穴の径が平板の径の2分の1以下であり、穴の補強計算を行うもの。なお、平板の穴の補強計算については(5)参照。

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}}$$

t：必要厚さ (mm)

d：平板の径 (mm)

K：取付方法による係数 (-)

P：最高使用圧力 (MPa)

S：許容引張応力 (MPa)

b. 平板に穴を設ける場合であって、穴の径が平板の径の2分の1以下であり、下記を満足するもの。

$$t = d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P}{S}}$$

t：必要厚さ (mm)

d：平板の径 (mm)

K：取付方法による係数 (-)

P：最高使用圧力 (MPa)

S：許容引張応力 (MPa)

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 内面に圧力を受ける管台： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_o}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t_1 ：必要厚さ (mm)

P：最高使用圧力 (MPa)

D_o ：管台の外径 (mm)

S：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

炭素鋼鋼管を使用する管台にあっては、管台の外径に応じて設計・建設規格表 PVC-3610-1 より求めた管台の厚さとする。

(4) 胴の補強を要しない穴の最大径の評価

胴の補強を要しない穴の最大径は、以下で計算した値のうちいずれかとする。

a. 穴の径が 61mm 以下で、かつ、次の式により計算した値以下の穴。

$$d_{r1} = \frac{D - 2 \cdot t_s}{4}$$

d_{r1} : 補強を要しない穴の最大径 (mm)

D : 胴の外径 (mm)

t_s : 胴の最小厚さ (mm)

b. a に掲げるものを除き、穴の径が 200mm 以下で、かつ、設計・建設規格 図 PVD-3122-1 及び図 PVD-3122-2 により求めた値以下の穴。

$$d_{r2} = 8.05 \cdot \sqrt[3]{D \cdot t_s \cdot (1 - K)}$$

d_{r2} : 補強を要しない穴の最大径 (mm)

D : 胴の外径 (mm)

t_s : 胴の最小厚さ (mm)

K : 係数 (-)

ここで、 K は、円筒形の場合、次の式により計算した値で、 $K > 0.99$ のときは、 $K = 0.99$ とする。

$$K = \frac{P \cdot D}{1.82 \cdot S \cdot \eta \cdot t_s}$$

P : 最高使用圧力 (MPa)

D : 胴の外径 (mm)

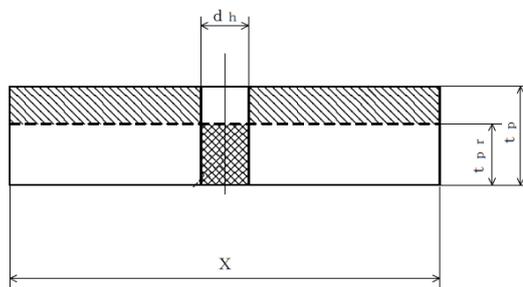
S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

t_s : 胴板の最小厚さ (mm)

(5) 平板の穴の補強計算

補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-2 参照)



d_h : 穴の径 (mm)

t_{pr} : 平板の計算上必要な厚さ (mm)

t_p : 平板の最小厚さ (mm)

X : 補強の有効範囲 (mm)

A_1 : 補強に有効な面積 (mm^2)

A_r : 補強に必要な面積 (mm^2)

 補強に有効な面積

 補強に必要な面積

図-2 補強計算概念図

2.1.3 評価結果

評価結果を表-1～3に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有すると評価している。

表-1 前処理フィルタ評価結果（板厚）

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
前処理フィルタ 1, 2	(1) 胴板の厚さ	4.84	4.84 以上
	(2) 上部平板の厚さ	54.71	54.71 以上
	(2) 下部平板の厚さ	44.75	44.75 以上
	(3) 管台の厚さ	3.80	3.80 以上
前処理フィルタ 3	(1) 胴板の厚さ	4.84	4.84 以上
	(2) 上部平板の厚さ	44.75	44.75 以上
	(2) 下部平板の厚さ	44.75	44.75 以上
	(3) 管台の厚さ	3.80	3.80 以上

表-2 前処理フィルタ評価結果（胴の補強要否）

機器名称	評価項目	補強を要しない穴の最大径 (mm)	穴の径 (mm)
前処理フィルタ 1, 2	(4) 胴（出口）	99.93	99.93 以下
前処理フィルタ 3	(4) 胴（出口）	99.93	99.93 以下

表-3 前処理フィルタ評価結果（平板の穴の補強計算）

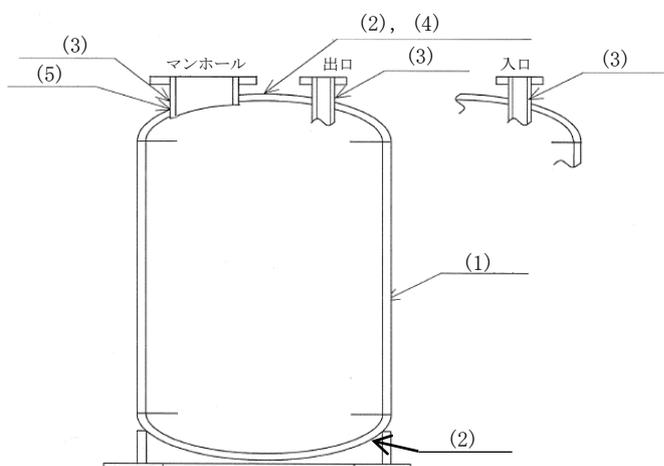
機器名称	評価項目	補強に必要な面積 ^{※1} (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
前処理フィルタ 1, 2	(5) 平板（入口）	1.853×10^3	2.219×10^3
前処理フィルタ 3	(5) 平板（入口）	1.853×10^3	2.219×10^3
	(5) 平板（ベント）	7.474×10^2	2.219×10^3

※1 設計・建設規格 PVD-3322 より、PVC-3160 の規定に準じた面積の2分の1

2.2 pH 緩衝塔, 吸着塔

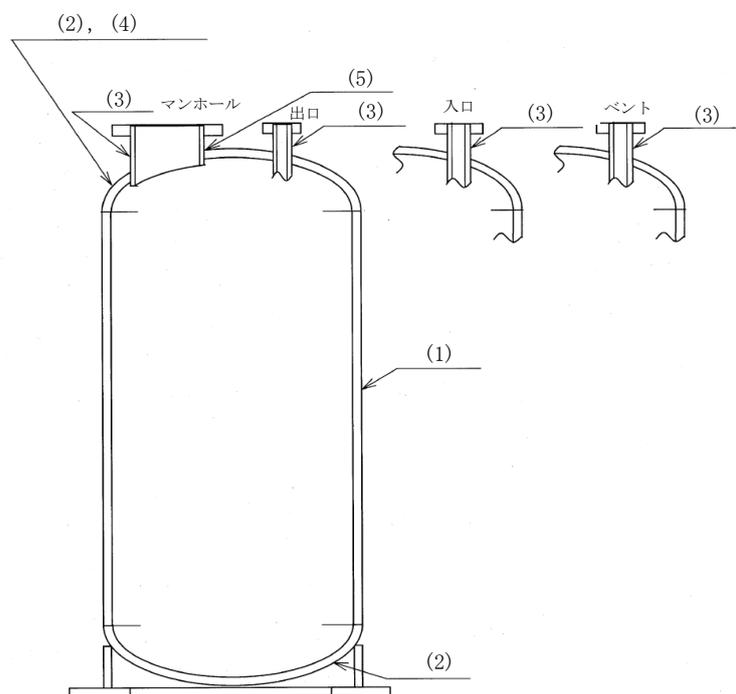
2.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-3, 4に示す。



図中の番号は、2.2.2, 2.2.3の番号に対応する。

図-3 pH 緩衝塔概要図



図中の番号は、2.2.2, 2.2.3の番号に対応する。

図-4 吸着塔概要図

2.2.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られたものにあつては 3mm, その他の材料で作られたものにあつては 1.5mm とする。

b. 内面に圧力を受ける胴の必要厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

t_2 : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_i : 胴の内径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

(2) 鏡板の厚さの評価

さら形鏡板に必要な厚さは、以下で計算した値のうちいずれか大きい方の値とする。

a. フランジ部： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_i}{2 \cdot S \cdot \eta - 1.2 \cdot P}$$

t_1 : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_i : 胴の内径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

b. 鏡板： t_2

$$t_2 = \frac{P \cdot R \cdot W}{2 \cdot S \cdot \eta - 0.2 \cdot P}$$

t_2 : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

R : 鏡板の中央部における内面の半径 (mm)

W : さら形鏡板の形状による係数 (-)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

ここで、Wは以下の式により計算した値とする。

$$W = \frac{1}{4} \cdot \left(3 + \sqrt{\frac{R}{r}} \right)$$

R : 鏡板の中央部における内面の半径 (mm)

r : さら形鏡板のすみの丸みの内半径 (mm)

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 内面に圧力を受ける管台： t_1

$$t_1 = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t_1 ：最小厚さ (mm)

P：最高使用圧力 (MPa)

D_0 ：管台の外径 (mm)

S：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

炭素鋼鋼管を使用する管台にあつては、管台の外径に応じて設計・建設規格 表 PVC-3610-1 より求めた管台の厚さとする。

(4) 鏡板の補強を要しない穴の最大径の評価

鏡板の補強を要しない穴の最大径は、以下で計算した値のうちいずれかとする。

a. 穴の径が 61mm 以下で、かつ、次の式により計算した値以下の穴。

$$d_{r1} = \frac{D - 2 \cdot t_c}{4}$$

d_{r1} : 補強を要しない穴の最大径 (mm)

D : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)

t_c : 鏡板の最小厚さ (mm)

b. a に掲げるものを除き、穴の径が 200mm 以下で、かつ、設計・建設規格 図 PVD-3122-1 及び図 PVD-3122-2 により求めた値以下の穴。

$$d_{r2} = 8.05 \cdot \sqrt[3]{D \cdot t_c \cdot (1 - K)}$$

d_{r2} : 補強を要しない穴の最大径 (mm)

D : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)

t_c : 鏡板の最小厚さ (mm)

K : 係数 (-)

ここで、 K は、さら形鏡板の場合、次の式により計算した値で、 $K > 0.99$ のときは、 $K = 0.99$ とする。

$$K = \frac{P \cdot D}{1.82 \cdot S \cdot \eta \cdot t_c}$$

P : 最高使用圧力 (MPa)

D : 鏡板のフランジ部の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

t_c : 鏡板の最小厚さ (mm)

(5) 鏡板の穴の補強計算

a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-5 参照)

b. 大きい穴の補強を要しない最大径

内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の 2 分の 1 (500mm を超える場合は、500mm) 以下および内径が 1500mm を超える胴に設ける穴の径が胴の内径の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は、1000mm) 以下の場合、大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上であること。(図-5 参照)

表－5 pH 緩衝塔，吸着塔の評価結果（鏡板の補強要否確認）

機器名称	評価項目	補強を要しない穴の最大径 (mm)	穴の径 (mm)
pH 緩衝塔	(4) 鏡板 (入口)	200	200 以下
	(4) 鏡板 (出口)	200	200 以下
	(4) 鏡板 (マンホール)	200	200 を超える ^{※2}
吸着塔 1～5	(4) 鏡板 (入口)	200	200 以下
	(4) 鏡板 (出口)	200	200 以下
	(4) 鏡板 (ベント)	200	200 以下
	(4) 鏡板 (マンホール)	200	200 を超える ^{※2}

※2 鏡板の穴の補強計算を行う

表－6 pH 緩衝塔，吸着塔の評価結果（鏡板の穴の補強計算）

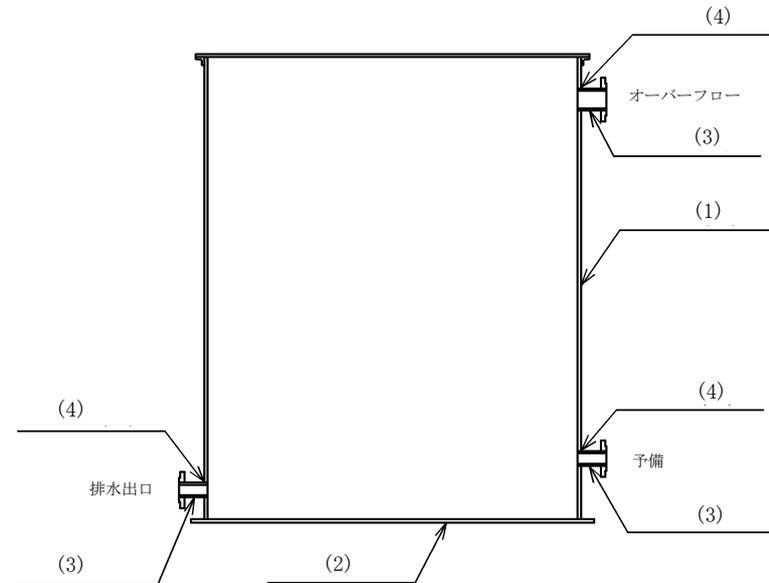
機器名称	評価項目	評価結果	
		補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
pH 緩衝塔	(5) 鏡板 (マンホール)	2.336×10 ³	5.863×10 ³
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		500	500 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所の強さ (N)
		-1.888×10 ⁵	— ^{※3}
吸着塔 1～5	(5) 鏡板 (マンホール)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		3.516×10 ³	5.252×10 ³
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		500	500 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所の強さ (N)
		5.476×10 ⁴	(胴側) 1.969×10 ⁶ (管台側) 1.715×10 ⁶

※3 溶接部の負うべき荷重が負であり溶接部の強度計算は不要

2.3 処理装置供給タンク

2.3.1 評価箇所

強度評価箇所を図-6に示す。



図中の番号は、2.3.2、2.3.3の番号に対応する。

図-6 処理装置供給タンク概要図

2.3.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は3mm，その他の材料で作られた場合は1.5mmとする。

b. 胴の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_2 ：必要厚さ (mm)

D_i ：胴の内径 (m)

H ：水頭 (m)

ρ ：液体の比重。ただし、1未満の場合は、1とする。

S ：許容引張応力 (MPa)

η ：継手効率 (-)

c. 胴の内径に応じた必要厚さ： t_3

胴の内径が 5m を超えるものについては、胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

(2) 底板の厚さの評価

地面、基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは、3mm 以上であること。

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_1 : 必要厚さ (mm)

D_i : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重。ただし、1 未満の場合は、1 とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

(4) 胴の穴の補強計算

a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-7 参照)

b. 大きい穴の補強を要しない最大径

内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の 2 分の 1 (500mm を超える場合は、500mm) 以下および内径が 1500mm を超える胴に設ける穴の径が胴の内径の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は、1000mm) 以下の場合は、大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上であること。(図-7 参照)

表-8 処理装置供給タンクの評価結果（胴の穴の補強計算）

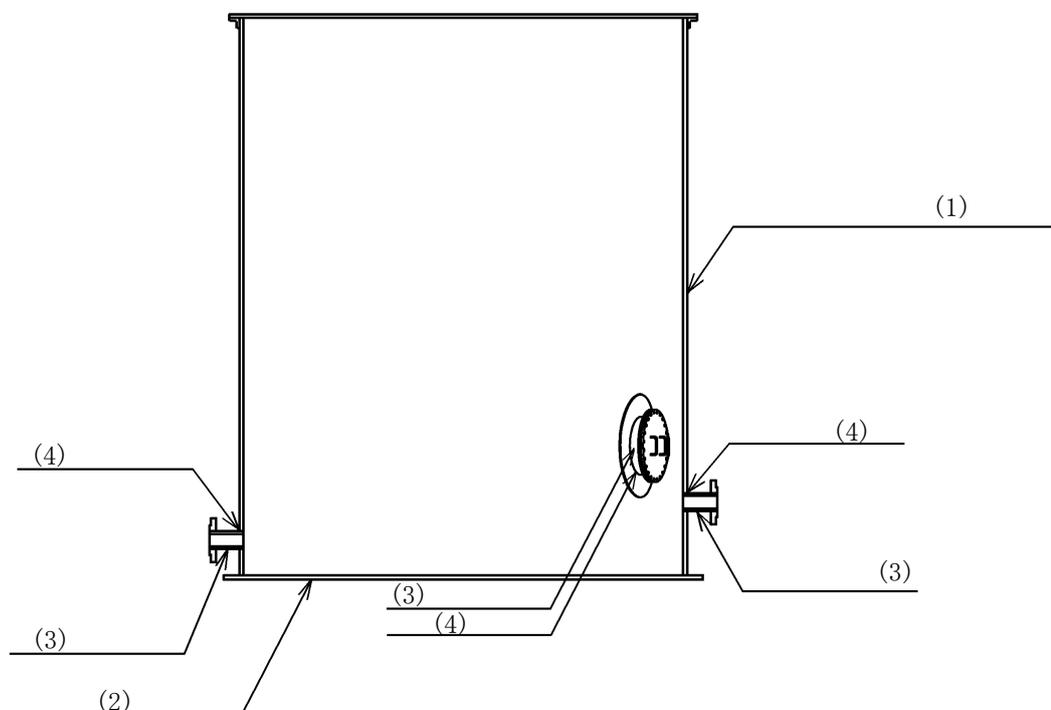
機器名称	評価項目	評価結果	
処理装置供給 タンク (SUS316L)	(4) 胴（排水出口） (4) 胴（予備）	補強に必要な 面積 (mm ²)	補強に有効な 総面積 (mm ²)
		6.961×10 ¹	7.577×10 ²
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負う べき荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)
	-6.080×10 ⁴	-※ ⁴	
	(4) 胴（オーバーフロー）	補強に必要な 面積 (mm ²)	補強に有効な 総面積 (mm ²)
		1.019×10 ²	1.122×10 ³
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
溶接部の負う べき荷重 (N)		予想される破断 箇所の強さ (N)	
-8.921×10 ⁴	-※ ⁴		
処理装置供給 タンク (SM400C)	(4) 胴（排水出口） (4) 胴（予備）	補強に必要な 面積 (mm ²)	補強に有効な 総面積 (mm ²)
		7.756×10 ¹	7.437×10 ²
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負う べき荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)
	-5.341×10 ⁴	-※ ⁴	
	(4) 胴（オーバーフロー）	補強に必要な 面積 (mm ²)	補強に有効な 総面積 (mm ²)
		1.142×10 ²	1.084×10 ³
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
溶接部の負う べき荷重 (N)		予想される破断 箇所の強さ (N)	
-7.886×10 ⁴	-※ ⁴		

※4 溶接部の負うべき荷重が負であり溶接部の強度計算は不要

2.4 サンプルタンク，RO 濃縮水処理水中継タンク

2.4.1 評価箇所

強度評価箇所を図－8 に示す。



図中の番号は，2.4.2，2.4.3の番号に対応する。

図－8 サンプルタンク，RO 濃縮水処理水中継タンク 概要図

2.4.2 評価方法

(1) 胴の厚さの評価

開放タンクの胴に必要な厚さは，次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ： t_1

炭素鋼鋼板又は低合金鋼鋼板で作られた場合は 3mm，その他の材料で作られた場合は 1.5mm とする。

b. 胴の計算上必要な厚さ： t_2

$$t_2 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_2 : 必要厚さ (mm)

D_i : 胴の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重。ただし、1未満の場合は、
1とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

c. 胴の内径に応じた必要厚さ： t_3

胴の内径が 5m を超えるものについては、胴の内径の区分に応じ設計・建設規格 表 PVC-3920-1 より求めた胴の厚さとする。

(2) 底板の厚さの評価

地面、基礎等に直接接触する開放タンクの底板の厚さは、3mm 以上であること。

(3) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 管台の計算上必要な厚さ： t_1

$$t_1 = \frac{D_i \cdot H \cdot \rho}{0.204 \cdot S \cdot \eta}$$

t_1 : 必要厚さ (mm)

D_i : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重。ただし、1未満の場合は、
1とする。

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

b. 規格上必要な最小厚さ： t_2

管台の外径に応じ設計・建設規格 表 PVC-3980-1 より求めた管台の厚さとする。

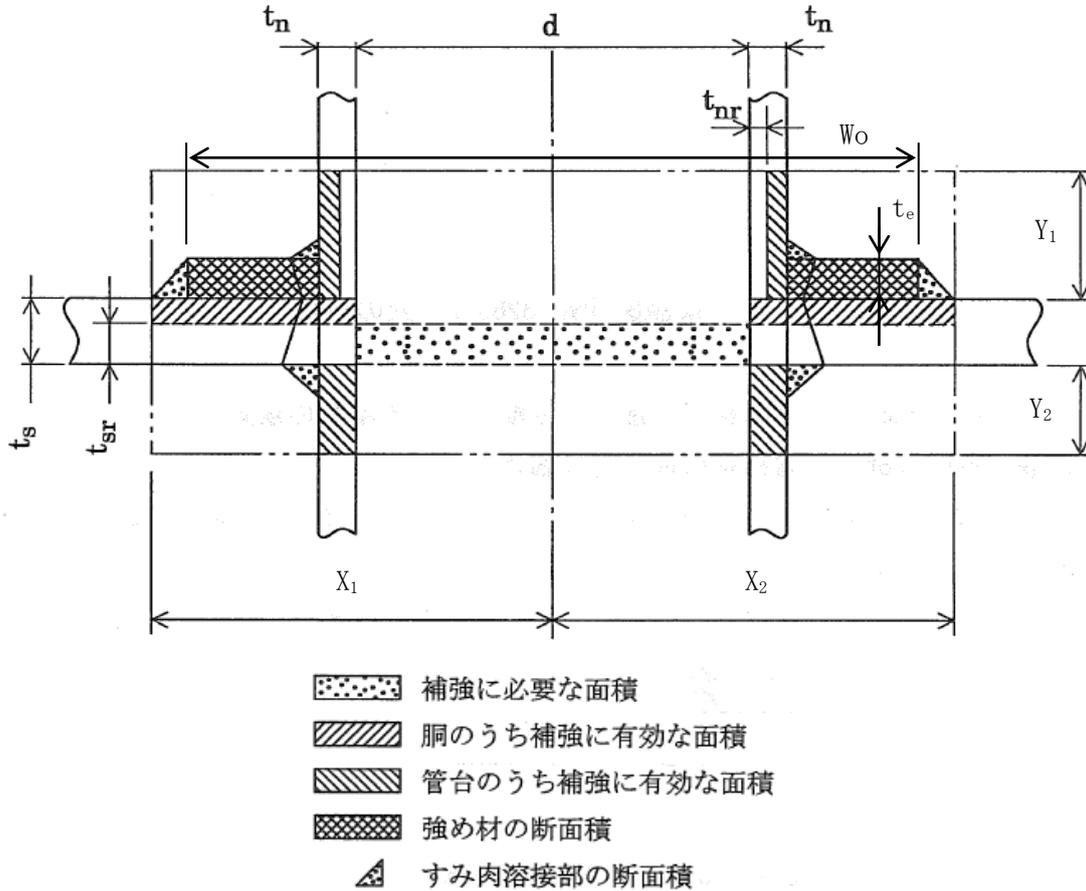
(4) 胴の穴の補強計算

a. 補強に有効な範囲内にある補強に有効な面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにすること。(図-9 参照)

b. 大きい穴の補強を要しない最大径

内径が 1500mm 以下の胴に設ける穴の径が胴の内径の 2 分の 1 (500mm を超える場合は、500mm) 以下および内径が 1500mm を超える胴に設ける穴の径が胴の内径の 3 分の 1 (1000mm を超える場合は、1000mm) 以下の場合は、大きい穴の補強計算は必要ない。

c. 溶接部の強度として、予想される破断箇所の強さが、溶接部の負うべき荷重以上であること。(図-9参照)



d : 胴の断面に現れる穴の径 (mm)
 t_s : 胴板の厚さ (mm)
 t_{sr} : 胴板の計算上必要な厚さ (mm)
 t_n : 管台の厚さ (mm)
 t_{nr} : 管台の計算上必要な厚さ (mm)

X_1, X_2, Y_1, Y_2 : 補強の有効範囲 (mm)
 W_o : 強め材の外径 (mm)
 t_e : 強め材の厚さ (mm)
 A_r : 補強に必要な面積 (mm^2)
 A_o : 補強に有効な総面積 (mm^2)

図-9 補強計算概念図

2.4.3 評価結果

評価結果を表－9，10 に示す。必要厚さ等を満足しており，十分な構造強度を有すると評価している。

表－9 サンプルタンク，RO 濃縮水処理水中継タンクの評価結果（板厚）

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
サンプルタンク	(1) 胴板の厚さ	11.7	12.0
	(2) 底板の厚さ	3.00	11.2
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.50	5.25
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.50	7.18
	(3) 管台の厚さ (マンホール)	3.50	11.2
RO 濃縮水処理水 中継タンク	(1) 胴板の厚さ	11.7	12.0
	(2) 底板の厚さ	3.00	11.2
	(3) 管台の厚さ (100A)	3.50	5.25
	(3) 管台の厚さ (200A)	3.50	7.18
	(3) 管台の厚さ (マンホール)	3.50	11.2

表-10 サンプルタンク, RO濃縮水処理水中継タンクの評価結果(胴の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果	
サンプルタンク	(4) 胴 (100A 管台)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		7.318×10 ²	1.6222×10 ³
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所の強さ (N)
	3.5520×10 ⁴	1.05278×10 ⁵	
	(4) 胴 (200A 管台)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		1.4204×10 ³	3.1414×10 ³
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき荷重 (N)	予想される破断箇所の強さ (N)
	6.1220×10 ⁴	2.88899×10 ⁵	
	(4) 胴 (マンホール)	補強に必要な面積 (mm ²)	補強に有効な総面積 (mm ²)
		4.466×10 ³	7.6348×10 ³
		大きな穴の補強を要しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
1000		1000 以下	
溶接部の負うべき荷重 (N)		予想される破断箇所の強さ (N)	
1.6324×10 ⁵	1.160164×10 ⁶		

機器名称	評価項目	評価結果	
RO 濃縮水処理水 中継タンク	(4) 胴 (100A 管台)	補強に必要な 面積 (mm ²)	補強に有効な 総面積 (mm ²)
		7.318×10 ²	1.6222×10 ³
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき 荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)
	3.5520×10 ⁴	1.05278×10 ⁵	
	(4) 胴 (200A 管台)	補強に必要な 面積 (mm ²)	補強に有効な 総面積 (mm ²)
		1.4204×10 ³	3.1414×10 ³
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
		1000	1000 以下
		溶接部の負うべき 荷重 (N)	予想される破断 箇所の強さ (N)
	6.1220×10 ⁴	2.88899×10 ⁵	
	(4) 胴 (マンホール)	補強に必要な 面積 (mm ²)	補強に有効な 総面積 (mm ²)
		4.466×10 ³	7.6348×10 ³
		大きな穴の補強を要 しない最大径 (mm)	穴の径 (mm)
1000		1000 以下	
溶接部の負うべき 荷重 (N)		予想される破断 箇所の強さ (N)	
1.6324×10 ⁵	1.160164×10 ⁶		

2.5 主配管

2.5.1 評価箇所

強度評価箇所を図-10に示す。

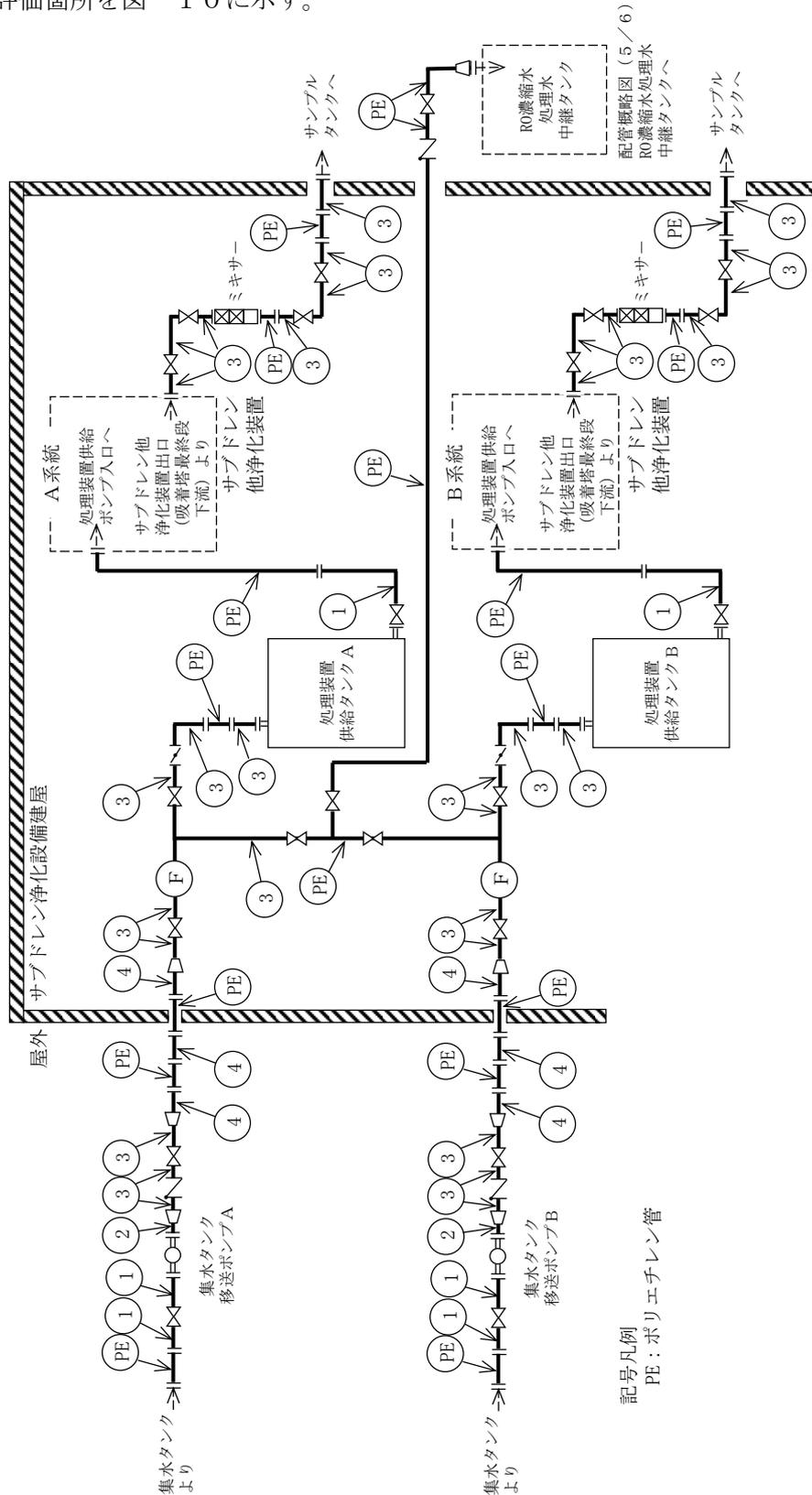
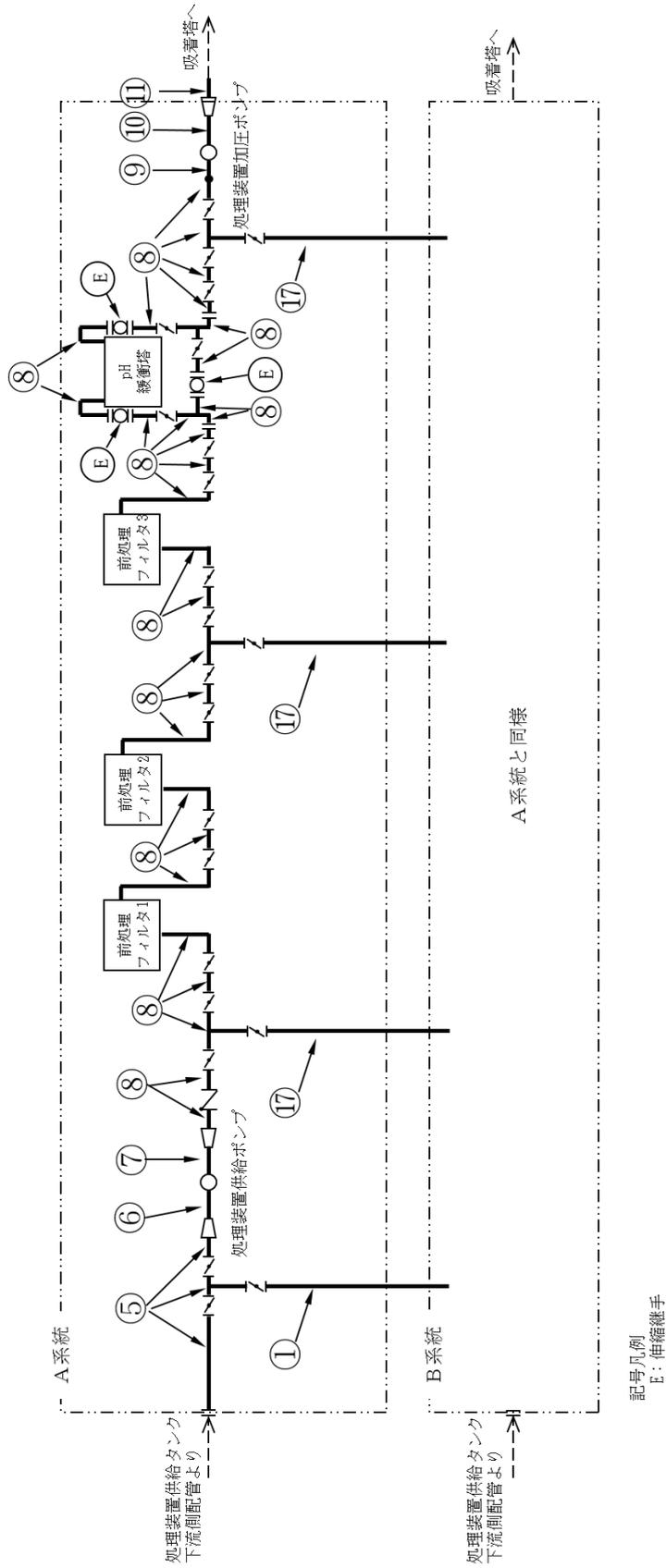


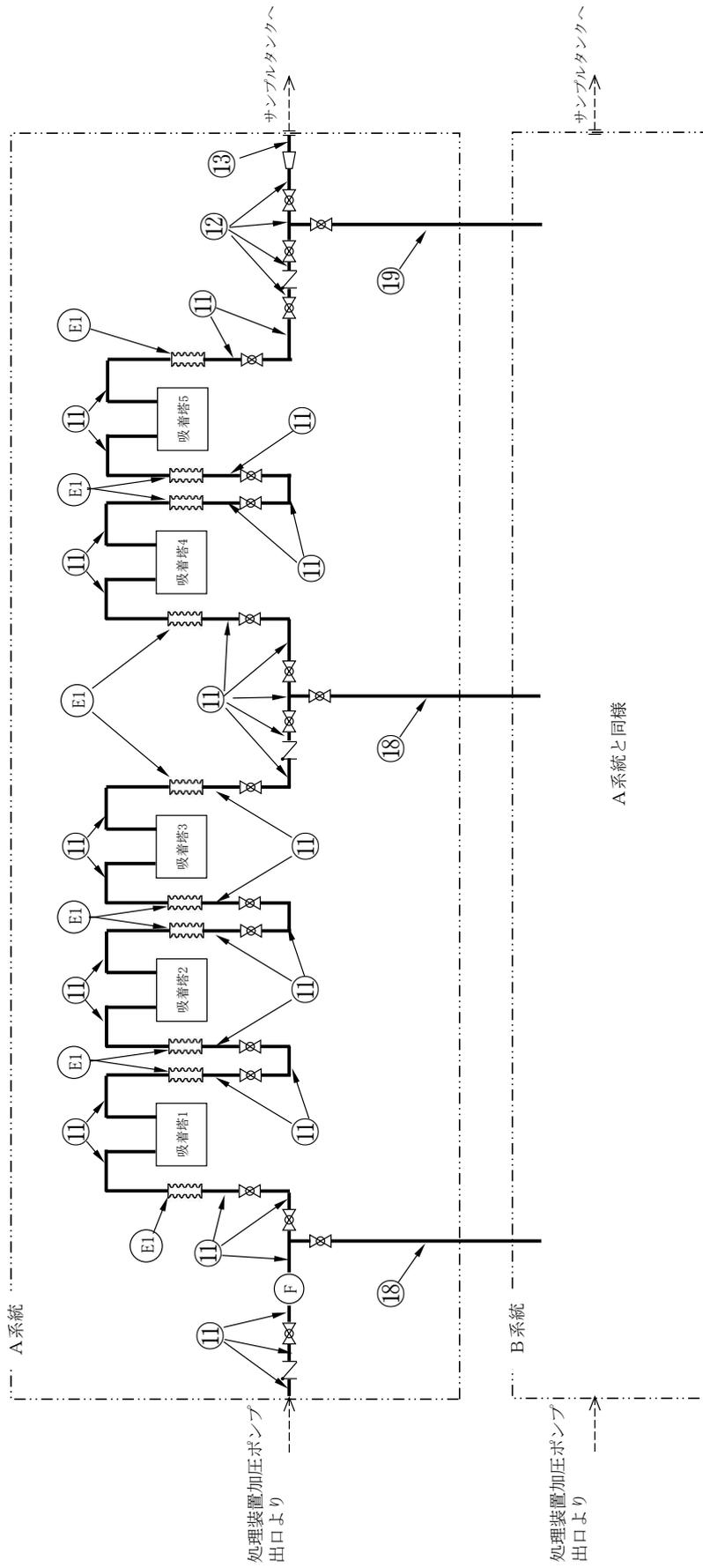
図-10 配管概略図（1/6）

図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。



図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。

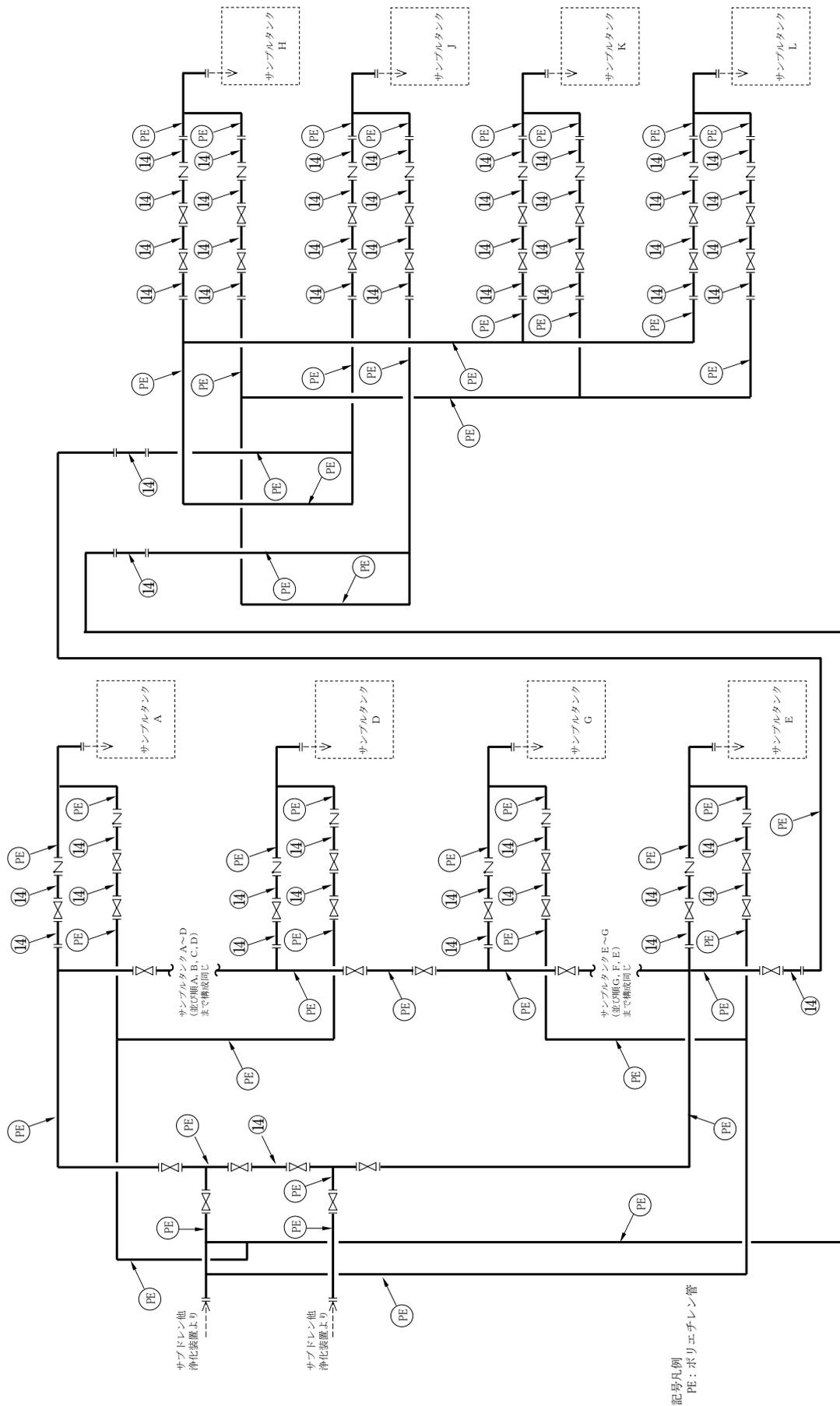
図-10 配管概略図 (2/6)



記号凡例
E：伸縮継手

図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。

図-10 配管概略図 (3/6)



図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。
図一10 配管概略図 (4/6)

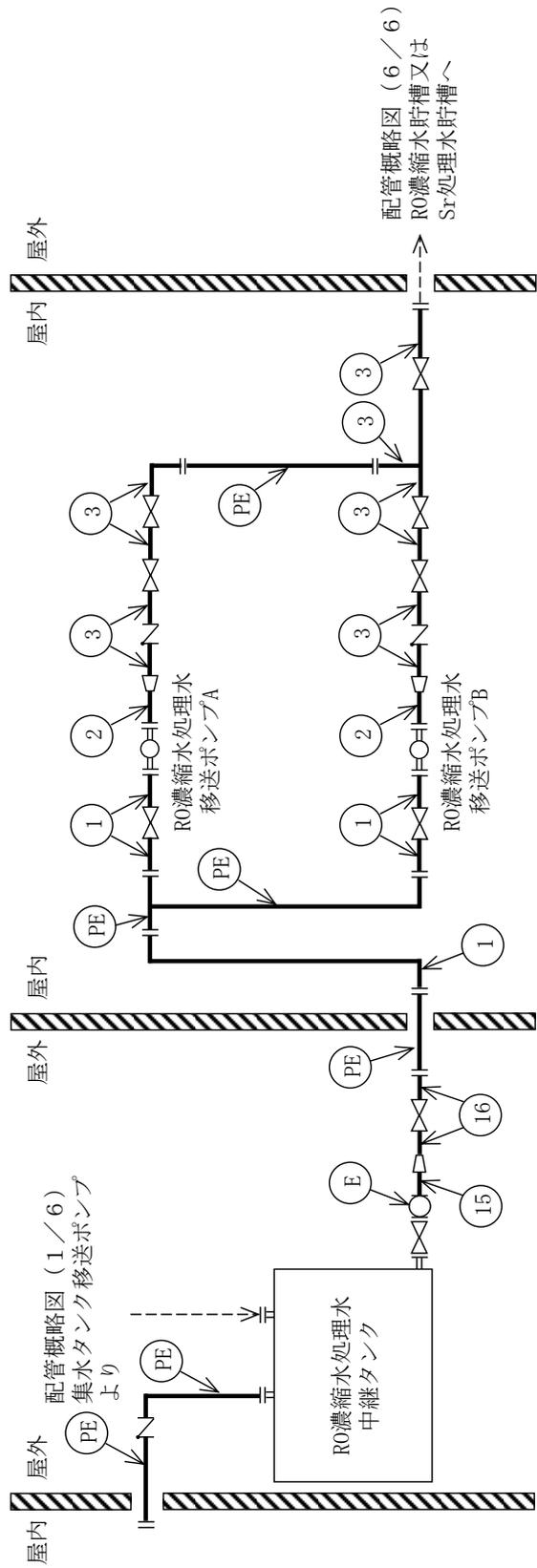
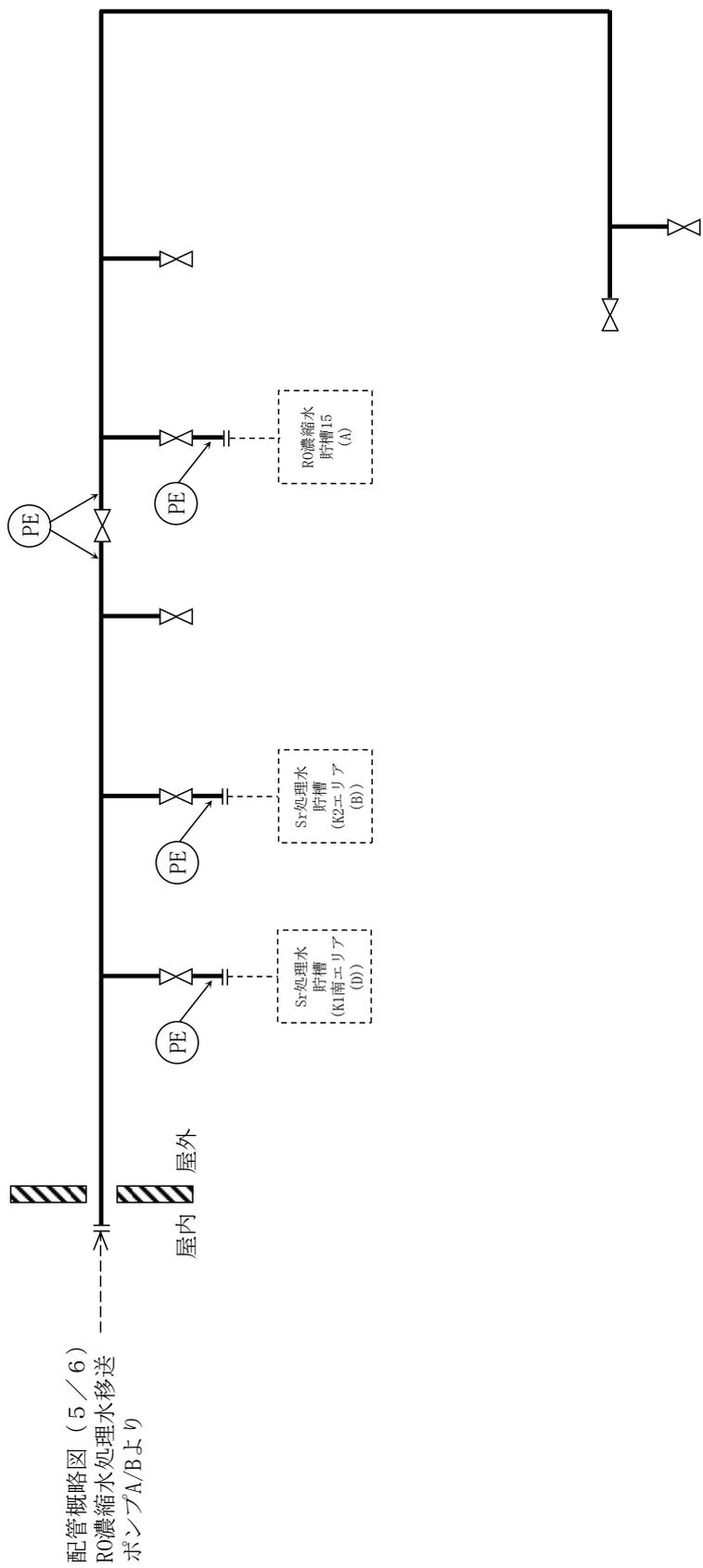


図-10 配管概略図 (5/6)

図中の番号は、2.5.3の番号に対応する。



配管概略図 (5 / 6)
 RO濃縮水処理水移送
 ポンプA/Bより

記号凡例
 PE : ポリエチレン管

図-10 配管概略図 (6 / 6)

2.5.2 評価方法

(1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

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

t : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_o : 管の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ : t_t

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

(2) 伸縮継手における疲労評価

伸縮継手については、次の計算式により計算した許容繰返し回数が、実際の繰返し回数以上のものとする。

$$N = \left(\frac{11031}{\sigma} \right)^{3.5}$$

N : 許容繰返し回数

σ : 継手部応力 (MPa)

ここで、継手部応力は、調整リングが付いていない場合の以下の式により計算した値とする。

$$\sigma = \frac{1.5 \cdot E \cdot t \cdot \delta}{n \cdot \sqrt{b \cdot h^3}} + \frac{P \cdot h^2}{2 \cdot t^2 \cdot c}$$

E : 材料の縦弾性係数 (MPa)

t : 継手部の板の厚さ (mm)

δ : 全伸縮量 (mm)

n : 継手部の波数の2倍の値

b : 継手部の波のピッチの2分の1 (mm)

h : 継手部の波の高さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

c : 継手部の層数

2.5.3 評価結果

評価結果を表-11, 12 に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-11 配管の評価結果 (管厚)

No.	外径 (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	114.30	STPT410	静水頭	40	—	5.25
②	60.50	STPT410	0.98	40	2.40	4.81
③	114.30	STPT410	0.98	40	3.40	5.25
④	165.20	STPT410	0.98	40	3.80	6.21
⑤	114.30	UNS S32750 (ASME SA 790)	静水頭	40	—	2.67
⑥	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	静水頭	40	—	4.80
⑦	60.33	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.03	40	0.14	3.42
⑧	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.03	40	0.20	2.67
⑨	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.03	40	0.20	4.80
⑩	60.33	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.55	40	0.21	3.42
⑪	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	1.55	40	0.31	2.67
⑫	88.90	UNS S32750 (ASME SA 790)	0.98	40	0.19	2.67
⑬	114.30	UNS S32750 (ASME SA 790)	0.98	40	0.25	2.67
⑭	114.30	STPG370	0.98	40	3.40	5.25
⑮	216.30	STPG370	静水頭	40	—	7.18
⑯	114.30	STPT370	静水頭	40	—	5.25
⑰	89.10	STPT410	1.03	40	3.00	4.81
⑱	89.10	STPT410	1.55	40	3.00	4.81
⑲	89.10	STPT410	0.98	40	3.00	4.81

表-12 伸縮継手の評価結果 (管厚)

No.	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	許容繰り 返し回数 (回)	実際の繰り 返し回数 (回)
E1	UNS N04400 (ASME SB 127 / ASTM B 127)	1.55	40	6.3×10^3	0.1×10^3

サブドレン他移送設備の強度に関する説明書

1. 強度評価の方針

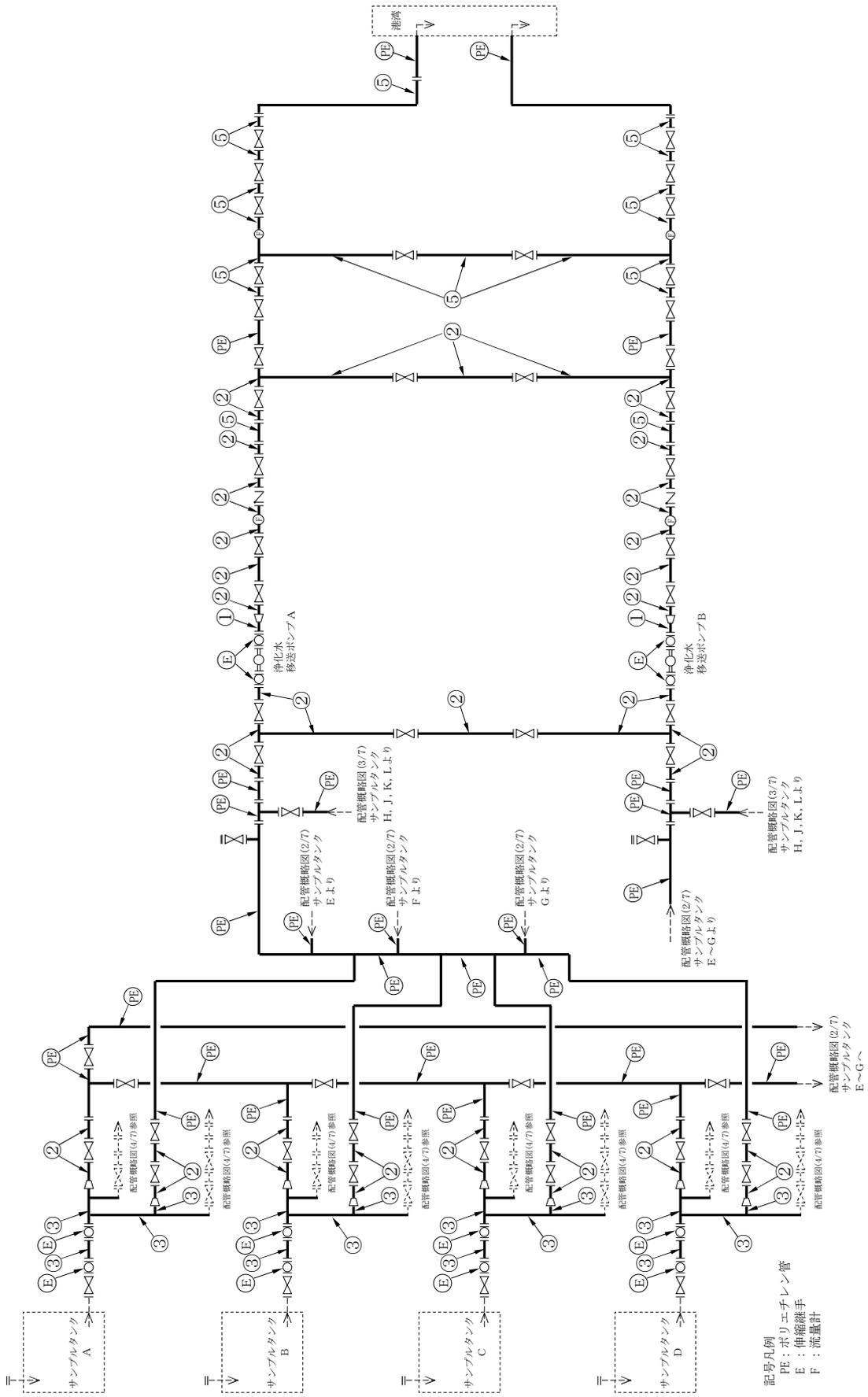
サブドレン他移送設備を構成する主配管（鋼管）は、強度評価においては、「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）のクラス3配管に準じた評価を行う。

2. 強度評価

2.1 主配管

2.1.1 評価箇所

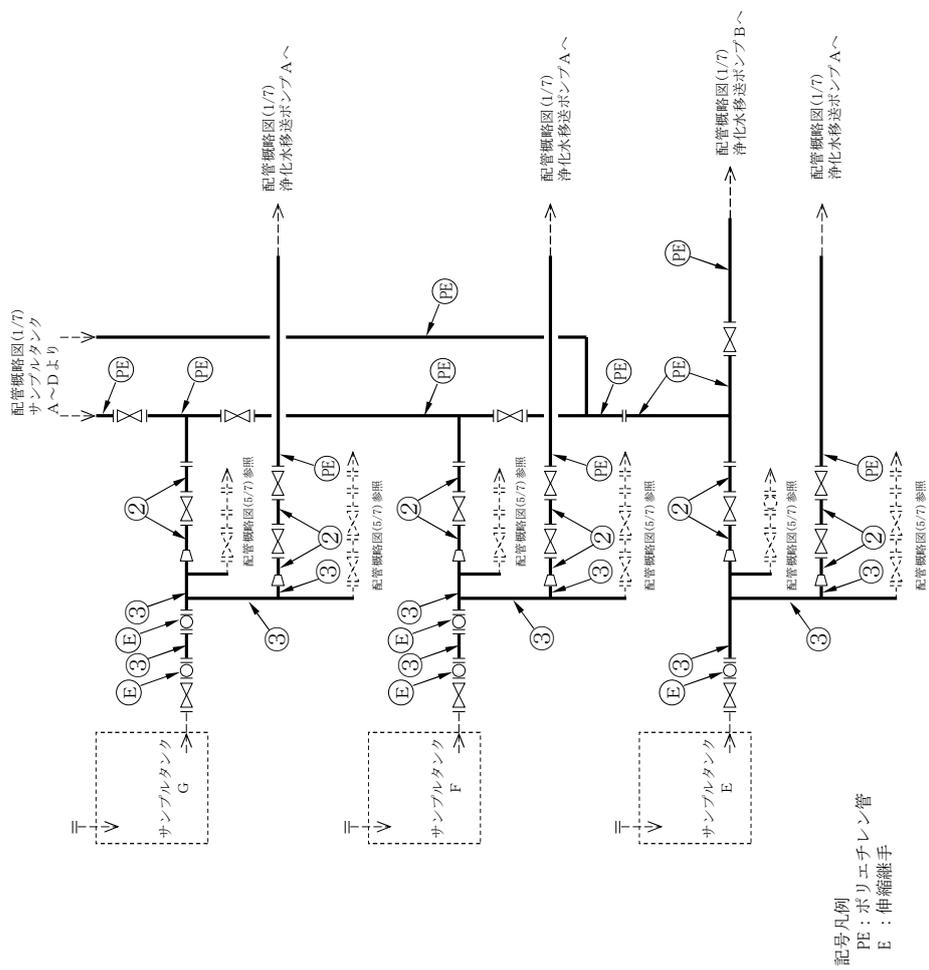
強度評価箇所を図－1に示す。



図一1 配管概略図 (1/7)

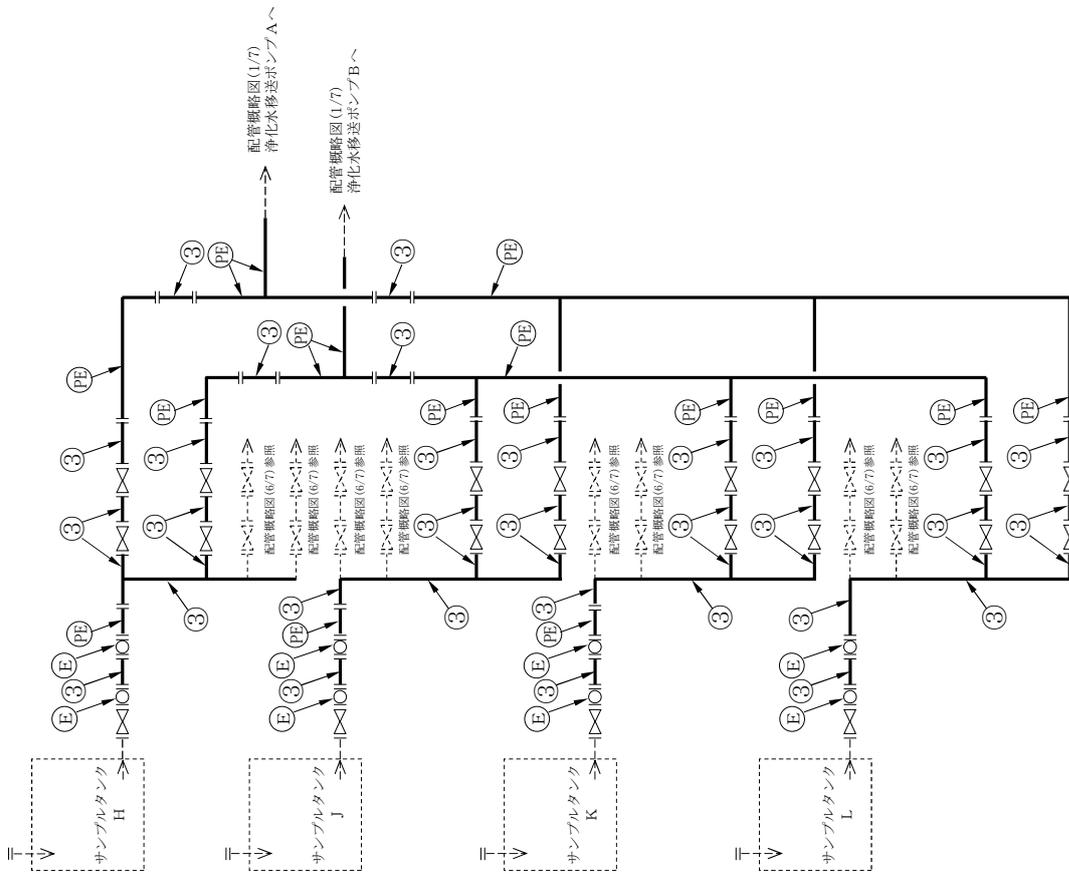
図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。

- 記号凡例
 PE : ポリエチレン管
 E : 伸縮継手
 F : 流量計



図一 1 配管概略図 (2 / 7)

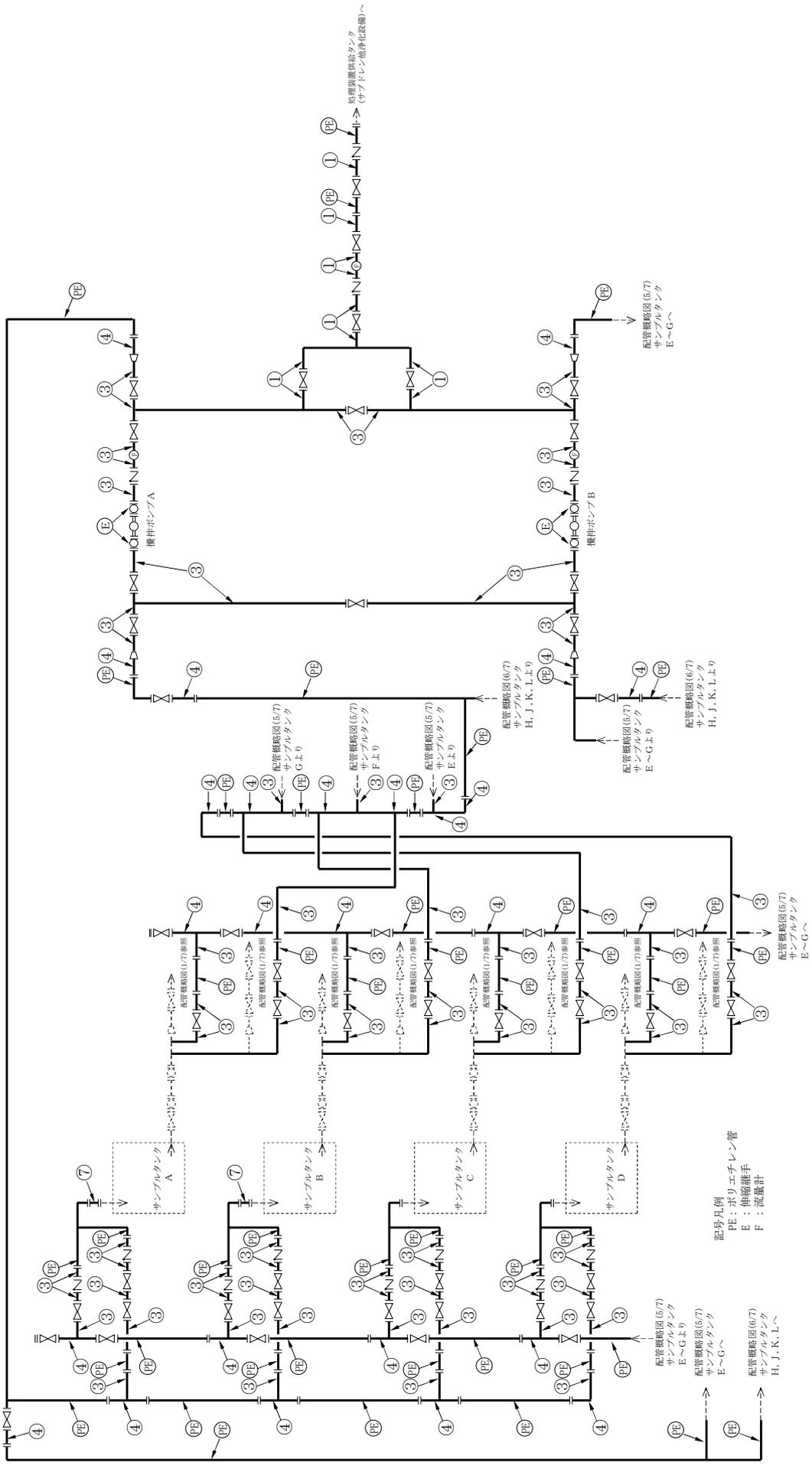
図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。



記号凡例
 PE：ポリエチレン管
 E：伸縮継手

図-1 配管概略図 (3/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。



図一1 配管概略図 (4/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。

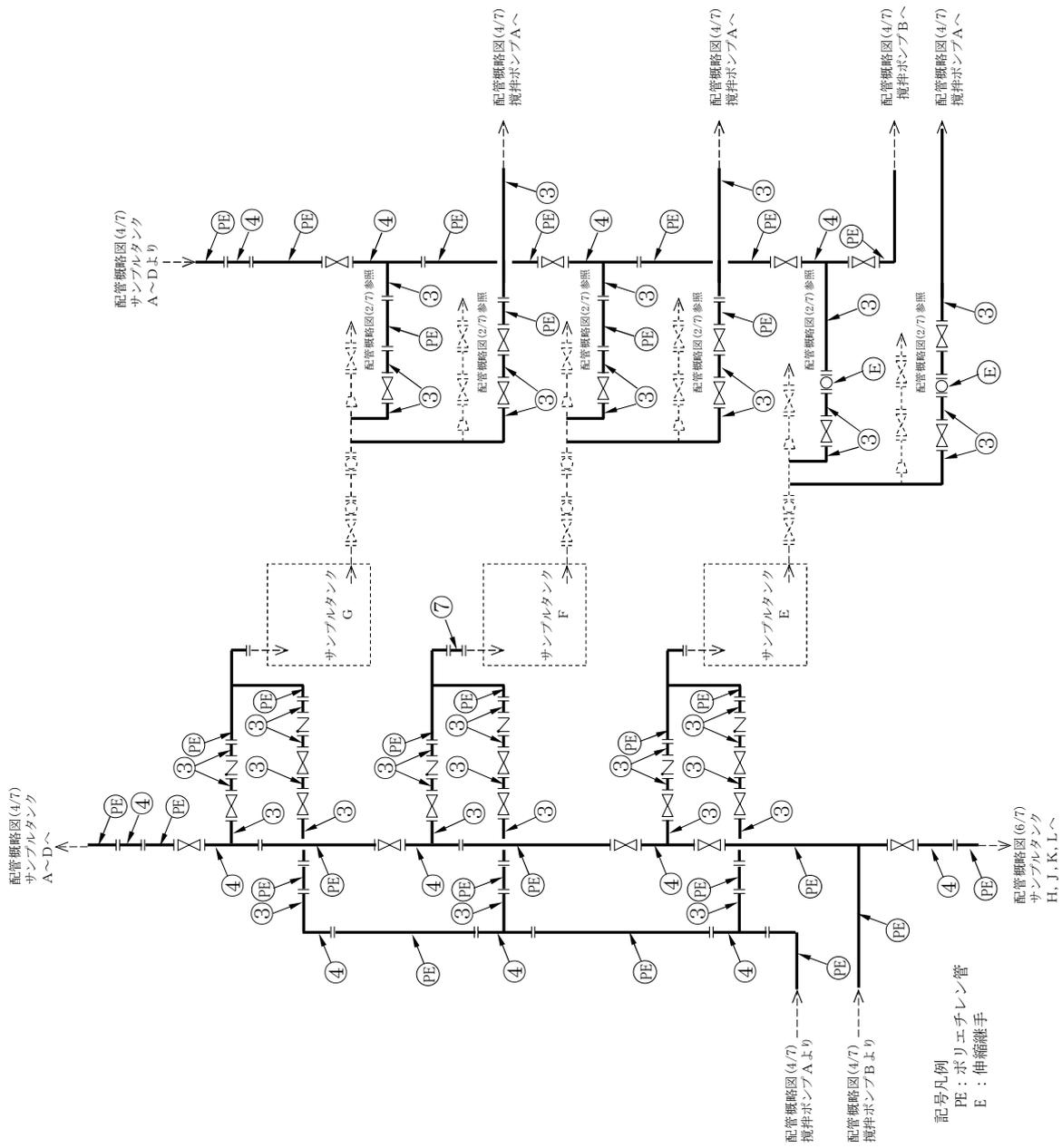


図-1 配管概略図 (5/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。

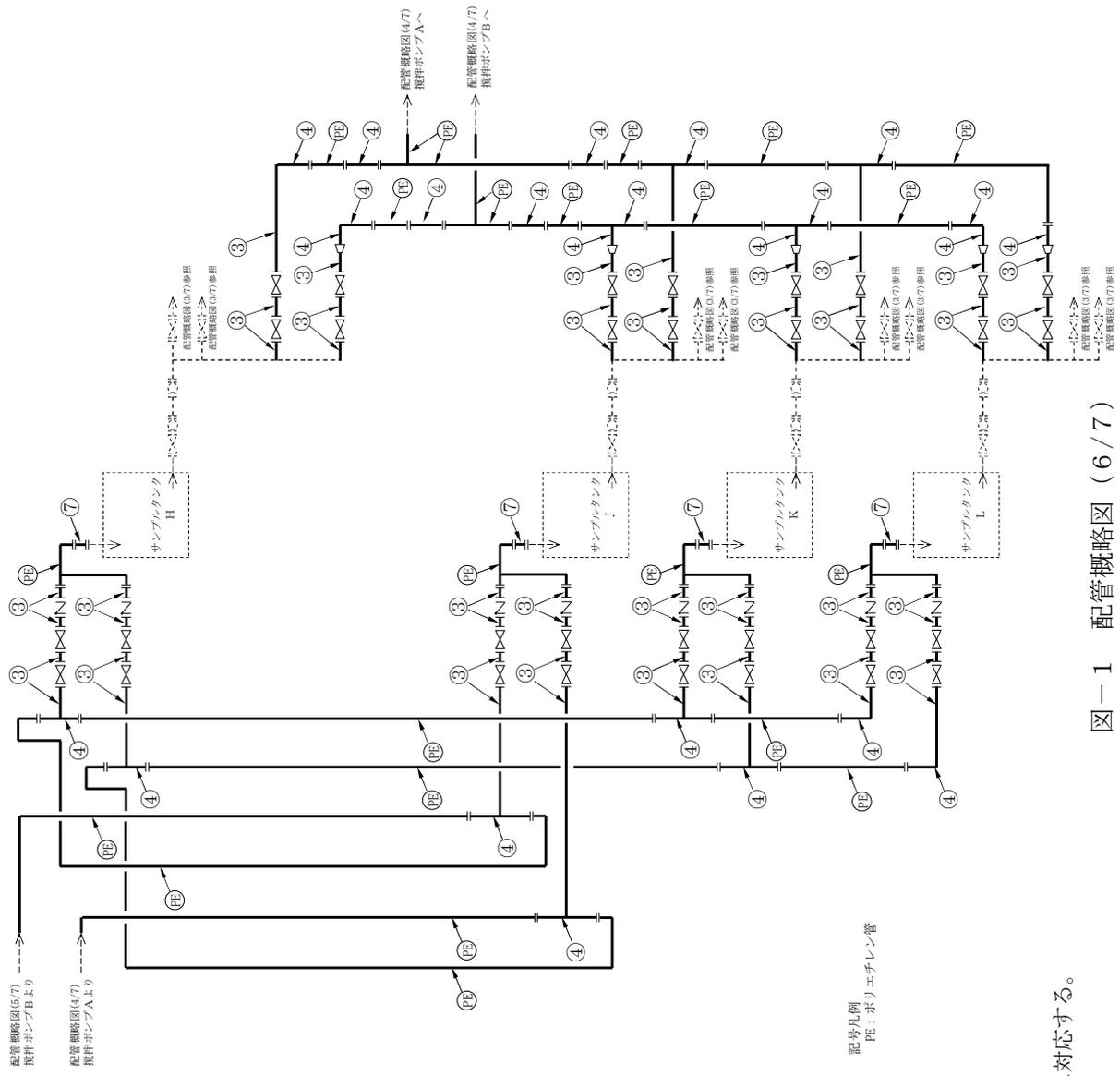
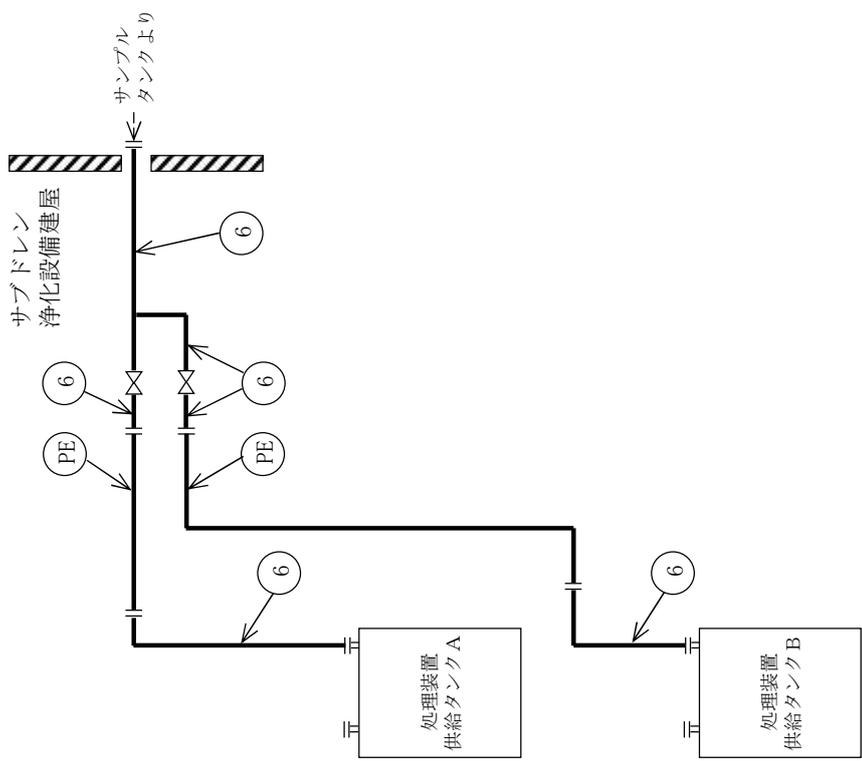


図-1 配管概略図 (6/7)

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。



記号凡例
 PE：ポリエチレン管

図中の番号は、2.1.3の番号に対応する。

図一1 配管概略図 (7/7)

2.1.2 評価方法

(1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に掲げる値のいずれか大きい方の値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

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

t : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D_o : 管の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率 (-)

b. 炭素鋼鋼管の設計・建設規格上必要な最小必要厚さ : t_t

設計・建設規格 PPD-3411(3)の表 PPD-3411-1 より求めた値

2.1.3 評価結果 1

評価結果を表-1に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-1 配管の評価結果 (管厚)

No.	外径 (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	114.3	STPG370	0.98	40	3.4	5.25
②	165.2	STPG370	0.98	40	3.8	6.21
③	216.3	STPG370	0.98	40	3.8	7.17
④	267.4	STPG370	0.98	40	3.8	8.13
⑤	165.2	SUS316LTP	0.98	40	0.73	6.21
⑥	114.3	STPT410	0.98	40	3.4	5.25
⑦	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.48	7.17

※配管仕様毎に最も高い圧力にて評価

地下水ドレン集水設備の強度に関する説明書

1. 強度評価の方針

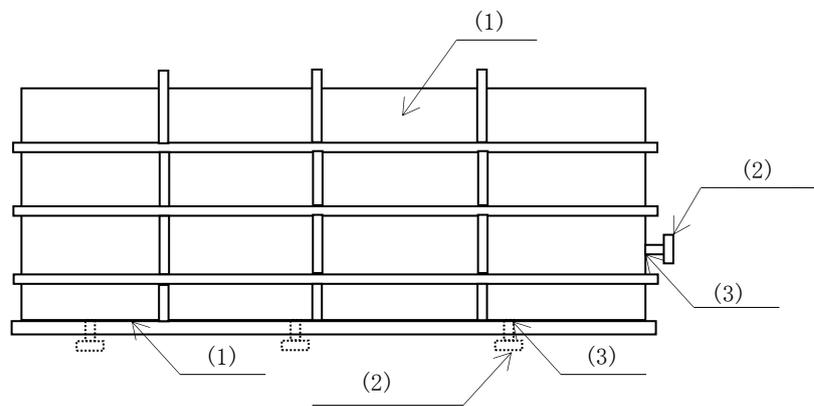
強度評価においては、地下水ドレン中継タンクは JIS 等に準じた評価を行う。主配管（鋼管）は「JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」（以下、「設計・建設規格」という。）のクラス 3 配管に、準じた評価を行う。

2. 強度評価

2.1 地下水ドレン中継タンク

2.1.1 評価箇所

強度評価箇所を図－1 に示す。



図中の番号は、2.1.2 の番号に対応する。

図－1 地下水ドレン中継タンク概要図

2.1.2 評価方法

(1) 側板，底板の評価

地下水ドレン中継タンクの側板，底板の必要厚さは，それぞれ次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ

側板，底板の最小厚さは，それぞれ 4.5mm，6.0mm とする。

b. 計算上必要な厚さ：t

$$t = d (\beta \cdot P / f_b \cdot \eta)^{1/2} + c$$

$$\delta = \alpha \cdot P \cdot d^4 / E \cdot (T - c)^3 \leq d / 300$$

ここに， t：最小必要厚さ（mm）

β ：d/Dに対する応力係数

d : 短辺の長さ (mm)
 D : 長辺の長さ (mm)
 P : 作用する荷重 (MPa)
 fb : 許容曲げ応力 (N/mm²)
 η : 溶接継手効率
 c : 腐れ代 (mm)
 δ : 最大たわみ量 (mm)
 α : d/Dに対するたわみ係数
 E : 縦弾性係数 (N/mm²)
 T : 使用板厚 (mm)

(2) 管台の厚さの評価

管台に必要な厚さは、次に掲げる値のうちいずれか大きい値とする。

a. 規格上必要な最小厚さ

管台の外径に応じ、「JIS B 8501 鋼製石油貯槽の構造（全溶接製）」に規定された値とする。

b. 計算上必要な厚さ : t

$$t = D_i \times H \times \rho / (0.204 \times S \times \eta) \times 1000 + c$$

ここに、 t : 必要厚さ (mm)

D_i : 管台の内径 (m)

H : 水頭 (m)

ρ : 液体の比重

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率

c : 腐れ代 (mm)

(3) 管台の穴の補強計算

管台取付部の穴の補強について、補強に有効な範囲内にある有効面積が、補強に必要な面積より大きくなるようにする。

$$A_r = D_p \times t_a$$

$$A_t = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

ここに、 A_r : 補強に必要な面積 (mm²)

D_p : 取付部板の開口径 (mm)

t_a : 腐れ代を差引いた取付部板の板厚 (mm)

A_t : 補強に有効な面積の合計 (mm²)

A₁ : 強め材の有効面積 (= 2 × (D_p - D_r / 2) × t_r) (mm²)

A₂ : 管台（外側）の有効面積 (= 2 × (4 × t_n) × t_n) (mm²)

- A3 : 管台 (板部) の有効面積 ($= 2 \times t \times t_n$) (mm^2)
A4 : 管台 (内側) の有効面積 ($= 2 \times (4 \times t_n) \times t_n$) (mm^2)
A5 : 側板腐食代分の有効面積 ($= 2 \times (D_p / 2) \times t_s$) (mm^2)
Dr : 強め材の開口径 (mm)
tr : 強め材の実際の板厚 (mm)
tn : 管台の採用板厚 (mm)
t : 取付部板の実際の板厚 (mm)
ts : 取付部板の腐れ代 (mm)

2.1.3 評価結果

評価結果を表-1, 2に示す。必要厚さ等を満足しており, 十分な構造強度を有すると評価している。

表-1 地下水ドレン中継タンクの評価結果 (板厚)

機器名称	評価項目	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
地下水ドレン 中継タンク	側板の厚さ	4.5	4.5 以上
	底板の厚さ	6.0	6.0 以上
	管台の厚さ (流出管, ドレン管 : 50A)	5.5	5.5 以上

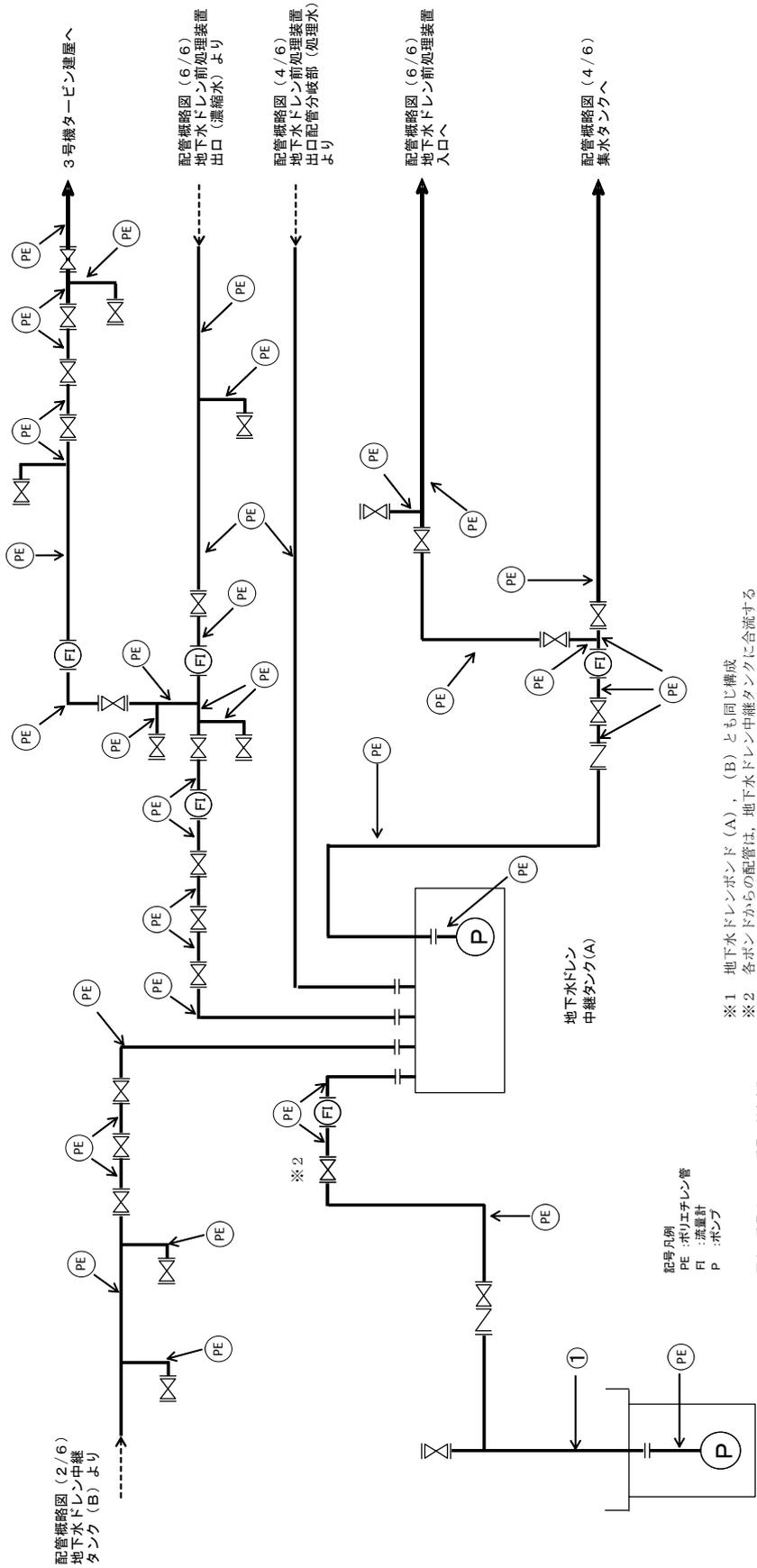
表-2 地下水ドレン中継タンクの評価結果 (管台の穴の補強計算)

機器名称	評価項目	評価結果	
		補強に必要な面積 (mm^2)	補強に有効な総面積 (mm^2)
地下水ドレン 中継タンク	流出管 : 50A	320	372
	ドレン管 : 50A	512	981

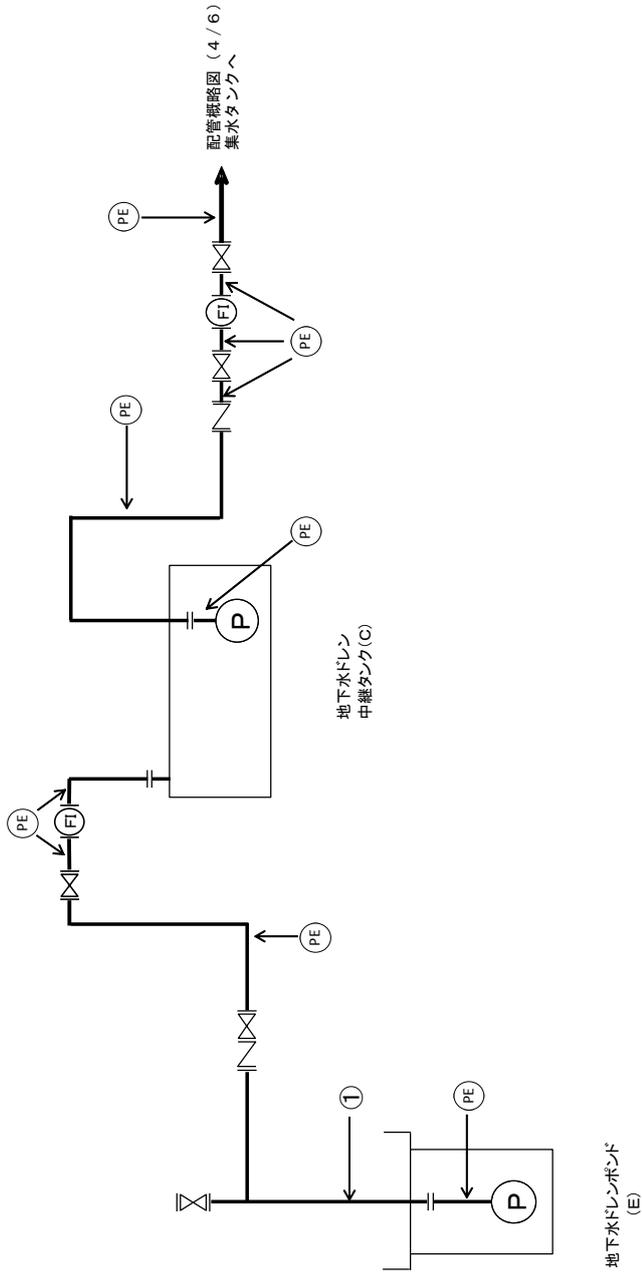
2.2 主配管

2.2.1 評価箇所

強度評価箇所を図-2に示す。



図一2 配管概略図 (1/6)



記号凡例
 PE : ポリエチレン管
 FI : 流量計
 P : ポンプ

図中の番号は、2.2.3の番号に対応する。

図-2 配管概略図 (3/6)

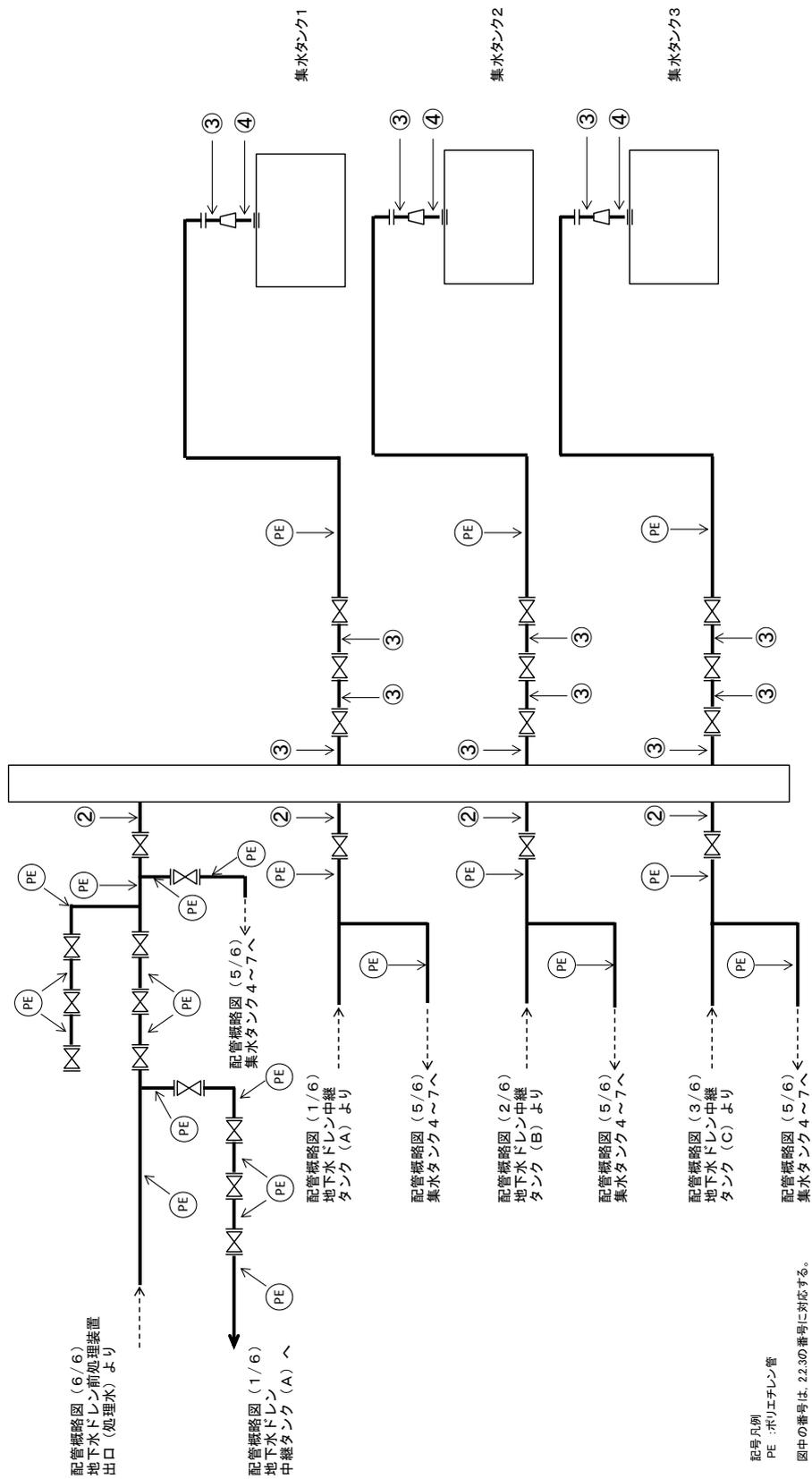
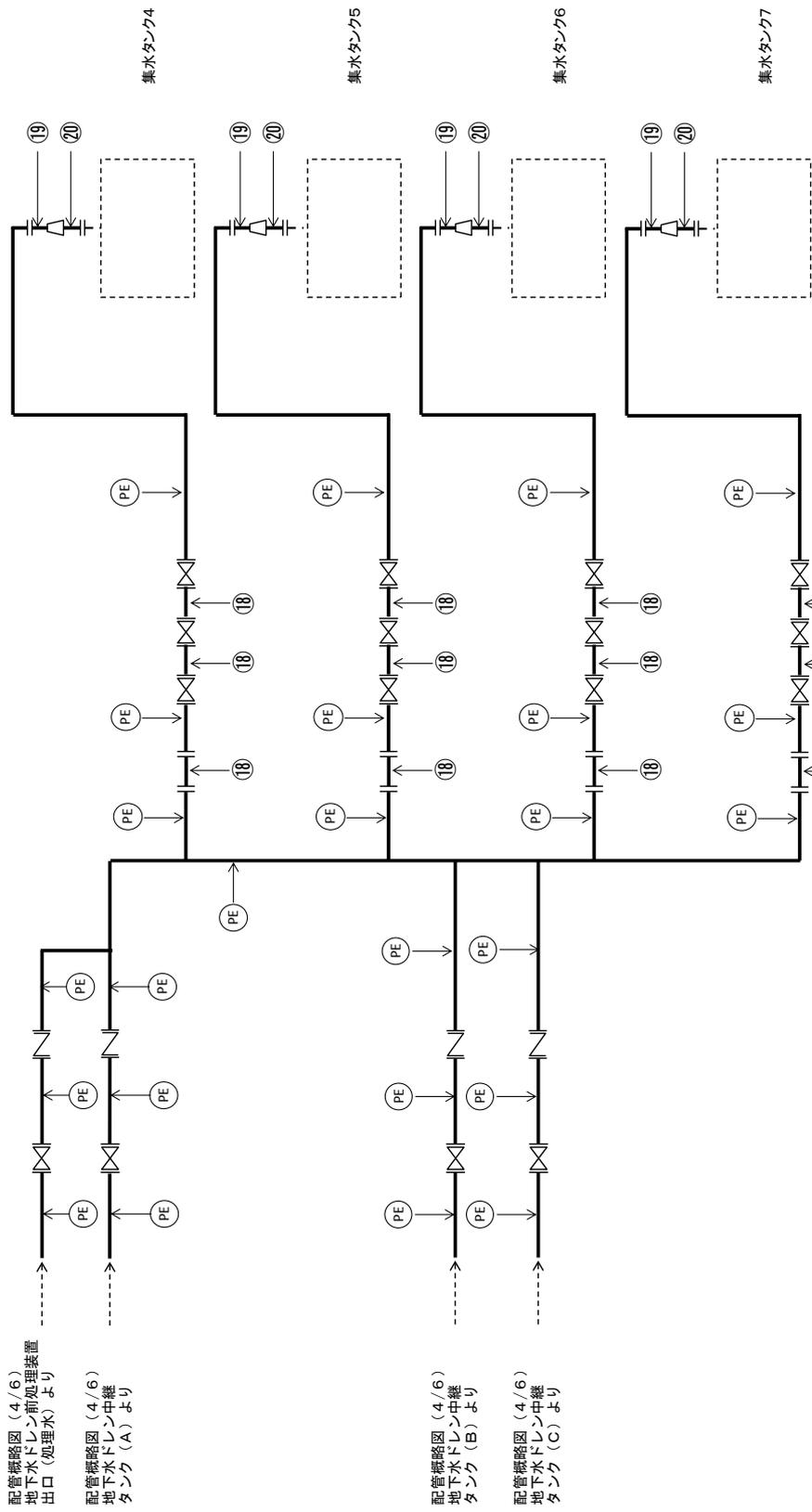


図-2 配管概略図 (4/6)



図一2 配管概略図 (5/6)

配管概略図 (4/6)
地下排水処理装置
出口 (処理水) より

配管概略図 (4/6)
地下排水処理装置
タンク (A) より

配管概略図 (4/6)
地下排水処理装置
タンク (B) より

配管概略図 (4/6)
地下排水処理装置
タンク (C) より

記号凡例
PE : ポリエチレン管

図中の番号は、2.2.3の番号に対応する。

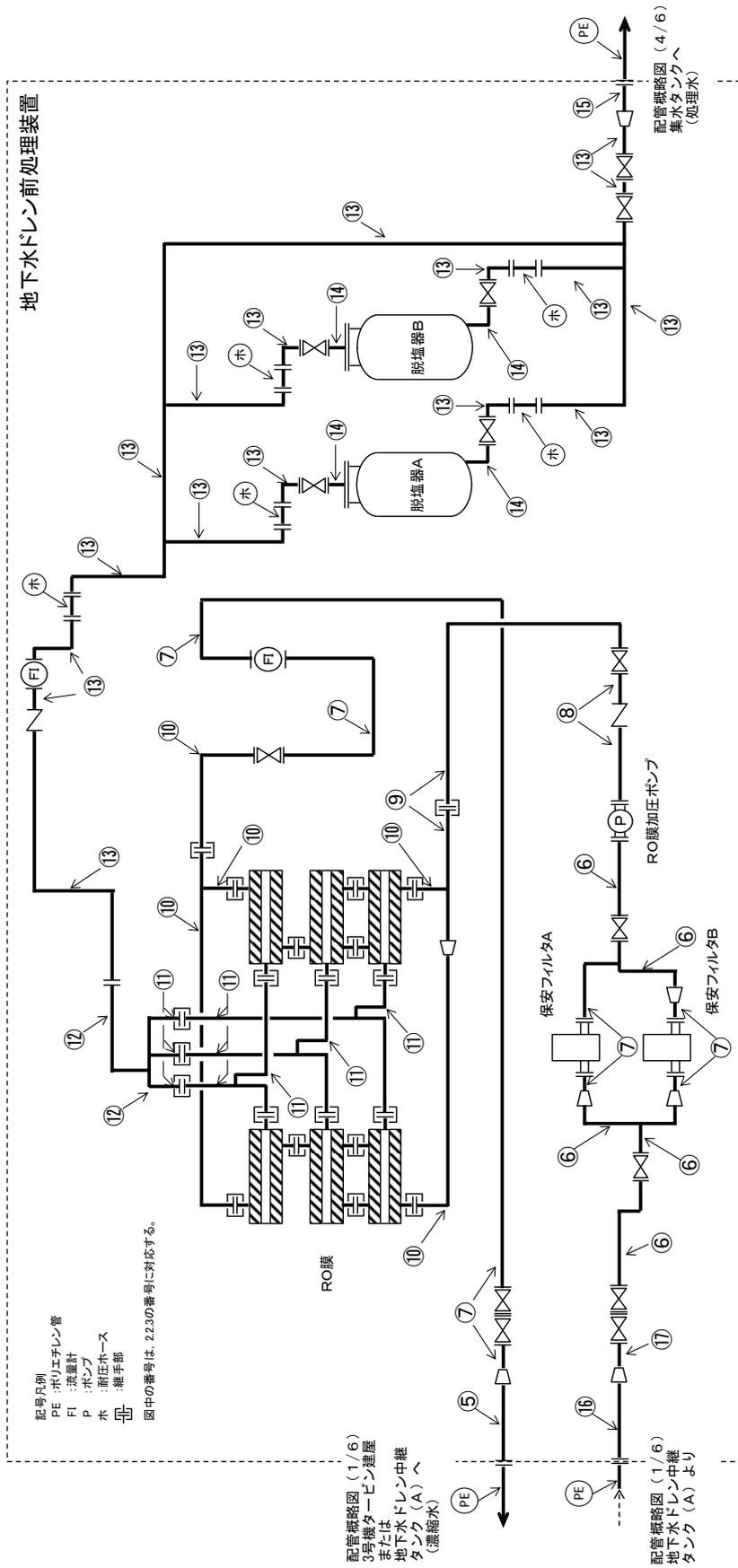


図-2 配管概略図 (6/6)

2.2.2 評価方法

(1) 管の厚さの評価

管の必要な厚さは、次に掲げる値とする。

a. 内面に圧力を受ける管

$$t = \frac{P \cdot D_0}{2 \cdot S \cdot \eta + 0.8 \cdot P}$$

t : 必要厚さ (mm)

P : 最高使用圧力 (MPa)

D₀ : 管の外径 (mm)

S : 許容引張応力 (MPa)

η : 継手効率

2.2.3 評価結果

評価結果を表-3に示す。必要厚さ等を満足しており、十分な構造強度を有していると評価している。

表-3 配管の評価結果 (管厚)

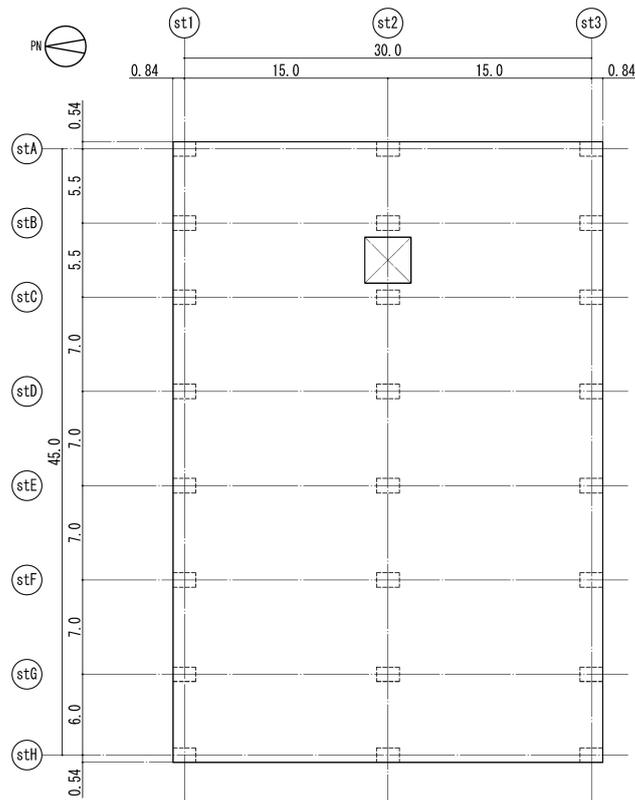
No.	外径 (mm)	材料	最高使用 圧力 (MPa)	最高使用 温度 (°C)	必要厚さ (mm)	最小厚さ (mm)
①	60.5	SUS316LTP	0.49	40	0.13	3.40
②	89.1	SUS316LTP	0.98	40	0.40	4.90
③	165.2	SUS316LTP	0.98	40	0.73	6.20
④	216.3	SUS316LTP	0.98	40	0.95	7.20
⑤	89.1	SUS316LTP	0.5	40	0.20	3.50
⑥	76.3	SUS316LTP	0.5	40	0.18	3.00
⑦	60.5	SUS316LTP	0.5	40	0.14	3.00
⑧	76.3	SUS316LTP	1.5	40	0.52	3.00
⑨	76.3	SUS316LTP	1.5	40	0.52	6.13
⑩	60.5	SUS316LTP	1.5	40	0.41	4.82
⑪	48.6	SUS304TP	0.5	40	0.10	4.47
⑫	60.5	SUS304TP	0.5	40	0.12	4.82
⑬	60.5	SUS304TP	0.5	40	0.12	3.00
⑭	60.5	SUS304TP	0.5	40	0.12	3.40
⑮	89.1	SUS304TP	0.5	40	0.18	3.50
⑯	89.1	SUS316LTP	0.98	40	0.40	3.50
⑰	76.3	SUS316LTP	0.98	40	0.34	3.00
⑱	165.2	STPG370	0.98	40	3.80	6.22
⑲	165.2	SUS316LTP	0.49	40	0.35	6.22
⑳	216.3	SUS316LTP	0.49	40	0.46	7.18

サブドレン他浄化装置建屋基礎の構造強度に関する検討結果

1. 評価方針

サブドレン他浄化装置建屋基礎は、耐震Bクラスであるサブドレン他浄化装置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。

サブドレン他浄化装置建屋基礎は、平面が約 46m (EW 方向) × 約 32m (NS 方向)、厚さ約 1.5m の鉄筋コンクリート造で、改良地盤を介して段丘堆積層に支持させる。サブドレン他浄化装置建屋基礎の平面図及び断面図を図－ 1 ～ 図－ 3 に示す。



図－ 1 基礎平面図 (単位 : m)

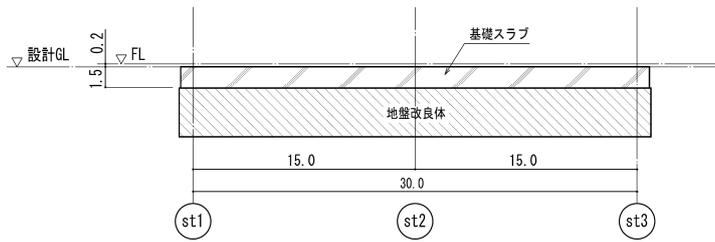
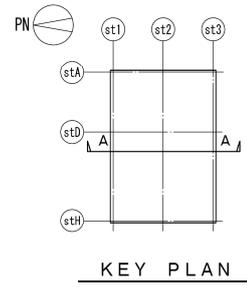


図-2 A-A断面図 (NS方向) (単位:m)

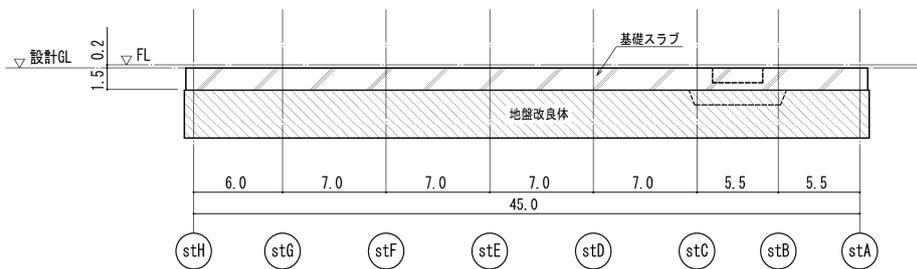
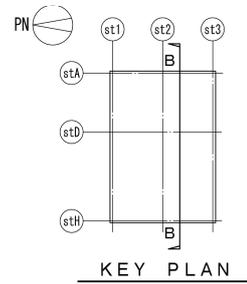


図-3 B-B断面図 (EW方向) (単位:m)

2. 評価条件

2.1 使用材料及び材料の許容応力度

サブドレン他浄化装置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 24N/mm^2 とする。鉄筋はSD345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
$F_c = 24$	8	0.73	16	1.09

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
SD345	D25 以下	215	195	345	345
	D29 以上	195			

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、積載荷重及び上部架構からの荷重）を考慮する。

また、短期荷重として地震時、積雪時及び強風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、弾性地盤上に支持された盤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-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。

表-3 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)			
長期	-14	649	0.20	0.38	$0.53 \leq 1.0$
短期	-15	664	0.12	0.38	$0.32 \leq 1.0$

注記*：圧縮を正とする。

表-4 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
長期	433	785	$0.56 \leq 1.0$
短期	535	1173	$0.46 \leq 1.0$

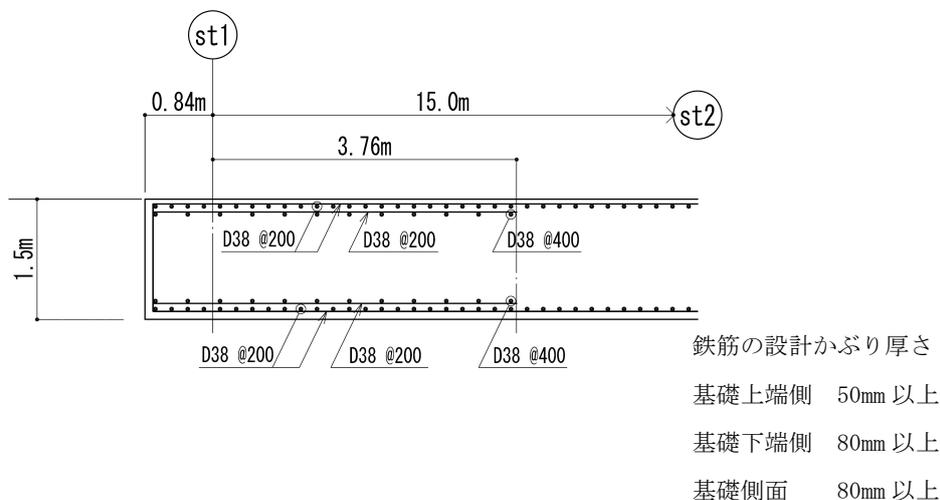


図-4 基礎スラブの配筋図 (stA通り)

3.2 改良地盤の評価結果

(1) 設計方針

サブドレン他浄化装置建屋は、基礎スラブ直下の地盤を改良し、段丘堆積層に支持させる。地盤の改良は「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度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度と許容応力度の比較を表－5及び表－6に示す。

これより、改良地盤に生じる最大応力度が許容応力度以下であることを確認した。

表－5 改良地盤の許容支持力度と接地圧の比較

接地圧 (kN/m ²)	許容支持力度 (kN/m ²)	検定比
135	280	0.49 ≤ 1.0

表－6 改良体の許容圧縮応力度と鉛直応力度の比較

鉛直応力度 (kN/m ²)	許容圧縮応力度 (kN/m ²)	検定比
135	330	0.41 ≤ 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度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-7～表-9に示す。

これより、改良地盤に生じる最大応力度が許容応力度以下であることを確認した。

表-7 改良地盤の許容支持力度と接地圧の比較

接地圧 (kN/m ²)	許容支持力度 (kN/m ²)	検定比
153	460	0.34 ≤ 1.0

表-8 改良体の許容圧縮応力度と鉛直応力度の比較

鉛直応力度 (kN/m ²)	許容圧縮応力度 (kN/m ²)	検定比
153	660	0.24 ≤ 1.0

表-9 改良体の許容せん断応力度とせん断応力度の比較

せん断応力度 (kN/m ²)	許容せん断応力度 (kN/m ²)	検定比
29	200	0.15 ≤ 1.0

流体状の放射性廃棄物の施設外への防止能力についての計算書

1. 流体状の放射性廃棄物の漏えいの拡大防止能力の評価

吸着塔（以下、「容器」という。）から液体が流出した場合は、吸着材を含む液体が漏えいする可能性があることから、これを評価する。

2. 流体状の放射性廃棄物の施設外への漏えい防止能力の評価

放射性廃液を内包する各容器のうち、仮に1基の容器の保有廃液が流出しても、流出廃液は容器設置エリアにとどまり、廃液の施設外への漏えいは防止される。この漏えい防止能力の評価を表－1に示す。

廃液漏えい時には、容器設置エリアに設けられた側溝の漏えい検知器の警報により廃液の異常な漏えいが察知され、対処が可能である。

表一 1 施設外への漏えい防止能力の評価 (サブドレン他浄化装置)

名称	設置場所		漏えい量 (m ³)	容器設置区画 内床面積※ ² (m ²)	見込み高さ ※ ³ (cm)	漏えい廃液全 量を貯留する ために必要な 堰の高さ (cm)	拡大防止 堰の高さ (cm)	評価
	建屋名	据付床 レベル (m)						
処理装置供給 タンク～吸着 塔5まで (A系統)	サブドレ ン他浄化 装置建屋	TP 38.5	30※ ¹	393.4	1.3	④=①/② ×100+③	⑤	各々の容器設置区画の 拡大防止堰の高さは、各 容器からの漏えい廃液 全量を貯留するために 必要な堰の高さを満足 しており、施設外への漏 えいを防止できる。 なお、漏えい検知器は、 床面に設置した側溝内 に設置されており、側溝 底面から30mmの高さで 検知する。
			30※ ¹	518.1	1.3	8	9以上	

注記 ※1： 保有水量が最大となる処理装置供給タンクから処理装置供給ポンプ入口間の漏えい量 (約29m³) に余裕を見た量としている

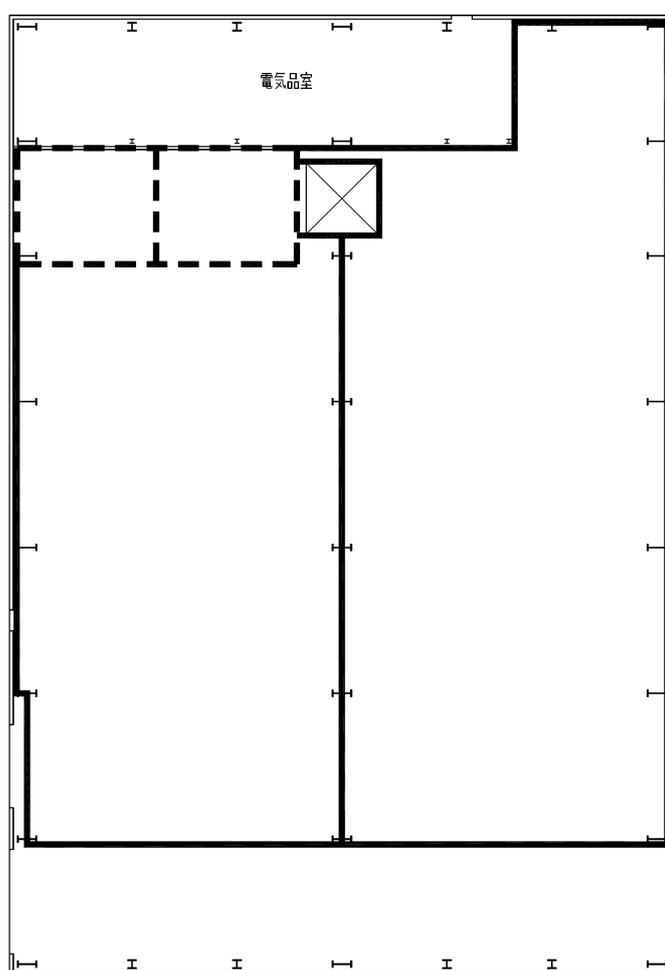
※2： 当該容器設置区画内ののり面積

※3： 基礎体積による高さ増加分 (基礎体積÷当該容器設置区画内床面積) を考慮した値

3. 堰並びに漏えい検出器に関する説明

サブドレン他浄化装置建屋には、サブドレン他浄化装置からの漏えい拡大防止及び建屋外への漏えい防止の観点から堰を設ける。堰の設置箇所について、図-1に示す。堰の名称、主要寸法及び材料について、表-2に示す。

また、漏えいの早期検知の観点から、漏えい検出器を設ける。漏えい検出器の設置箇所について、図-2に示す。漏えい検出器が作動した場合は、免震重要棟集中監視室等に警報を発する。



単位：mm

凡 例	
—	堰 (H100以上)
- - -	堰 (H1,100以上)

サブドレン他浄化装置建屋 1階

図-1 堰を明示した図面

表-2 堰の名称, 主要寸法, 材料

名 称		サブドレン他浄化装置建屋1階
主要寸法	堰の高さ	100mm以上
	床・壁の塗装	床面及び床面から堰の高さ以上までの壁面
材 料	堰	鉄筋コンクリート
	床・壁の塗装	エポキシ樹脂

名 称		処理装置供給タンク
主要寸法	堰の高さ	1,100mm以上
	床・壁の塗装	床面及び床面から堰の高さ以上までの壁面
材 料	堰	鉄筋コンクリート
	床・壁の塗装	エポキシ樹脂

工事工程表

項目	年月			2014年												2015年	
	2013年	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月
サブドレン集水設備によるサブドレンの汲み上げ並びにサブドレン他浄化設備による浄化性能の確認																	
サブドレン集水設備※1																	
サブドレン他浄化設備※1																	
サブドレン他浄化装置建屋																	
サブドレン他移送設備																	
地下水ドレン集水設備																	

※1 2回に分けて系統毎に実施

※2 サンプルタンクを順次設置するため、3回に分けて実施

□ : 現地据付組立

① : 構造、強度又は漏えいに係る試験をすることができる状態になった時

③ : 原子炉施設の工事の計画に係る工事が完了した時

サブドレン他水処理施設の具体的な安全確保策

サブドレン他水処理施設で扱う液体の放射能濃度は、1～4号機タービン建屋等の滞留水のそれと比較して遥かに低いものの、放射性物質を含むことから、水位管理等の方法、漏えい防止対策、放射線遮へい・崩壊熱除去及び可燃性ガス滞留防止等について、具体的な安全確保策を以下の通り定め、実施する。

1. 水位管理等の方法

(1) サブドレンの水位管理

- a. サブドレンピット内の水位管理は、各ピット内に設置した揚水ポンプの起動・停止によって行い、サブドレンピット内水位が建屋滞留水水位を下回らないよう管理する。(具体的な管理方法は、「Ⅲ. 3. 1. 7 1～4号機の滞留水とサブドレンの運転管理について」を参照。) なお、サブドレンの水位検出器は多重化し、計器の単一故障に備える。
- b. 全てのサブドレンピットの水位を免震重要棟の監視・制御装置に表示し、サブドレンの稼働による水位変動が常に確認可能な状態とする。

(2) 地下水ドレンポンドの水位設定

- a. 地下水ドレンポンドの水位設定は、各ポンド内に設置した地下水ドレンポンド揚水ポンプの起動・停止により地下水を汲み上げるが、海側のサブドレン水位が建屋滞留水水位を下回らないようポンプ停止位置を設定する。なお、地下水ドレン稼働に伴う地下水の水位変動は、より建屋近傍に位置する海側のサブドレン水位で管理する。(具体的な水位設定は、「Ⅲ. 3. 1. 8 地下水ドレンの運転管理について」を参照。)
- b. 地下水の汚染拡大防止の観点から、既設護岸内で確認されている高濃度の放射性物質を含む地下水は、継続して汲み上げる。
- c. なお、地下水ドレンの汲み上げ水の水質に有意な変動が確認される場合には、既設護岸エリアの地下水の汲み上げ量を増やす等の対応をとるものとする。

2. 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. 処理対象水及び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、十分な肉厚を有する炭素鋼の鋼管または二相ステンレス配管等とする。
- b. 主要機器及び主要配管の炭素鋼材料の内面には、耐腐食性を有するよう、ライニングまたは塗装を施す。
- c. タンク(中継タンク、集水タンク、処理装置供給タンク、サンプルタンク、地下水ドレン中継タンク、RO濃縮水処理水中継タンク)には水位検出器を設け、水位を監視してオーバーフローを防止する。また、タンクには、念のため、タンク水位が高くなった場

合に移送元のポンプを自動停止させるインターロックを設ける。

- d. EPDM 合成ゴム製の伸縮継手は接続部をフランジ接続とし、取合部が外れないように処置する。
- e. 集水移送加圧ポンプの軸封部は、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. タンク（中継タンク、集水タンク、処理装置供給タンク、サンプルタンク、地下水ドレン中継タンク、RO濃縮水処理水中継タンク）は、タンク1基の保有水量以上の容積を確保した堰を設ける（表-1）。
- b. 前処理フィルタ、pH緩衝塔、吸着塔は、漏えいの早期検知として、スキッド毎に漏えいパンを設けるとともに、漏えい検知器を設ける。漏えいの早期検知及び漏えい拡大防止として、サブドレン他浄化装置設置エリアの最外周及びサブドレン他浄化装置の周囲に、漏えいの拡大を防止する堰を設けるとともに、床に設置した側溝内に漏えい検知器を設ける。
- c. 上記漏えいを検知した場合には、免震重要棟集中監視室等に警報を発し、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、漏えいが確認された場合には、サブドレン他浄化装置のポンプを遠隔操作で停止し、吸着塔等の周りの弁を閉止することで、漏えい拡大防止を図る。
- d. 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、サブドレン他浄化装置設置エリアには床塗装を実施する。
- e. 移送配管について、以下の対応を行う。
 - ・ 屋外に敷設される移送配管について、ポリエチレン管とポリエチレン管の接合部は漏えい発生を防止のため融着構造とすることを基本とし、ポリエチレン管と鋼管との取合い等でフランジ接続となる箇所については養生を行い、漏えい拡大防止を図る。また、処理対象水の移送配管は、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隔離するとともに、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。
 - ・ 移送配管は、使用開始までに漏えい確認等を実施し、施工不良等による大規模な漏えいの発生を防止する。
 - ・ 移送配管からの漏えいを検知するために巡視点検にて漏えいの有無を確認する。
 - ・ 集水タンク増設に伴い新設する移送配管のうち、フランジ接続となる接合部が堰外となる箇所について、漏えいが発生した際に堰、受け等へ導かれるように養生を行い、漏えい拡大防止を図る。
 - ・ 移送配管から漏えいが確認された場合は、ポンプ等を停止し、系統の隔離及び土のうの設置等により漏えいの拡大防止を図る。

- f. サブドレン他浄化装置の 2 系列同時運転を実施する場合には、系統間の隔離を実施し、他系統への流入防止をすることで漏えい拡大防止を図る。
- g. 集水タンク並びにサンプルタンクについては、タンクからの漏えいを早期検知するために巡視点検にて漏えいの有無を確認する。
- h. 集水移送加圧ポンプについては、漏えいを早期検知するために巡視点検を実施するとともに、監視カメラを設置し、免震棟にて監視可能な状態とする。また、受けパンにより滴下程度の漏えいに対して、漏えい拡大防止を図る。なお、漏えいが確認された場合には、ポンプを停止及び系統の隔離、土のう等の設置により漏えい拡大防止を図る。

表-1 タンク堰仕様 (設計値)

堰名称	縦幅	横幅	高さ	保有水量
中継タンク堰	8.4 m	3.3 m	0.7 m	12.0 m ³
集水タンク 1~3 堰	38.4 m	18.4 m	3.0 m ^{※1}	1235 m ³
集水タンク 4,5 堰	34.9 m	12.9 m	3.5 m ^{※1}	1235 m ³
集水タンク 6,7 堰	34.9 m	12.9 m	3.5 m ^{※1}	1235 m ³
処理装置供給タンク A 堰	6.3 m	5.2 m	1.1 m	30 m ³
処理装置供給タンク B 堰	6.4 m	5.2 m	1.1 m	30 m ³
サンプルタンク A~G 堰 ^{※3}	57.4 m	31.6 m	1.5 m	1235 m ³
サンプルタンク H, J, K, L 堰	42.4 m ^{※4}	33.0 m ^{※4}	1.7 m	1235 m ³
地下水ドレン中継タンク堰	9.4 m	3.3 m	0.6 m	12.0 m ³

※1 アウターライズ津波高さ T.P. 約 4.5m (T.P. 2.5m 盤の浸水深 約 2m) を上回るよう設定
 注) タンク堰は閉運用とする。堰内に溜まった雨水については、タンク等に回収・分析し雨水^{※2}と判断されればそのまま処理する。雨水と判断されない場合は、集水タンク等に移送する。ただし、緊急時の場合は、タービン建屋等に移送することもある。

※2 「2.36 雨水処理設備等」2.36.1.1 に示す排水基準以内であること

※3 RO 濃縮水処理水中継タンク堰を兼ねる。

※4 堰形状のうち、縦幅、横幅の最長箇所を記載。

3. 放射線遮へい・崩壊熱除去

(1) 放射線遮へい (被ばくに対する考慮)

- a. サブドレン他浄化装置等からの放射線による雰囲気線量当量率 (遮へい体を含む機器表面から 1m の位置) は、0.1mSv/h 以下となるよう適切な遮へいを設ける。また、本設備から最寄りの敷地境界における直接線・スカイシャイン線の寄与は年間約 0.04mSv となる。(別紙-1 参照)

表－2 敷地境界における年間線量

評価点	年間線量 (mSv/年)
No. 66	0.04

- b. 通常運転時は、免震重要棟集中監視室から遠隔での監視及び操作を可能とする。
- c. 使用済吸着塔等の輸送時は、輸送物からの放射線による線量当量率（遮へい体を含む機器表面から1mの位置）が、0.1mSv/h以下となるよう適切な遮へいを設ける。
- d. サブドレン他浄化装置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についても標識等を設け放射線業務従事者の被ばく低減を図る。

(2) 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. 使用済吸着塔等は自然放熱により熱除去する。いずれの使用済吸着塔、使用済前処理フィルタにおいても、内部の水抜き実施後において、容器中心部の温度上昇は1℃未満であり、容器及び内容物の健全性を損なうものではない。（別紙－2参照）

(3) 吸着量の管理

- a. 前処理フィルタ・吸着塔は、捕集する吸着量が設計の範囲内に納まるよう、機器表面線量の計測、通水流量・濃度の把握等の方法により管理を行う。

表-3 サブドレン他浄化装置各機器の吸着量

機器名称	フィルタ・ 吸着材の種類	捕捉・吸着 主要核種	吸着量 (Bq/個) ※1	備考
前処理フィルタ 1, 2※2	浮遊物質 フィルタ	Cs	2.5×10^{11}	浮遊物質(汚泥等) への放射性物質の 付着を想定
前処理フィルタ 3	ストロンチウム フィルタ	Sr	2.8×10^9	
pH 緩衝塔※4	—	—	—	
吸着塔 1～5※3	セシウム・ ストロンチウム 同時吸着塔	Cs Sr	3.1×10^{10} 1.8×10^{10}	Cs, Sr 両方とも吸 着可能な吸着材を 使用した場合
	アンチモン 吸着塔	Sb-125	6.3×10^8	
	重金属塔	Ag-110m	1.0×10^8	

※1 捕捉・吸着する主要核種の吸着量

※2 保守的にいずれか一つの前処理フィルタで捕捉すると仮定

※3 アンチモン吸着塔, 重金属塔はそれぞれ1塔装填, またはそれぞれ除外可能とする。アンチモン吸着塔, 重金属塔をそれぞれ1塔ずつ装填する場合は, 吸着塔4にアンチモン吸着塔, 吸着塔5に重金属塔を装填する。アンチモン吸着塔, 重金属塔のいずれか1塔を除外し, いずれか1塔のみを装填する場合は, 吸着塔5に装填する。セシウム・ストロンチウム同時吸着塔は, アンチモン吸着塔, 重金属塔の装填塔数に応じて, 3塔～5塔装填し, 保守的にいずれか一つの吸着塔で吸着すると仮定

※4 pH調整のみを実施する機器のため, 核種を捕捉・吸着しない

4. 可燃性ガスの滞留防止

- a. サブドレン他浄化装置の前処理フィルタ及び吸着塔においては, 水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは, 通水時に処理水とともに排出される。通水停止以降も再度その前処理フィルタおよび吸着塔により処理を行う場合には, 可燃性ガスが滞留する可能性があるため, 前処理フィルタおよび吸着塔内の可燃性ガスの濃度が可燃限界を超えないようベント弁より排出する。なお, サブドレン他浄化装置建屋には, 換気装置及び換気装置のための貫通箇所があり, 可燃性ガスが滞留し難い構造となっている。

- b. 使用済の前処理フィルタ及び吸着塔は、可燃性ガスの滞留防止のため、内部の水抜きを実施後、使用済フィルタは保管容器に収容し、吸着塔はベントを開放して保管する。保管時の水素濃度の評価を行った結果、最も大きい水素発生速度となる前処理フィルタ1, 2でも水素濃度は20年間で約0.7%であり、可燃限界を超えることはない(別紙-3参照)。なお、水抜きにより発生した水は、処理装置供給タンクに移送する。

5. その他

(1) 凍結

水を移送している過程では、凍結の恐れはない。

水の移送を停止した場合、屋内外敷設のポリエチレン管等は凍結による破損が懸念される。そのため、屋内外敷設のポリエチレン管等に保温材を取り付け、凍結防止を図る。なお、保温材は高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用し、凍結しない十分な厚さを確保する。

保温材厚さの設定の際には、「建設設備の凍結防止(空気調和・衛生工学会)」に基づき、震災以降に凍結事象が発生した外気温 -8°C 、内部流体の初期温度 5°C 、保温材厚さ 21.4mm の条件において、内部流体が25%^{*}凍結するまでに十分な時間(50時間程度)があることを確認した。なお、震災以降の実測データから、外気温 -8°C が半日程度継続することはない。

^{*}「JIS A 9501 保温保冷工事施工標準」において管内水の凍結割合を25%以下と推奨

(2) 紫外線

屋外敷設箇所のポリエチレン管等には、紫外線による劣化を防止するため、紫外線防止効果のあるカーボンブラックを添加した保温材を取り付ける、もしくは、カーボンブラックを添加していない保温材を使用する場合は、カーボンブラックを添加した被覆材または紫外線による劣化のし難い材料である鋼板を取り付ける。

(3) 熱による劣化

熱による劣化が懸念されるポリエチレン管については、処理対象水の温度がほぼ常温のため、熱による材料の劣化の可能性は十分低い。

(4) 耐放射線性

ポリエチレンは、集積線量が $2 \times 10^5 \text{Gy}$ に達すると、引張強度は低下しないが、破断時の伸びが減少する傾向を示す。ポリエチレン管の照射線量率を 1Gy/h と仮定すると、 $2 \times 10^5 \text{Gy}$ に到達する時間は 2×10^5 時間(22.8年)と評価される。そのため、ポリエチレン管は数年程度の使用では放射線照射の影響を受けることはないと考えられる。

(5) 使用済前処理フィルタの貯蔵

使用済の前処理フィルタは、エアブロー等により水切りした後、コンクリート製または金属製の保管容器に収容して固体廃棄物貯蔵庫（第3棟～第8棟，第9棟 地下2階：瓦礫類線量区分 >30 mSv/h）に貯蔵する。なお、水切りにより発生した水は、処理装置供給タンクに移送する。

使用済前処理フィルタの発生量は、最大でも年間 280m^3 程度（約 2m^3 の容器で140個程度）と想定される。

使用済前処理フィルタの保管時は、保管エリアの受入目安表面線量率に応じて、保管容器の表面線量率を管理（保管容器の遮へいを考慮し、保管容器の表面線量率を測定する。また、必要に応じてフィルタの収納数を制限）する。

(6) 使用済 pH 緩衝塔の貯蔵

使用済 pH 緩衝塔は、淡水置換し、エアブローにより水切りした後、一時保管エリア（P1, V：瓦礫類線量区分 $<0.1\text{mS/h}$ ）の屋外集積所に保管する。なお、水切りにより発生した水は、処理装置供給タンクに移送する。

使用済 pH 緩衝塔の発生量は、最大でも年間 33m^3 程度（7基程度）と想定される。

(7) 使用済吸着塔の貯蔵

使用済吸着塔は、淡水置換し、エアブローにより水切りした後、使用済セシウム吸着塔保管施設（II2.5.2.1.2参照）のコンクリート製ボックスカルバート内、または架台に格納して保管する。なお、水切りにより発生した水は、処理装置供給タンクに移送する。

使用済吸着塔の発生量は、最大でも年間20基程度、ボックスカルバートの使用数では最大でも年間10基程度と想定される。

なお、一部の使用済Cs/Sr同時吸着塔は、吸着材を取り出して第二セシウム吸着装置、第三セシウム吸着装置の吸着塔に充填して再利用する。吸着材を取り出した吸着塔は、健全性を確認した上でサブドレン他浄化設備にて再利用する。

使用済吸着塔の貯蔵による敷地境界への直接線・スカイシャイン線による寄与は、使用済セシウム吸着塔一時保管施設に貯蔵される他の廃棄物と同程度であり、同施設の敷地境界線量の評価結果に包絡される。

(8) 設備停止

設備故障等による浄化設備停止期間中は、サブドレンの汲み上げ量を減らし、地下水ドレンの汲み上げを優先する。なお、汲み上げた地下水ドレン水は集水タンクへ貯留するが、集水タンクの貯留容量を超えることが見込まれる場合は、機動的対応として、タービン建屋等に移送する。

(9) 誤操作防止対策について

サブドレン他移送設備は操作盤にキーロックを設け、鍵を使用しなければ排水操作が出来ない設計としている。

(10) 吸着塔の除外について

処理対象水において、アンチモン、重金属核種の濃度が十分に低いことを確認した場合は、アンチモン吸着塔、重金属塔を除外可能とする。除外後は除去対象核種を週1回程度の頻度で詳細分析※し、除外前の濃度から上昇傾向がない事を確認する。濃度の上昇により排水に支障をきたすと判断される場合は、元の吸着塔の構成に戻し、浄化を行う。

※週1回程度の詳細分析は四半期ごとの詳細分析と同程度の分析条件とする。

6. 別紙

別紙－1 : サブドレン他浄化装置の敷地境界線量評価について

別紙－2 : サブドレン他浄化装置の温度評価について

別紙－3 : サブドレン他浄化装置の水素発生量評価について

別紙－7 : サブドレン及び建屋滞留水水位への測量結果の反映について

サブドレン他浄化装置の敷地境界線量評価について

サブドレン他浄化装置から近傍の敷地境界に対する直接線・スカイシャイン線の寄与を評価する。

1. 評価概要

○評価手法：

- ・解析コード MCNP を用いて評価

○評価条件：

- ・サブドレン他浄化設備から最寄りの敷地境界（敷地境界評価地点 No. 66, 距離約 230m）を評価した。（図 1）
- ・吸着塔に収容する吸着材の構成は、最も保守的なケースとして、吸着塔 1～3 をセシウム・ストロンチウム同時吸着塔、吸着塔 4 をアンチモン吸着塔、吸着塔 5 を重金属塔として評価した。

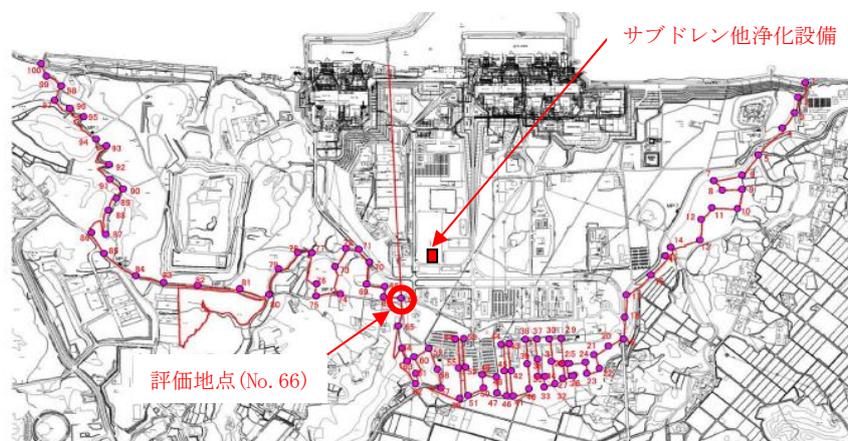


図 1 サブドレン他浄化設備と評価点の位置関係

- ・評価対象機器を表 1 に示す。

表 1 評価対象機器

機器		評価上考慮する基数	放射能条件
前処理フィルタ 1, 2		4	前処理フィルタ 2
前処理フィルタ 3		2	前処理フィルタ 3
吸着塔	1~3 塔目	6	吸着塔 1
	4 塔目	2	吸着塔 4
	5 塔目	2	吸着塔 5

- ・吸着材の放射能濃度は、吸着塔の入口濃度から除去率、通水量（遮へい体を含む機器表面から 1m の位置における雰囲気線量当量率が 0.1mSv/h 以下となるよう設定）を考慮して算出した値にて評価を行う。
- ・前処理フィルタ及び吸着塔は、各々が交換直前で放射性物質の捕捉量又は吸着量が最大になっていると設定する。
- ・前処理フィルタ 1, 2 は、2 塔に分布する放射能の全量が前処理フィルタ 2 に吸着していると保守的に設定する。
- ・吸着塔 1 ~ 3 は、3 塔に分布する放射能の全量が吸着塔 1 に吸着していると保守的に設定する。
- ・評価点における直接線・スカイシャイン線の評価値は、前処理フィルタ、吸着塔の評価値を合算して算出した。
- ・吸着塔のうちアンチモン吸着塔、重金属塔は除外可能とし、セシウム・ストロンチウム同時吸着塔は最大 5 塔まで装填可能とするが、表 1 が最も保守的なケースとなる。

- ・前処理フィルタ及び吸着塔の線源条件を表 2 に示す。

表 2 前処理フィルタ及び吸着塔の線源条件

機器名称	核種	線源強度 (Bq/体)
前処理フィルタ 2	Cs	2.5×10^{11}
前処理フィルタ 3	Sr	2.8×10^9
吸着塔 1	Cs Sr	3.1×10^{10} 1.8×10^{10}
吸着塔 4	Sb	6.3×10^8
吸着塔 5	Ag-110m	1.0×10^8

2. 評価結果

上記条件により、評価を行った結果、各評価地点における直接線・スカイシャイン線の寄与は表3の通りとなった。

表3 サブドレン他浄化設備の敷地境界線量評価結果

評価地点	評価値 (mSv/年)
No. 66	0.04

なお、本装置から発生する使用済フィルタ及び吸着塔については、固体廃棄物貯蔵庫及び使用済セシウム吸着塔一時保管施設において線源として考慮している。

以上

サブドレン他浄化装置の温度評価について

温度評価は、使用済前処理フィルタ及び使用済吸着塔の収容物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使用済前処理フィルタ及び使用済吸着塔の最高温度を評価した。

1. 評価概要

各フィルタ及び吸着塔に捕捉・吸着した放射性物質による発熱を入熱条件とし、一次元の定常温度評価を行い、各フィルタ及び吸着塔の保管状態における温度上昇が 1℃未満であることを確認した。

2. 前処理フィルタの温度評価

2. 1 評価方法

○評価手法：

- ・一次元定常温度評価により評価（評価体系については、図－１を参照。また、考慮した伝熱機構及び使用した熱伝導率等は表－１及び２を参照）

○線源条件：

線源条件は、下表を条件とする。

機器名称	捕捉・吸着 主要核種	吸着量 (Bq/個) ※ ¹
前処理フィルタ 1, 2 ※ ²	Cs	2.5×10^{11}
前処理フィルタ 3	Sr	2.8×10^9

※¹ 捕捉・吸着する主要核種の吸着量

※² 保守的にいずれか一つの前処理フィルタで捕捉すると仮定

○入熱条件：

- ・前処理フィルタ 1 及び 2 は同等の保管形状であり、かつ発熱量も等しいことから、前処理フィルタ 2 の入熱条件である 4.9×10^{-2} [W] を採用する。
- ・前処理フィルタ 3 の入熱条件は 5.0×10^{-4} [W] を採用する。

○評価条件：

- ・保管容器内は保守的に均一の発熱体と仮定し、また容器内の伝熱は空気の熱伝導のみを考慮し、空気の対流及び輻射による放熱は考慮しない。
- ・保管容器の側面からの放熱については、保守的に2面からの放熱のみ考慮し、また上蓋及び床からの放熱は考慮しない。
- ・保管容器の外面上において、熱輻射による放熱は考慮しない。
- ・外気温度は保守的に40℃とする。

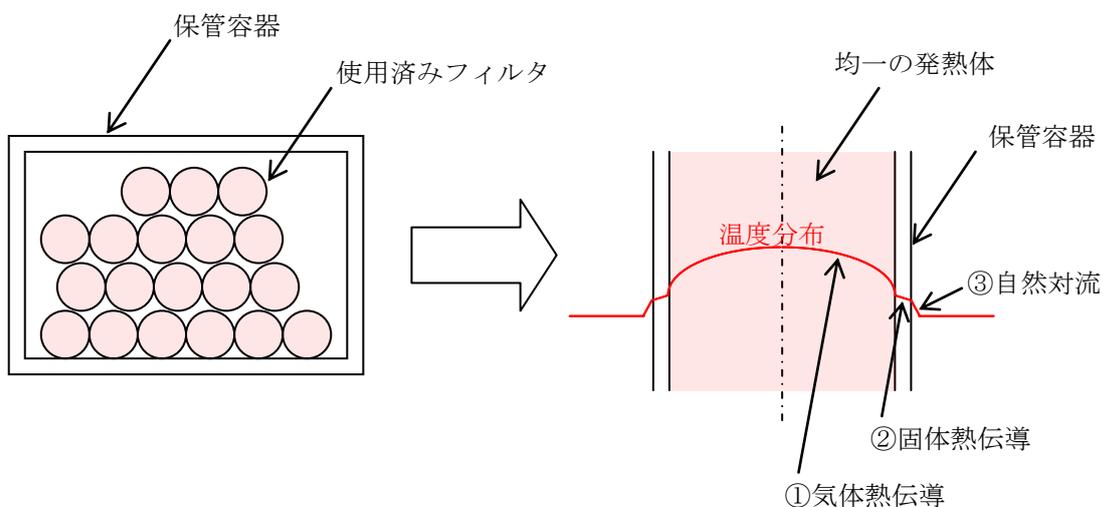


図-1 前処理フィルタの評価体系概念図（一次元定常温度評価モデル）

表-1 考慮した伝熱機構及び温度評価に用いた熱伝導率等（前処理フィルタ2）

No.	伝熱箇所	伝熱機構	伝熱距離	熱伝導率等
①	保管容器内（空気）	気体熱伝導	約 570mm	熱伝導率 約 0.028[W/(m・K)]
②	保管容器（コンクリート）	固体熱伝導	約 100mm	熱伝導率 約 1.2[W/(m・K)]
③	保管容器から空気	自然対流	—※1	熱伝達率 約 0.46[W/(m ² ・K)]

※1：自然対流による伝熱のため、距離に依存しない。

表-2 考慮した伝熱機構及び温度評価に用いた熱伝導率等（前処理フィルタ3）

No.	伝熱箇所	伝熱機構	伝熱距離	熱伝導率等
①	保管容器内（空気）	気体熱伝導	約 640mm	熱伝導率 約 0.028[W/(m・K)]
②	保管容器（炭素鋼）	固体熱伝導	約 2.3mm	熱伝導率 約 43[W/(m・K)]
③	保管容器から空気	自然対流	— ^{※1}	熱伝達率 約 0.13[W/(m ² ・K)]

※1：自然対流による伝熱のため、距離に依存しない。

2. 2 評価結果

評価の結果、前処理フィルタ2の温度上昇は約 0.27℃、前処理フィルタ3の温度上昇は約 0.01℃であり、フィルタの耐熱温度である 80℃を超えることはなく、材料の健全性に影響を与えるものではないことを確認した。

3. 吸着塔の温度評価

3. 1 評価方法

○評価手法：

- ・一次元定常温度評価により評価（評価体系については、図-2を参照。また、考慮した伝熱機構及び使用した熱伝導率等は表-3を参照）

○線源条件：

線源条件は、下表を条件とする。

機器名称	捕捉・吸着 主要核種	吸着量 (Bq/個) ^{※1}
吸着塔 1～5 ^{※2}	Cs	3.1×10 ¹⁰
	Sr	1.8×10 ¹⁰
	Sb-125	6.3×10 ⁸
	Ag-110m	1.0×10 ⁸

※1 捕捉・吸着する主要核種の吸着量

※2 アンチモン吸着塔、重金属塔はそれぞれ1塔装填、またはそれぞれ除外可能とする。アンチモン吸着塔、重金属塔をそれぞれ1塔ずつ装填する場合は、吸着塔4にアンチモン吸着塔、吸着塔5に重金属塔を装填する。アンチモン吸着塔、重金属塔のいずれか1塔を除外し、いずれか1塔のみを装填する場合は、吸着塔5に装填する。セシウム・ストロンチウム同時吸着塔は、アンチモン吸着塔、重金属塔の装填塔数に応じて、3塔～5塔装填し、保守的にいずれか一つの吸着塔で吸着すると仮定

○入熱条件：

- ・吸着塔 1 ～ 5 は同等の保管形状であり，また吸着塔内で発生する放射線エネルギーは吸着塔 1 が最も大きく，発熱量が最大となることから，保守的に吸着塔 1 の入熱条件である $8.53 \times 10^{-3} [W]$ を採用する。

○評価条件：

- ・吸着塔は円柱形状であるが，評価においては保守的に吸着塔を包含する四角柱を仮定する。また容器側面からの放熱については，四角柱の 2 面からの放熱のみ考慮し，また上蓋及び床からの放熱は考慮しない。
- ・吸着塔内は保守的に均一の発熱体と仮定し，保守的に円柱形状よりも発熱体の体積が大きい条件とする。また容器内の伝熱は空気のみを考慮し，空気の対流及び輻射による放熱は考慮しない。
- ・吸着塔外面において，熱輻射による放熱は考慮しない。
- ・外気温度は保守的に $40^{\circ}C$ とする。

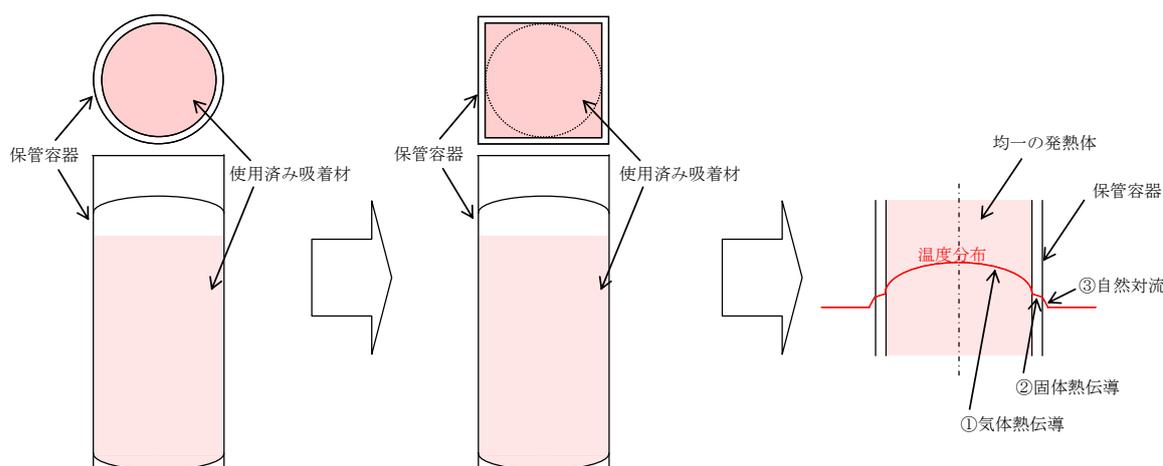


図-2 吸着塔の評価体系概念図（一次元定常温度評価モデル）

表-3 考慮した伝熱機構及び温度評価に用いた熱伝導率等（吸着塔 1）

No.	伝熱箇所	伝熱機構	伝熱距離	熱伝導率等
①	保管容器内（空気）	気体熱伝導	約 673mm	熱伝導率 約 $0.028 [W/(m \cdot K)]$
②	保管容器（炭素鋼）	固体熱伝導	約 25mm	熱伝導率 約 $43 [W/(m \cdot K)]$
③	保管容器から空気	自然対流	— ^{※1}	熱伝達率 約 $0.219 [W/(m^2 \cdot K)]$

※1：自然対流による伝熱のため，距離に依存しない。

3. 2 評価結果

評価の結果，吸着塔 1 の温度上昇は約 0.03℃であり，吸着材の耐熱温度である 600℃を超えることはなく，材料の健全性に影響を与えるものではないことを確認した。

以上

サブドレン他浄化装置の水素発生量評価について

サブドレン他浄化装置における水素発生量評価の結果を以下に示す。使用する前処理フィルタ及び吸着塔のうち、水素発生速度が最も大きい前処理フィルタ1, 2を収容する保管容器の評価結果を以下に示す。

1. 評価概要

使用済前処理フィルタの保管容器内では、前処理フィルタが吸着した放射性物質によって前処理フィルタ中の水分が放射線分解されることにより、水素が発生する。前処理フィルタは保管容器のベントを行わずに保管することから、本評価では発生した水素が全て容器内に滞留するものとして、保管を開始してから20年後における水素濃度の評価を行う。なお、放射性物質は核種崩壊により減衰するため水素の発生量は次第に低下し、水素濃度は一定値に収束することから、長期間保管した場合の水素濃度の収束値を参考として評価する。

2. 水素発生量評価

水素発生量Hは次式により求める。なお、前処理フィルタは可燃性ガスの発生抑制を目的として水抜きを実施後に保管するが、前処理フィルタ1, 2については、15時間の水抜きを行うことにより含水率が0.3以下となることを確認している。

$$H = G \times \alpha \times E \div A$$

H：水素発生量[mol]

G：水が100eVのエネルギーを吸収した際に発生する水素分子の個数, 0.45

α ：含水率, 0.3

E：水が吸収するエネルギー： 8.47×10^{19} (MeV)

A：アボガドロ数 (6.02×10^{23} 個/mol)

水が吸収するエネルギーの算出にあたり使用した線源条件を表1に示す。前処理フィルタ1, 2は、2塔に分布する放射能の全量が前処理フィルタ2に吸着していると保守的に設定する。

表1 前処理フィルタ及び吸着塔の線源条件

機器名称	核種	線源強度 (Bq/体)
前処理フィルタ 2	Cs	2.5×10^{11}

3. 評価結果

評価の結果, 使用済前処理フィルタ 1, 2 の保管を開始してから20年後における水素濃度は約0.7%となる。なお, 長期間保管した場合には水素濃度は約1.7%に収束する。

以上

サブドレン及び建屋滞留水水位への測量結果の反映について

サブドレン及び建屋滞留水の水位は、それぞれサブドレンピット上端及び建屋1階床を基準として、それらが震災前の図面レベルにあるものとして表示してきたが、震災による地盤変動を踏まえ、より正確に水位差を管理することを目的に測量結果をもとに算出した値を用いることとする。測量に関する特記事項を以下に示す。

- (1) サブドレン及び建屋滞留水水位は、表-1及び表-2に示す測量結果を反映した基準点から水位を計測する。但し、R/B、Rw/B滞留水水位の基準点は、測量が完了するまでは、構内基準点の測量結果を用いる。なお、線量環境により測量が困難なR/B、Rw/Bは、4号機を先行して測量を行い、T/Bとの相対関係を確認し、必要により換算値を見直す。
- (2) 今後、定期的にサブドレン及び建屋の代表箇所での測量を行い、相対関係の変動状況や地盤の不均一な隆起の有無を確認していく。前回測量結果からの相対関係のずれが点検計算の許容範囲^{※1}以内となるように測量頻度を適切に定める。

※1 3級水準測量における点検計算の許容範囲は、 $15\text{mm}\sqrt{S}$ (Sは観測距離(片道, km単位))

表-1 1～4号機建屋及びサブドレンピットの測量結果一覧

		実測値 [T.P.mm]	測量日	備考
構内基準点(物揚場)		3,700	H26.3	
建屋	1号機 T/B	8,743	H27.2	
	2号機 T/B	8,748		
	3号機 T/B	8,763		
	4号機 T/B	8,761		
	1～4号機 R/B	8,764	-	
	1～4号機 Rw/B	8,764	-	
サブドレンピット	1	8,533	H26.7 ～9	
	2	8,673		
	8	8,763		
	9	10,263		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
	18	8,691		
	19	8,659		
	20	8,663		
	21	8,685		
	22	8,586		
	23	8,696		
	24	8,658		
	25	8,666		
	26	8,686		
	27	8,633		
	31	8,793		
	32	8,866		
	33	8,668		
	34	8,835		
	40	9,058		
	45	8,901		
	51	9,788		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
	52	9,811		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
53	8,969			
55	8,916			
56	8,528			
58	8,873			
59	8,783			

※2 上記は H27.9 時点における測量結果であり、今後測量を実施し水位に反映する必要がある場合は、見直すものとする。

表-2 集中環境施設周り建屋及びサブドレンピットの測量結果一覧

		実測値 [T.P.mm]	測量日	備考
建屋	プロセス主建屋	8,838	H27.7	
	焼却工作建屋 (焼却建屋)	8,808		
	焼却工作建屋 (工作建屋)	8,806		
	サイトバンカ建屋	8,762		
	HTI建屋	8,754		
サブドレンピット	112	8,665	H27.7	
	116	8,654		
	119	8,657		
	120	8,519		
	121	8,702		
	122	8,720		
	125	8,462		
	133	8,700		
	150	8,776		
	151	8,762		
	152	8,775		
	153	8,757		

※2 上記は H27.9 時点における測量結果であり、今後測量を実施し水位に反映する必要が生じた場合は、見直すものとする。

サブドレン他水処理施設に係る確認事項

サブドレン他水処理施設に係る主要な確認事項を表-1～8に示す。サブドレン他水処理施設で扱う液体の放射能濃度は37kBq/cm³未満である。

なお、寸法許容範囲については製作誤差等を考慮の上、確認前に定める。

表-1 確認事項（中継タンク，集水タンク，処置装置供給タンク，サンプルタンク，地下水ドレン中継タンク）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後，確認圧力に耐えていることを記録で確認する。 耐圧確認終了後，耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え，かつ構造物の変形等がないこと。 また，耐圧部から漏えいがないこと。
機能	警報確認	液位「高高」側 ^{※1} の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側 ^{※1} の信号により警報が発生すること。

※1 タンクにより信号名称は異なる。

表-2 確認事項（前処理フィルタ，pH緩衝塔，吸着塔）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後，確認圧力に耐えていることを記録で確認する。 耐圧確認終了後，耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え，かつ構造物の変形等がないこと。 また，耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	定格容量を通水する。	実施計画に記載した容量を通水できること。 また，異音，異臭，振動等の異常がないこと。

表-3 確認事項（サブドレン他浄化装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
性能	運転性能 確認	設計流量（50m ³ /h）以上で処理対象水を通水し，サブドレン他浄化装置の処理前水及び処理済水の水質について確認条件で分析する。	実施計画に記載した容量を通水でき，Cs-134，Cs-137，Sr-90 ^{※1} の放射能濃度が低減すること ^{※2} 。処理前水の Ge 半導体検出器にて Cs-137 を検出できる計測を行った結果として確認された核種 ^{※3} の放射能濃度が低減すること。また，異音，異臭，振動等の異常がないこと。

※1 Sr-90 は，分析値若しくは全βでの評価値とする。

※2 告示に定める周辺監視区域外の水中の濃度限度との比がそれぞれ 0.1 を下回ること。

※3 Cs-137 が検出されない場合は Cs-137 で 1Bq/L まで確認することとし，それでも検出されない場合は他に確認される核種はないものとする。

表-4 確認事項（揚水ポンプ，中継タンク移送ポンプ，集水タンク移送ポンプ，
集水移送加圧ポンプ，処理装置供給ポンプ，処理装置加圧ポンプ，浄化水移送ポンプ，
攪拌ポンプ，地下水ドレンポンド揚水ポンプ，地下水ドレン中継タンク移送ポンプ）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ※1，※2，※3	機器の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	漏えい確認 ※1，※2，※3	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能 確認	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。 また，異音，異臭，異常振動等がないこと。

※1 揚水ポンプについては，サブドレンピット内部の水中に設置されており，据付確認及び漏えい確認が困難であり，対象外とする。

※2 地下水ドレンポンド揚水ポンプについては，地下水ドレンポンド内部の水中に設置されており，据付確認及び漏えい確認が困難であり，対象外とする。

※3 地下水ドレン中継タンク移送ポンプについては，地下水ドレン中継タンク内部の水中に設置されており，据付確認及び漏えい確認が困難であり，対象外とする。

表-5-1 確認事項（サブドレン集水設備主配管（鋼管），
サブドレン他浄化設備主配管（鋼管），サブドレン他移送設備主配管（鋼管），
地下水ドレン集水設備主配管（鋼管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認※1	実施計画に記載した外径, 厚さについて記録を確認する。	①寸法が許容範囲内であること。
			②実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認※2	①確認圧力で保持した後, 確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後, 耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	①確認圧力に耐え, かつ構造物の変形等がないこと。 また, 耐圧部から漏えいがないこと。
②最高使用圧力の 1.25 倍の水圧で保持した後, 同圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後, 耐圧部からの漏えいの有無も確認する。			②最高使用圧力の 1.25 倍の水圧に耐え, かつ構造物の変形等がないこと。 また, 耐圧部から漏えいがないこと。

※1 ②は pH 緩衝塔の主配管に適用する。

※2 ②はサブドレンピット No. 30, 37, 49, 57 に適用する。

表-5-2 確認事項 (サブドレン集水設備主配管 (PE 管),
 サブドレン他浄化設備主配管 (PE 管), サブドレン他移送設備主配管 (PE 管),
 地下水ドレン集水設備主配管 (PE 管))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	当該材料規格の規定のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	製造者寸法許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・ 漏えい確認※	①現場状況を考慮し製造者指定方法・圧力による漏えい有無を確認する。	①耐圧部から漏えいがないこと。
		②最高使用圧力以上の水圧に耐え、漏えいがないことを確認する。	②検査圧力に耐え、かつ異常のないこと。 また、耐圧部からの漏えいがないこと。
		③運転圧力で耐圧部からの漏えいがないことを確認する。	③耐圧部から漏えいがないこと。

※耐圧・漏えい確認は、①②③のいずれかとする。

表-5-3 確認事項 (サブドレン集水設備主配管 (伸縮継手),
サブドレン他浄化設備主配管 (伸縮継手))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	当該材料規格の規定のとおりであること。
	寸法確認	指定のサイズ (呼び径) であることを確認する。	指定のサイズ (呼び径) であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後, 確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後, 耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え, かつ構造物の変形等がないこと。 また, 耐圧部から漏えいがないこと。

表-5-4 確認事項 (サブドレン他移送設備主配管 (伸縮継手))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	指定サイズ (呼び径) であることを確認する。	指定サイズ (呼び径) であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認 ^{※1}	①最高使用圧力による耐圧漏えい確認を行う。	①耐圧部から漏えいがないこと。
②確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。		②確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から漏えいがないこと。	

※1 ①または②にて実施する。

表-5-5 確認事項 (主配管)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
機能	通水機能確認	主配管の通水状態について確認する。	通水できること。

表－6 確認事項（漏えい検出装置及び警報装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
機能	漏えい警報確認	設定通りに警報が作動することを確認する。	許容範囲以内で警報が作動すること。

表－7 確認事項（水位計）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認 ^{※1}	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認 ^{※1}	装置の据付位置を確認する。	実施計画のとおりであること。
性能	性能校正確認 ^{※1}	校正器を用いて模擬入力を与え，水位計指示値が正しいことを確認する。	模擬入力に対する水位計指示値が，許容範囲内であること。

※1 現地では実施可能な範囲とし，必要に応じて記録を確認する。

表－8－1 確認事項（堰その他の設備^{※1}）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

※1 中継タンク堰，集水タンク 1～3 堰，サンプルタンク A～G 堰，地下水ドレン中継タンク堰。

表-8-2 確認事項（堰その他の設備※¹）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	据付確認	タンク基礎の不陸について確認する。	異常な不陸がないこと。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	地盤支持力 確認	支持力試験によりタンク基礎の地盤支持力を確認する。	必要な支持力を有していること。
機能	漏えい拡大 防止機能 確認	堰の保有水量について確認する。	保有水量以上あること。

※1 集水タンク 4,5 堰, 集水タンク 6,7 堰, サンプルタンク H, J, K, L 堰。

表-9-1 確認事項 (サブドレン他浄化装置建屋基礎)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
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。
		鉄筋の材料、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。
	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されているピッチにほぼ均等に分布していること。

表-9-2 確認事項 (サブドレン他浄化装置建屋内堰)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
漏えい防止	材料確認	実施計画に記載されている主な材料について確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載されている主要寸法を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	堰その他の設備の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。

RO 濃縮水処理設備から用途変更する機器に関する確認事項を表-10に示す。

RO 濃縮水処理設備から他設備へ用途変更する機器は、用途変更に伴い、構造強度・耐震性、機能及び性能について変更はないことから、用途変更後も機器を継続使用する。なお、用途変更する機器に係わる確認事項については、継続使用しながら確認を実施する。

表-10-1 確認事項 (RO 濃縮水処理水中継タンク)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。 ※1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることを記録で確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から著しい漏えいがないこと。
機能	警報確認	液位「高高」側※2の信号により警報が発生することを確認する。	液位「高高」側※2の信号により警報が発生すること。

※1 現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

※2 タンクにより信号名称は異なる。

表-10-2 確認事項 (RO 濃縮水処理水移送ポンプ)

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観確認	各部の外観を確認する。※1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置, 据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	漏えい確認	運転圧力で耐圧部分からの漏えいの有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	ポンプの運転確認を行う。	実施計画に記載した容量を満足すること。 また, 異音, 異臭, 異常振動等がないこと。

※1 現地では実施可能な範囲とし, 必要に応じて記録を確認する。

表-10-3 確認事項 (主配管 (鋼管))

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	実施計画に記載した外径, 厚さについて記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。※1	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。※1	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後, 確認圧力に耐えていることを確認する。 耐圧確認終了後, 耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え, かつ構造物の変形等がないこと。 また, 耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※1 現地では実施可能な範囲とし, 必要に応じて記録を確認する。

表-10-4 確認事項（主配管（PE管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	製造者寸法許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。※ ¹	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。※ ¹	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	現場状況を考慮し製造者指定方法・圧力による漏えい有無を確認する。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※¹ 現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表-10-5 確認事項（主配管（伸縮継手））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	指定サイズ（呼び径）であることを確認する。	指定サイズ（呼び径）であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。※ ¹	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。※ ¹	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	最高使用圧力による耐圧漏えい確認を行う。	耐圧部から著しい漏えいがないこと。

※¹ 現地では実施可能な範囲とし、必要に応じて記録を確認する。

表-10-6 確認事項（堰その他の設備※1）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	寸法が許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。

※1 サブドレン他浄化装置建屋内堰を除く，屋外に設置したタンク堰。

表-10-7 確認事項（主配管（閉止部））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	外観・据付 確認	配管閉止部の外観，据付状態について確認する。	実施計画の通りであること。
機能	機能確認	配管が実施計画の通り施工されていることを確認する。	実施計画の通りであること。

地下水ドレン前処理装置について

1. 設置の目的

地下水ドレン前処理装置は、地下水ドレン集水設備により汲み上げた水の放射能濃度（トリチウムを除く）が高い場合に、当該設備にて前処理を行い、放射能濃度を低下させることによってサブドレン他浄化設備での処理負荷を軽減させることを目的とする。

2. 要求される機能

- (1) 地下水ドレン集水設備により汲み上げた水の処理を行い、放射性物質の放射能濃度を低減してサブドレン他浄化設備へ移送する能力を有すること。
- (2) 処理により生成される濃縮水は、タービン建屋に移送できること。

3. 地下水ドレン前処理装置の構成

地下水ドレン前処理装置は、保安フィルタ、RO膜加圧ポンプ、RO膜、脱塩器及び移送配管で構成する。

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、処理対象水中のイオン及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膜通過後の処理対象水をさらに浄化する。

移送配管は、ポリエチレン管、鋼管及び合成ゴム管で構成する。サポート等により接続部が外れないように処置する。

4. 規格・基準等

地下水ドレン前処理装置は、設計、材料の選定、製作及び検査について、JSME S NC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（JSME 規格）、日本産業規格（JIS 規格）、ISO 規格、JWWA 規格等の準拠、実績等により信頼性を確保する。

5. 運用方法

地下水ドレン前処理装置及びその周辺機器の全体概略図を図-1に示す。

地下水ドレン前処理装置は、地下水ドレン中継タンクへ汲み上げた地下水を通水し、処理水と濃縮水に分離する。処理水は集水タンク（サブドレン集水設備）に移送し、サブドレン他浄化設備にて浄化後に排水する。濃縮水はタービン建屋へ移送する。

なお、本装置の処理水をサブドレン他浄化設備による浄化を行わずに排水することは行わない（構内散水を含む）。

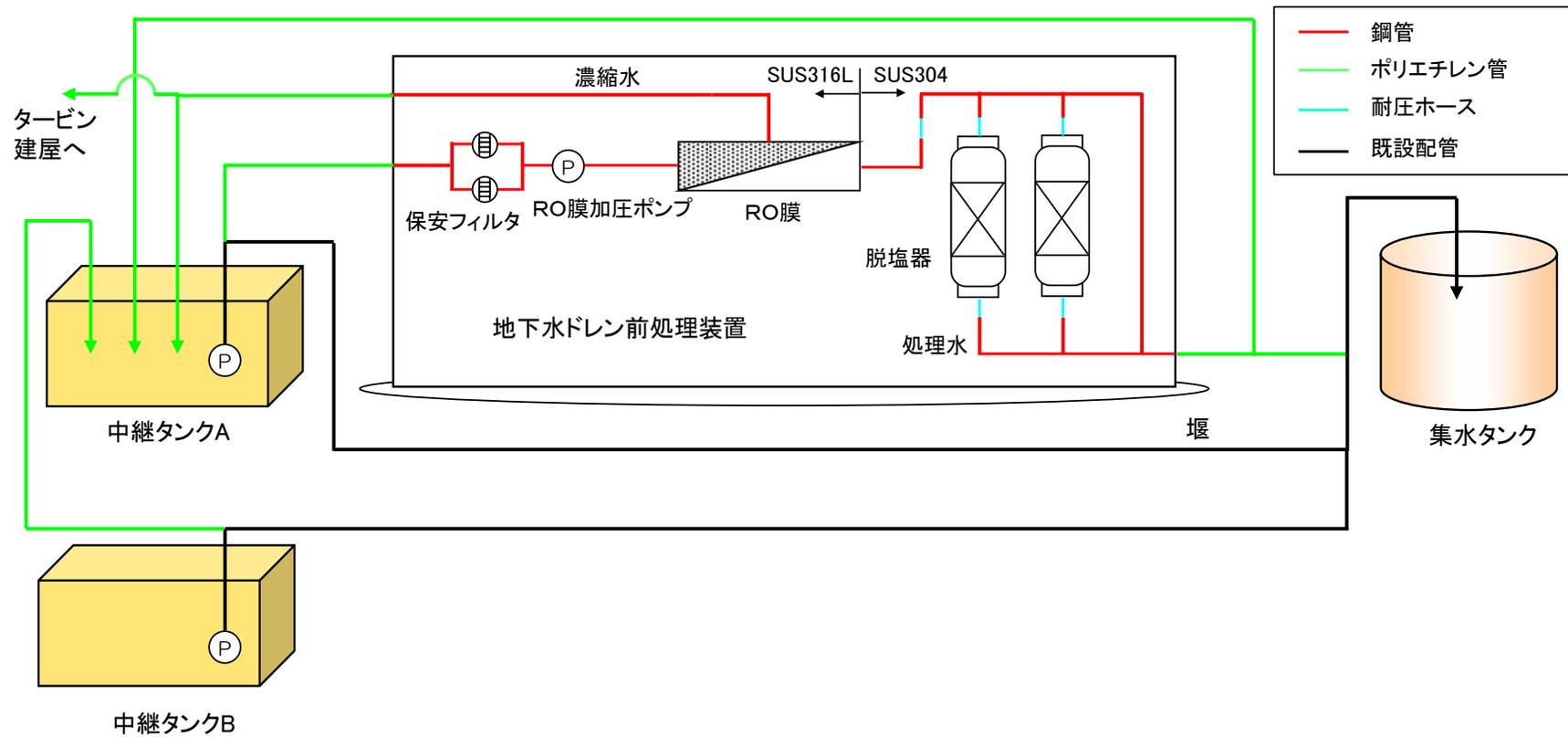


図-1：地下水ドレン前処理装置及びその周辺機器の全体概略図

6. 構造強度及び耐震性

(1) 構造強度

配管のうち、ポリエチレン管は ISO 規格，JWWA 規格，または，JIS に準拠し，鋼管は，「JSME SNC-1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」等に準拠する。強度評価については，「添付資料－7 地下水ドレン集水設備の強度に関する説明書」参照。

(2) 耐震性

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」に従い設計する。地下水ドレン前処理装置及び鋼管の耐震性を評価するにあたっては，「JEAG4601 原子力発電所耐震設計技術指針」等に準拠する。ポリエチレン配管は，材料の可撓性により耐震性を確保する。耐震性評価については，「添付資料－3 サブドレン他水処理施設の耐震性に関する説明書」参照。

7. 具体的な安全確保策

7.1. 放射性物質漏えい防止等に対する考慮

(1) 漏えい発生防止

移送配管は，耐食性を有するポリエチレン管を基本とする。ステンレス材を使用する部位は内部流体の性状等に応じた適切な材料を使用する。

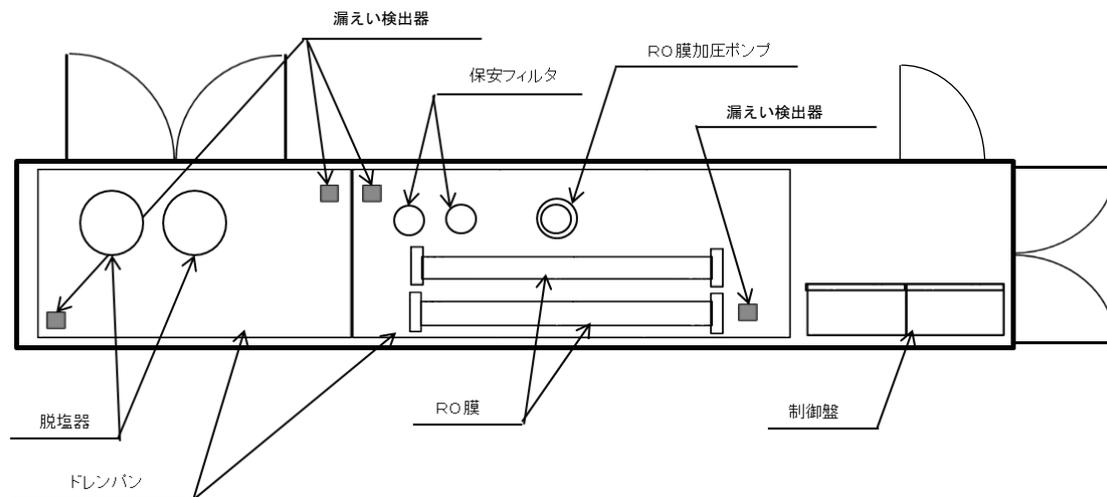
(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止

地下水ドレン前処理装置には，漏えいした場合の検知機能を設け，漏えいを早期に検知する。また，漏えい拡大防止の堰を設置する。設置した堰は，装置が内包する液体を受けられる容量を確保していることから，装置内部に内包する液体が漏えいした場合でも，堰内に収まり，堰外へ漏えいすることはない（表－1）。

表－1 地下水ドレン前処理装置漏えい拡大防止 堰仕様（設計値）

対象設備		縦幅 (m)	横幅 (m)	高さ (m)	容積 (m ³)	保有水量 (m ³)
地下水ドレン前処理 装置※ ¹	RO膜	2.2	5.8	0.2	2.5	0.9
	脱塩器	2.2	3.8	0.3	2.5	1.3

※¹ 漏えい検出器の個数： 図－2 参照



地下水ドレン前処理装置

図-2 漏えい検出器の設置場所

7.2. 放射線遮へい・被ばく低減に対する考慮

地下水ドレン前処理装置にて取り扱う液体に含まれている放射性物質濃度は数千 Bq/L 程度であることから、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。

7.3. 崩壊熱除去

地下水ドレン前処理装置にて取り扱う液体に含まれている放射性物質の崩壊熱は、通水により熱除去する。

7.4. 可燃性ガスの滞留防止

地下水ドレン前処理装置においては、水の放射線分解により発生する可能性のある可燃性ガスは、通水により排水される。

7.5. 環境条件対策

7.5.1. 熱による劣化

地下水の温度は、ほぼ常温のため、金属材料の劣化の懸念はない。また、高分子系の材料についても本装置の最高使用温度 40℃で最高使用圧力に耐えられる材料を用いる。

7.5.2. 凍結

地下水ドレン前処理装置については、テナ内に空調設備を設置し、0℃を下回らないようにして凍結防止を図る。屋外敷設のポリエチレン管等は水の移送を停止した場合、凍結による破損が懸念されるため、屋外敷設のポリエチレン管等に保温材を取り付け、凍結防止を図る。なお、保温材は高い気密性と断熱性を有する硬質ポリウレタン等を使用し、凍結しない十分な厚さを確保する。

7.5.3. 生物汚染

地下水を移送している上では有意な微生物腐食等は発生しないと考えられる。

7.5.4. 耐放射線性

地下水ドレン前処理装置にて取り扱う液体に含まれている放射性物質濃度は数千 Bq/L 程度であることから、機器（電気・計装品含む）類および配管の耐放射線性は考慮する必要はない。

7.5.5. 紫外線

屋外敷設箇所のポリエチレン管等には、紫外線による劣化を防止するための耐紫外線性を有する保温材等で覆う処置を実施する。また、供用期間中、保温材等の劣化を確認した場合には、必要に応じて補修を計画する。

7.5.6. 長期停止中の措置

装置を長期停止する場合は、必要に応じてフラッシングを行い放射線量を低減するとともに、内部の水抜きを実施することで、腐食および凍結を防止する。

7.6. 自然災害対策等

(1) 津波

大津波警報が出た際はサブドレン集水設備及び地下水ドレン集水設備を停止することで、汲み上げた水の流出防止に努める。

(2) 台風・豪雨

地下水ドレン前処理装置は、屋外移送配管を除きテナ内に設置する。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によってテナを固縛することで更なる横転防止を図る。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) 落雷

動的機器及び電気設備は、機器接地により落雷による損傷を防止する。

(4) 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・隔離弁の閉止作業等を行い、地下水ドレンポンドから汲み上げた地下水の漏えい防止を図る。

(5) 火災

火災発生を防止するため、実用上可能な限り不燃性又は難燃性の材料を使用する。消火器を設置し、動力消防ポンプ（防火水槽及びポンプ車）を適切に配置することにより、初期消火の対応を可能とし、消火活動の円滑化を図る。なお、火災発生は、巡視点検、監視カメラにより確認できる。

8. 放射性固体廃棄物発生量に関する評価

地下水ドレン前処理装置の運用に伴い、保安フィルタ、RO膜、脱塩器（脱塩樹脂含む）から、放射性固体廃棄物が発生する。地下水ドレン前処理装置を運用した場合の放射性固体廃棄物発生量について評価を行った。

8.1. 計算条件

計算条件は以下の通りとする。

- ・地下水ドレン前処理装置は、定格処理量（480m³/日）とする。

8.2. 評価結果

8.2.1. 保安フィルタ

保安フィルタはフィルタ差圧に応じて取替を実施する。交換頻度は、地下水の水質により変動するが、2ヶ月に1回程度と想定される。年間の廃棄物発生量は約1m³程度となる。

8.2.2. RO膜

RO膜は、RO膜差圧または装置下流の導電率に応じて取替を実施する。交換頻度は、地下水の水質により変動するが、2ヶ月に1回程度と想定される。年間の廃棄物発生量は約4m³程度となる。

8.2.3. 脱塩器（脱塩樹脂含む）

脱塩器は、保安フィルタ及びRO膜で処理された水を通水する。よって、脱塩器の性能低下はほとんど想定されないことから、脱塩器の交換の可能性はほとんどない。保守的に脱塩器の脱塩樹脂を年2回交換すると想定した場合、廃棄物発生量は約2m³となる。

8.3. 保管計画

地下水ドレン前処理装置で発生する固体廃棄物については、容器に収納し、表面の線量率を測定した上で発電所内の固体廃棄物貯蔵庫にて保管する。処理対象の放射性物質濃度が低く、処理後はそのほとんどが濃縮水中に含まれることから、RO膜等の固体廃棄物への遮へいは不要である。

9. 別紙

別紙ー1 : 地下水ドレン前処理装置に係る確認事項

地下水ドレン前処理装置に係る確認事項

地下水ドレン前処理装置に係る主要な確認事項を表－1～6に示す。
 なお、寸法許容範囲については製作誤差等を考慮の上、確認前に定める。

表－1 確認事項（地下水ドレン前処理装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	機器の据付位置、据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形等がないこと。 また、耐圧部から漏えいがないこと。
性能	運転性能確認	定格容量を通水する。ただし、処理する水の水温により通水量が変化することから、換算した結果を確認する。	定格容量を通水できること。 また、異音、異臭、振動等の異常がないこと。 RO膜の処理により、放射性核種が低減されていること。

表-2 確認事項（地下水ドレン前処理装置主配管（鋼管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。 耐圧部から漏えいがないこと。

表－3 確認事項（地下水ドレン前処理装置主配管（PE管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	主な材料について記録を確認する。	当該材料規格の規定のとおりであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	製造者寸法許容範囲内であること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。 耐圧部から漏えいがないこと。

表－4 確認事項（地下水ドレン前処理装置主配管（合成ゴム管））

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度 ・耐震性	材料確認	納品書等に添付されている材料証明書等により使用材料を確認する。	確認書類に示される使用材料が、実施計画の通りであること。
	寸法確認	主要寸法について記録を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	配管の据付状態について確認する。	実施計画のとおり施工・据付されていること。
	耐圧・漏えい確認	確認圧力で保持した後、確認圧力に耐えていることについて記録を確認する。 耐圧確認終了後、耐圧部分からの漏えいの有無も確認する。	確認圧力に耐え、かつ構造物の変形がないこと。 耐圧部から漏えいがないこと。

表－5 確認事項（漏えい検出装置及び自動警報装置）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
構造強度	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	装置の据付位置を確認する。	実施計画のとおりであること。
機能	漏えい警報確認	漏えいの信号により警報が発生することを確認する。	漏えいの信号により警報が発生すること。

表－6 確認事項（堰）

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準
漏えい防止	寸法確認	実施計画に記載されている堰の主要寸法を確認する。	実施計画のとおりであること。
	外観確認	各部の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。
	据付確認	据付位置，据付状態について確認する。	実施計画のとおりであること。
性能	機能確認	外観を確認する。	有意な欠陥が無いこと。

以上

前処理フィルタの撤去方法について

前処理フィルタ 4 の撤去に伴い、放射性物質に汚染されている可能性のある容器、配管等の解体・撤去作業の方法について定める。

1. 前処理フィルタ

フィルタ容器は、淡水置換し、エアブローにより水切りした後、開口部を養生する。表面線量率は 0.1mSv/h 以下と想定しており、表面線量率に応じて定められた瓦礫類の一時保管エリア（P 1）にて一時保管する。表面線量率が 0.1mSv/h を超える場合においても、表面線量率に応じて定められた一時保管エリアにて一時保管する。なお、 β 汚染が確認された場合及び β 汚染の恐れのある場合については容器に収納した上で一時保管する。

使用済の前処理フィルタの貯蔵は、添付資料－ 1 1（5）と同様である。

運搬時に落下することを防止するため、フィルタ保管容器はトレーラに固縛するなどの策を講じて輸送する。

1.1. 汚染拡大防止

使用済みフィルタの金属製の保管容器は、腐食防止のため、塗装を施した金属材料を使用する。保管容器の蓋が容易に外れないよう容器と固定される構造とする。

1.2. 瓦礫類発生量

撤去に伴い、フィルタ容器が約 6.8m³（約 3.4m³ の容器が 2 個）、使用済フィルタの保管容器が約 4m³（約 2m³ の容器で 2 個程度）発生する見込みである。

2. 接続配管，ホース

接続配管，ホースは、残水をブローする。表面線量率は 0.1mSv/h 以下と想定しており、表面線量率に応じて定められた瓦礫類の一時保管エリア（P 1）にて一時保管する。表面線量率が 0.1mSv/h を超える場合においても、表面線量率に応じて定められた一時保管エリアにて一時保管する。なお、 β 汚染が確認された場合及び β 汚染の恐れのある場合については容器に収納した上で一時保管する。継続使用する設備との切り離しはフランジ部とし、開放部を閉止する。

撤去に伴い、約 0.1m³ の瓦礫類が発生する見込みである。

5・6号機サブドレン集水設備復旧による地下水流入低減について

1. 概要

5・6号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットから地下水を汲み上げることにより、5・6号機建屋への地下水流入量を低減することを目的とする。

5・6号機サブドレンピットから汲み上げた地下水は、集水タンクに集水し（「添付資料－1 図－1 サブドレン他水処理施設の全体概要図」参照）、サブドレン他浄化設備にて浄化したのち、サブドレン他移送設備にて排水する。（排水の基準は「Ⅲ 特定原子力施設の保安 第3編 2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理」を参照）

5・6号機サブドレン集水設備は、揚水ポンプ、中継タンク、中継タンク移送ポンプ及び移送配管で構成する。（「添付資料－1 図－9 サブドレン集水設備系統図（5・6号機）」参照）

2. 5・6号機サブドレン集水設備の設計方針

(1) 処理能力

5・6号機サブドレン集水設備は、5・6号機タービン建屋等の周辺に設置されたサブドレンピットから地下水を汲み上げ、集水タンクに移送できる処理容量とする。

(2) 材料

5・6号機サブドレン集水設備は、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及び管理されない放出の防止

5・6号機サブドレン集水設備の機器等は、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、漏えい液体の除去を行えるようにする。
- c. サブドレンピットの水位、中継タンク水位等の警報については、5・6号機中央制御室に表示し、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。

(4) 健全性に対する考慮

5・6号機サブドレン集水設備は、機器の重要度に応じた有効な保全が可能な設計とする。

3. 水位管理について

5・6号機タービン建屋等への地下水の流入を低減させるため、5・6号機サブドレン集水設備を稼働し、サブドレン水位を低下させる。サブドレン水位の低下により各建屋からの滞留水の漏えいを防止するために、サブドレン水位を滞留水水位より高く保つ必要があることから、サブドレン揚水ポンプを建屋地下階床面+2mを超える位置に設置する。

2 放射性廃棄物等の管理に関する補足説明

2.1 放射性廃棄物等の管理

2.1.1 放射性固体廃棄物等の管理

2.1.1.1 概要

放射性固体廃棄物には、濃縮廃液（セメント固化体、造粒固化体（ペレット、ペレット固化体））、原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等、使用済樹脂^{*1}、フィルタスラッジ^{*2}、その他雑固体廃棄物があり、固体廃棄物貯蔵庫、サイトバンカ、使用済燃料プール、使用済燃料共用プール、使用済樹脂貯蔵タンク、造粒固化体貯槽等に貯蔵、または保管する。

事故後に発生した瓦礫等には、瓦礫類、伐採木、使用済保護衣等があり、一時保管エリアを設定して、一時保管する。

一時保管エリアには、固体廃棄物貯蔵庫、覆土式一時保管施設、伐採木一時保管槽、屋外の集積場所がある。

また、放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等の放射性固体廃棄物等については、必要に応じて減容等を行う。

* 1 : 1～6号機、廃棄物集中処理建屋の使用済樹脂（ビーズ状の樹脂）

* 2 : 1号機原子炉冷却材浄化系フィルター、1～6号機及び使用済燃料共用プールの原子炉冷却材浄化系ろ過脱塩器、使用済燃料プール浄化系ろ過脱塩器、機器ドレンフィルター、床ドレンフィルターより廃棄されたるろ過材とその捕獲されたクラッド

2.1.1.2 基本方針

放射性固体廃棄物や事故後に発生した瓦礫等の放射性固体廃棄物等については、必要に応じて減容等を行い、その性状により保管形態を分類して、作業員及び公衆の被ばくを達成できる限り低減できるようにし、放射性固体廃棄物等が管理施設外へ漏えいすることのないよう貯蔵、保管、または一時保管する。

また、これまでの発生実績や今後の作業工程から発生量を想定し、適切に保管エリアを確保し管理していくとともに、持込抑制等の発生量低減、放射性固体廃棄物等の再利用・リサイクル、減容や保管効率の向上のための具体的な方策等を検討していく。

放射性固体廃棄物等は処理・処分を実施するまでの間、保管期間が長期に亘る可能性があるため、作業エリアや敷地境界への放射線影響等に配慮し、中長期的には屋外の集積場所等に一時保管している放射性固体廃棄物等を耐震性を有する恒久的な貯蔵設備等での保管に移行するように計画していく。

以後の恒久的な貯蔵設備での保管計画については、必要な保管容量を確保するような貯蔵設備の増設や減容設備等の設置計画を具体化するとともに、個々の設備の仕様が明確になった段階で実施計画に反映していくこととする。

2.1.1.3 対象となる放射性固体廃棄物等と管理方法

1～6号機を含めた発電所敷地内及び臨時の出入管理箇所において発生した放射性固体廃棄物、事故後に発生した瓦礫等を対象とする。

(1) 区分

a. 放射性固体廃棄物

濃縮廃液（セメント固化体、造粒固化体（ペレット、ペレット固化体）、原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等、使用済樹脂、フィルタスラッジ、その他雑固体廃棄物

b. 事故後に発生した瓦礫等

瓦礫類、伐採木、使用済保護衣等

(2) 運用

放射性固体廃棄物等の種類ごとの貯蔵、保管、または一時保管の措置は以下のとおりである。

- ・濃縮廃液（セメント固化体、造粒固化体（ペレット固化体）、その他雑固体廃棄物
固体廃棄物貯蔵庫（容器収納、大型廃棄物への開口部閉止措置）
 - ・原子炉内で照射された使用済制御棒、チャンネルボックス等、使用済樹脂、フィルタスラッジ、濃縮廃液（造粒固化体（ペレット））
サイトバンカ、使用済燃料プール、使用済燃料共用プール、使用済樹脂貯蔵タンク等
 - ・瓦礫類
固体廃棄物貯蔵庫（容器収納、大型瓦礫類への飛散抑制措置）、覆土式一時保管施設（容器未収納）、屋外集積（容器収納、シート等養生、養生なし）
 - ・伐採木
屋外集積（養生なし）、伐採木一時保管槽（容器未収納）
 - ・使用済保護衣等
固体廃棄物貯蔵庫（容器収納、袋詰め）、屋外集積（容器収納、袋詰め）
- 上記の放射性固体廃棄物等について、以下の管理を実施する。

a. 放射性固体廃棄物

(a) その他雑固体廃棄物、濃縮廃液（セメント固化体、造粒固化体（ペレット固化体））

i. 処理・保管

ドラム缶等の容器に封入するか、または放射性物質が飛散しないような措置を講じて、固体廃棄物貯蔵庫に保管する。または、雑固体廃棄物焼却設備及び増設雑固体廃棄物焼却設備で焼却し、焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で、固体廃棄物貯蔵庫等に保管する。

ii. 管理

(i) 巡視, 保管量確認

固体廃棄物貯蔵庫における放射性固体廃棄物の保管状況を確認するために, 定期的に目視可能な範囲で巡視し, 転倒等の異常がないことを確認する。保管量については, 事故前の保管量の推定値を元に, 保管物の出入りを確認する。

(ii) 管理上の注意事項の掲示

固体廃棄物貯蔵庫の目につきやすい場所に管理上の注意事項を掲示する。

iii. 貯蔵能力

固体廃棄物貯蔵庫(第1棟~第8棟及び第9棟)は, 200ℓドラム缶約394,500本相当を貯蔵保管する能力を有し, 2020年3月現在の保管量は固体廃棄物貯蔵庫で約187,600本相当である。

固体廃棄物貯蔵庫の一部を瓦礫類の一時保管エリアに使用することにより, 放射性固体廃棄物の貯蔵能力はドラム缶約318,500本相当となるが, 想定保管量は2023年3月においてドラム缶約242,300本相当と見込んでおり, 放射性固体廃棄物の保管に支障はないものとする。

(b) 原子炉内で照射された使用済制御棒, チャンネルボックス等

i. 貯蔵保管

原子炉内で照射された使用済制御棒, チャンネルボックス等は, 使用済燃料プールに貯蔵もしくはサイトバンカに保管する。または, 原子炉内で照射されたチャンネルボックス等は使用済燃料共用プールに貯蔵する。

ii. 管理

(i) 巡視, 貯蔵保管量確認

サイトバンカにおける原子炉内で照射された使用済制御棒, チャンネルボックス等について, 事故前の保管量の推定値を元に保管物を確認する。

使用済燃料プールにおける原子炉内で照射された使用済制御棒, チャンネルボックス等の貯蔵量は, 事故前の貯蔵量の推定値を元に, 貯蔵物の出入りを確認する。

また, 使用済燃料共用プールにおける原子炉内で照射されたチャンネルボックス等については, 定期的な巡視及び貯蔵量の確認を実施する。

(ii) 管理上の注意事項の掲示

サイトバンカの目につきやすい場所に管理上の注意事項を掲示する。

iii. 貯蔵能力

サイトバンカは, 原子炉内で照射された使用済制御棒, チャンネルボックス等を約4,300m³保管する能力を有し, 2020年3月現在の保管量は, 制御棒約61m³, チャンネルボ

ックス等約 265m³，その他約 193m³である。

(c)使用済樹脂，フィルタスラッジ，濃縮廃液（造粒固化体（ペレット））

i. 処理・貯蔵保管

使用済樹脂，フィルタスラッジは，使用済樹脂貯蔵タンク等に貯蔵する。または，乾燥造粒装置で造粒固化し，造粒固化体貯槽または，固体廃棄物貯蔵庫に保管するか雑固体廃棄物焼却設備及び増設雑固体廃棄物焼却設備で焼却し，焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で，固体廃棄物貯蔵庫に保管する。

また，濃縮廃液（造粒固化体（ペレット））は，造粒固化体貯槽に保管する。

ii. 管理

(i) 巡視，貯蔵保管量確認

1～4号機廃棄物処理建屋及び廃棄物集中処理建屋設置分は監視設備の故障等により確認が困難であり，監視はできないが，点検が可能な液体廃棄物処理系または5，6号機のタンク等について，定期に外観点検または肉厚測定等を行い，漏えいのないことを確認することにより，当該貯蔵設備の状態を間接的に把握する。

貯蔵量については，事故前の貯蔵量の推定値にて確認する。

6号機原子炉建屋付属棟の地下を除いた5号機廃棄物処理建屋及び6号機原子炉建屋付属棟については，使用済樹脂貯蔵タンク等における使用済樹脂及びフィルタスラッジの貯蔵状況を定期的に監視し，貯蔵量を確認する。

なお，6号機原子炉建屋付属棟の地下設置分については，滞留水により没水しているため監視はできないことから，貯蔵設備に対する滞留水の影響について確認しており

（Ⅱ.2.33 添付資料－3参照），貯蔵量については，事故前の貯蔵量の推定値にて確認する。

運用補助共用施設については，沈降分離タンクにおけるフィルタスラッジの貯蔵状況を定期的に監視し，貯蔵量を確認する。

b. 事故後に発生した瓦礫等

(a) 瓦礫類

i. 処理・一時保管

発電所敷地内において，今回の地震，津波，水素爆発による瓦礫や放射性物質に汚染した資機材，除染を目的に回収する土壤等の瓦礫類は，瓦礫類の線量率に応じて，材質により可能な限り分別し，容器に収納して屋外の一時的保管エリア，固体廃棄物貯蔵庫，覆土式一時保管施設，または屋外の一時的保管エリアに一時的保管する。または，雑固体廃棄物焼却設備及び増設雑固体廃棄物焼却設備で焼却し，焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で，固体廃棄物貯蔵庫等に保管する。なお，固体廃棄物貯蔵庫に一時的保管する瓦礫類のうち，容器に収納できない大型瓦礫類は，飛散抑制対策を講じて一時保管する。また，瓦礫

類については、可能なものは切断、圧縮などの減容処理を行い、敷地内で保管するか、または再利用する。

瓦礫類を回収する際に、アスベスト等の有害物質を確認した場合には法令に則り適切に対応する。

発電所敷地内で発生する瓦礫類の処理フローを図2. 1. 1-3に示す。

ii. 飛散抑制対策

表面線量率が目安値を超える瓦礫類については、飛散抑制対策を実施する。

目安値は、発電所敷地内の空間線量率を踏まえ、周囲への汚染拡大の影響がない値として設定し、表面線量率が目安値以下の瓦礫類については、周囲の空間線量率と有意な差がないことから、飛散抑制対策は実施しない。

今後、発電所敷地内の空間線量率が変化すれば、それを踏まえ適宜見直す予定である。

飛散抑制対策としては、容器、固体廃棄物貯蔵庫、覆土式一時保管施設に収納、またはシートによる養生等を実施する。

iii. 管理

(i) 区画

関係者以外がむやみに立ち入らないよう、一時保管エリアに柵かロープ等により区画を行い、立ち入りを制限する旨を表示する。

(ii) 線量率測定

作業員の被ばく低減の観点から、瓦礫類の一時保管エリアの空間線量率を定期的に測定し、測定結果は作業員への注意喚起のため表示する。

(iii) 空气中放射性物質濃度測定

放射線防護の観点から、一時保管エリアにおいて空气中放射性物質濃度を定期的に測定する。また、空气中放射性物質濃度測定の結果が有意に高くないことにより、飛散抑制対策が講じられていることを確認する。なお、測定結果が有意に高い場合には、適切な放射線防護装備を使用するとともに、飛散抑制対策の追加措置等を検討する。

(iv) 遮蔽

作業員への被ばくや敷地境界線量に影響がある場合は遮蔽を行う。また、中期的には瓦礫類の表面線量率によって、遮蔽機能を有した建屋等に移動、一時保管すること等により敷地境界での線量低減を図る。

(v) 巡視、保管量確認

一時保管エリアにおける瓦礫類の一時保管状況を確認するために、定期的に一時保管エリアを巡視するとともに、一時保管エリアへの保管物の出入りに応じて定期的に保管量を確認する。なお、瓦礫類の保管量集計においては、一時保管エリアの余裕がどれくらいあるかを把握するため、エリア占有率を定期的に確認する。また、保管容量、受入目安の表面線量率を超えないように保管管理を行う。

なお、地震や大雨等に起因し、施設の保管状態に異常が認められた場合には、損傷の程度に応じて、施設の修復や瓦礫類の移動、取り出しを行う。

一時保管エリアの保管容量、受入目安表面線量率一覧表を表 2.1. 1-1-1 に示す。

(vi) 覆土式一時保管施設における確認

覆土式一時保管施設は、遮水シートによる雨水等の浸入防止対策が施されていることを確認するために、槽内の溜まり水の有無を確認し、溜まり水が確認された場合には回収する。

覆土式一時保管施設における測定ポイント、測定結果表示箇所予定位置図を図 2.

1. 1-4 に示す。

(vii) 高線量の瓦礫類の一時保管における措置

表面線量率 1mSv/h を超える瓦礫類を固体廃棄物貯蔵庫の地下階に保管する場合は、合理的に可能な限り無人重機又は遮蔽機能を有する重機を使用する。特に、 30mSv/h を超える高線量の瓦礫類を固体廃棄物貯蔵庫の地下階に保管する場合は、可能な限り無人重機を使用する。また、 1mSv/h を超える瓦礫類のなかでも相対的に高い線量の瓦礫類は、合理的に可能な限りレーンの奥に定置する他、作業員が立ち入る通路に近い場所には比較的低線量の瓦礫類を保管することにより、作業員の被ばく低減に努める。

iv. 貯蔵能力

2020 年 3 月現在の瓦礫類の一時保管エリアの保管容量は、約 $439,100\text{m}^3$ であり、保管量は、約 $290,900\text{m}^3$ である。また、2023 年 3 月においては、保管容量約 $424,600\text{m}^3$ に対して、想定保管量は、約 $395,400\text{m}^3$ と見込んでおり、2023 年 3 月までの保管容量は総量として確保されるものとする。

(b) 伐採木

i. 処理・一時保管

回収した伐採木は、枝葉根・幹根の部位により可能な限り分別し、屋外の一時保管エリアまたは枝葉根を減容して伐採木一時保管槽にて保管するか、雑固体廃棄物焼却設備及び増設雑固体廃棄物焼却設備で焼却し、焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で固体廃棄物貯蔵庫等に保管する。

なお、伐採木一時保管槽においては、覆土をすることにより線量低減を図る。

ii. 防火対策

伐採木の枝葉根と幹根の一時保管エリアには、火災時の初動対策として消火器を設置するとともに、以下の防火対策を実施する。

(i) 枝葉根

枝葉根については、微生物による発酵と酸化反応による発熱が考えられることから、

屋外集積を行う枝葉根は、温度上昇を抑えるため積載高さを5m未満とし、通気性を確保するとともに、定期的な温度監視を行い、必要に応じて水の散布や通気性を良くするために積載した枝葉根の切り崩しを行う。

伐採木一時保管槽に収納する減容された枝葉根は、温度上昇を抑えるため収納高さを約3mとするとともに、覆土・遮水シートを敷設することで酸素の供給を抑制し、保管槽へのガスの滞留を防ぐためにガス抜き管を設置する。また、定期的な温度監視を行い、温度上昇が見受けられた場合はガス抜き管より窒素を注入し、温度低下を図るとともに、窒素による窒息効果により自然発火のリスクを抑える。

(ii) 幹根

幹根については、微生物による発酵と酸化反応による発熱が起り難いと考えられるが、通気性を確保するように積載高さを5m未満とする。

iii. 飛散抑制対策

屋外集積する伐採木は、シート養生をすることにより、放熱が抑制、蓄熱が促進され、蓄熱火災を生じる恐れがあることから、シート養生による飛散抑制対策は実施しないが、飛散抑制対策が必要となった場合には、飛散防止剤を散布する等の対策を講じる。伐採木一時保管槽については、覆土による飛散抑制対策を行う。

iv. 管理

(i) 区画

関係者以外がむやみに立ち入らないよう、一時保管エリアに柵かロープ等により区画を行い、立ち入りを制限する旨を表示する。

(ii) 線量率測定

作業員の被ばく低減の観点から、伐採木の一時保管エリアの空間線量率を定期的に測定し、測定結果は作業員への注意喚起のため表示する。

(iii) 空気中放射性物質濃度測定

放射線防護の観点から、一時保管エリアにおいて空気中放射性物質濃度を定期的に測定する。また、空気中放射性物質濃度測定の結果が有意に高くないことにより、飛散抑制対策が講じられていることを確認する。なお、測定結果が有意に高い場合には、適切な放射線防護装置を使用するとともに、飛散抑制対策の追加措置等を検討する。

(iv) 遮蔽

作業員への被ばくや敷地境界線量に影響がある場合は遮蔽を行う。

(v) 巡視、保管量確認

一時保管エリアにおける伐採木の一時保管状況を確認するために、定期的に一時保管エリアを巡視するとともに、一時保管エリアへの保管物の出入りに応じて定期的に保管量を確認する。なお、伐採木の保管量集計においては、一時保管エリアの余裕がどれくらいあるかを把握するため、エリア占有率を定期的に確認する。また、保管容量、受入目安

の表面線量率を超えないように保管管理を行う。

なお、伐採木一時保管槽は、定期的に温度監視を実施し、火災のおそれのある場合には冷却等の措置を実施する。また、外観確認により遮水シート等に異常がないことを定期的に確認する。地震や大雨等に起因し、施設の保管状態に異常が認められた場合には、損傷の程度に応じて、施設の修復や伐採木の移動、取り出しを行う。

一時保管エリアの保管容量、受入目安表面線量率一覧表を表2.1.1-1-2に示す。

v. 貯蔵能力

2020年3月現在の枝葉根の一時保管エリアの保管容量は、約47,600m³であり、保管量は、約37,700m³である。また、2023年3月においては、保管容量約47,600m³に対して、想定保管量は、約38,400m³と見込んでおり、2023年3月までの保管容量は確保されるものとする。

また、2020年3月現在の幹根の一時保管エリアの保管容量は、約128,000m³であり、保管量は、約96,600m³である。また、2023年3月においては、保管容量約128,000m³に対して、想定保管量は、約24,700m³と見込んでおり、2023年3月までの保管容量は確保されるものとする。

(c) 使用済保護衣等

i. 処理・一時保管

発電所に保管している使用済保護衣等は、保護衣・保護具の種類ごとに分別し、可能なものは圧縮等を実施して袋詰めまたは容器に収納し、決められた場所に一時保管する。または、雑固体廃棄物焼却設備及び増設雑固体廃棄物焼却設備で焼却し、焼却灰をドラム缶等の容器に封入した上で、固体廃棄物貯蔵庫等に保管する。

ii. 管理

(i) 区画

関係者以外がむやみに立ち入らないよう、一時保管エリアに柵かロープ等により区画を行い、立ち入りを制限する旨を表示する。

(ii) 線量率測定

作業員の被ばく低減の観点から、使用済保護衣等の一時保管エリアの空間線量率を定期的に測定し、測定結果は作業員への注意喚起のため表示する。

(iii) 空气中放射性物質濃度測定

放射線防護の観点から、一時保管エリアにおいて空气中放射性物質濃度を定期的に測定する。また、空气中放射性物質濃度測定の結果が有意に高くないことにより、飛散抑制対策が講じられていることを確認する。なお、測定結果が有意に高い場合には、適切な放射線防護装備を使用するとともに、飛散抑制対策の追加措置等を検討する。

(iv) 遮蔽

作業員への被ばくや敷地境界線量に影響がある場合は遮蔽を行う。

(v) 巡視、保管量確認

一時保管エリアにおける使用済保護衣等の一時保管状況を確認するために、定期的に一時保管エリアを巡視するとともに、一時保管エリアへの保管物の出入りに応じて定期的に保管量を確認する。また、使用済保護衣等の保管量集計においては、一時保管エリアの余裕がどれくらいあるかを把握するため、エリア占有率を定期的に確認する。一時保管エリアの保管容量、受入目安表面線量率一覧表を表 2.1.1-1-3 に示す。

なお、地震や大雨等に起因し、施設の保管状態に異常が認められた場合には、損傷の程度に応じて、施設の修復や使用済保護衣等の移動、取り出しを行う。

iii. 貯蔵能力

2020 年 3 月現在の使用済保護衣等の一時保管エリアの保管容量は、約 74,500m³であり、保管量は、約 46,400m³である。また、2023 年 3 月においては、保管容量約 74,500m³に対して、想定保管量は、約 17,000m³と見込んでおり、2023 年 3 月までの保管容量は確保されるものとする。

2.1.1.4 敷地境界線量低減対策

追加的に放出される放射性物質と敷地内に保管する放射性廃棄物等による敷地境界における実効線量の低減対策を実施する。

瓦礫類、伐採木において考えられる対策を以下に記載する。

a. 覆土式一時保管施設の設置、同施設への瓦礫類の移動

線量率の高い瓦礫類については、遮蔽機能のある覆土式一時保管施設に保管する。

b. 敷地境界から離れた場所への瓦礫類の移動

敷地境界に近い一時保管エリアに保管している瓦礫類については、敷地境界から離れた一時保管エリアへ移動する。

c. 伐採木への覆土

一時保管エリアに保管している伐採木で、線量率が周辺環境に比べ比較的高い対象物については、伐採木一時保管槽に収納することにより線量低減を図る。

d. 一時保管エリアの仮遮蔽

一時保管エリアに保管中の瓦礫類に土嚢等により仮遮蔽を実施する。

e. 線量評価の見直し

瓦礫類及び伐採木の一時保管エリア、固体廃棄物貯蔵庫について、線源設定を測定値により見直し評価する。

表2. 1. 1-1-1 一時保管エリアの保管容量, 受入目安表面線量率一覧表
【瓦礫類】

エリア名称	保管物	保管容量(約m ³)	受入目安表面線量率(mSv/h)
固体廃棄物貯蔵庫(第1棟)	瓦礫類	600	0.1
固体廃棄物貯蔵庫(第2棟)	瓦礫類	3,200	5
固体廃棄物貯蔵庫(第3~第8棟)	瓦礫類	15,000	>30
固体廃棄物貯蔵庫第9棟地下2階	瓦礫類	15,300	>30
固体廃棄物貯蔵庫第9棟地下1階	瓦礫類	15,300	30
固体廃棄物貯蔵庫第9棟地上1階	瓦礫類	15,300	1
一時保管エリアA1	瓦礫類	※1(ケース1)2,400 (ケース2)4,300	※1(ケース1) 30 (ケース2)0.01
一時保管エリアA2	瓦礫類	※1(ケース1)4,700 (ケース2)9,500	※1(ケース1) 30 (ケース2)0.005
一時保管エリアB	瓦礫類	5,300	0.01
一時保管エリアC	瓦礫類	67,000	0.01(31,000m ² /分) 0.025(35,000m ² /分) 0.1(1,000m ² /分)
一時保管エリアD	瓦礫類	4,500	0.09(2,400m ² /分) 0.3(2,100m ² /分)
一時保管エリアE1	瓦礫類	16,000	1
一時保管エリアE2	瓦礫類	1,800	10
一時保管エリアF1	瓦礫類	650	10
一時保管エリアF2	瓦礫類	7,500	0.1
一時保管エリアJ	瓦礫類	8,000	0.005
一時保管エリアL	瓦礫類	16,000	30
一時保管エリアN	瓦礫類	10,000	0.1
一時保管エリアO	瓦礫類	51,400	0.01(27,500m ² /分) 0.1(23,900m ² /分)
一時保管エリアP1	瓦礫類	85,000	0.1
一時保管エリアP2	瓦礫類	9,000	1
一時保管エリアQ	瓦礫類	6,100	5
一時保管エリアU	瓦礫類	750	0.015(310m ² /分), 0.020(110m ² /分), 0.028(330m ² /分)
一時保管エリアV	瓦礫類	6,000	0.1
一時保管エリアW	瓦礫類	29,300	1
一時保管エリアX	瓦礫類	12,200	1
一時保管エリアAA	瓦礫類	36,400	0.001

※1 : ケース 1 高線量の瓦礫類に遮蔽を行い一時保管した場合
 ケース 2 低線量の瓦礫類を一時保管した場合
 尚、A 1, A 2とも、2019年度にケース1からケース2へ切り替えを実施

表2. 1. 1-1-2 一時保管エリアの保管容量，受入目安表面線量率一覧表
【伐採木】

エリア名称	保管物	保管容量 (約m ³)	受入目安表面線量率 (mSv/h)
一時保管エリアG	伐採木 (枝葉根)	29,700	0.079 (4,200m ³ 分) 0.055 (3,000m ³ 分) 0.15(5,900m ³ 分) 0.15(16,600m ³ 分)
	伐採木 (幹根)	40,000	バックグラウンド線量率と 同等以下
一時保管エリアH ^{*1}	伐採木 (枝葉根)	(ケース1) 15,000	0.3
	伐採木 (幹根)	(ケース2) 20,000	バックグラウンド線量率と 同等以下
	伐採木 (幹根)	23,000	バックグラウンド線量率と 同等以下
一時保管エリアM	伐採木 (幹根)	45,000	バックグラウンド線量率と 同等以下
一時保管エリアT	伐採木 (枝葉根)	11,900	0.3
一時保管エリアV	伐採木 (枝葉根・幹根)	6,000	0.3

※1 枝葉根又は幹根を一時保管する計画であり，それぞれ全量保管した場合の保管容量をケース1 (枝葉根)，ケース2 (幹根) に示す。尚，2020年度以降にケース2からケース1へ切り替えを行う計画である。

表2. 1. 1-1-3 一時保管エリアの保管容量, 受入目安表面線量率一覧表

【使用済保護衣等】

エリア名称	保管物	保管容量 (約m ³)	受入目安表面線量率 (mSv/h)
一時保管エリアa	使用済保護衣等	4,400	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアb	使用済保護衣等	4,600	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアc	使用済保護衣等	900	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアd	使用済保護衣等	1,300	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアe	使用済保護衣等	7,400	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアf	使用済保護衣等	2,200	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアg	使用済保護衣等	6,200	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアi	使用済保護衣等	22,200	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアj	使用済保護衣等	1,600	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアk	使用済保護衣等	5,100	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアl	使用済保護衣等	6,700	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアm	使用済保護衣等	3,400	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアn	使用済保護衣等	3,700	バックグラウンド線量率と同等以下
一時保管エリアo	使用済保護衣等	4,800	バックグラウンド線量率と同等以下

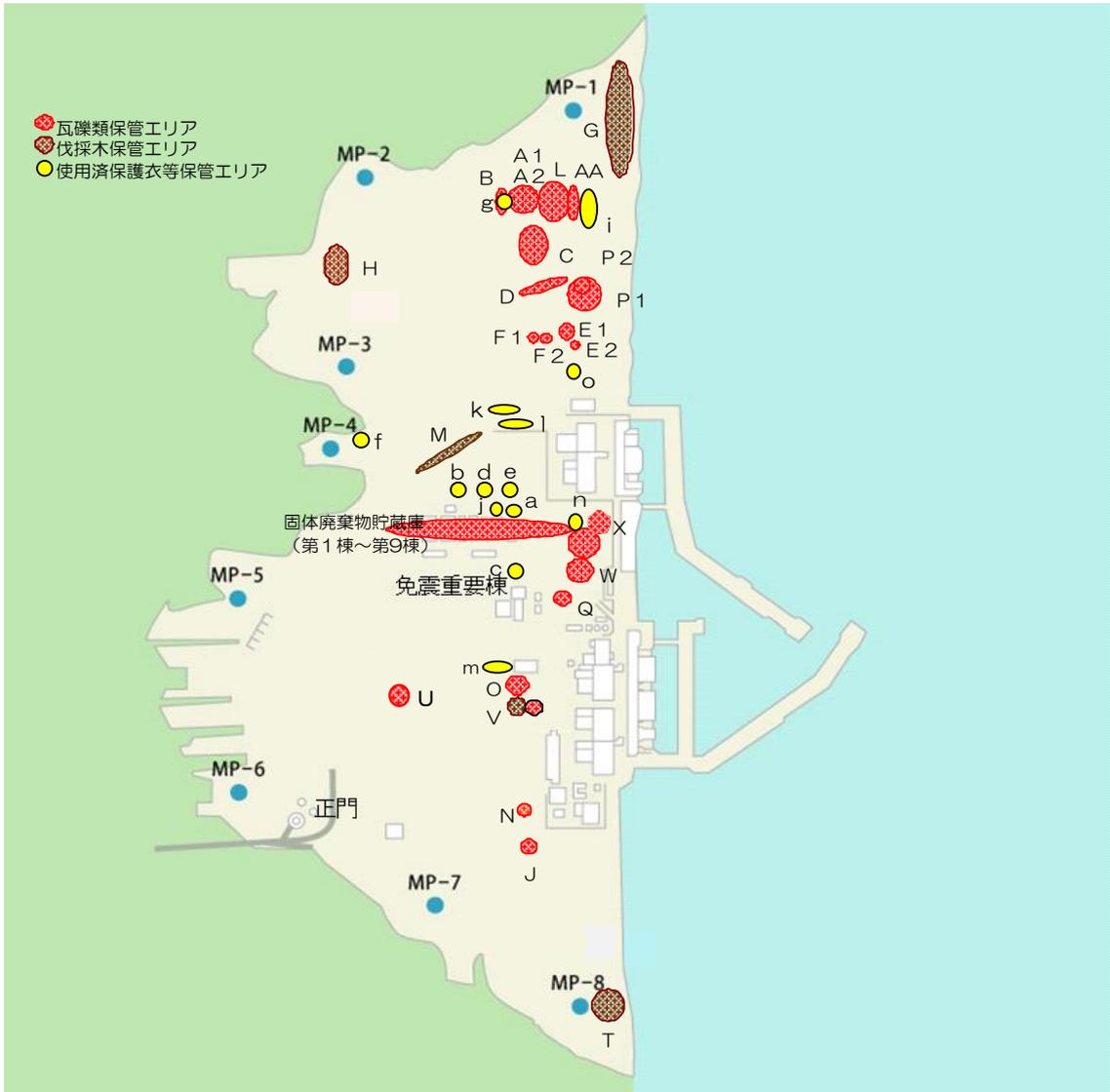


図2. 1. 1-1 一時保管エリア配置図

【m³】 今後3年間の想定発生量と保管容量の比較

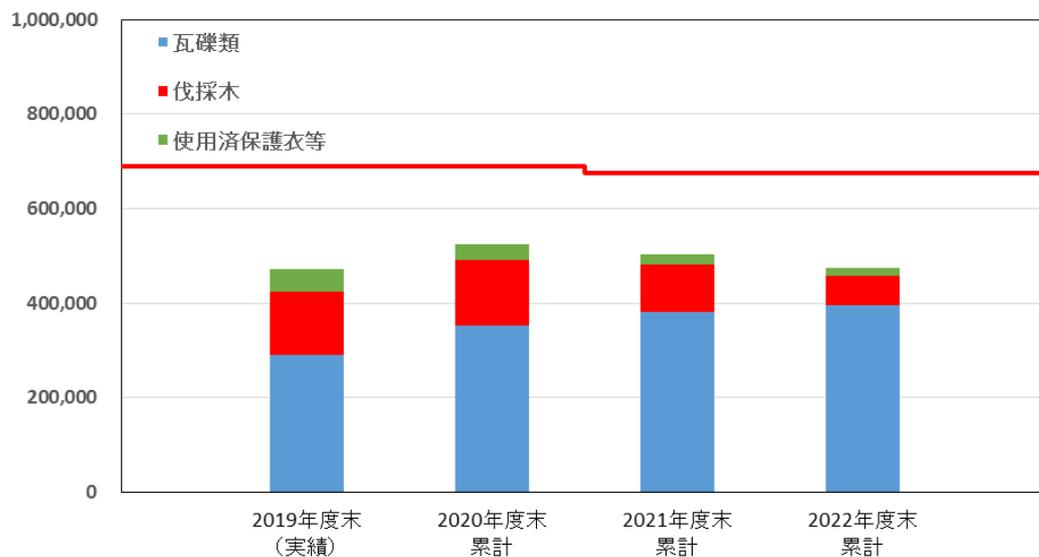
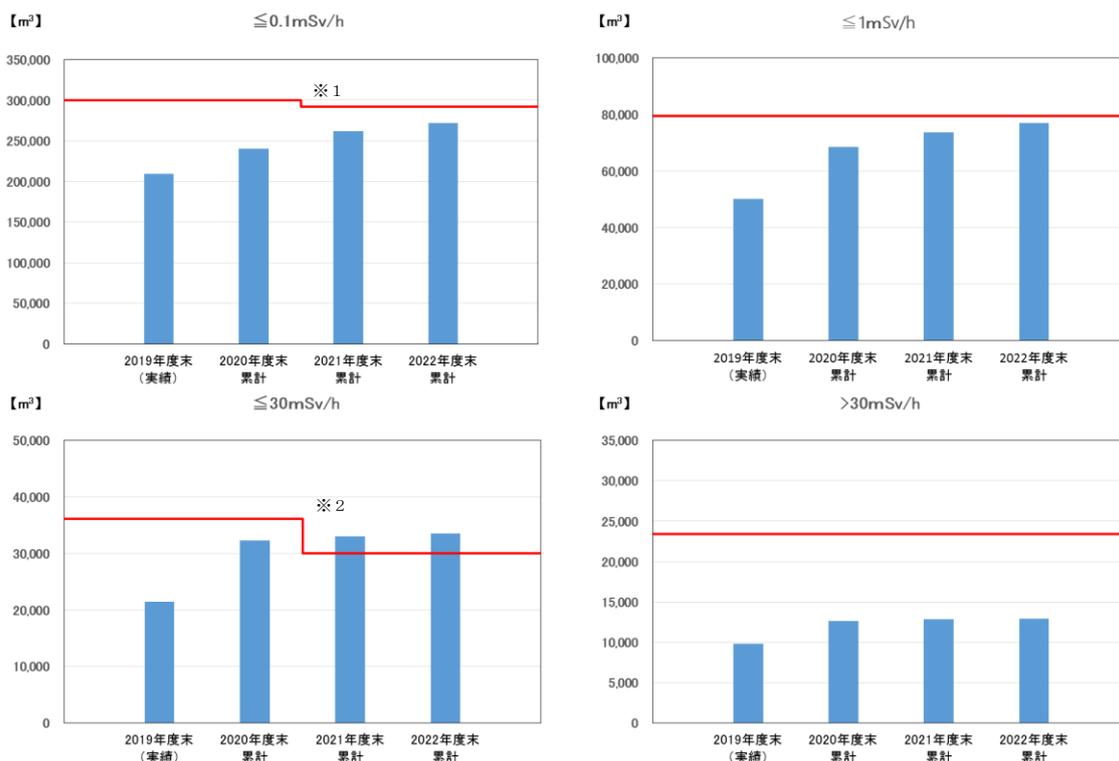


図2. 1. 1-2-1 瓦礫等の想定保管量



※1 固体廃棄物貯蔵庫第9棟の一部に放射性固体廃棄物を保管することによる減少

※2 2020年度末に一時保管エリアQを解除予定。超過分は上位の線量区分へ移動させることで、保管容量の超過を回避

※ 固体廃棄物貯蔵庫第9棟の保管容量は容器収納での保管を前提に、8,400m³/階で想定

図2. 1. 1-2-2 瓦礫類の線量区分毎の想定保管量と保管容量の比較

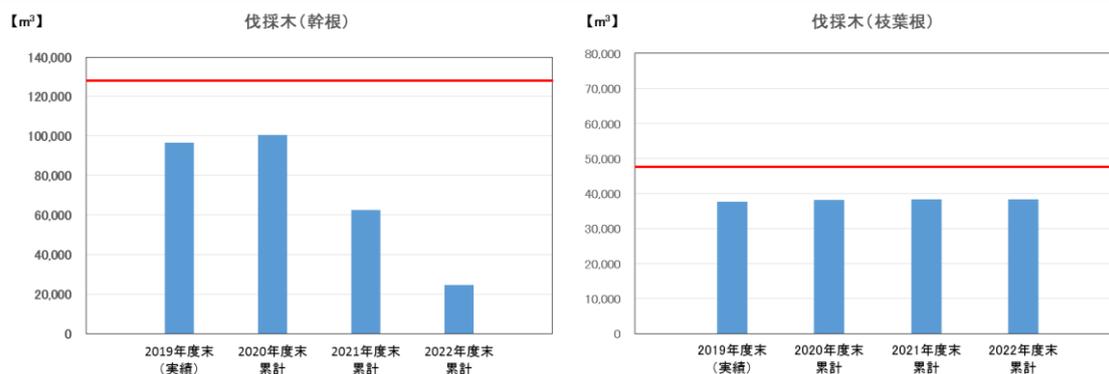


図2. 1. 1-2-3 伐採木の想定保管量と保管容量の比較

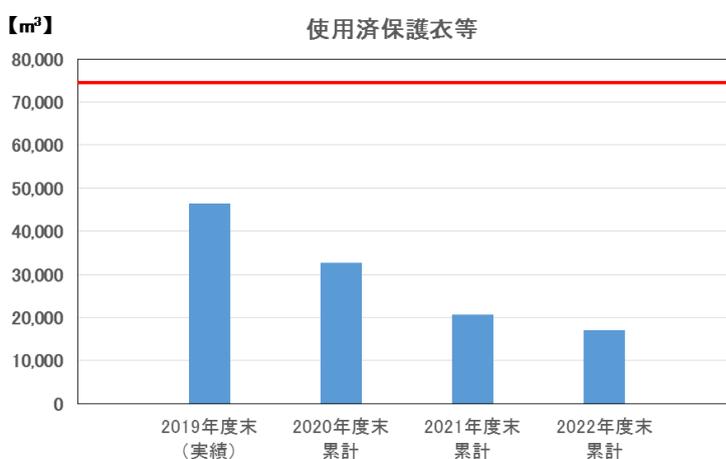


図2. 1. 1-2-4 使用済保護衣等の想定保管量と保管容量の比較



※1 固体廃棄物貯蔵庫第9棟の一部に放射性固体廃棄物を保管することによる増加

※ 固体廃棄物貯蔵庫第9棟の保管容量は金属容器での収納を前提に、200ℓドラム缶 65,800 本相当/階で想定

図2. 1. 1-2-5 放射性固体廃棄物の想定発生量と保管容量の比較

表 2. 1. 1-2-1 想定保管量^{※1}の内訳（瓦礫等）

単位：m³

	瓦礫類	伐採木		使用済保護衣等	合計 ^{※2}
		幹根	枝葉根		
2019年度末(実績)	290,900	96,600	37,700	46,400	471,600
2020年度末累計	353,700	100,600	38,100	32,700	525,100
2021年度末累計	381,800	62,700	38,300	20,600	503,300
2022年度末累計	395,400	24,700	38,400	17,000	475,500

表 2. 1. 1-2-2 保管容量の内訳（瓦礫等）

単位：m³

	瓦礫類	伐採木		使用済保護衣等	合計 ^{※2}
		幹根	枝葉根		
2019年度末(実績)	439,100	128,000	47,600	74,500	689,200
2020年度末累計	439,100	128,000	47,600	74,500	689,200
2021年度末累計	424,600	128,000	47,600	74,500	674,700
2022年度末累計	424,600	128,000	47,600	74,500	674,700

表 2. 1. 1-2-3 想定保管量^{※1}の内訳（瓦礫類線量区分）

単位：m³

線量区分	≤0.1mSv/h	≤1mSv/h	≤30mSv/h	>30mSv/h	合計 ^{※2}
2019年度末(実績)	209,500	50,100	21,500	9,800	290,900
2020年度末累計	240,200	68,600	32,200	12,600	353,700
2021年度末累計	262,200	73,700	33,000	12,800	381,800
2022年度末累計	271,900	77,100	33,600	12,900	395,400

表 2. 1. 1-2-4 保管容量の内訳（瓦礫類線量区分）

単位：m³

線量区分	≤0.1mSv/h	≤1mSv/h	≤30mSv/h	>30mSv/h	合計 ^{※2}
2019年度末(実績)	300,150	79,400	36,150	23,400	439,100
2020年度末累計	300,150	79,400	36,150	23,400	439,100
2021年度末累計	291,750	79,400	30,050	23,400	424,600
2022年度末累計	291,750	79,400	30,050	23,400	424,600

表 2. 1. 1-2-5 想定保管量^{※1}及び保管容量の内訳（放射性固体廃棄物）

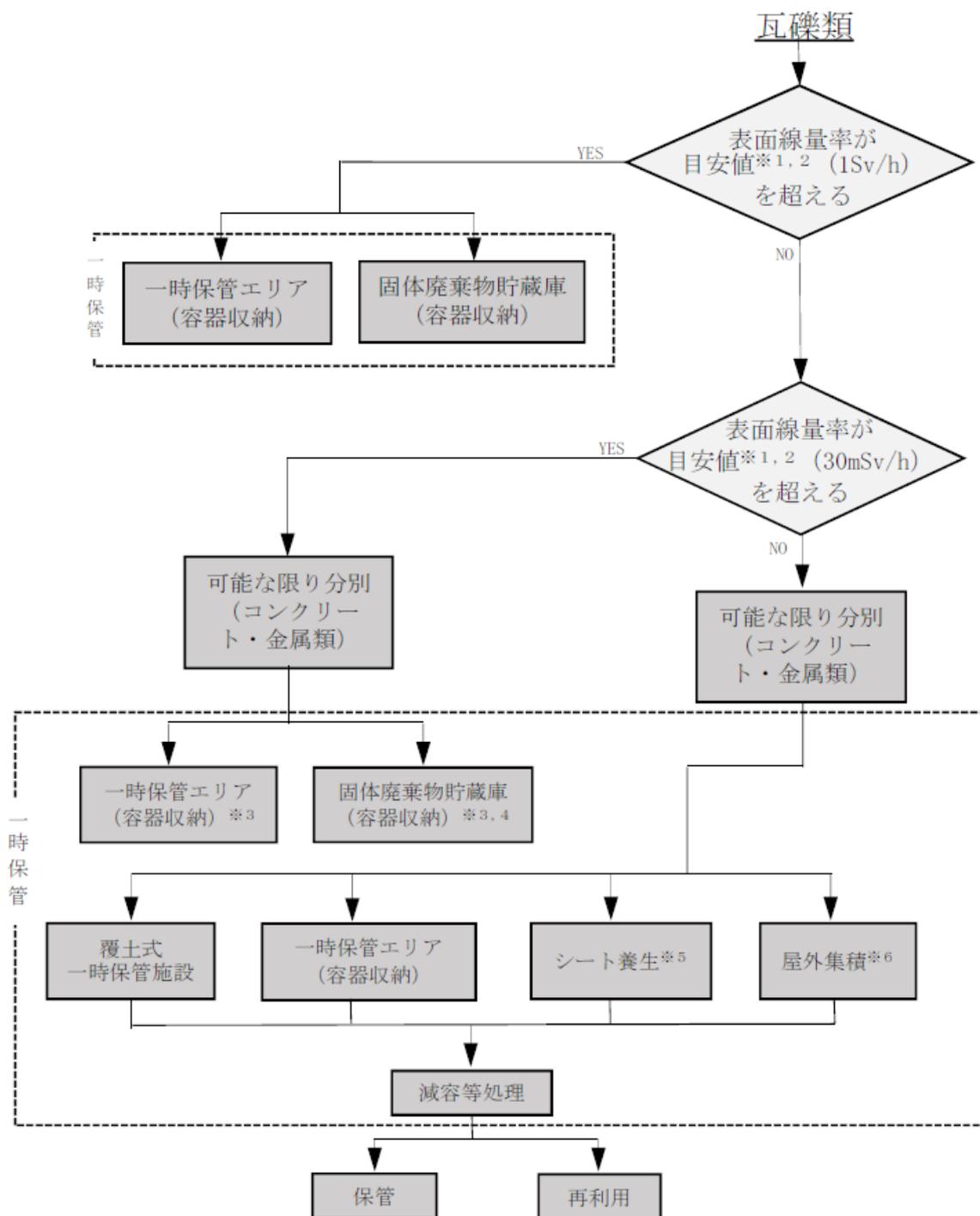
単位：本

	想定保管量			合計 ^{※3}	保管容量 ^{※3} (放射性固体廃棄物貯蔵 庫第1棟～第9棟)
	震災前に固体廃棄物貯蔵庫に保管されてい た放射性廃棄物	雑固体廃棄物焼却設備、増設雑固体廃棄物 焼却設備及び大型除染設備より発生する 放射性廃棄物			
2019年度末(実績)	185,800	1,800		187,600	252,700
2020年度末累計	185,800	2,400		188,200	252,700
2021年度末累計	185,800	29,500		215,300	318,500
2022年度末累計	185,800	56,500		242,300	318,500

※1：想定保管量は、至近の工事計画及び中長期ロードマップ等から工事を想定して算出している。

※2：端数処理で100m³未満を四捨五入しているため、合計値が合わないことがある。

※3：端数処理で100本未満を四捨五入しているため、合計値が合わないことがある。



- ※1 目安値は発電所敷地内の空間線量率を踏まえ適時見直し
- ※2 目安を判断することができる場合は、表面そのものの測定を実施しないことがある
- ※3 容器に収納できない大型瓦礫類は、飛散抑制対策を講じて一時保管する
- ※4 30mSv/h以下の瓦礫類もある
- ※5 目安値1mSv/h以下の瓦礫類を一時保管する
- ※6 目安値0.1mSv/h以下の瓦礫類を一時保管する

図2. 1. 1-3 発電所敷地内で発生する瓦礫類の処理フロー

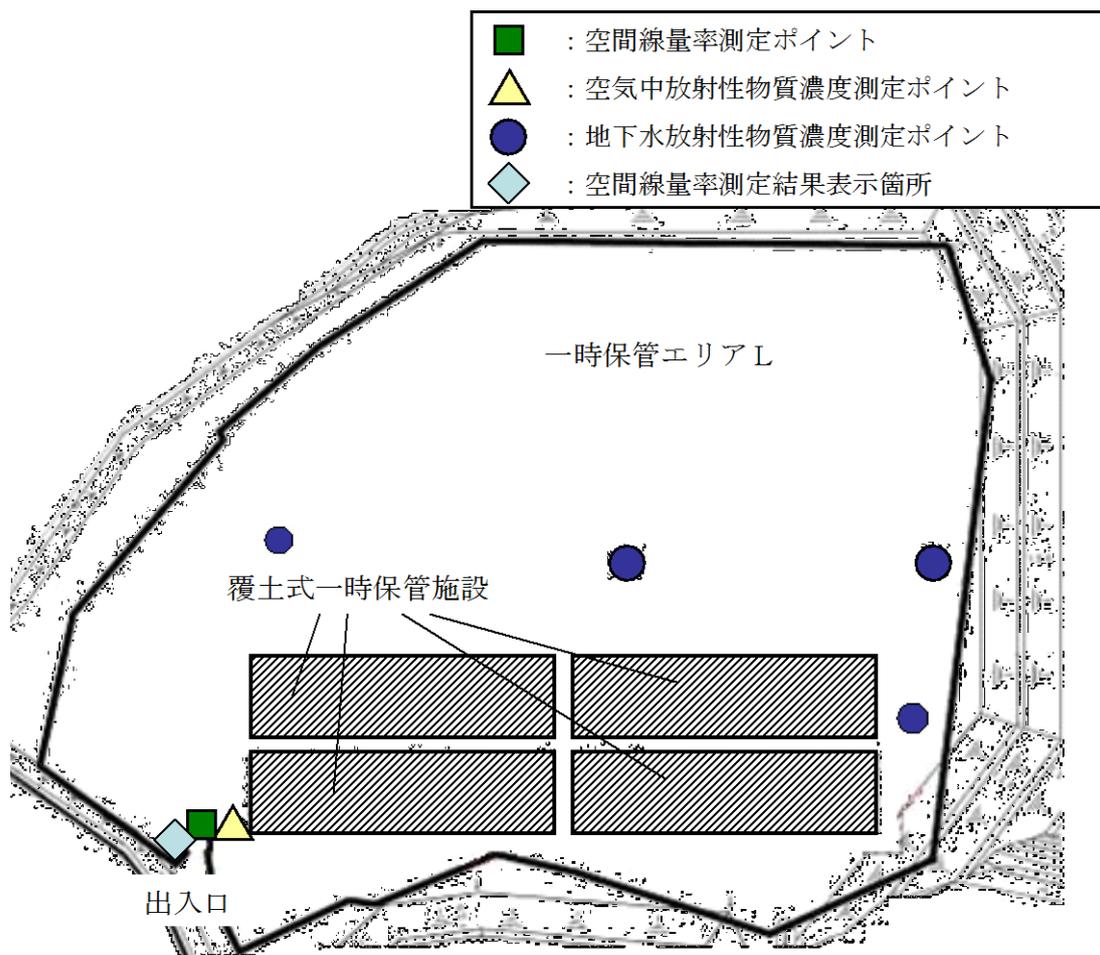


図2. 1. 1-4 覆土式一時保管施設における測定ポイント，測定結果表示箇所予定位置図

2.1.2 放射性液体廃棄物等の管理

2.1.2.1 概要

(1) 放射性液体廃棄物（事故発災前に稼働していた系統の液体）

事故発災前に稼働していた系統の放射性液体廃棄物は、機器ドレン廃液、床ドレン廃液、化学廃液及び洗濯廃液がある。これら廃液の処理設備は、滞留水に水没又は系統の一部が故障しており、環境への放出は行っていない。

(2) 放射性液体廃棄物等（事故発災後に発生した液体）

事故発災後に発生した放射性液体廃棄物等は、以下のものがある。

1～3号機の原子炉を冷却するために注水を行っているが、注水後の水が原子炉建屋等に漏出し滞留水として存在している。

この汚染水については、外部に漏れないように建屋内やタンク等に貯蔵しているとともに、その一部を、汚染水処理設備により放射性物質の低減処理（浄化処理）を行い、浄化処理に伴い発生する処理済水をタンクに貯蔵するとともに、淡水化した処理済水は原子炉へ注水する循環再利用を行っている。

汚染水処理設備の処理水及び処理設備出口水については、多核種除去設備により放射性物質（トリチウムを除く）の低減処理を行い、処理済水をタンクに貯蔵する。

5・6号機のタービン建屋等に流入した海水・地下水及び、放射性物質濃度が散水の基準を超える堰内雨水は、滞留水として、貯留設備（タンク）へ移送し貯留するとともに、その一部を、次のいずれかの方法により浄化処理を行い、構内散水に使用している。

- ① 浄化ユニット及び淡水化装置による浄化処理
- ② 浄化装置及び淡水化装置による浄化処理
- ③ 浄化ユニットによる浄化処理

1～4号機タービン建屋及び5・6号機タービン建屋等の周辺の地下水はサブドレンピットから汲み上げ、また、海側遮水壁によりせき止めた地下水は地下水ドレンポンドから汲み上げ、サブドレン他浄化設備により浄化処理を行い、管理して排水する。

地下水バイパスの実施に伴い汲み上げた地下水は、管理して排水する。

汚染水タンクエリアの堰内に貯まった雨水は、管理して排水、若しくは構内散水する。なお、堰内雨水が散水の基準を超えた場合は雨水処理設備により浄化処理を行う。

なお、臨時の出入管理箇所では保管していた洗浄水は、福島第一原子力発電所に運搬した後、構内に一時仮置きし、今後、処理する予定としている。

2.1.2.2 基本方針

放射性液体廃棄物等（事故発災後に発生した液体。以降、同じ。）については、浄化処理等必要な処理を行い、環境へ排水、散水する放射性物質の濃度を低減する。

詳細は「2.1.2.3 (5)排水管理の方法」に定める。

2.1.2.3 対象となる放射性液体廃棄物等と管理方法

管理対象区域における建屋内、タンク等に貯蔵・滞留している放射性物質を含む水、サブドレンピット等から汲み上げる水、当該建屋や設備へ外部から流入する水、及びそれらの水処理の各過程で貯蔵している、あるいは発生する液体を対象とする。

(1) 発生源

- ① 1～6号機の原子炉建屋及びタービン建屋等においては、津波等により浸入した大量の海水が含まれるとともに、1～3号機においては原子炉への注水により、原子炉及び原子炉格納容器の損傷箇所から漏出した高濃度の放射性物質を含む炉心冷却水が流入し滞留している。また、1～4号機については、使用済燃料プール代替冷却浄化系からの漏えいがあった場合には、建屋内に流入する。この他、建屋には雨水の流入、及び地下水が浸透し滞留水に混入している。
- ② 地下水の建屋流入を抑制するために、1～4号機タービン建屋及び5・6号機タービン建屋等周辺の地下水を汲み上げ（サブドレン）、また、海側遮水壁によりせき止められた地下水が、地表面にあふれ出ないように汲み上げる（地下水ドレン）。
- ③ 臨時の出入管理箇所において、人の洗身及び車両の洗浄に使用した洗浄水を福島第一原子力発電所に運搬した後、構内に一時仮置きしている。
- ④ 建屋に流入する地下水を少なくするために、建屋山側の高台で地下水を汲み上げ、その流路を変更して海にバイパスする（地下水バイパス）。
- ⑤ 汚染水タンクエリアの堰内には、雨水が貯まる。

1～4号機の建屋内滞留水は、海洋への漏えいリスクの高まる T.P. 2.5m 盤到達までの余裕確保のために水位を T.P. 1.5m 付近となるよう管理することとしている。具体的には、原子炉建屋、タービン建屋、廃棄物処理建屋に水圧式の水位計を設置し、免震重要棟で水位を監視しており、2～4号機タービン建屋から集中廃棄物処理建屋へ滞留水を移送している。

(2) 浄化処理

①多核種除去設備による浄化処理

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）については、多核種除去設備により低減処理を行う。

②1～4号機の浄化処理

滞留水を漏えいさせないように、プロセス主建屋及び高温焼却炉建屋へ滞留水を移送し、放射性物質を除去する汚染水処理設備により浄化処理を実施している。除去した放射性物質を環境中へ移行しにくい性状にさせるため、放射性物質を吸着・固定化又は凝集する。

③5・6号機の浄化処理

貯留設備（タンク）へ滞留水を移送し、「2.1.2.1(2)放射性液体廃棄物等（事故発災後に発生した液体）」に示す方法により浄化処理を実施している。（詳細は「Ⅱ 2.33.2 5・6号機 仮設設備（滞留水貯留設備）」を参照）

④サブドレン水及び地下水ドレン水の浄化処理

サブドレンピットから汲み上げた水及び地下水ドレンポンドから汲み上げた水について、サブドレン他浄化設備により浄化処理を実施する。（詳細は「Ⅱ 2.35 サブドレン他水処理施設」を参照）

⑤堰内雨水の浄化処理

堰内雨水について、放射性物質濃度が「(4)再利用」に示す散水の基準を超える場合は雨水処理設備により浄化処理を実施する。

(3) 貯蔵管理

汚染水処理設備の処理済水については、多核種除去設備・増設多核種除去設備・高性能多核種除去設備により、放射性物質（トリチウムを除く）の低減処理を行い、処理済水を処理済水貯留用タンク・槽類に貯留する。

1～4号機のタービン建屋等の高レベルの滞留水については建屋外に滞留水が漏えいしないよう滞留水の水位を管理している。また、万が一、タービン建屋等の滞留水の水位が所外放出レベルに到達した場合には、タービン建屋等の滞留水の貯留先を確保するために、プロセス主建屋に貯留している滞留水の受け入れ先として、高濃度滞留水受タンクを設置している。

1～4号機の廃棄物処理建屋等の地下階に設置されている容器等内の廃液については、漏えいしても滞留水として系内にとどまる。また、地上階に設置されている容器等内の廃液については、腐食により廃液が容器等から漏えいすることが懸念されるため、点検が可能な容器等については、定期的に外観点検または肉厚測定を行い、漏えいのないことを確認する。また、高線量等により外観点検等が困難な容器等については、外観点検または肉厚測定を実施した容器等の点検結果より、劣化状況を想定し、漏えいが発生していないこと

を確認する。

高レベル滞留水は処理装置（セシウム吸着装置，第二セシウム吸着装置，第三セシウム吸着装置，除染装置），淡水化装置（逆浸透膜装置，蒸発濃縮装置）により処理され，水処理により発生する処理済水は中低濃度タンク（サプレッション・プール水サージタンク，廃液RO供給タンク，RO後濃縮塩水受タンク，濃縮廃液貯槽，RO及び蒸発濃縮装置後淡水受タンク）に貯蔵管理する。

5・6号機のタービン建屋等に流入した海水・地下水等は，滞留水として，貯留設備（タンク）へ移送して貯留し，その一部は，浄化装置及び淡水化装置により浄化処理を行っている。各タンクは巡視点検により漏えいがないことを定期的に確認する。

臨時の出入管理箇所において保管していた洗浄水は，福島第一原子力発電所に運搬した後，構内に一時仮置きしており，巡視により漏えいがないことを定期的に確認する。

地下水バイパス設備により汲み上げた地下水は，一時貯留タンクに貯留する。各タンクは巡視点検により漏えいがないことを定期的に確認する。

浄化処理後のサブドレン水及び地下水ドレン水は，サンプルタンクに貯留する。各タンクは巡視点検により漏えいがないことを定期的に確認する。

浄化処理後の堰内雨水は，処理水タンクに貯留する。各タンクは巡視点検により漏えいがないことを定期的に確認する。なお，同様な管理を継続していくとともに，タンクは必要に応じて増設する。

(4) 再利用

汚染水処理設備により放射性物質を低減し，浄化処理に伴い発生する処理済水は貯蔵を行い，淡水化した処理済水については原子炉の冷却用水等へ再利用する。

5・6号機のタービン建屋等に流入した海水・地下水等は，滞留水として，貯留設備（タンク）へ移送して貯留し，「2.1.2.1(2)放射性液体廃棄物等（事故発災後に発生した液体）」に示す方法により浄化処理を行い，構内散水に使用している。構内散水にあたっては，以下に示す確認を行う。

① 浄化ユニット及び淡水化装置により浄化処理した水または浄化装置及び淡水化装置により浄化処理した水

被ばく評価上有意な核種である Cs-134, Cs-137, Sr-90※, H-3（以下，「主要核種」という）の放射性物質濃度を測定し，告示に定める周辺監視区域外の水中の濃度限度との比（以下，「告示濃度限度比」という）の和が 0.22 以下となることを確認する。

なお，浄化ユニット及び淡水化装置による浄化処理した水並びに浄化装置及び淡水化装置により浄化処理した水の評価対象核種が同一である理由は，いずれも最後段に位置する淡水化装置の浄化性能を基に評価対象核種を選定しているためである。

② 浄化ユニットにより浄化処理した水

主要核種の放射性物質濃度を測定し、告示濃度限度比の和が 0.21 以下であること、及び前記の測定において、その他の人工の γ 線放出核種が検出されていないことを確認する。

堰内雨水について、当面、排水方法が確定するまでは、排水時と同様の確認を行い、処理水を構内散水する。

なお、「(3)貯蔵管理」に示す管理において各タンクからの漏えいが確認された場合、当該堰内雨水は散水せず、貯留用タンク・槽類へ移送して浄化処理する等必要な措置を講じる。

※：Sr-90 について

主要核種の内、Sr-90 は放射壊変により娘核種である Y-90 を生成し、両者は永続平衡の関係 (Sr-90 と Y-90 の濃度が等しくなる状態) にある。また、Y-90 の告示濃度限度 300Bq/L は、Sr-90 の告示濃度限度 30Bq/L の 10 倍である。

このため、Sr-90 を単体分析して測定を行う場合には、Y-90 の影響として Sr-90 の 10 分の 1 相当の値が告示濃度限度比に追加されることとなる。したがって、Sr-90 分析値から得られる告示濃度限度比を 1.1 倍したものが Y-90 の影響も含む値となる。

一方、全 β 測定を行う場合には、計測結果に β 線放出核種である Sr-90 および Y-90 両者の放射能が含まれることとなる。仮に Sr-90 1Bq/L と Y-90 1Bq/L のみが含まれる試料を全 β 測定した場合には、約 2Bq/L の測定結果が得られることになる。この結果をもとに Sr-90 と Y-90 がそれぞれ同濃度、即ち 1Bq/L ずつ含まれていると考え、告示濃度限度比としては、 $1/30 + 1/300 \approx 0.0363$ となる。しかし、全 β 測定では放射能濃度を核種毎に確定させることは困難である。このため、評価に保守性を持たせ、全 β 測定結果はすべて Sr-90 であると評価することとしている。この場合、告示濃度限度比は、 $2/30 \approx 0.0667$ となる。

以上のことから、Sr-90 濃度を分析・評価する場合は、永続平衡の関係にある Y-90 の影響も評価に加味し、以下の方法で行う。

- ・ Sr-90 濃度を全 β 値からの評価値とする場合、全 β 値を Sr-90 濃度とする。
- ・ Sr-90 濃度を Sr-90 分析値とする場合、Sr-90 分析値を 1.1 倍したものを Sr-90 濃度とする。

なお、排水前の分析においても同様とする。

(5) 排水管理の方法

排水前に主要核種を分析し、基準を満たしていることを確認した上で排水する。(排水前の分析において、Sr-90 は(4)再利用と同様の方法で評価する。) 基準を満たしていない場合は、排水せず、原因を調査し、対策を実施した上で排水する。

事故発災した1～4号機建屋及び5・6号機建屋近傍から地下水を汲み上げているサブドレン他浄化設備の処理済水については、念のため定期的な分析で水質の著しい変動がないこと、及び3ヶ月の告示濃度限度比の和がサブドレン他浄化設備の処理済水の排水に係る線量評価（詳細は、「Ⅲ.2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価」を参照）以下となることなどを確認する。（添付資料－1，添付資料－2）

① 排水前の分析

放射性液体廃棄物等を排水する際は、あらかじめタンク等においてサンプリングを行い、放射性物質の濃度を測定して、以下に示す基準を満たす場合に排水を行い、基準を満たさない場合は必要な処理（浄化処理等）を行うものとする。

排水前の分析において評価対象とする核種は、主要核種とする。

なお、海洋への放出は、関係省庁の了解なくしては行わないものとする。

地下水バイパス水は、Cs-134が1Bq/L未満、Cs-137が1Bq/L未満、Sr-90が5Bq/L未満、H-3が1,500Bq/L未満であることを測定により確認する。

サブドレン他浄化設備の処理済水は、Cs-134が1Bq/L未満、Cs-137が1Bq/L未満、Sr-90が3(1)Bq/L未満※、H-3が1,500Bq/L未満であることを、及び前記の測定において、その他の人工のγ線放出核種が検出されていないことを測定により確認する。

（※ Sr-90は、10日に1回程度の頻度で1Bq/L未満であることを確認する。）なお、サブドレン他浄化設備については、これに加え集水タンクへの汲み上げ時についても、H-3が1,500Bq/L未満であることを測定により確認する。

その他排水する放射性液体廃棄物等については、主要核種の放射性物質濃度を測定し、告示濃度限度比の和が0.22以下となることを確認する。

② 定期的な分析

サブドレン他浄化設備の処理済水については、その濃度に著しい変動がないこと、及び主要核種以外の核種の実効線量への寄与が小さいことを確認するために、排水実績に応じた加重平均試料を作成し、以下の確認を行う。

a. 1ヶ月毎の分析

以下に示す検出限界濃度を下げた測定を行い、著しい変動がないことを確認する。著しい変動があった場合には、排水を停止し、「b. 四半期毎の分析」に準じた分析・評価を行い、原因調査及び対策を行った上で排水を再開する。

Cs-134	:	0.01	Bq/L
Cs-137	:	0.01	Bq/L
全β	:	1	Bq/L
H-3	:	10	Bq/L
Sr-90	:	0.01	Bq/L
全α	:	4	Bq/L

b. 四半期毎の分析

主要核種及びその他 37 核種（計 41 核種※）の告示濃度限度比の和が、サブドレン他浄化設備の処理済水の排水に係る線量評価（詳細は、「Ⅲ.2.2.3 放射性液体廃棄物等による線量評価」を参照）を超えていないことを確認する。これを超えた場合は、排水を停止し、原因調査及び対策を行った上で排水を再開する。

※41 核種：以下の方法により 41 核種を選定した。

- ・排水中の放射性物質の起源を安全側に建屋滞留水と仮定し、ORIGEN コードにより原子炉停止 30 日後に燃料中に存在すると評価した核分裂生成物の中から、希ガス、不溶性物質、及び原子炉停止後 3 年経過時点の放射性物質濃度が告示濃度限度比 0.01 以下の核種を除外し、また事故発生前の原子炉水中に存在した放射性腐食生成物について、その放射性物質濃度（最大値）を事故後 3 年減衰させた場合の告示濃度限度比が 0.01 以下の核種を除外し、48 核種を選定した。（添付資料－3）
- ・更に、その 48 核種のうち原子炉停止後 5 年経過時点の放射性物質濃度が告示濃度限度比 0.01 以下となる核種、及び Cs-137 の同位体、娘核種であり、Cs-137 との存在比率から、Cs-137 の濃度が排水時の運用目標である 1Bq/L であった場合においても、告示濃度限度比の和に有意な影響を与えない核種を除外したもので、以下の核種をいう。

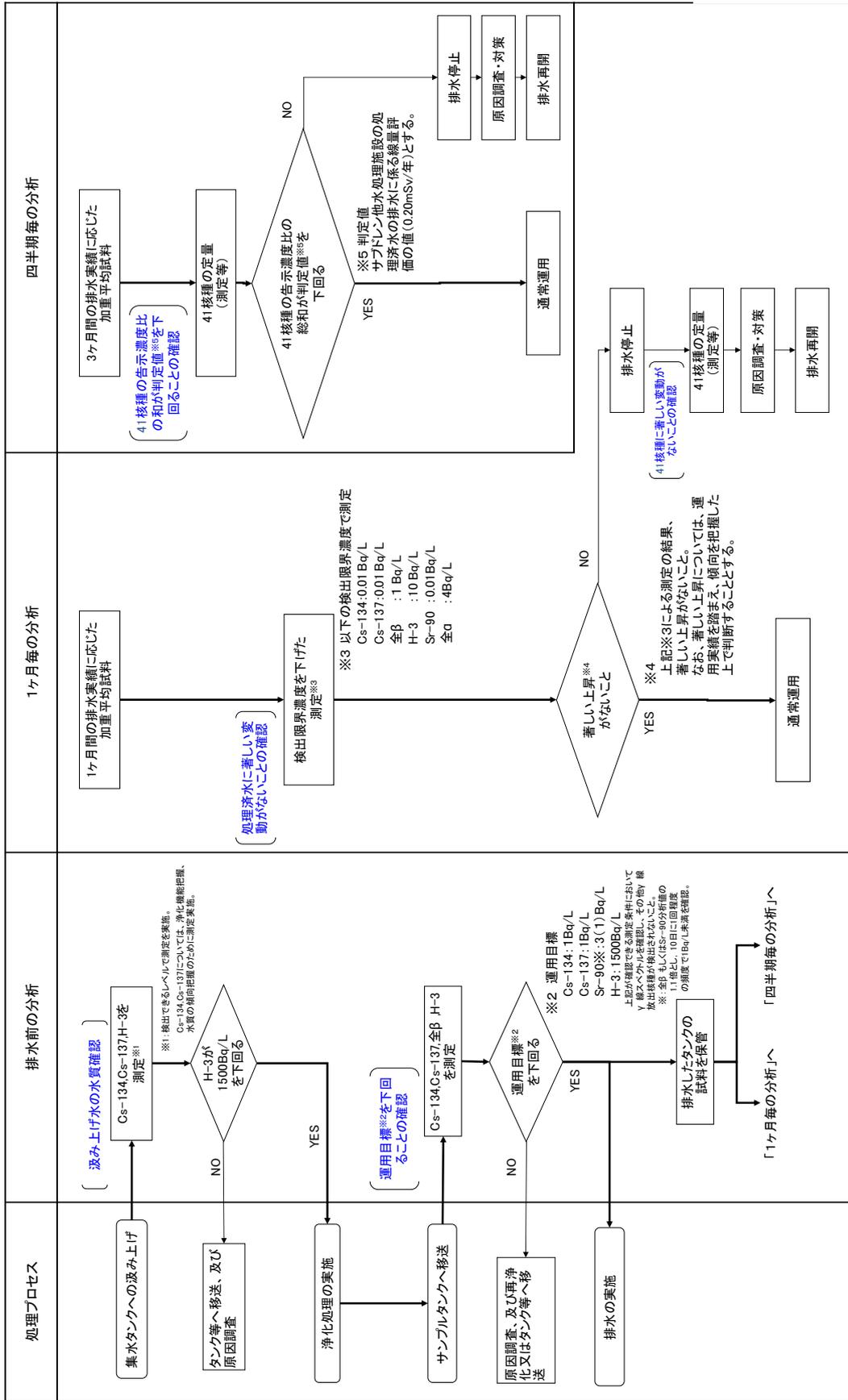
（添付資料－4）

Sr-90, Y-90, Tc-99, Ru-106, Rh-106, Ag-110m, Cd-113m, Sn-119m, Sn-123,
Sn-126, Sb-125, Te-123m, Te-125m, Te-127, Te-127m, I-129, Cs-134, Cs-137
Ce-144, Pr-144, Pr-144m, Pm-146, Pm-147, Sm-151, Eu-152, Eu-154,
Eu-155, Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241, Am-241, Am-242m, Am-243,
Cm-243, Cm-244
Mn-54, Co-60, Ni-63, Zn-65, H-3

2.1.2.4 添付資料

- 添付資料－1 サブドレン他水処理施設の排水管理に関する運用について
- 添付資料－2 サブドレン他水処理施設の排水に係る評価対象核種について
- 添付資料－3 サブドレン他水処理施設の排水管理を行う核種選定実施のための確認対象核種について
- 添付資料－4 確認対象核種の再選定について（事故発災から 5 年経過後の減衰等を考慮した見直し）

サブドレン他水処理施設の排水管理に関する運用について



サブドレン他水処理施設の排水に係る評価対象核種について

事故発災に伴うフォールアウト，飛散瓦礫に付着した放射性物質を含むと考えられるサブドレン他水処理施設の汲み上げ水について，念のため，主要核種を含む 48 核種（添付資料－ 3 参照）の水質を確認した。

1. サブドレン他浄化設備の水質について

(1) 処理前の水質

- ・ 浄化対象の全てのピットを汲み上げたサブドレン他浄化設備の処理前水の告示濃度限度比の和については，主要核種（Cs-134, Cs-137, Sr-90, H-3）で約 92%を占めている。
- ・ その他 44 核種のうち，検出等により存在すると評価したのは 5 核種で約 0.3%であり，主要核種に比べて十分小さい。残り 39 核種については，検出されていないものの，仮に検出限界濃度（以下，ND 値）を用いて評価した場合で約 7.6%未満である。その他 44 核種の割合は十分に小さいことを確認した。（表 1）・（表 3）・（表 4）

(2) 処理後の水質

- ・ 浄化対象の全てのピットを汲み上げたサブドレン他浄化設備の処理済水の水質は，48 核種を対象とした詳細分析（ND 値を下げた分析）の結果，0.015 未満であることを確認した。このうち，主要核種の告示濃度限度比の和は 0.011 未満であった。その他 44 核種のうち，検出等により存在すると評価した 5 核種の告示濃度限度比の和は 0.0020 であった。残り 39 核種については，検出されていないものの，仮に ND 値を用いて評価した場合で告示濃度限度比の和が 0.0022 未満であった。
- ・ 従って，その他 44 核種の告示濃度限度比の和は，0.0041 未満であった。（表 2）
- ・ なお，10 ピットを汲み上げた処理済水について，その他 44 核種の告示濃度限度比の和が 0.0039 未満（検出等により存在すると評価したのは 7 核種で 0.0021，ND 値以下の 37 核種で 0.0018 未満）であることを確認している。この 10 ピットを汲み上げた処理済水と，上述の全てのピットを汲み上げた処理済水の告示濃度限度比の和の差は，0.0002（=0.0041 未満-0.0039 未満）であり，その他 44 核種の変動は小さいことを確認した。

2. 排水に係る評価対象核種

最も放射性物質が多いと考えられる 1～4 号機建屋近傍の水質において主要核種が支配的であることから，各系統の排水に係る評価対象核種は，主要核種（Cs-134, Cs-137, Sr-90, H-3）とする。

なお，1～4 号機建屋及び 5・6 号機建屋近傍の水を汲み上げるサブドレン他浄化設備の処理済水については，水質に著しい変動がないことなどを確認するため，念のため定期的に「添付資料－ 4」に定める 41 核種を確認する。

(1) 1~4号機

表1 主要核種の告示濃度限度比の割合 (処理前水)

		サブドレン、地下水ドレンの汲み上げ水	
		処理対象の全てのピット	
		告示濃度限度比	割合
主要核種	Cs-134	1.8	約92%
	Cs-137	4.1	
	Sr-90	0.23	
	H-3	0.0060	
44核種	検出等 (5核種)	0.025	約0.3%
	未検出 (39核種)	0.50未満	約7.6%未満
告示濃度限度比の総和		6.7未満	

未満：検出限界以下の核種は、検出限界濃度を用いて告示濃度限度比を算出

処理対象の全てのピット：No. 1, 30, 37, 49, 57 ピット及び5・6号機建屋近傍のサブドレンピット23ピットを除く41ピット。なお、これに含まれていなかったNo.1ピットについては、表1の主要核種の告示濃度限度比の和6.1に対し1.8, 44核種の告示濃度限度比の和0.53未満に対し0.15未満, 44核種の告示濃度限度比の和の割合約7.9%未満に対し約7.7%未満であり、それぞれ表1に示した値以下であることが確認できている。

表2 その他44核種の告示濃度限度比 (処理済水)

		サブドレン、地下水ドレンの汲み上げ水	
		処理対象の全てのピット	10ピット (参考)
		告示濃度限度比	告示濃度限度比
主要核種		0.011未満	0.011
44核種	検出等	0.0020 (5核種)	0.0021 (7核種)
	未検出	0.0022未満 (39核種)	0.0018未満 (37核種)
	小計	0.0041未満	0.0039未満
告示濃度限度比の総和		0.015未満	0.015未満

未満：検出限界以下の核種は、検出限界濃度を用いて告示濃度限度比を算出

表3 浄化対象に追加するピットの告示濃度限度比

No.	告示濃度限度比								合計
	主要核種				小計	44核種		小計	
	Cs-134	Cs-137	Sr-90	H-3		検出等	未検出		
30	1.0	4.8	0.04	0.005	5.9	0.005 (3核種)	0.19未満 (41核種)	0.20未満	6.1未満
37	0.01	0.05	0.0002未満	0.0003	0.06未満	0.001未満 (2核種)	0.08未満 (42核種)	0.09未満	0.15未満
49	0.006	0.06	0.0011未満	0.0014	0.07未満	0.024未満 (4核種)	0.09未満 (40核種)	0.11未満	0.18未満
57	0.17	0.79	0.003	0.0007	0.96	0.001未満 (3核種)	0.12未満 (41核種)	0.12未満	1.1未満

未満：検出限界以下の核種は，検出限界濃度を用いて告示濃度限度比を算出

浄化対象に追加するピットから汲み上げた水の主要核種（Cs-134，Cs-137，Sr-90，H-3）およびその他 44 核種の告示濃度限度比の総和は表 3 の通り，表 1 に示した値以下であることが確認できている。

(2) 5・6号機

5・6号機建屋近傍の汲み上げ水に含まれる放射能は，1～4号機の破損燃料を冷却している1～4号機滞留水と発生源が異なり，フォールアウトが主であることから5・6号機建屋近傍のサブドレンピット23ピットの汲み上げ水を均等に混合した水の48核種の水質を確認した。

表4 浄化対象に追加する5・6号機サブドレンピットの告示濃度限度比

告示濃度限度比									合計
主要核種				小計	44核種		小計		
Cs-134	Cs-137	Sr-90	H-3		検出等	未検出			
0.001未満	0.0048	0.00097未満	0.000065	0.0068未満	0.00000054 (2核種)	0.16未満 (42核種)	0.16未満	0.17未満	

表4の通り，主要核種及びその他 44 核種の告示濃度限度比の総和は表 1 に示した値以下であった。

サブドレン他水処理施設の排水管理を行う核種選定実施のための確認対象核種について

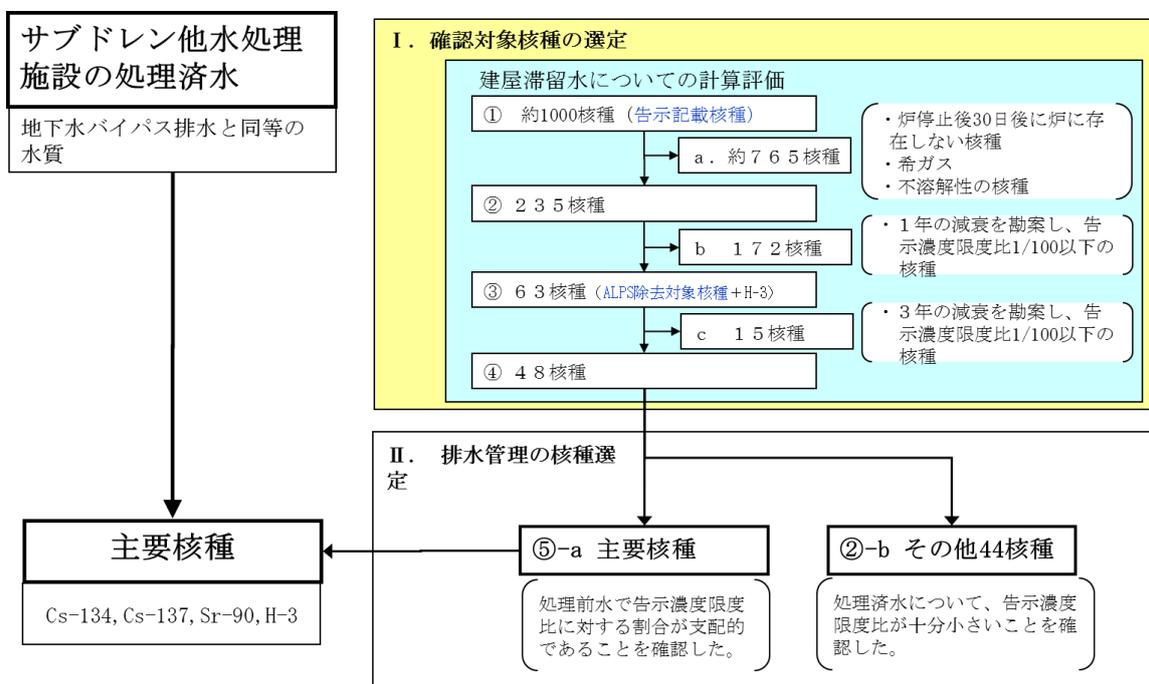
1. 確認対象核種の選定

サブドレン他水処理施設の汲み上げ水は、主に事故発災に伴うフォールアウト、飛散瓦礫等に付着した放射性物質を含むことから、排水管理の評価対象とすべき核種は主要核種（Cs-134,Cs-137,Sr-90,H-3）と考えている。

排水管理の評価対象核種を選定するに際して、主要核種以外の核種で線量評価に影響を与える核種は十分小さいものと考えているが、念のために、主要核種以外の核種の有無を確認することとした。

確認すべき核種を選定するにあたり、安全側に仮定を行うため、炉心インベントリ等から被ばく評価上有意な核種として、主要核種を含む 48 核種※を選定した。（図 1）

※ 建屋滞留水の除去対象核種を選定する方法を用いて、建屋滞留水（235 核種）の除去対象 62 核種にトリチウムを加えた 63 核種について、事故発災から 3 年経過していることによる減衰を考慮し、さらに告示濃度限度比が 1/100 以下となる核種を除外することによって、48 核種を選定した。この 48 核種を排水管理の評価対象核種の選定を行うための確認対象核種（表 1）とした。



黄色枠 ：本資料の説明範囲

図 1 確認対象核種の選定方法について

表1 確認対象核種 (48 核種)

単位 : Bq/L

核種	線種	告示 濃度限度	核種	線種	告示 濃度限度
Sr-89	β	3E+2	Pr-144	$\beta \gamma$	2E+4
Sr-90	β	3E+1	Pr-144m	γ	4E+4
Y-90	β	3E+2	Pm-146	$\beta \gamma$	9E+2
Y-91	$\beta \gamma$	3E+2	Pm-147	β	3E+3
Tc-99	β	1E+3	Sm-151	β	8E+3
Ru-106	β	1E+2	Eu-152	$\beta \gamma$	6E+2
Rh-106	$\beta \gamma$	3E+5	Eu-154	$\beta \gamma$	4E+2
Ag-110m	$\beta \gamma$	3E+2	Eu-155	$\beta \gamma$	3E+3
Cd-113m	$\beta \gamma$	4E+1	Gd-153	γ	3E+3
Sn-119m	γ	2E+3	Pu-238	α	4E+0
Sn-123	$\beta \gamma$	4E+2	Pu-239	α	4E+0
Sn-126	$\beta \gamma$	2E+2	Pu-240	α	4E+0
Sb-124	$\beta \gamma$	3E+2	Pu-241	β	2E+2
Sb-125	$\beta \gamma$	8E+2	Am-241	$\alpha \gamma$	5E+0
Te-123m	γ	6E+2	Am-242m	α	5E+0
Te-125m	γ	9E+2	Am-243	$\alpha \gamma$	5E+0
Te-127	$\beta \gamma$	5E+3	Cm-242	α	6E+1
Te-127m	$\beta \gamma$	3E+2	Cm-243	$\alpha \gamma$	6E+0
I-129	$\beta \gamma$	9E+0	Cm-244	α	7E+0
Cs-134	$\beta \gamma$	6E+1	Mn-54	γ	1E+3
Cs-135	β	6E+2	Co-60	$\beta \gamma$	2E+2
Cs-137	$\beta \gamma$	9E+1	Ni-63	β	6E+3
Ba-137m	γ	8E+5	Zn-65	γ	2E+2
Ce-144	$\beta \gamma$	2E+2	H-3	β	6E+4

告示濃度限度：「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して必要な事項を定める告示」に定められた周辺監視区域外の水中の濃度限度（単位は、Bq/Lに換算した）

2. 確認対象核種の抽出時に除外された核種の線量寄与について

建屋滞留水の除去対象核種は、告示濃度限度比が 1/100 以下の核種を除外している。以下に、除外された核種について、48 核種の告示濃度限度比の和に対する線量影響を確認した。

(1) 除外方法

(減衰を考慮する期間以外は、建屋滞留水の除去対象核種選定と同じ方法を用いた：図2)

- a. 告示に記載された約 1000 核種について、ORIGEN コードによる炉心インベントリ等からの評価を行い、告示に記載された約 1000 核種から原子炉停止 30 日後に存在しない核種、希ガス、不溶解性核種をそれぞれ除外すると 235 核種となる。
- b. 235 核種について、事故発災 1 年の減衰を勘案し、告示濃度限度比 1/100 以下の核種を除外すると、63 核種（建屋滞留水の除去対象核種 62 核種+H-3）となる。
- c. 62 核種について、事故発災 3 年の減衰を勘案し、告示濃度限度比 1/100 以下の核種を除外して、48 核種を確認対象核種として抽出した。

(2) 線量寄与の確認結果

48 核種の告示濃度限度比の和を 1 とした場合、235 核種から除外された核種（235-48=187 核種：事故発災 3 年後）の告示濃度限度比の和は、 3×10^{-10} であり、除外された核種の寄与は極めて小さい。

なお、上記評価による 235 核種から除外された核種（235-48=187 核種：事故発災 3 年後）の告示濃度限度比の和は、建屋滞留水で 0.018 となる。一方、サブドレン、地下水ドレンの水質は、汲み上げ予定の最も濃度が高いピットで、現状の建屋滞留水と比べて H-3 が 1/100 程度、Cs-137 が 1/10000~1/1000 程度（表 2 参照）である。サブドレン、地下水ドレンにおける除外された 187 核種の線量寄与は、仮に現状の建屋滞留水との比率（地下水とともに最も移行し易いと考えられる核種である H-3 の比率：1/100）を上記 0.018 に乗じて、0.00018 程度であった。

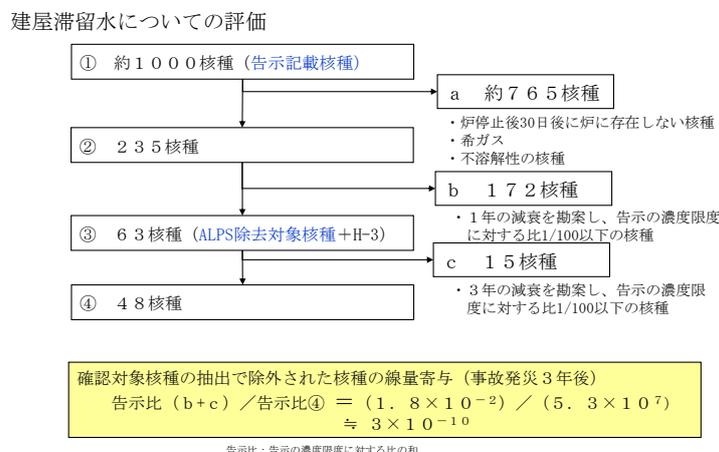


図 2 確認対象核種の抽出の方法と除外された核種の線量寄与

表2 サブドレン，地下水ドレン，建屋滞留水の水質

単位：Bq/L

核種	放射能濃度 (Bq/L)			建屋滞留水に対する比	
	① サブドレン	② 地下水ドレン	③ 建屋滞留水	④ サブドレン (①の最大/③)	⑤ 地下水ドレン (②の最大/③)
Cs-134	ND(0.66) ～1,700	ND(1.7) ～10	85 万 ～750 万	1/8000 ～1/500	1/75 万 ～1/85000
Cs-137	ND(0.71) ～5,200	ND(1.8) ～28	220 万 ～2,000 万	1/8000 ～1/400	1/71 万 ～1/78000
全β	ND(11) ～5.700	ND(14) ～1,400	250 万 ～6,600 万	1/20000 ～1/400	1/47000 ～1/1700
H-3	ND(2.8) ～3,200	220 ～4,100	36 万	1/100	1/87

備考：サブドレン，地下水ドレンには，事故により環境中へ放出された放射性物質を含むが，建屋滞留水が混入しないように管理されており，Cs-137，全β放射能は建屋滞留水の1/1000程度，H-3は1/100程度である。

サブドレンについては，上表の核種に加えてSb-125がND(1.2)～34Bq/Lがあり，建屋滞留水の7500Bq/L（H26.7.8淡水化装置入口水）の1/200程度となっている。

3. 参考

●建屋滞留水の除去対象 62 核種から除外された核種

建屋滞留水の除去対象としている 62 核種は、事故発災後の炉心インベントリ核種等に対して 1 年 (365 日) の減衰を勘案して選定したものである。排水管理の核種選定を行うための確認対象核種の抽出では、炉心インベントリ核種等の減衰期間を 3 年間 (1095 日) としたことによって、告示濃度限度比が 1/100 以下になった比較的短半減期の表 3 の 15 核種を除外した。これにより残った核種は 47 核種となり、確認対象核種は H-3 を含めると 48 核種となる。

表 3 建屋滞留水の除去対象 62 核種から除外された核種

核種	主な線種	半減期 (d)
Rb-86	β γ	18.63
Nb-95	β γ	34.975
Ru-103	β γ	39.4
Rh-103m	β γ	0.935
Cd-115m	β γ	44.8
Te-129	β γ	0.0479
Te-129m	β γ	33.5
Cs-136	β γ	13.16
Ba-140	β γ	12.79
Ce-141	β γ	32.5
Pm-148	β γ	5.37
Pm-148m	β γ	41.3
Tb-160	β γ	72.1
Fe-59	β γ	44.5
Co-58	γ	70.82

確認対象核種の再選定について
 (事故発災から5年経過後の減衰等を考慮した見直し)

1. 確認対象核種の再選定

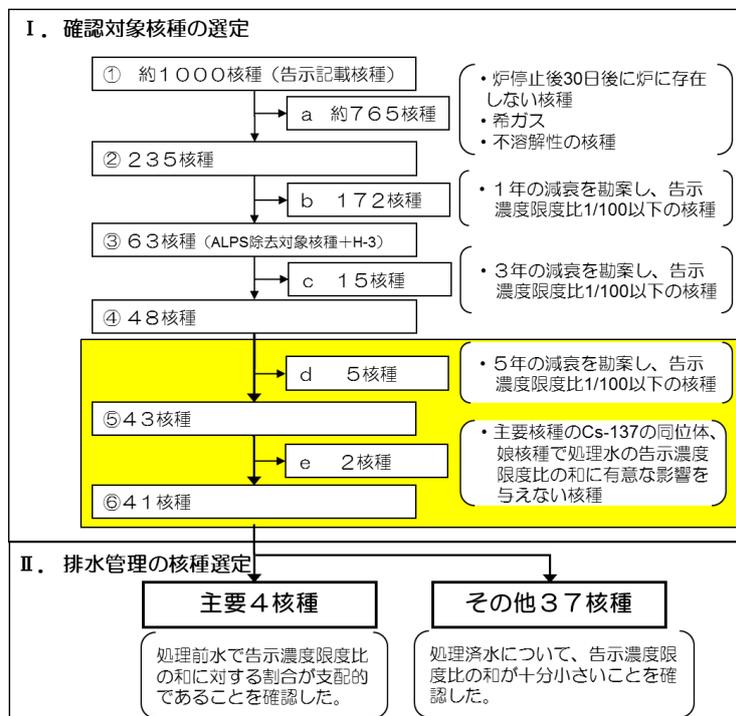
排水管理の評価対象核種を選定するに際して、主要核種以外の核種で線量評価に影響を与える核種は十分小さいものと考えているが、念のために、主要核種以外の核種の寄与を分析により確認することとした。

サブドレン他水処理施設の処理済水の確認すべき核種を選定するにあたっては、安全側に仮定を行うため、炉心インベントリ等から滞留水に存在すると評価した放射性核種について、サブドレン他水処理施設の処理済水の排水管理を検討した2014年3月時点（事故発災から3年経過）での減衰による濃度低下を考慮した上で、被ばく評価上有意な核種として「添付資料－3」の通り48核種を選定した。

この48核種に対して、2016年3月時点で事故発災から5年が経過したことを踏まえ、減衰による濃度低下を考慮し再度核種選定を行った。

更に、Cs-137の同位体、娘核種のうち、告示濃度限度比が十分小さい核種について見直しを行った結果、主要核種を含む41核種を選定した。(図1)

この41核種を確認対象核種（表1）とした。



黄色枠 ■ : 本資料の説明範囲

図1 確認対象核種の選定方法について

表1 確認対象核種 (41 核種)

単位：Bq/L

核種	線種	告示 濃度限度	核種	線種	告示 濃度限度
Sr-90	β	3E+1	Pm-146	$\beta \gamma$	9E+2
Y-90	β	3E+2	Pm-147	β	3E+3
Tc-99	β	1E+3	Sm-151	β	8E+3
Ru-106	β	1E+2	Eu-152	$\beta \gamma$	6E+2
Rh-106	$\beta \gamma$	3E+5	Eu-154	$\beta \gamma$	4E+2
Ag-110m	$\beta \gamma$	3E+2	Eu-155	$\beta \gamma$	3E+3
Cd-113m	$\beta \gamma$	4E+1	Pu-238	α	4E+0
Sn-119m	γ	2E+3	Pu-239	α	4E+0
Sn-123	$\beta \gamma$	4E+2	Pu-240	α	4E+0
Sn-126	$\beta \gamma$	2E+2	Pu-241	β	2E+2
Sb-125	$\beta \gamma$	8E+2	Am-241	$\alpha \gamma$	5E+0
Te-123m	γ	6E+2	Am-242m	α	5E+0
Te-125m	γ	9E+2	Am-243	$\alpha \gamma$	5E+0
Te-127	$\beta \gamma$	5E+3	Cm-243	$\alpha \gamma$	6E+0
Te-127m	$\beta \gamma$	3E+2	Cm-244	α	7E+0
I-129	$\beta \gamma$	9E+0	Mn-54	γ	1E+3
Cs-134	$\beta \gamma$	6E+1	Co-60	$\beta \gamma$	2E+2
Cs-137	$\beta \gamma$	9E+1	Ni-63	β	6E+3
Ce-144	$\beta \gamma$	2E+2	Zn-65	γ	2E+2
Pr-144	$\beta \gamma$	2E+4	H-3	β	6E+4
Pr-144m	γ	4E+4	—	—	—

告示濃度限度：「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して必要な事項を定める告示」に定められた周辺監視区域外の水中の濃度限度（単位は、Bq/Lに換算した）

2. 新たに除外された核種の線量寄与について

以下の通り、「添付資料－3」で選定した確認対象核種から新たに7核種を除外し、その線量寄与を確認した。

(1) 除外方法

- a. 「添付資料－3」で選定した48核種について、事故発災5年(1827日)の減衰を勘案し、建屋滞留水中における濃度が告示濃度限度比1/100 以下となる5核種を除外した。

(図1 d)

- b. Cs-137の濃度が排水時の運用目標である1Bq/Lであった場合においても、告示濃度限度比の和に有意な影響を与えないCs-137の同位体および娘核種の2核種を除外した。(図1 e)

(2) 線量寄与

事故発災から5年後の建屋滞留水における48核種の告示濃度限度比の和を1とした場合、今回除外する7核種の告示濃度限度比は 6.9×10^{-5} であり、除外された核種の線量への寄与は極めて小さい。

3. 参考

今回新たに除外された7核種は、表2の通りである。

表2 新たに除外された核種

核種	主な線種	半減期	備考
Sr-89	β	50.5 日	
Y-91	$\beta \gamma$	58.5 日	
Sb-124	$\beta \gamma$	60.2 日	
Gd-153	γ	241.6 日	
Cm-242	α	162.8 日	
Cs-135	β	230 万年	Cs-137 の同位体
Ba-137m	γ	2.55 分	Cs-137 の娘核種

2.1.3 放射性気体廃棄物等の管理

2.1.3.1 概要

1～4号機については事故の影響により排気筒の監視装置は使用不能である。5、6号機では主排気筒放射線モニタにおいて放出を監視している。主な放出源と考えられる1～4号機原子炉建屋の上部において空气中放射性物質濃度を測定している。また、敷地内の原子炉建屋近傍、敷地境界付近で空气中放射性物質濃度の測定を行い、敷地境界付近では告示の濃度限度を下回ることを確認している。1～3号機では原子炉格納容器ガス管理設備が稼働し、格納容器内から窒素封入量と同程度の量の気体を抽出してフィルタにより放出される放射性物質を低減している。

2.1.3.2 基本方針

原子炉格納容器ガス管理設備により環境中への放出量を抑制するとともに各建屋において可能かつ適切な箇所において放出監視を行う。また、敷地境界付近で空气中放射性物質濃度の測定を行い、敷地境界付近において告示に定める周辺監視区域外の空气中の濃度限度を下回っていることを確認する。

放射性物質を内包する建屋等については放射性物質の閉じ込め機能を回復することを目指し、内包する放射性物質のレベルや想定される放出の程度に応じて、放出抑制を図っていく。実施の検討にあたっては、建屋や設備の損傷状況、作業場所のアクセス方法や線量率、建屋内の濃度や作業環境、今後の建屋の利用計画等を考慮し、測定データや現場調査の結果を基に、実現性を判断の上、可能な方策により計画していく。

今後設置される施設についても、内包する放射性物質のレベル等に応じて必要となる抑制対策をとるものとする。

放射性物質の新たな発生、継続した放出の可能性のある建屋等を対象として、可能かつ適切な箇所において放出監視を行っていく。連続的な監視を行うための測定方法、伝送方法について、現場状況の確認結果をもとに検討し、換気設備を設ける場合は排気口において放出監視を行う。

2.1.3.3 対象となる放射性廃棄物と管理方法

各建屋から発生する気体状（粒子状、ガス状）の放射性物質を対象とする。

(1)発生源

a. 1～3号機原子炉建屋格納容器

格納容器内の放射性物質を含む気体については、窒素封入量と同程度の量の気体を抽出して原子炉格納容器ガス管理設備のフィルタで放出される放射性物質を低減する。

b. 1～4号機原子炉建屋

格納容器内の気体について、建屋内へ漏洩したものは原子炉格納容器ガス管理設備で処理されずに、上部開口部（機器ハッチ）への空気の流れによって放出される。

建屋内の空気の流れ及び建屋地下部の滞留水の水位低下により、建屋内の壁面、機器、瓦礫に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し、上部開口部（機器ハッチ）より放出される可能性がある。滞留水から空気中への放射性物質の直接の放出については、移行試験の結果から、極めて少ないと考えている。移行試験は、濃度が高く被ばく線量への寄与も大きいCs-134、Cs-137に着目し、安定セシウムを用いて溶液から空気中への移行量を測定した結果、移行率（蒸留水のセシウム濃度／試料水中のセシウム濃度）が約 1.0×10^{-4} %と水温に依らず小さいことが判明している。

1号機については、使用済燃料プールの燃料取り出しに向けてオペレーティングフロアのガレキ撤去を行うため、放射性物質の飛散を抑制するために設置された原子炉建屋カバーを解体する予定である。原子炉建屋カバー解体時及びガレキ撤去作業時においては、ダストの舞い上がりが懸念されるため、飛散防止剤散布等の対策を実施する。

2号機については、ブローアウトパネル開口部が閉止されており建屋内作業環境の悪化が懸念されるため、原子炉建屋排気設備を設置して建屋内空気の換気を行う。

3号機については、今後、使用済燃料プールからの燃料取り出し時の放射性物質の飛散抑制を目的として作業エリアを被うカバーを設置していく計画であり、燃料取り出し作業時にカバー内を換気しフィルタにより放射性物質の放出低減を図るとともに濃度を監視していく予定である。

4号機については、燃料取り出し用カバーを設置している。燃料取り出し用カバーは、隙間を低減するとともに、換気設備を設け、排気はフィルタユニットを通じて大気へ放出することによりカバー内の放射性物質の大気への放出を抑制する。

使用済燃料貯蔵プール水から空気中への放射性物質の直接の放出についても、Cs-134、Cs-137に着目し、上述の測定結果から、プール水からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

c. 1～4号機タービン建屋

建屋地下部の滞留水の水位低下により、壁面、機器に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し、開口部（大物搬入口等）より放出する可能性が考えられるが、地下開口部は閉塞されていることから、建屋からの追加的放出は少ないと評価している。

滞留水から空気中への放射性物質の直接の放出についても、原子炉建屋と同様に、極めて少ないと評価している。

d. 1～4号機廃棄物処理建屋

タービン建屋と同様に、建屋地下部の滞留水の水位低下により、壁面、機器に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し、開口部（大物搬入口等）より放出する可能

性が考えられるが、地下開口部は閉塞されていることから、建屋からの追加的放出は少ないと評価している。

滞留水から空気中への放射性物質の直接の放出についても、同様に極めて少ないと評価している。

e. 集中廃棄物処理施設

プロセス主建屋，サイトバンカ建屋，高温焼却炉建屋，焼却・工作建屋の各建屋について，タービン建屋と同様に，建屋地下部の滞留水の水位低下により，壁面，機器に付着した放射性物質が乾燥により再浮遊し，開口部（大物搬入口等）より放出する可能性が考えられるが，地下開口部は閉塞されていることから，建屋からの追加的放出は少ないと評価している。

滞留水から空気中への放射性物質の直接の放出についても，同様に極めて少ないと評価している。

また，建屋内に設置されている汚染水処理設備，貯留設備の内，除染装置（セシウム凝集・沈殿），造粒固化体貯槽（廃スラッジ貯蔵）については，内部のガスをフィルタにより放射性物質を除去して排気している。

f. 5，6号機各建屋

各建屋地下部の滞留水について，建屋外から入ってきた海水及び地下水であり，放射性物質濃度は1～4号機に比べ低い。

原子炉建屋については，原子炉建屋常用換気系により，原子炉建屋内の空気をフィルタを通して，主排気筒から放出する。

g. 使用済燃料共用プール

共用プール水について，放射性物質濃度は1～4号機に比べ低く，プール水からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

共用プール建屋内からの排気は，フィルタを通し放射性物質を除去した後に，建屋内排気口から放出する。

h. 廃スラッジ一時保管施設

汚染水処理設備の除染装置から発生する廃スラッジを処理施設等へ移送するまでの間一時貯蔵する施設では，内部のガスをフィルタで放射性物質を除去して排気する。

i. 焼却炉建屋

焼却設備の焼却処理からの排ガスは，フィルタを通し，排ガスに含まれる放射性物質を十分低い濃度になるまで除去した後に，焼却設備の排気筒から放出する。

なお，フィルタを通し十分低い濃度になることから，焼却炉建屋からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

j. 固体廃棄物貯蔵庫

固体廃棄物貯蔵庫に保管される放射性固体廃棄物等は，容器やドラム缶等に収納されるため，放射性固体廃棄物等からの放射性物質の追加的放出はないものと評価して

いる。

k. 瓦礫等の一時保管エリア

瓦礫等の一時保管エリアは、瓦礫類については周囲への汚染拡大の影響がない値として目安値を設定し、目安値を超える瓦礫類は容器、仮設保管設備、覆土式一時保管施設に収納、またはシートによる養生等による飛散抑制対策を行い保管していること、また伐採木については周囲への汚染拡大の影響がないことを予め確認していることから、放射性物質の追加的放出は極めて少ないと評価している。

l. 使用済セシウム吸着塔一時保管施設

セシウム吸着装置吸着塔、第二セシウム吸着装置吸着塔、第三セシウム吸着装置吸着塔、高性能容器、処理カラム、高性能多核種除去設備吸着塔は、セシウム吸着塔一時保管施設において静的に貯蔵している。使用済みの吸着材を収容する高性能容器、及び、使用済みの吸着材を収容する処理カラムは、セシウム等の主要核種を吸着塔内のゼオライト等に化学的に吸着させ、吸着塔内の放射性物質が漏えいし難い構造となっている。高性能容器は、圧縮活性炭高性能フィルタを介したベント孔を設けており、放射性物質の漏えいを防止している。また、保管中の温度上昇等を考慮しても吸着材の健全性に影響を与えるものでは無いため、吸着材からの放射性物質の離脱は無いものと評価している。このため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいと評価している。

m. 貯留設備（タンク類、地下貯水槽）

貯留設備（タンク類、地下貯水槽）は、汚染水受入れ後は満水保管するため、水位変動が少ないこと、蒸発濃縮装置出口水の放射能濃度測定結果から空気中への放射性物質の移行は極めて低いことから放射性物質の追加的放出は極めて少ないと考えている。

n. 多核種除去設備等

多核種除去設備は、タンク開口部のフィルタにより放射性物質を除去し、排気しているため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいと考えている。

増設多核種除去設備は、多核種除去設備と同様の設計とし、タンク開口部のフィルタにより放射性物質を除去し、排気しているため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいものとする。

高性能多核種除去設備は、タンク開口部のフィルタにより放射性物質を除去し、排気しているため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいものとする。

o. 大型機器除染設備

大型機器除染設備からの排気は、フィルタを通し放射性物質を除去した後に、排気口から放出する。

フィルタを通し十分低い濃度になることから、大型機器除染設備からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

p. 油処理装置

油処理装置は、常温・湿式で油を分解するため空気中への放射性物質の移行は極めて低いと評価しており、更に排気はフィルタを通して排気する。

q. 大型廃棄物保管庫

大型廃棄物保管庫からの排気は、フィルタを通し放射性物質を除去した後に、排気口から放出する。1. (使用済セシウム吸着塔一時保管施設)と同様、保管対象である吸着塔内の吸着材からの放射性物質の離脱は無いものと評価している。このため、放射性物質の追加的放出は極めて小さいと評価している。更にフィルタを通して十分低い濃度になることから、大型廃棄物保管庫からの放射性物質の放出は極めて少ないと評価している。

(2) 放出管理の方法

気体廃棄物について、原子炉格納容器ガス管理設備により環境中への放出量を抑制するとともに各建屋において可能かつ適切な箇所において放出監視を行っていく。

①1～3号機原子炉建屋格納容器

1～3号機は原子炉格納容器ガス管理設備出口において、ガス放射線モニタ及びダスト放射線モニタにより連続監視する。

②1～4号機原子炉建屋

1号機については、原子炉建屋上部の空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。また、原子炉建屋カバー解体後においても、原子炉建屋上部の空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する予定である。2号機については、原子炉建屋排気設備出口においてダスト放射線モニタにより連続監視する。3号機については、原子炉建屋上部で空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。今後、原子炉建屋5階上部で連続監視するためのダスト放射線モニタを設置する。また、4号機については、使用済燃料プールから燃料取出し時の放射性物質の飛散抑制を目的とした燃料取出し用カバーが設置されており、排気設備出口においてダスト放射線モニタにより連続監視する。

③1～4号機タービン建屋

追加的放出として考えられる建屋地下部の滞留水の水位低下による放射性物質の再浮遊は、地下開口部が閉塞されているため建屋内に閉じ込められている。なお、建屋内地上部の大物搬入口等の主な開口部付近にて、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質の漏えいがないことを確認する。

④1～4号機廃棄物処理建屋

追加的放出として考えられる建屋地下部の滞留水の水位低下による放射性物質の再浮遊は、地下開口部が閉塞されているため建屋内に閉じ込められている。なお、建

屋内地上部の主な開口部付近にて、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質の漏えいがないことを確認する。

⑤集中廃棄物処理施設（プロセス主建屋、サイトバンカ建屋、高温焼却炉建屋、焼却・工作建屋）

追加的放出として考えられる建屋地下部の滞留水の水位低下による放射性物質の再浮遊は、地下開口部が閉塞されているため建屋内に閉じ込められている。なお、プロセス主建屋、サイトバンカ建屋、高温焼却炉建屋、焼却・工作建屋の各建屋内地上部の主な開口部付近にて、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質の漏えいがないことを確認する。

また、建屋内に設置されている汚染水処理設備、貯留設備の内、除染装置（セシウム凝集・沈殿）、造粒固化体貯槽（廃スラッジ貯蔵）については、内部のガスをフィルタで放射性物質を除去して排気しており、除染装置運転時や廃棄物受け入れ時等において、排気中の放射性物質濃度を必要により測定する。

⑥5, 6号機各建屋

主排気筒において、放射性物質濃度をガス放射線モニタにより監視する。

⑦使用済燃料共用プール

建屋内の排気設備にて、放射性物質濃度を排気放射線モニタにより監視する。

⑧廃スラッジ一時保管施設

汚染水処理設備の除染装置から発生する廃スラッジを一時貯蔵する施設では、内部のガスをフィルタで放射性物質を除去して排気し、ダスト放射線モニタで監視する。

⑨焼却炉建屋

焼却設備の排気筒において、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。

⑩固体廃棄物貯蔵庫

固体廃棄物貯蔵庫において、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑪瓦礫等の一時保管エリア

瓦礫等の一時保管エリアにおいて、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑫使用済セシウム吸着塔一時保管施設

使用済セシウム吸着塔一時保管施設のエリアにおいては、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑬貯留設備（タンク類、地下貯水槽）

貯留設備（タンク類、地下貯水槽）のエリアにおいては、空気中の放射性物質を定期的及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度を測定する。

⑭多核種除去設備等

多核種除去設備においては、内部のガスをフィルタで放射性物質を除去し、排気しているため、多核種除去設備設置エリアの放射性物質濃度を必要により測定する。また、増設多核種除去設備及び高性能多核種除去設備は、多核種除去設備と同様にフィルタで放射性物質を除去し、排気しているため、各設備の設置エリアにおける放射性物質濃度を必要により測定する。

⑮大型機器除染設備

大型機器除染設備排気口及び汚染拡大防止ハウス排気口において、空気中の放射性物質を定期的（除染設備運転時）及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度（主要ガンマ線放出核種、全ベータ放射能、ストロンチウム90濃度）を測定する。

なお、除染対象物のアルファ核種による汚染は極めて低いと評価しているが、念のために全アルファ放射能の放射性物質濃度も1ヶ月に1回測定する。

⑯油処理装置

油処理装置排気口において、空気中の放射性物質を定期的（油処理装置運転時）及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度（主要ガンマ線放出核種、全ベータ放射能、ストロンチウム90濃度）を測定する。

⑰大型廃棄物保管庫

大型廃棄物保管庫において、空気中の放射性物質を定期的（建屋換気設備運転時）及び必要の都度ダストサンプラで採取し、放射性物質濃度（主要ガンマ線放出核種、全ベータ放射能、ストロンチウム90濃度）を測定する。

(3) 推定放出量

1～4号機原子炉建屋（原子炉格納容器を含む）以外からの追加的放出は、極めて少ないと考えられるため、1～4号機原子炉建屋上部におけるサンプリング結果から検出されているCs-134及びCs-137を評価対象とし、建屋開口部等における放射性物質濃度及び空気流量等の測定結果から、現在の1～4号機原子炉建屋からの放出量を評価した。推定放出量（平成26年2月時点）は、表2. 1. 3-1に示す通りである。

なお、これまでの放出量の推移を図2. 1. 3-1に示す。

表 2. 1. 3-1 気体廃棄物の推定放出量

	Cs-134 (Bq/sec)	Cs-137 (Bq/sec)
1号機 原子炉建屋	4.7×10^2	4.7×10^2
2号機 原子炉建屋	9.4×10^1	9.4×10^1
3号機 原子炉建屋	7.1×10^2	7.1×10^2
4号機 原子炉建屋	1.2×10^2	1.2×10^2

(注) 平成 26 年 2 月時点の評価値

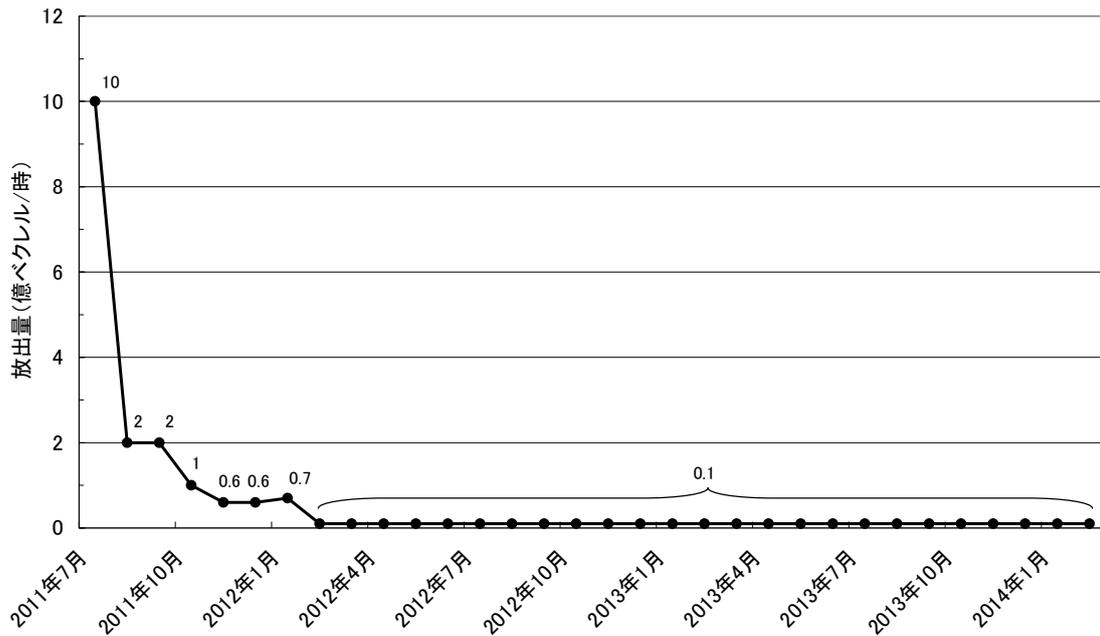


図 2. 1. 3-1 1～3号機原子炉建屋からの一時間当たりの放出量推移