

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. 建屋滞留水水位は、管理上限としての目標値（以下、「管理上限目標値」という。）を定め、それ以下となるように管理する。
- b. 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の管理上限目標値を下回らないようポンプ停止位置を設定し、管理する。また、ポンプ停止位置でポンプが停止しない場合に備え、ポンプ停止バックアップ位置を設定し、確実にポンプが停止するようにする。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。
- c. サブドレンのポンプ停止位置及びポンプ停止バックアップ位置は、建屋滞留水水位の管理上限目標値を下回らないよう、測定誤差を見込んで設定する。
- d. 建屋海側に位置するサブドレンの水位は、ポンプ停止時においてもポンプ停止バックアップ位置を下回る可能性があることから、建屋滞留水水位との水位逆転が生じることのないよう、建屋滞留水とサブドレン間に水位差を設定する。
- e. 建屋山側に位置するサブドレンは、建屋海側に位置するサブドレンに有意な変動を生じさせない範囲でポンプ停止位置を設定し、建屋海側に位置するサブドレンの水位を確認しながら、段階的に水位を低下させる。
- f. サブドレンの本格運転にあわせて、水位監視を強化する。具体的には、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。
- g. サブドレンピットの水位低下による警報が発生した場合は、サブドレン水位管理フロー（別紙－6）に基づき対応を行うことで、建屋滞留水の流出を防止する。

(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。

- b. 海側遮水壁の閉合により地下水が上昇することが想定されるが、地下水の上昇に伴って地盤の湿潤化による作業環境の悪化等の発生を防止するため、ポンプ起動水位を設定する。またポンプ起動位置でポンプが起動しない場合に備え、ポンプ手動起動に要する時間を見込み、ポンプ警報鳴動位置を設定する。
- c. 地下水ドレンポンド揚水ポンプ起動位置は、ポンプ警報鳴動位置に対して、測定誤差を見込んで設定する。
- d. 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。
- e. 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を基本とする。
- 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）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。

(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）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. 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。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。

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
集水タンク堰	38.4 m	18.4 m	3.0 m ^{※1}	1235 m ³
処理装置供給タンク堰	6.4 m	5.2 m	1.1 m	30 m ³
サンプルタンク堰	57.4 m	31.6 m	1.5 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 0.P. 約 6m（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. 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等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・吸着材の組成	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	ポリプロピレン	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	ナイロン樹脂	Cs	4.3×10^{10}	
前処理フィルタ 4	ナイロン樹脂	Sr	2.8×10^9	
吸着塔 1, 2, 3 ※3	ゼオライト	Cs Sr	5.8×10^{10} 4.3×10^9	Cs, Sr 両方とも吸着可能な吸着材を使用した場合
吸着塔 4	水酸化セリウム	Sb-125	1.4×10^{10}	
吸着塔 5	活性炭	Ag-110m	2.7×10^9	

※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

※3 保守的にいずれか一つの吸着塔で吸着すると仮定

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、RO濃縮水処理設備の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℃、内部流体の初期温度 5℃、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℃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又は被覆材を取り付ける。もしくは、カーボンブラックを添加した管を使用する。

(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に貯蔵する。

使用済前処理フィルタの発生量は、最大でも年間 180m^3 程度（約 2m^3 の容器で 90 個程度）、平成 28 年 3 月末まででは 210m^3 程度（平成 27 年 2 月から運転開始を想定し、約 2m^3 の容器で 105 個程度）と想定される。

貯蔵先である固体廃棄物貯蔵庫の貯蔵量は、平成 27 年 9 月末時点で約 $5,900 \text{m}^3$ （固体廃棄物貯蔵庫第 3 棟～8 棟の貯蔵量の合計）である。使用済前処理フィルタを除く瓦礫類は、平成 28 年 3 月末まで新たに $2,200 \text{m}^3$ 発生する見込みであることから、平成 28 年 3 月末まで貯蔵に支障をきたすことはない。

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。

	固体廃棄物貯蔵庫第 3 棟～8 棟 (線量区分>30 mSv/h)
H27 年 9 月末 瓦礫類貯蔵量 (m^3)	5,900
H28 年 3 月末 瓦礫類想定貯蔵量 (m^3)	8,100※
保管容量 (m^3)	15,000※

※平成 27 年 9 月末時点の値を示す。

(6) 使用済吸着塔の貯蔵

a. 使用済吸着塔の発生量

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に保管する。

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。

使用済セシウム吸着塔一時保管施設（第一施設，第三施設，第四施設）におけるボックスカルバートの空き保管容量は 230 基（平成 27 年 11 月時点）であり，サブドレン他浄化設備の他にセシウム吸着装置の吸着塔（平成 28 年 11 月まで 36 基程度※と想定），モバイル式処理装置の吸着塔（平成 28 年 11 月まで 0 基程度※と想定），高性能多核種除去設備検証試験装置の吸着塔（平成 28 年 11 月まで 0 基程度※と想定），モバイル型ストロンチウム除去装置のフィルタ・吸着塔（平成 28 年 11 月まで 0 基程度※と想定）を考慮しても，これらの設備から発生する吸着塔等は平成 28 年 11 月まで 36 基程度※であり，平成 28 年 11 月まで貯蔵に支障をきたすことはない。また，必要に応じて保管施設を増設する。

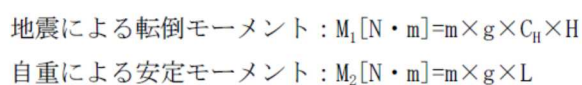
使用済吸着塔の貯蔵による敷地境界への直接線・スカイシャイン線による寄与は，使用済セシウム吸着塔一時保管施設に貯蔵される他の廃棄物と同程度であり，同施設の敷地境界線量の評価結果に包絡される。

※ボックスカルバートの使用数を示す。

b. 使用済セシウム吸着塔一時保管施設における耐震性評価

使用済セシウム吸着塔一時保管施設における耐震性評価として，地震による転倒モーメントと自重による安定モーメントを算出し，それらを比較することにより転倒評価を実施した。水平震度は，添付資料－3 に基づき，B クラスの評価である 0.36 とした。

評価の結果，地震による転倒モーメントは自重による安定モーメントより小さくなることから，転倒しないことを確認した。



機器名称	水平震度	算出値 (kN・m)	許容値 (kN・m)
吸着塔 1, 2, 3, 4, 5	0.36	4.0×10^4	5.5×10^4

(10) 他系統からの逆流防止

汲み上げた地下水をRO濃縮水処理設備へ移送する配管には逆止弁を設置するとともに、RO濃縮水処理設備との接続部をタンク天板管台とすることにより、RO濃縮水処理設備からサブドレン他水処理施設へ系統水が逆流することを防止する。

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－4 : 水質調査結果一覧
- 別紙－5 : サブドレン及び地下水ドレンの水位設定
- 別紙－6 : サブドレン水位管理フロー
- 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：

- ・敷地境界線量の合算値が最大となる評価地点（敷地境界評価地点 No. 7, 距離約 1,310m), 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), 及び RO 濃縮水貯槽に貯蔵された汚染水の影響を除く敷地境界線量の合算値が最大となる評価地点（敷地境界評価地点 No. 71, 距離約 330m) 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。

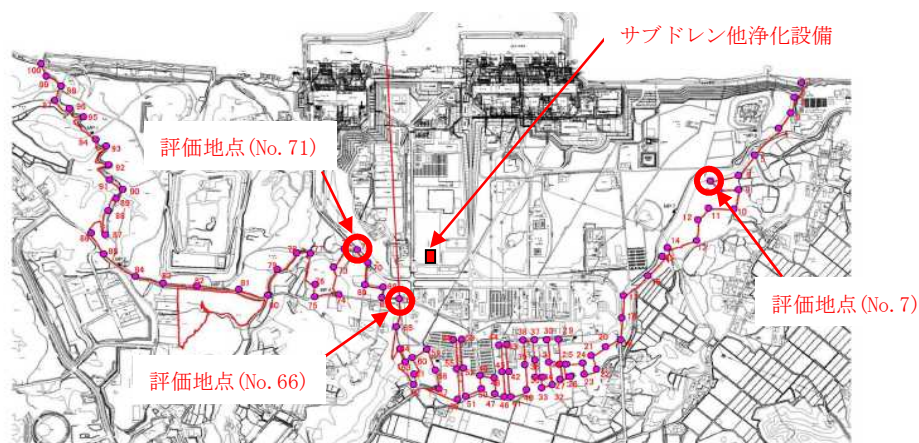


図 1 サブドレン他浄化設備と評価点の位置関係

- ・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		2	前処理フィルタ 2
前処理フィルタ 3		1	前処理フィルタ 3
前処理フィルタ 4		1	前処理フィルタ 4
吸着塔	1～3 塔目	3	吸着塔 1
	4 塔目	1	吸着塔 4
	5 塔目	1	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。

- ・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	Cs	4.3×10^{10}
前処理フィルタ 4	Sr	2.8×10^9
吸着塔 1	Cs Sr	5.8×10^{10} 4.3×10^9
吸着塔 4	Sb	1.4×10^{10}
吸着塔 5	Ag-110m	2.7×10^9

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. 7	0.0001 未満
No. 66	0.04
No. 71	0.01

RO濃縮水貯槽に貯蔵された汚染水の影響を除く実効線量は、H27年10月現在の敷地境界線量評価値にサブドレン他浄化設備による寄与を加えても、評価地点No. 7, No. 66及びNo. 71にて約0.78mSv/年、約0.86mSv/年及び約0.88mSv/年であり、1mSv/年を下回る。

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	Cs	4.3×10^{10}
前処理フィルタ ４	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

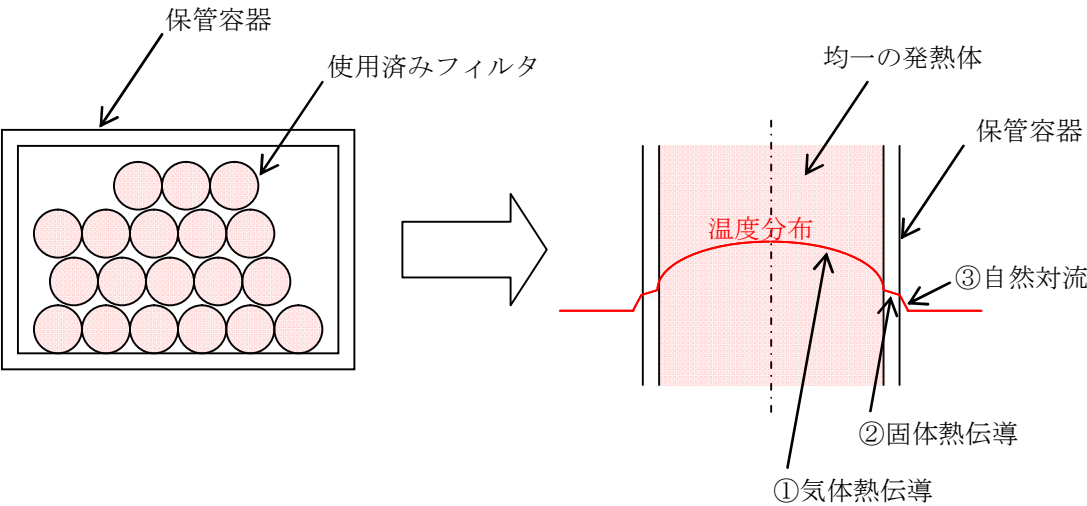
○入熱条件：

- ・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 及び ４ は同等の保管形状であり，また発熱量は前処理フィルタ ３

が前処理フィルタ 4 に比べて大きいことから、保守的に前処理フィルタ 3 の入熱条件である $8.4 \times 10^{-3} [\text{W}]$ 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 0.27[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 0.06℃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, 2, 3 ※ ²	Cs	5.8×10^{10}
	Sr	4.3×10^9
吸着塔 4	Sb-125	1.4×10^{10}
吸着塔 5	Ag-110m	2.7×10^9

※¹ 捕捉・吸着する主要核種の吸着量

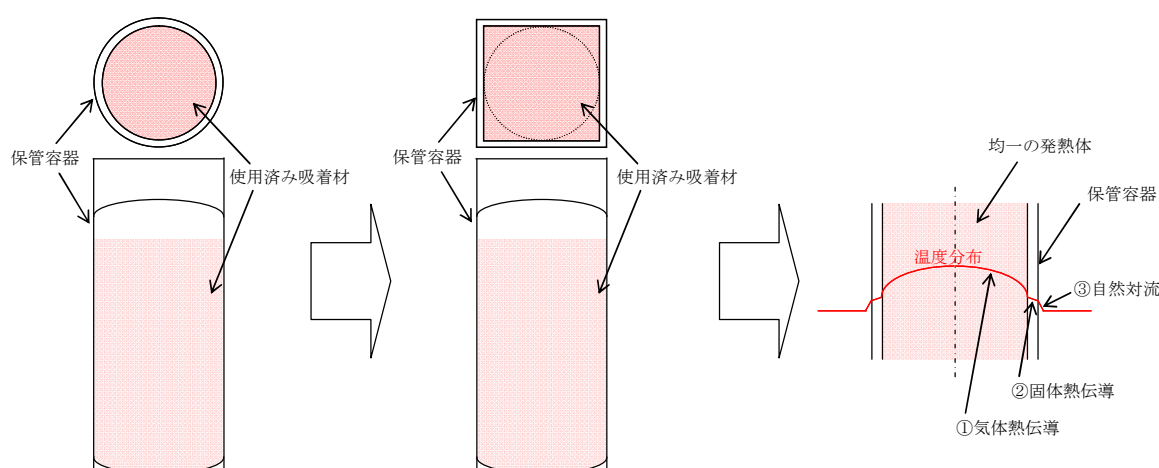
※² 保守的にいずれか一つの吸着塔で吸着すると仮定

○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 $1.07 \times 10^{-2} [\text{W}]$ を採用する。

○評価条件：

- ・吸着塔は円柱形上であるが，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，保守的に円柱形上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熱伝導のみを考慮し，空気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°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 $0.028 [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$
②	保管容器（炭素鋼）	固体熱伝導	約 25mm	熱伝導率 約 $43 [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$
③	保管容器から空気	自然対流	—※1	熱伝達率 約 $0.155 [\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$

3. 2 評価結果

評価の結果，吸着塔 1 の温度上昇は約 0.04℃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

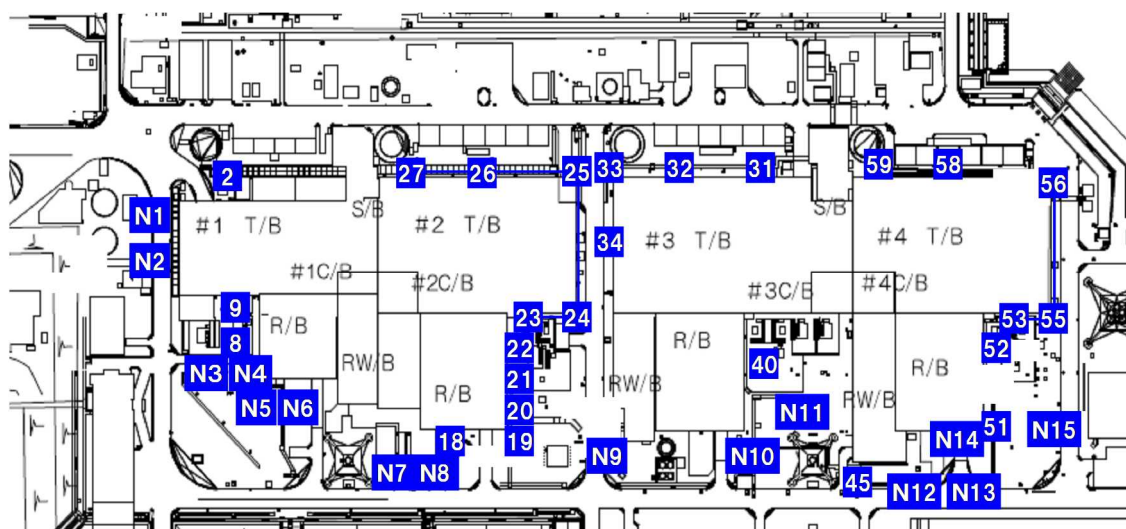
機器名称	核種	線源強度 (Bq/体)
前処理フィルタ 2	Cs	2.5×10^{11}

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

水質調査結果一覧



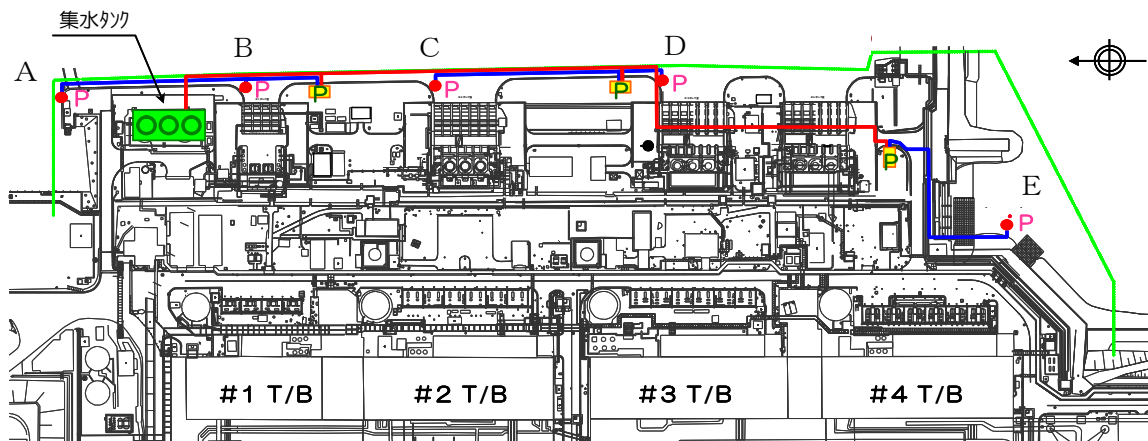
単位：Bq/L

ピット	Cs-134	Cs-137	全β	H-3
2	ND(8.4)	6.9×10^0	ND(17)	6.4×10^2
8	5.9×10^1	2.4×10^2	3.2×10^2	2.1×10^3
9	4.2×10^1	1.6×10^2	2.4×10^2	1.4×10^3
18	4.0×10^3	1.5×10^4	1.8×10^4	1.1×10^3
19	1.6×10^3	5.8×10^3	6.6×10^3	1.5×10^3
20	ND(12)	ND(19)	6.1×10^1	1.2×10^3
21	1.5×10^1	6.0×10^1	1.0×10^2	1.5×10^3
22	4.4×10^1	1.4×10^2	2.2×10^2	6.5×10^2
23	ND(8.4)	2.3×10^1	6.7×10^1	7.9×10^2
24	1.0×10^2	2.8×10^2	3.5×10^2	5.3×10^2
25	3.8×10^1	1.4×10^2	2.5×10^2	4.8×10^2
26	3.7×10^1	1.5×10^2	2.7×10^2	ND(120)
27	5.0×10^1	1.4×10^2	2.2×10^2	ND(120)
31	2.0×10^2	5.9×10^2	1.0×10^3	3.0×10^2
32	ND(9.4)	5.9×10^0	ND(17)	ND(120)
33	1.3×10^1	4.3×10^1	6.5×10^1	3.9×10^2
34	6.3×10^1	1.8×10^2	2.9×10^2	6.9×10^2
40	3.5×10^3	1.1×10^4	1.6×10^4	5.0×10^2

ピット	Cs-134	Cs-137	全β	H-3
45	ND(12)	ND(19)	ND(16)	ND(110)
51	ND(12)	ND(20)	2.1×10^1	7.6×10^2
52	ND(9.4)	ND(6.8)	ND(17)	2.1×10^2
53	ND(8.1)	ND(6.2)	ND(17)	ND(120)
55	ND(7.2)	ND(6.2)	ND(17)	1.7×10^2
56	ND(9.4)	ND(5.9)	ND(17)	2.9×10^2
58	ND(8.5)	3.7×10^1	3.0×10^1	1.4×10^2
59	ND(8.4)	1.2×10^1	ND(17)	1.3×10^2
N1	ND(6.5)	ND(6.2)	ND(17)	ND(110)
N2	ND(6.7)	ND(5.9)	ND(17)	ND(110)
N3	ND(8.5)	ND(7.2)	ND(17)	2.6×10^2
N4	ND(7.6)	9.0×10^0	6.9×10^1	2.1×10^2
N5	ND(7.2)	ND(6.2)	ND(17)	2.4×10^2
N6	ND(7.3)	ND(6.8)	ND(17)	ND(110)
N7	ND(5.5)	ND(6.2)	ND(17)	1.5×10^2
N8	ND(11)	ND(17)	ND(15)	ND(110)
N9	ND(9.4)	ND(7.1)	ND(16)	4.9×10^2
N10	ND(11)	ND(17)	2.0×10^1	ND(110)
N11	ND(11)	ND(16)	1.6×10^1	1.2×10^2
N12	ND(12)	ND(19)	ND(16)	1.5×10^2
N13	ND(11)	ND(17)	ND(16)	4.1×10^2
N14	ND(13)	ND(19)	ND(16)	1.2×10^4
N15	ND(7.6)	ND(8.0)	ND(17)	ND(110)

※ 「ND」は検出限界値未満を表し、()内に検出限界値を示す。

※ H26年10月～12月に採取したデータを示す。



(単位 : Bq/L)

地下水ドレンポイント	Cs-134	Cs-137	全 β	H-3
A	ND (2.5)	ND (2.5)	1.3×10^3	3.8×10^3
B	ND (2.2)	ND (2.3)	1.3×10^3	3.3×10^3
C	7.4×10^0	2.4×10^1	1.1×10^3	3.8×10^3
D	1.6×10^1	3.9×10^1	7.7×10^2	2.6×10^3
E	2.5×10^0	7.7×10^0	5.3×10^1	3.2×10^2

※採取日 : 2014 年 10 月 17 日

サブドレン及び地下水ドレンの水位設定

「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」のうち、「1. 水位管理等の方法」において、自動で運転する場合の具体的な水位設定を以下に示す。

- (1) 建屋海側に位置するサブドレンのポンプ停止バックアップ位置 (LL 値) は、建屋滞留水水位の管理上限目標値 T. P. 2, 064mm^{※1} (O. P. 3, 500mm) を下回らないよう、管理上限目標値に測定誤差として 200mm を加えた値以上に設定する。また、ポンプ停止位置 (L 値) は、LL 値に 200mm を加えた値以上に設定する。

- (2) 建屋山側に位置するサブドレンのポンプ停止バックアップ位置 (LL 値) 及びポンプ停止位置 (L 値) は、建屋海側に位置するサブドレン水位が有意な変動を生じさせない範囲で、段階的に設定値を下げていくこととする。

海側遮水壁構築による建屋海側に位置するサブドレン等の水位上昇が確認されるまでは、建屋海側に位置するサブドレンは稼働させず、建屋山側に位置するサブドレンはポンプ停止位置 (L 値) を建屋滞留水の管理上限目標値 T. P. 2, 064mm^{※1} (O. P. 3, 500mm) に 3, 000mm を加えた T. P. 5, 064mm^{※1} (O. P. 6, 500mm) 以上に設定し、建屋滞留水との水位差を十分に確保できるよう稼働させる。その後、建屋海側に位置するサブドレンの水位変動を一定期間 (1 週間程度) 確認する。その際、建屋海側に位置するサブドレンに有意な水位低下がないこと、建屋滞留水との十分な水位差が確保されていること、建屋滞留水の移送先受け入れ容量が十分であることが確認できれば、建屋滞留水の流出リスクがないと判断し、設定値を下げる。以降、段階的に設定値を下げる際はその都度、同様に建屋滞留水の流出リスクがないことを確認する。

また、海側遮水壁構築による水位上昇が確認できた後は、建屋山側に位置するサブドレン及び建屋海側に位置するサブドレンのポンプ停止位置 (L 値) を管理上限目標値に 400mm 加えた値を下限值として、水位変動を確認しながら稼働する。

- (3) サブドレンと建屋滞留水の水位差 (建屋近傍のサブドレン水位の最低水位と建屋水位の最高水位の差) の運用目標値は、測定誤差及び稼働に伴うサブドレン水位変動を見込んだ 450mm に各建屋内滞留水の塩分濃度による比重を考慮した補正值 (以下、「塩分補正值」という) を加えた値以上に設定する。なお、建屋山側に位置するサブドレン稼働に伴う建屋海側に位置するサブドレンの水位低下量が 10mm/日以下 (最も水位変化の大きい設備稼働初期において、段階的に水位を下げる場合の予測値) に対し、建屋滞留水の移送能力 (平常時の滞留水移送に対する余力) は実績として 20mm/日以上有しているため、サブドレン水位の変動に建屋滞留水水位が追従することが可能である。また、建屋山側に位置するサブドレン稼働に伴う建屋海側に位置するサブドレンの水位低下量が 10mm/日を超える場合には、建屋山側に位置するサブドレンの稼働

を停止し、稼働方針の見直しを行った上で稼働する^{※2}。

- (4) 地下水ドレンのポンプ停止位置（L 値）は、潮の干満により地下水が変動しても、海側のサブドレン水位が建屋滞留水水位を下回ることがないように、朔望平均満潮位^{※3}（H. W. L=T. P. 764mm^{※1}（O. P. 2, 200mm））に測定誤差として 200mm を考慮して T. P. 964mm^{※1}（O. P. 2, 400mm）以上に設定する。なお、地下水ドレン稼働に伴う地下水の水位変動は、より建屋近傍の建屋海側に位置するサブドレンの水位で管理する^{※4}。
- (5) 地下水ドレンのポンプ警報鳴動水位（HH 値）は、豪雨時においても、警報鳴動確認後、免震棟から現地へ出向してポンプを手動起動する間に、地表面に地下水が溢水することのないよう、上昇する地下水位を考慮して地盤面 T. P. 2, 564mm^{※1}（O. P. 4, 000mm）に対し、400mm の余裕を持たせた T. P. 2, 164mm^{※1}（O. P. 3, 600mm）以下に設定する。またポンプ起動位置（H 値）は、HH 値に測定誤差として 200mm を考慮し、T. P. 1, 964mm^{※1}（O. P. 3, 400mm）以下に設定する。

※1 構内基準点沈下量（-709mm，平成 26 年 3 月測量）と O. P. から T. P. への換算値（-727mm）の和（-1, 436mm）により換算。

※2 建屋海側に位置するサブドレンの稼働後は、建屋山側と建屋海側に位置するサブドレンの水位をともに低下させていくことから、「建屋山側に位置するサブドレン稼働に伴う建屋海側に位置するサブドレンの水位低下量の評価」は、建屋海側に位置するサブドレンの稼働までとする。なお、建屋海側に位置するサブドレンの水位監視は継続する。

※3 朔（新月）と望（満月）それぞれの日から前 2 日～後 4 日以内に観測された最高潮位の平均を朔望平均満潮位という。（大熊における 2002 年～2007 年の観測潮位に基づく調解析結果に沈下補正したもの）

※4 朔望平均干潮位（L. W. L=T. P. -736mm^{※1}（O. P. 700mm））においても、海側のサブドレン水位が建屋滞留水を下回っていないことを過去の実績より確認している。

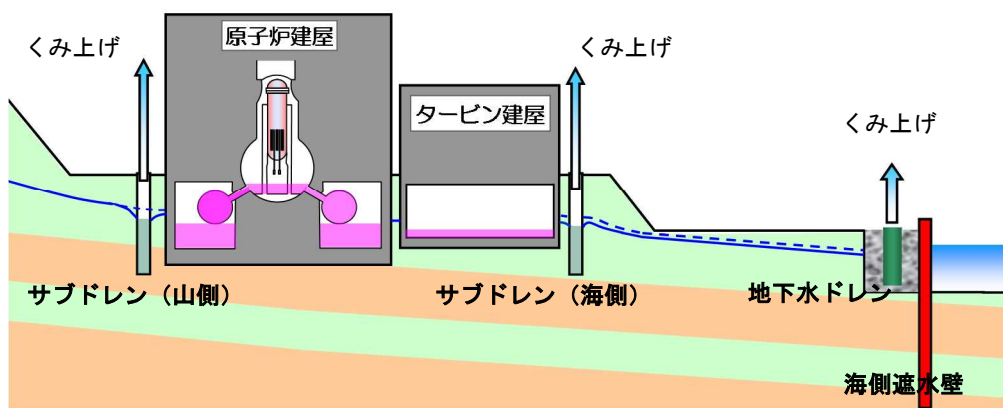
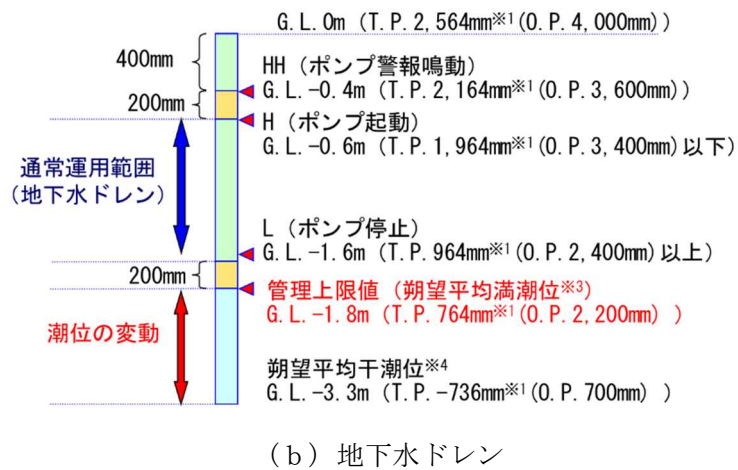
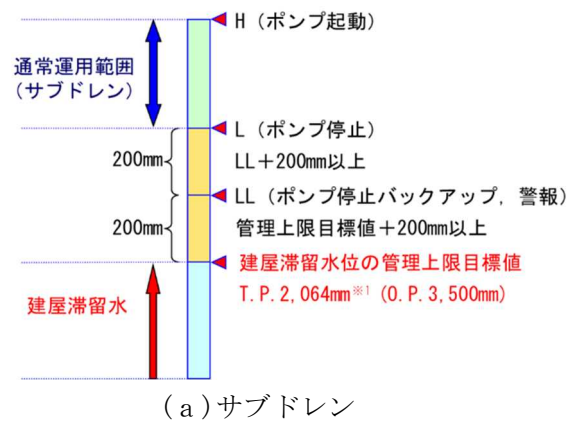
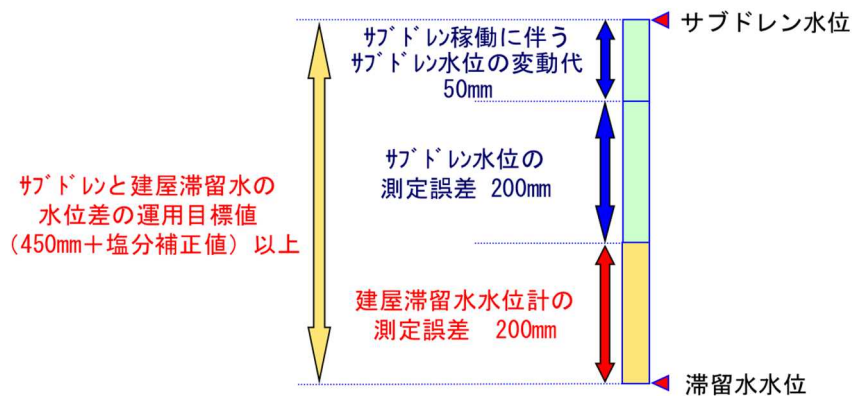


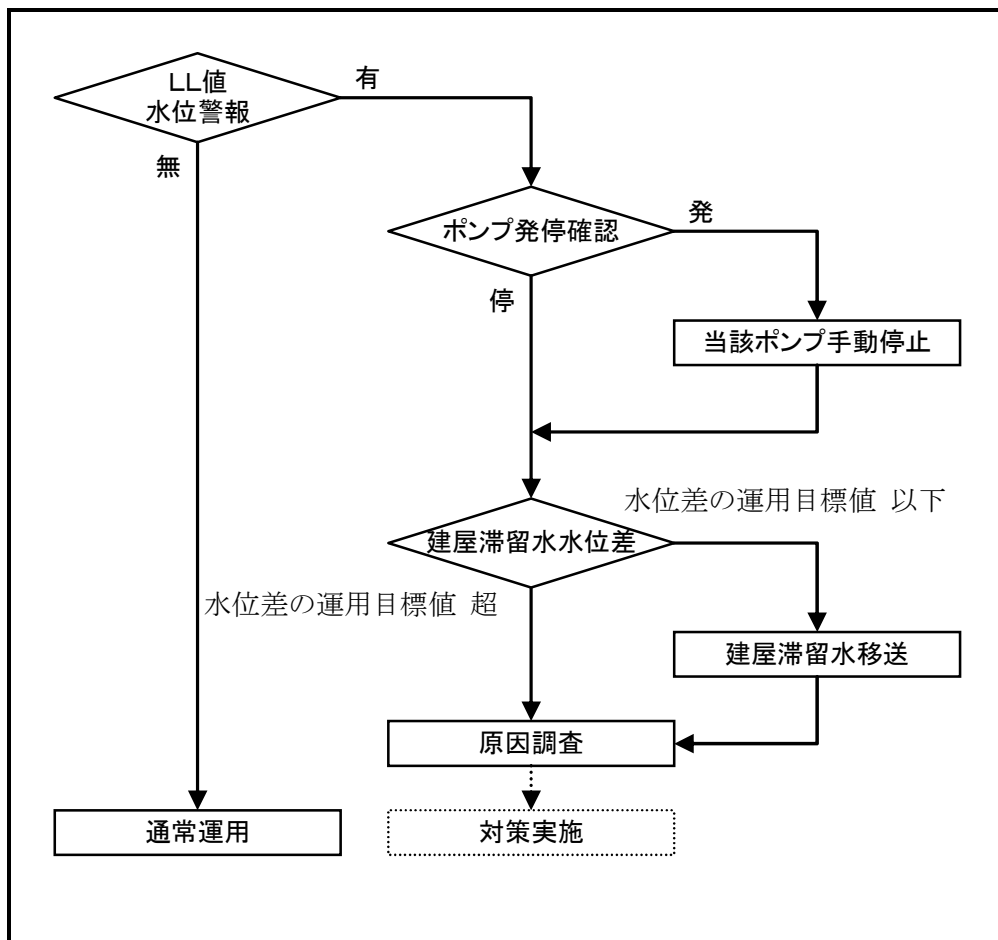
図-1 地下水ドレン・サブドレン



図ー 2 サブドレン及び地下水ドレンの水位設定



サブドレン水位管理フロー



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

		震災前図面 との差異[mm]	測量日	備考
構内基準点(物揚場)		-709	H26.3	
建屋	1号機 T/B	-730	H27.2	
	2号機 T/B	-725		
	3号機 T/B	-710		
	4号機 T/B	-712		
	1～4号機 R/B	-	-	測量が完了するまでは、構内基準点測量結果 (-709mm)で換算
	1～4号機 Rw/B	-	-	測量が完了するまでは、構内基準点測量結果 (-709mm)で換算
サブドレンピット	1	-840	H26.7 ～9	
	2	-700		
	8	-610		
	9	+890		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
	18	-682		
	19	-714		
	20	-710		
	21	-788		
	22	-742		
	23	-677		
	24	-715		
	25	-707		
	26	-687		
	27	-740		
	31	-780		
	32	-707		
	33	-905		
	34	-738		
	40	-515		
	45	-672		
	51	+215		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
	52	+238		震災後、ピット上端の嵩上げを実施
	53	-735		
	55	-657		
	56	-745		
	58	-700		
	59	-790		

※2 T. P. 表記された水位を震災前図面レベル(O. P. 表記)と比較する場合は、上記震災前図面との差異とO. P. からT. P. への換算値(-727mm)の和によりO. P. 表記へ換算する。(震災後にピット上端の嵩上げを実施したNo. 9, 51, 52を除く)

※3 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。

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

		震災前図面 との差異[mm]	測量日	備考
建屋	プロセス主建屋	-635	H27.7	
	焼却工作建屋 (焼却建屋)	-665		
	焼却工作建屋 (工作建屋)	-667		
	サイトバンカ建屋	-711		
	HTI建屋	-719		
サブドレンピット	112	-708	H27.7	
	116	-719		
	119	-716		
	120	-854		
	121	-671		
	122	-653		
	125	-911		
	133	-673		
	150	-897		
	151	-911		
	152	-898		
	153	-916		

※2 T. P. 表記された水位を震災前図面レベル (O. P. 表記) と比較する場合は、上記震災前図面との差異と O. P. から T. P. への換算値 (-727mm) の和により O. P. 表記へ換算する。

※3 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。