

第2回意見聴取会  
「多核種除去設備・地下貯水槽・地下水バイパス等」  
に対する委員等からのコメントへの回答

平成24年 9月 5日

東京電力株式会社



東京電力

TEPCO

---

---

## 第2回意見聴取会 委員からのご質問に対する回答補足

# 保管中のスラリーについて（１）

---

スラリーは保管中に、液体成分と固体成分に分離しないか。分離した場合の液体成分と固体成分の放射能濃度はどの程度か。また、HIC内の温度が許容値を逸脱しないか。（山本委員）

- 前処理工程で発生した沈殿生成物等は、クロスフローフィルタにより濃縮された後、HICに排出される。このため、スラリーは粘性があり、重力による分離の可能性は低いと考える。
- 仮に分離した場合、上澄み液は、前処理設備後段の処理水と同程度の放射能濃度となる。また、沈殿物の放射能濃度は濃縮されることになる。

## 保管中のスラリーについて（2）

- 仮に、HIC内のスラリーが分離した場合を想定しても、以下の通り、安全上の問題は無い。

### <評価条件>

コールドドラボ試験のスラリーを遠心分離（回転数:3000rpm, 時間:10分, 遠心力 1100G以上）した結果、50%の上澄み液が発生したため、スラリーを2倍に濃縮させた条件で評価を実施。

### ✓ 水素発生量

水素発生量は、放射線のエネルギーが全てHIC内の水に吸収されると仮定して評価しており、スラリーの濃度に依存しない。

### ✓ 温度評価

スラリーの発熱密度を2倍とした条件においても、ボックスカルバート内のHIC容器温度の上昇は、6℃程度にとどまり、HICの設計温度76.6℃に対して十分低い。

- ・ HIC温度評価結果（太陽熱考慮）

HIC容器温度：約67℃（2倍濃縮），【参考】約61℃（濃縮なし）

### ✓ 耐放射線

スラリーの濃縮により、HIC照射量は2倍（ $2 \times 10^5$ Gy以下）となるが、設計値（ $1 \times 10^6$ Gy以下）を満足する。

# 高性能容器（HIC）の設計温度について

HIC貯蔵時の許容値（設計温度）76.6°Cの根拠は何か。（東委員）

- HIC貯蔵時の許容値（設計温度）は、IAEA Safety Standardsに示される、A型輸送容器に対する使用温度の条件（-40°C～70°C）の高温側の制限70°C【158° F】に余裕をみて、170° F【76.6°C】としている。
- なお、HICに用いる架橋ポリエチレンは、例えば、架橋ポリエチレン管工業会のデータによれば、95°C、応力3MPaの条件下においても長期間屈曲点が表れないと評価されている（p40参照）。HICにかかる応力は水頭圧程度と十分に低いことから、許容値（設計温度）76.6°Cは、十分に保守的な数値である。

# 環境条件によるH I Cの劣化について

環境条件が変動した場合のH I Cの劣化を定量的に示すこと。（井口委員）

- 一時保管施設でのH I C貯蔵時に想定される環境条件（温度、湿度等）の変動による劣化に対する影響は以下の通り。

## 温度

ポリエチレンは、95℃のクリープ試験において、長時間にわたり屈曲点が現れていないことから、想定される使用環境（-10℃～76.6℃）※においては、長時間の熱負荷における劣化はないと考える。

## 湿度

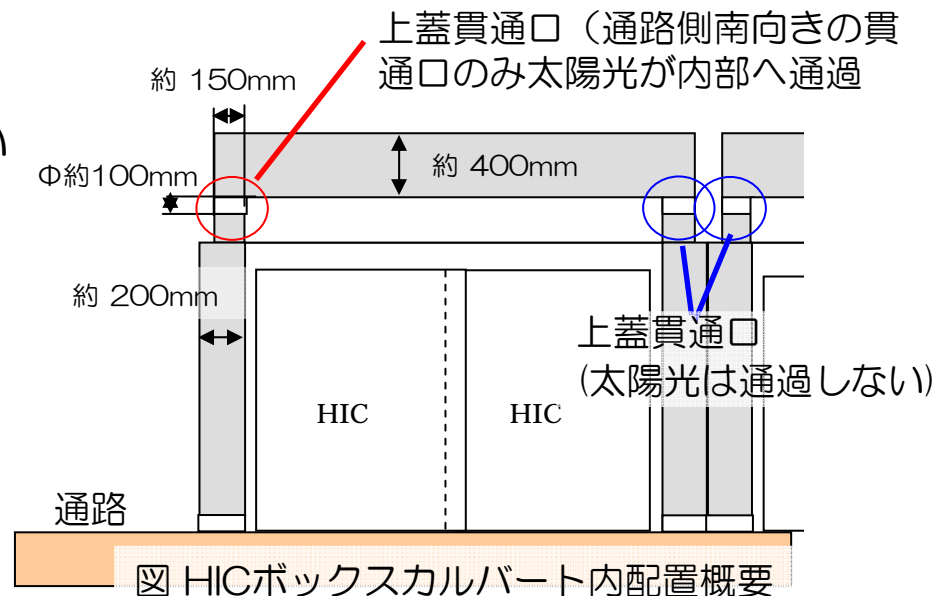
ポリエチレンは水に対して安定であり、湿度の変動によるH I Cの劣化は想定されない。

## 紫外線

H I Cは、コンクリート製のボックスカルバート内（側面厚さ約200mm、蓋上部厚さ約400mm）に貯蔵されるため、紫外線の透過による劣化の影響は無視し得るものである。ただし、ボックス上蓋の貫通口を通じて冬季に短時間（最大4時間/日程度）太陽光に曝されるが、曝される面積・箇所は太陽の軌跡から日々変化するため、劣化の影響は無視し得るものである。

### 紫外線曝露試験の結果

紫外線に対する許容値1年未満は、米国認可要件を採用している。これは、2年間の紫外線曝露試験の結果、推定寿命が1～2年であることによる。



※ 76.6℃：許容値（設計温度）

-10℃：冬季における最低気温の想定値

# 異常事象に対する評価について

異常事象に対する影響評価を行い、対策を考えること。（山口委員）

- 多核種除去設備に要求される以下の安全機能に対する異常事象について評価し、周辺公衆に対し著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認した。
  - ✓ 可燃性ガスの滞留防止機能
  - ✓ 放射性物質の閉じ込め機能
  - ✓ 崩壊熱除去機能
  - ✓ 放射線の遮へい機能
- 外部要因に対しては、『発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針』より設計上考慮すべき事象を抽出し、影響評価を実施した。評価の結果、外部要因により、被害を受ける可能性が否定できない事象に対しては、被害の影響を低減させる措置を講ずることとする。

# 可燃性ガスの滞留防止機能（1）

## ■設計上の考慮

- ✓水の放射線分解により発生する可燃性ガスは、通水時は処理対象水により排出される。停止時は、発熱量が大きい吸着材を充填する吸着塔のベントを開け可燃性ガスの滞留を防止する。
- ✓使用済みの吸着材、スラリーを収容するHICについては、可燃性ガスの発生を考慮して、HIC蓋にフィルタ及びベント孔を設け、可燃限界に対して十分低い濃度であることを確認している。

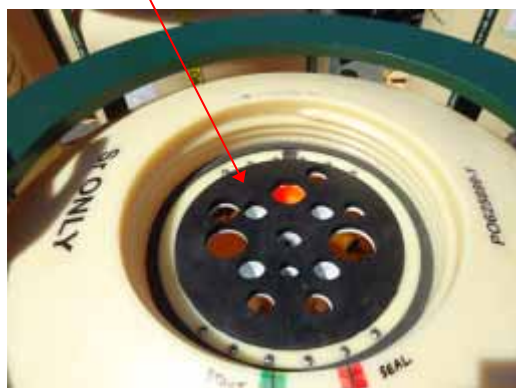
また、フィルタへのスラリー付着については、以下の3重構造により、フィルタエレメントへの収容物（液体）の飛散を防止する設計としている。

- ・脱水装置取付用パン（HIC蓋より下部に設置）
- ・フィルタ蓋（HIC蓋のフィルタ下面に設置）
- ・フィルタエレメントの設置位置（HIC蓋下面より上部に設置）



HIC外観

脱水装置取付用パン

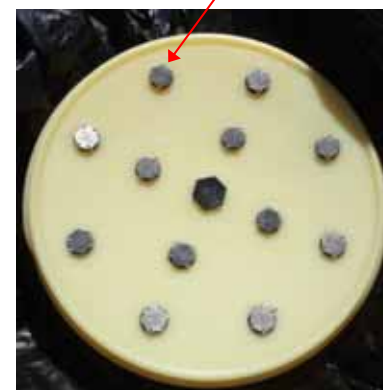


HIC上部



HIC蓋（表面）

フィルタ



HIC蓋（裏面）



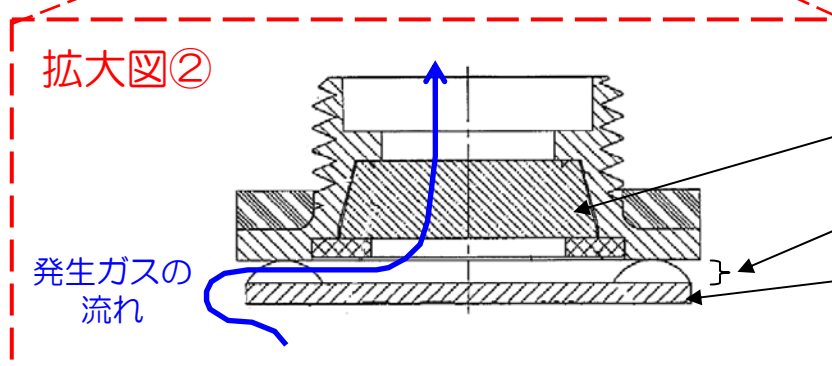
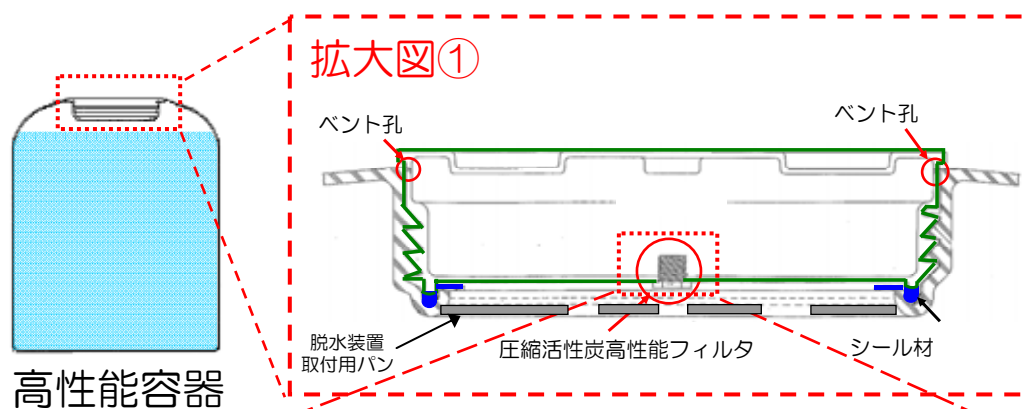
# 可燃性ガスの滞留防止機能（2）

## ベント機構の閉塞の可能性について

高性能容器収容物より発生した可燃性ガスは、容器の蓋に設置した圧縮活性炭高性能フィルタを介した後、ベント孔より、大気へ放出される。

収容物の水素発生量に応じ、以下の2種類のベント蓋を使用。

- ①フィルタ 2個、ベント孔16個
- ②フィルタ13個、ベント孔32個



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

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



フィルタ

# 可燃性ガスの滞留防止機能（3）

## ■想定される異常事象及び影響評価

### ● 想定される異常事象

- ①処理対象水中の放射能濃度が想定より高いことによる可燃性ガスの異常発生
- ②詰まり等によるHIC蓋のベント機能喪失

#### 異常事象①に対する影響評価

##### ①処理対象水中の放射能濃度が想定より高いことによる可燃性ガスの異常発生

- ✓ それぞれのタンクに貯蔵されている処理対象水に含まれるSr、Cs等の主要核種の濃度を事前に分析し、処理開始前に、スラリー濃縮度の設定及び吸着塔の通水量を評価する。これにより、各HIC内に收容される放射エネルギーを設計値内に管理し、可燃性ガスの異常発生を防止する。

#### 異常事象②に対する影響評価

##### ②詰まり等によるHIC蓋のベント機能喪失

- ✓ HIC内の水分の蒸発については無視できるほどに小さいことから、フィルタが目詰まりすることはない。
- ✓ HIC保管用のボックスカルバートには蓋を設けており、埃等の進入を防止していることから、HIC蓋にある複数のベント孔が全て閉塞する可能性は低いと考えられる。
- ✓ 仮に、ベント機能が喪失した場合、発生した水素がHIC内部に蓄積することになるが、着火源がないため水素爆発には至らない。
- ✓ また、何らかの要因で水素爆発が発生した場合においても、周辺公衆に対し著しい放射線被ばくのリスクを与えることはない（次項参照）。

## 可燃性ガスの滞留防止機能（４）

仮に水素爆発が発生した際の影響について以下の条件で試算を行った。

### 評価条件

- ✓ HIC 1 個の空間容積（約 $0.270\text{m}^3$ ）に滞留する水素の持つ発熱量がボックスカルバート内の空気の圧力上昇に変換されると仮定
- ✓ 上記により算出された圧力上昇がボックスカルバートの側面及び上蓋に負荷される時間を $0.01$ 秒と仮定
- ✓ 内圧の上昇によりボックスカルバートの上蓋（約 $10\text{t}$ ）が浮上りを評価

### 評価結果

評価の結果、ボックスカルバート内の内圧は約 $0.2\text{MPa}$ になり、その際の蓋の浮上りは、約 $23\text{mm}$ である。ボックスカルバートの蓋が外れるには、最低でも $100\text{mm}$ 浮上る必要があることから、蓋は外れず、ボックスカルバート上部から放射性物質が爆発により拡散することはない。

HICの収容物はボックスカルバート内で漏えいし、収容物がスラリーの場合は、ボックスカルバート底部の貫通口よりボックスカルバート外に漏えいすることになる（その際の影響については、p19,20参照）。

# 可燃性ガスの滞留防止機能（5）

HICベント機構は凍結により閉塞するか。（山本委員）

- HIC内部のスラリーの発熱量は、約7W/m<sup>3</sup>と小さいことから、雰囲気温度0度付近では水蒸気の発生はほとんどない。  
なお、ベントフィルタのフィルタ部は下図に示すように通気のために空隙を持った構造となっている。

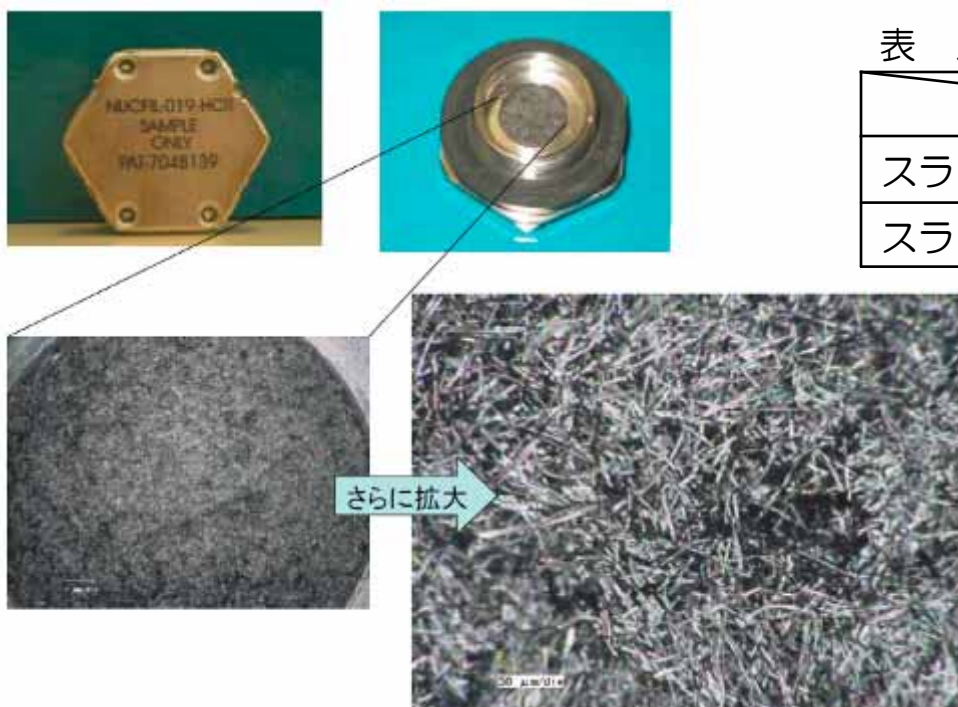


表 スラリーの発熱量

	発熱量
スラリー（鉄共沈処理）	約7W/m <sup>3</sup>
スラリー（炭酸塩沈殿処理）	約2.5W/m <sup>3</sup>

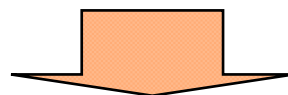
図 HICベントフィルタ フィルタ部の構造

# 放射性物質の閉じ込め機能（１）

## ■放射性物質の閉じこめ機能（漏えい）

### <異常事象発生（漏えい拡大）防止対策>

設備面	<ul style="list-style-type: none"><li>・各スキッドには受けパン及び漏えい検知器を設置</li><li>・受けパン内に雨水が流入しないように各スキッドにはビニール養生を実施</li><li>・継手部には、漏えい防止カバーを設置</li></ul>
運用面	<ul style="list-style-type: none"><li>・COLD試験において、フランジ等からの漏えいがないことを確認</li><li>・漏えい検知器作動等により、漏えいを検知した場合は、速やかに運転員がシステムを停止させる</li></ul>



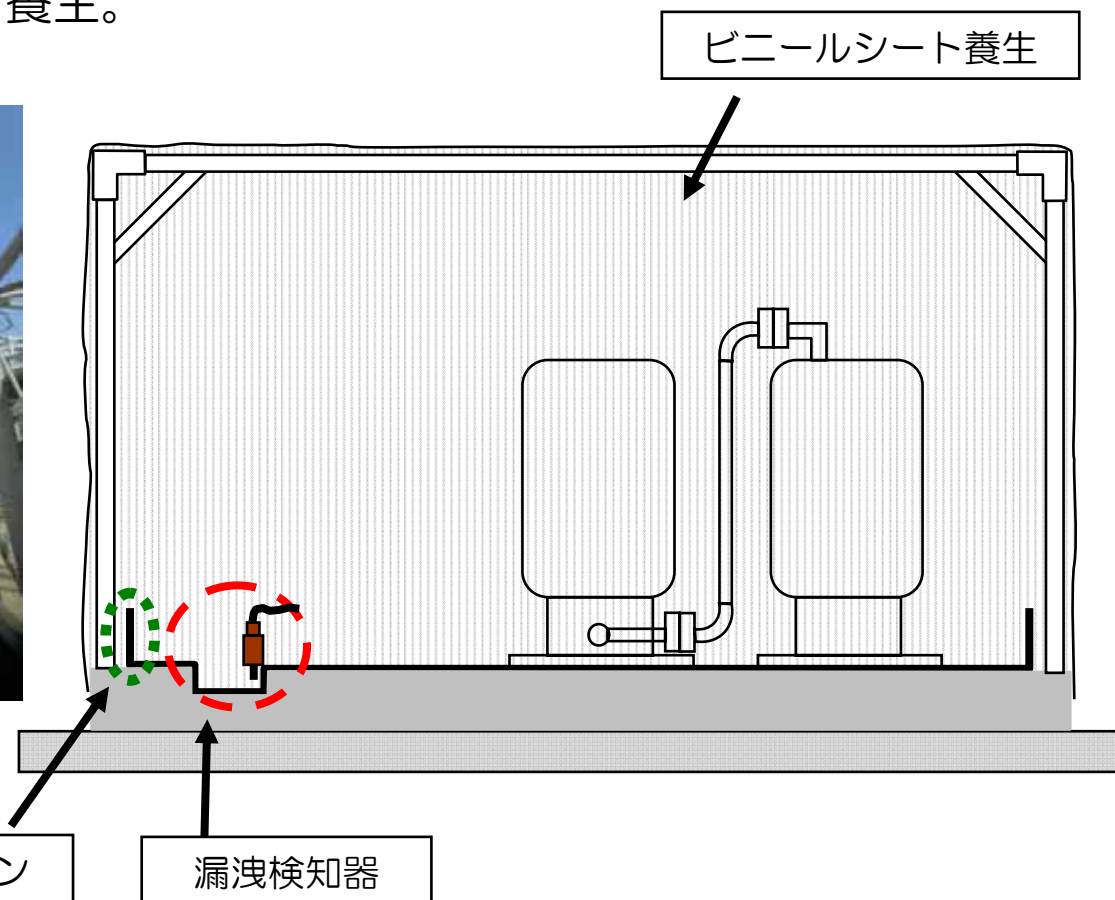
### <異常事象発生時（漏えい拡大を防止できなかった場合）の対応>

- ・万が一、各スキッドの受けパンから溢れ出た場合、もしくは各スキッド間の配管等から漏えいが発生した場合であっても、外周堰（高さ500mm）を超えることはなく、系外に放出されることはない
- ・堰内の漏えい水やスラリー等は、排水ポンプや吸引車等にて回収することが可能である

## 放射性物質の閉じ込め機能（2）

### ■漏えい拡大防止対策

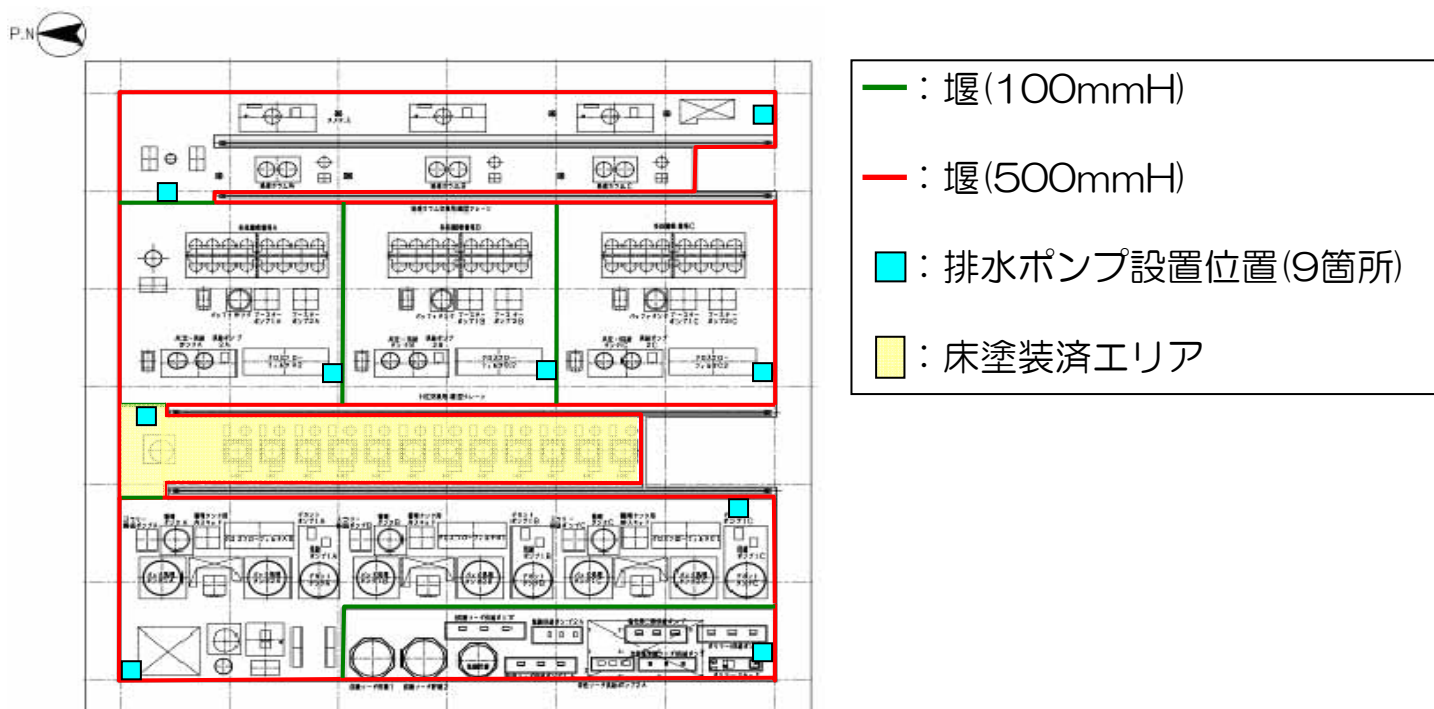
- 多核種除去設備を構成する機器類は、スキッドで構成されており、各スキッドには受けパンと漏えい検知器を設置。また、受けパン内に雨水が流入しないよう、各スキッドはビニールシート等で養生。



# 放射性物質の閉じ込め機能（3）

## ■ 漏えい拡大防止対策

- ✓ 機器設置エリアの外周部には、漏えい拡大防止のため、500mm堰を設置。また、エリア内にも100mmの堰を設けている。
- ✓ カメラにより、機器設置エリア内の漏えいを監視する。
- ✓ 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、エリア全面に床塗装を行う。HICエリアは床塗装済みであり、それ以外のエリアは、実施可能な範囲から順次施工する計画である。



# 放射性物質の閉じ込め機能（４）

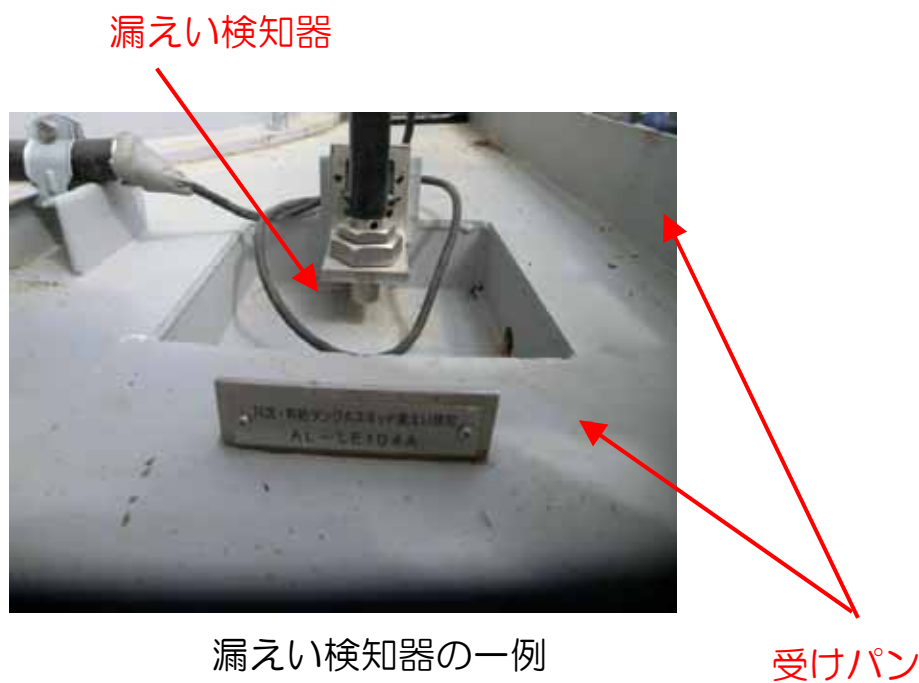
雨天の際にスキッド外で漏えいした場合、検知されずに漏えい水が雨水と共に施設外に排出されるのではないか。

《雨天時の対応》

- 多核種除去設備を構成する機器類は、スキッドで構成されており、各スキッドには受けパンと漏えい検知器を設置。また、受けパン内に雨水が流入しないよう、各スキッドはビニールシート等で養生。



ビニールシート養生の一例



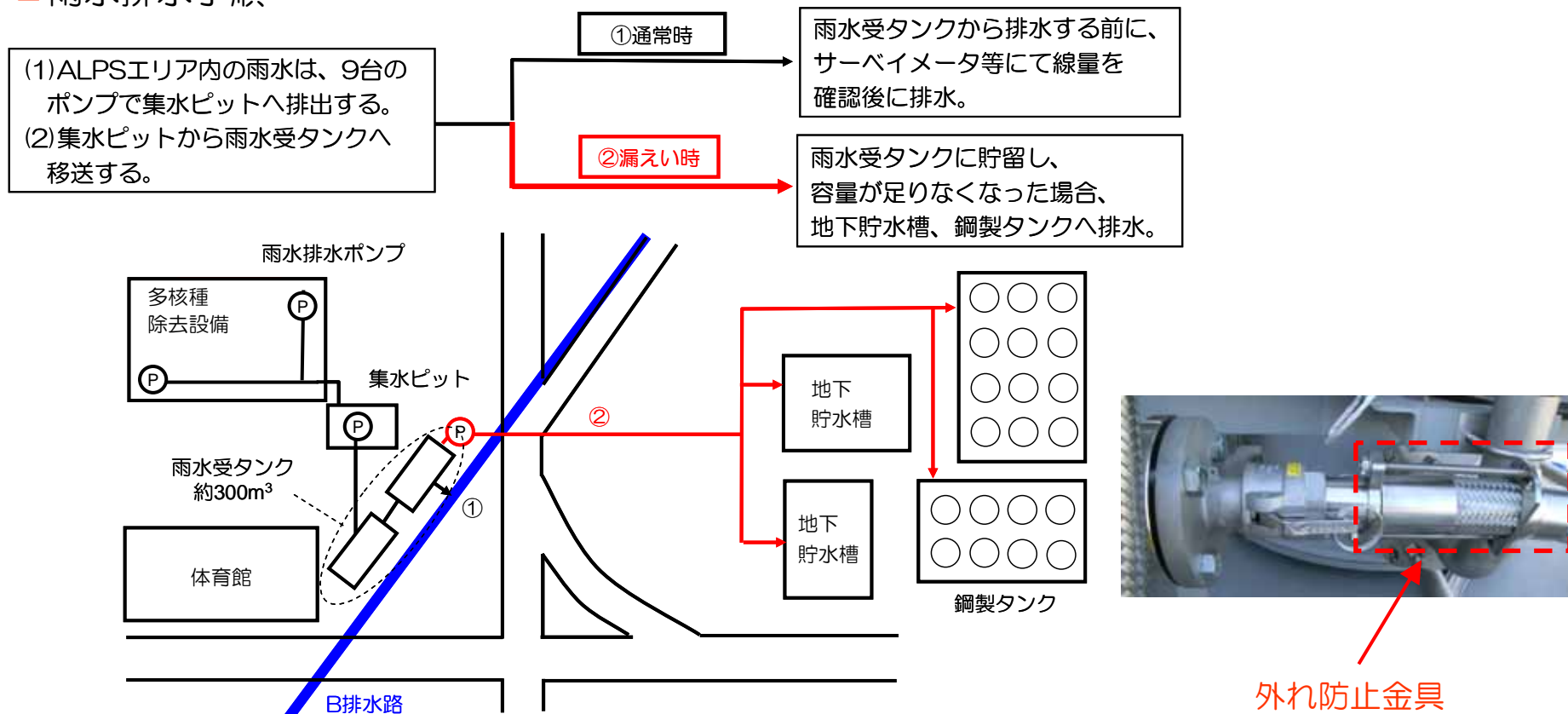
漏えい検知器の一例

受けパン



# 放射性物質の閉じ込め機能（5）

## ■ 雨水排水手順

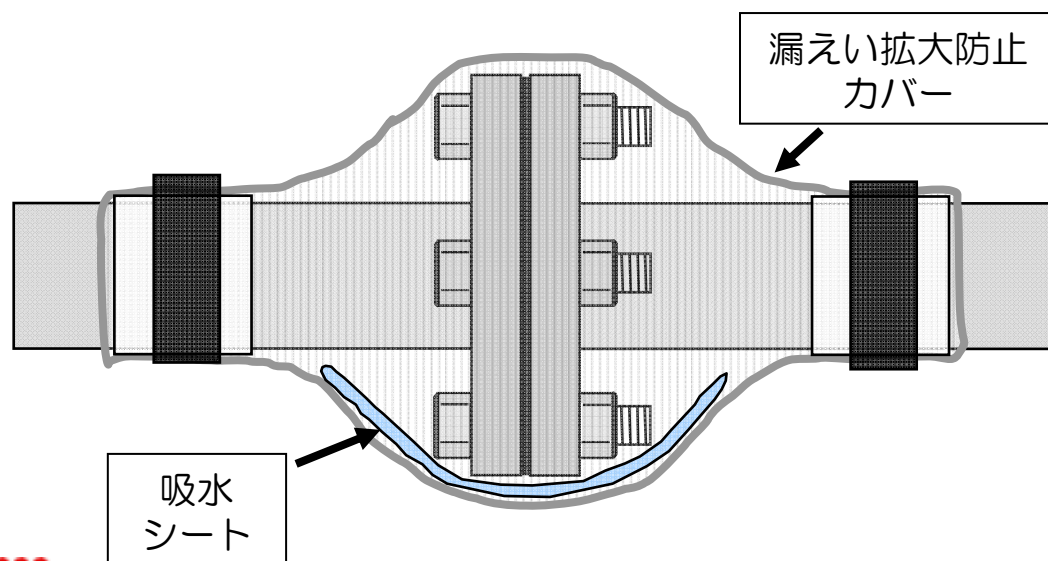


- ✓ 各スキッドを接続する配管（スキッド外）には、耐圧ホース（EPDM製）を使用する。なお、耐圧ホースの継手部には、外れ防止金具を予め設置する。
- ✓ 通常時は雨水受タンクに貯留後、排水前にサーベイメータ等にて線量を確認する。漏えい発生時は雨水受タンクに貯留するが、容量が不足する場合は地下貯水槽や鋼製タンク等に移送して貯留する。
- ✓ 台風等の大雨が想定される場合には、予め装置を停止する等、適切な対応を図る。

# 放射性物質の閉じ込め機能（6）

## ■漏えい拡大防止カバーについて

- 漏えい水受けパン外の配管においては、万が一漏えいが発生した場合、漏えい検知器が作動しない。そこで、配管・ホース継手部に漏えい拡大防止カバーを取り付け、その中に吸水シートを入れることで、漏えい水の拡大防止に努める。

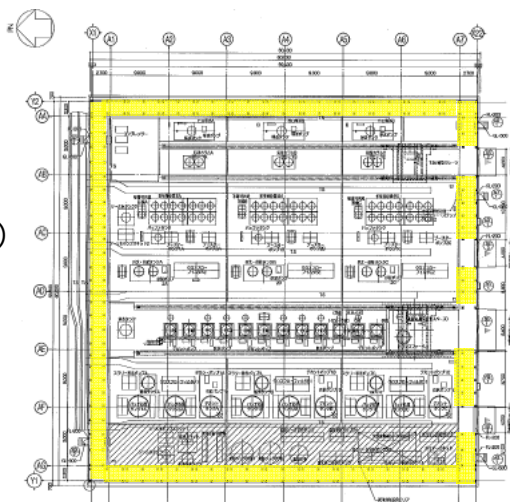


# 放射性物質の閉じ込め機能（7）

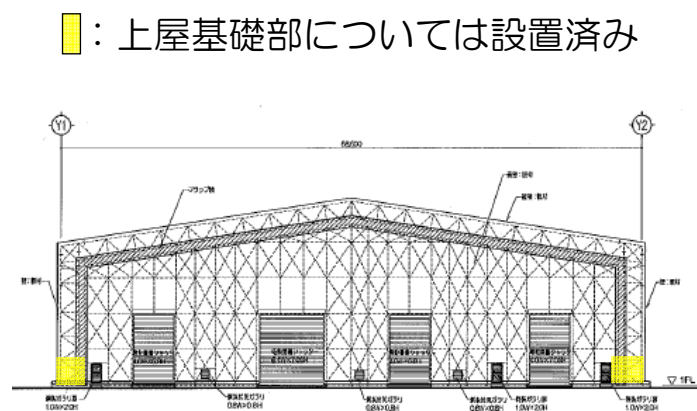
## ■上屋設置について

- H25.2を目標に、下記仕様の上屋を設置する。

- ✓ 耐震Bクラス設計
- ✓ 鉄骨造（平屋建）
- ✓ 建築、延床面積  
：約3,600m<sup>2</sup>(60×60m)
- ✓ 高さ：約19m



建屋平面図



■：上屋基礎部については設置済み

南立面図

## ●上屋設置工程

項目	平成24年					平成25年		
	8	9	10	11	12	1	2	3
材料手配、鉄骨製作	■							
準備工事（ヤード整備、構台設置）			■					
ユニット地組、上屋設置			■					

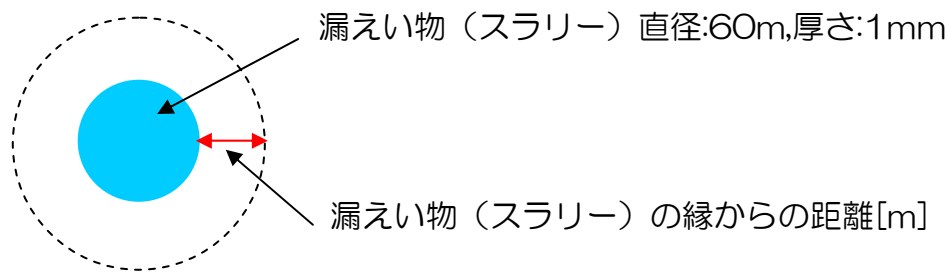
# 放射性物質の閉じ込め機能（8）

仮に放射性物質の閉じ込め機能が喪失した際に、被ばくへの影響が大きいと想定されるHIC収容物（スラリー，吸着材）が漏えいした場合の影響評価を行った

## ①HIC内のスラリーが漏えいした際の被ばくに関する影響評価

### 評価条件

- ✓線量評価への影響が大きい鉄共沈処理のスラリーがHICより漏れた場合を想定
- ✓HIC（内容量:約2.86m<sup>3</sup>）内のスラリーが円形状に漏えいした場合を想定



評価モデル（上から見た概要図）

漏えい物（スラリー）の縁からの距離[m]	線量率※ [mSv/h]
0	7.1E-01
1	5.6E-01
50	2.1E-02
100	5.3E-03
150	1.9E-03

※ 線量率：各々の距離における高さ1.5mの点での評価値

### 評価結果

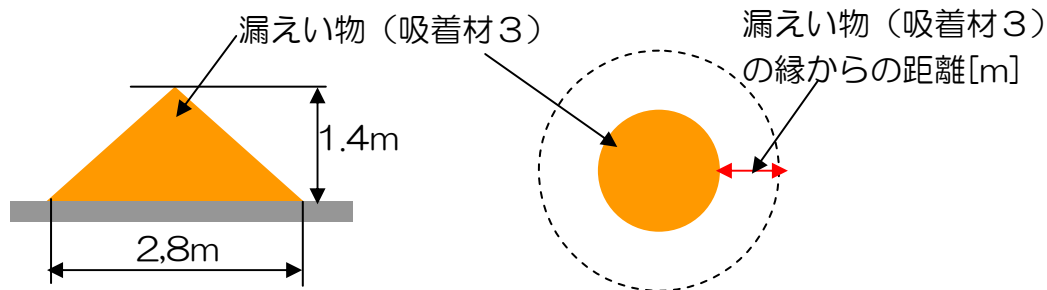
一時保管施設（第二施設）から敷地境界への距離は、約150mであるため、敷地境界への影響は数 $\mu$ Svであり極めて低い。

# 放射性物質の閉じ込め機能（8）

## ②HIC内の吸着材が漏えいした際の被ばくに関する影響評価

### 評価条件

- ✓線量評価への影響が大きい吸着材3（主にセシウムを吸着）がHICより漏れた場合を想定
- ✓HIC（内容量:約2.86m<sup>3</sup>）内が吸着材3が円錐状に漏えいした場合を想定



評価モデル  
(側面から見た概要図)

評価モデル  
(上面から見た概要図)

漏えい物（吸着材）の縁からの距離[m]	線量率※ [mSv/h]
0	7.8E+01
1	2.7E+01
5	3.0E+00
50	3.5E-02
100	7.3E-03
150	2.6E-03

※ 線量率：各々の距離における高さ1.5mの点での評価値

### 評価結果

一時保管施設（第二施設）から敷地境界への距離は、約150mであるため、敷地境界への影響は数  $\mu$ Svであり極めて低い。

# 放射性物質の閉じ込め機能（9）

## ■漏えい発生時の回収方法について

- ALPS設置エリアでは堰内に留まるため、堰内の漏えい物を回収する。また、一時保管施設での漏えい時は、土嚢等の漏えい拡大防止措置を行った上で回収を行う。
- 漏えい物は、吸引車等で回収を行う。必要に応じて、ろ過水などで希釈し回収する。  
配管、機器等の隙間などの狭隘部は、小型の掃除機等で回収する。
- 線量が高い吸着材3が漏えいした場合は、可能な限り離隔距離を確保し、吸引車又は掃除機等で吸引する。



漏えい物回収作業の様子

逆浸透膜装置移送ホースからの漏えい（H24.3.26）

過去の漏えい事象（一例）	発生日	回収量	回収方法	回収時間	放射性物質の濃度 (Bq/cm <sup>3</sup> )	作業雰囲気線量	作業員被ばく線量 (最大値)
蒸発濃縮缶装置からの漏えい	2011/12/4	約14m <sup>3</sup>	水中ポンプ	約1.5h	Cs-134: 1.2 × 10 <sup>1</sup> Sr-90: 1.1 × 10 <sup>5</sup>	γ: < 1mSv/h β+γ: < 5mSv/h	γ: 0.78mSv β: 5.3mSv
逆浸透膜装置移送ホースからの漏えい	2012/3./26	約10m <sup>3</sup>	吸引車	約3h	Cs-134: 4.1 × 10 <sup>0</sup> Cs-137: 6.3 × 10 <sup>0</sup> 全β: 1.4 × 10 <sup>5</sup>	γ: < 0.06mSv/h β+γ: < 1mSv/h	γ: 0.14mSv β: 0.9mSv

# 放射性物質の閉じ込め機能（10）

## ■漏えい物回収後の除染について

### 過去の漏えい事象における除染方法

- 蒸発濃縮装置からの漏えい事象において、床に残ったホコリ等の堆積物を掃除機で回収した。
- 逆浸透膜装置移送ホースからの漏えい事象においては、汚染土を回収し、土壌の入れ替えを行った。

過去の漏えい事象 (一例)	漏えい箇所	作業 期間	除染方法	作業 時間	作業雰囲気 線量	作業員被ばく 線量(最大値)
蒸発濃縮装置 からの漏えい	蒸発濃縮装置 ハウス内	2日	堆積物の 回収	約2h/日	$\gamma : < 1\text{mSv/h}$ $\beta + \gamma : < 5\text{mSv/h}$	$\gamma : 0.23\text{mSv}$ $\beta : 3.2\text{mSv}$
逆浸透膜装置移送 ホースからの漏えい	移送ホース	約1ヶ月	汚染土の 回収	約2h/日	$\gamma : < 0.06\text{mSv/h}$ $\beta + \gamma : < 1\text{mSv/h}$	$\gamma : 0.24\text{mSv}$ $\beta : 3.8\text{mSv}$

### ALPSから漏えいした場合の除染方法

- 過去の漏えい事象と同様に、ALPSエリア内においては、コンクリート面の堆積物の回収と水による洗浄を行う。一時保管施設においては、汚染土を回収し土壌を入れ替える。
- 漏えい水のコンクリートへの浸透を防止するため、床塗装を行う。HICエリアは塗装済みであり、それ以外のエリアはH24年度内を目標に、実施可能な範囲から順次施工する計画である。

# 崩壊熱除去機能（1）

## ■設計上の考慮

- ✓処理対象水に含まれる放射性物質の崩壊熱は、通水時は処理対象水により除去される。
- ✓一時保管施設のボックスカルバート内のHIC容器温度は、最大で約63℃（太陽熱を考慮）であり、HICの設計温度76.6℃に対して十分低くなることを確認している。

## ■想定される異常事象及び影響評価

### ●想定される異常事象

- ①処理対象水中の放射能濃度が想定より高いことによる崩壊熱の異常上昇
- ②崩壊熱除去機能の喪失（ボックスカルバート通気孔の閉塞）

### 異常事象①に対する影響評価

#### ①処理対象水中の放射能濃度が想定より高いことによる崩壊熱の異常上昇

- ✓それぞれのタンクに貯蔵されている処理対象水に含まれるSr、Cs等の主要核種の濃度を事前に分析し、処理開始前に、スラリー濃縮度の設定及び吸着塔の通水量を評価する。これにより、各HIC内に収容される放射エネルギーを設計値内に管理し、崩壊熱の異常上昇を防止する。



# 崩壊熱除去機能（2）

## 異常事象②に対する影響評価

### ②崩壊熱除去機能の喪失（ボックスカルバートの通気孔閉塞）

- ✓ ボックスカルバートの通気孔は、上蓋に2箇所（直径100mm）、底部に2箇所（縦100mm×横90mm）設けられており、構造上通気孔が全閉塞する可能性は低い。
- ✓ 仮に、ボックスカルバートの通気孔が全閉塞した場合においても、HIC容器温度は最大で約71℃（評価条件：外気温40℃、太陽熱を考慮）であり、HICの設計温度76.6℃に対して低くなるため安全上問題ない。

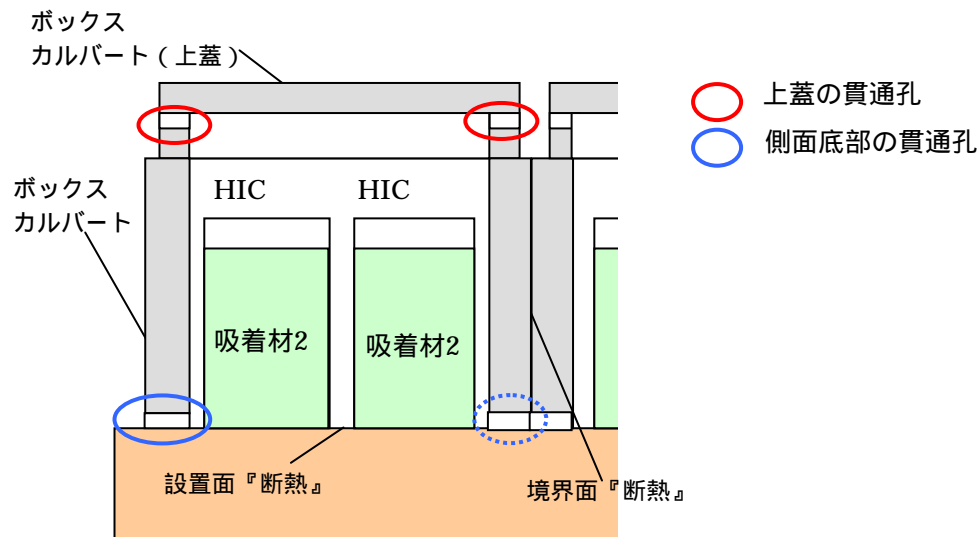


図 ボックスカルバート内のHIC設置状況

# 放射線の遮へい機能

## ■設計上の考慮

- ✓ 多核種除去装置、HIC等からの放射線による雰囲気線量低減のため、遮へいを設置している。
- ✓ HICは、遮へい機能を有する鋼製の容器に収容して一時保管施設へ輸送し、コンクリート製のボックスカルバート内で保管する設計としている。

## ■想定される異常事象及び影響評価

### ● 想定される異常事象

- ① 処理対象水中の放射能濃度が想定より高いことによる放射線量の異常上昇
- ② 遮へい機能の低下

#### 異常事象①に対する影響評価

##### ① 処理対象水中の放射能濃度が想定より高いことによる放射線の異常上昇

- ✓ それぞれのタンクに貯蔵されている処理対象水に含まれるSr、Cs等の主要核種の濃度を事前に分析し、処理開始前に、スラリー濃縮度の設定及び吸着塔の通水量を評価する。これにより、各HIC内に収容される放射エネルギーを設計値内に管理し、放射線量の異常上昇を防止する。

#### 異常事象②に対する影響評価

##### ② 遮へい機能の低下

- ✓ 水遮へい等に期待することなく、鋼製及びコンクリート等の構造物を遮へい体として使用しているため、劣化等による遮へい機能の低下はない。

# 外部要因に対する評価（1）

- 外部要因に対しては、『発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針』より設計上考慮すべき事象を抽出し、影響評価を実施した。評価の結果、外部要因により、被害を受ける可能性が否定できない事象に対しては、被害の影響を低減させる措置を講ずることとする。

事象	設計上の考慮及び対応方針
地震	耐震Bクラス相当の設計としており、十分な耐震裕度を有していることを確認している。
津波	約OP.37.0mの地点に設置されており、東北地方太平洋沖地震規模の津波を想定しても被害を受けることはない。
落雷	落雷による損傷を防止するため、接地網を設けている。
火災	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 『信頼性向上対策に係わる実施計画』に示した火災防止対策（防火帯の確保、火気作業における火災防止対策、散水、伐採木の防火対策）を確実に実施する。</li><li>・ 設備から森林までの離隔距離を30m以上※確保している。</li><li>・ 消火器を設置するとともに、消防車を常備しており、速やかに消火させることが可能である。</li><li>・ HICは、遮へい体（多核種除去設備エリア）またはコンクリート製のボックスカルバート（一時保管施設）に収容しており、周囲で発生した火災による延焼を防止する。</li></ul>

※（独）原子力安全基盤機構において作成中の林野火災に関する評価によると、「防火帯の幅については、最大風速15m程度の風が予想される箇所では、周囲が生立木であれば30m」とされている。

## 外部要因に対する評価（2）

事象	設計上の考慮及び対応方針
台風	台風等の大雨の可能性が予見される場合には、設備の停止・隔離弁の閉止操作等を行い、汚染水の拡大防止を図る。
竜巻	<ul style="list-style-type: none"><li>・竜巻の発生の可能性が予見される場合には、設備の停止・隔離弁の閉止操作等を行い、汚染水の拡大防止を図る。</li><li>・また、車両などの飛来物によって、設備を破壊させることがないように、車両を設備から遠ざける措置をとる。</li></ul>
積雪	<ul style="list-style-type: none"><li>・降雪時には定期的な雪払い等を実施することで、積雪による荷重で設備が損傷することを防止する。</li><li>・大雪の可能性が予見される場合には、設備の停止・隔離弁の閉止操作等を行い、汚染水の拡大防止を図る。</li></ul>

# 使用環境に応じた材料の適合性について

使用環境を考慮し、孔食や応力腐食割れ等の評価を行い、使用環境に適合していることを定量的に示すべきではないか。また、保守・点検方針についても示すこと。（庄子委員）

■ 多核種除去設備を構成する主な機器の材料を以下に示す。

機器	材料	選定理由
吸着塔及び 処理カラム	SUS316L	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから、耐食性に優れるSUS316Lを使用する。
高性能容器※1	ポリエチレン	収容するスラリー及び吸着材の脱水後の残水には、海水由来の塩分が含まれていることから、約20年の貯蔵期間を想定し、金属材料よりも耐食性に優れるポリエチレンを使用する。
タンク類	SUS316L 炭素鋼 (ライニング付)	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから、耐食性に優れるSUS316L及び炭素鋼（ゴムライニング付）を使用する。
配管 (鋼管)	SUS316L 炭素鋼	処理対象水に海水由来の塩分が含まれていることから、耐食性に優れるSUS316Lを使用する。また、全面腐食の懸念はあるが、十分な肉厚が確保されている炭素鋼を使用する。
配管 (ポリエチレン管)	ポリエチレン	耐食性から、屋外配管に主に使用する。
配管 (耐圧ホース)	EPDM※2	可撓性のある配管を使用する必要がある箇所（各スキッド間（各吸着塔スキッド等）、吸着材排出ライン等）に使用する。

※1 高性能容器の脱水設備の一部にSUS304L材を使用しているが、SUS316L材への取替を実施予定

※2 エチレンプロピレンジエンモノマー

上記材料のうち、SUS316L、炭素鋼及びポリエチレンに対して下記評価を実施。

- ・ステンレス鋼（SUS316L）及び炭素鋼の耐食性評価
- ・ポリエチレンのクリープ評価

---

# ステンレス鋼(SUS316L)及び 炭素鋼の耐食性評価

# 評価条件（使用環境）

- 各材料の使用環境を以下に示す

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

※1 多核種除去設備の系統構成は参考1を参照

# 評価条件（腐食モード）

- 想定される腐食モードを以下に示す

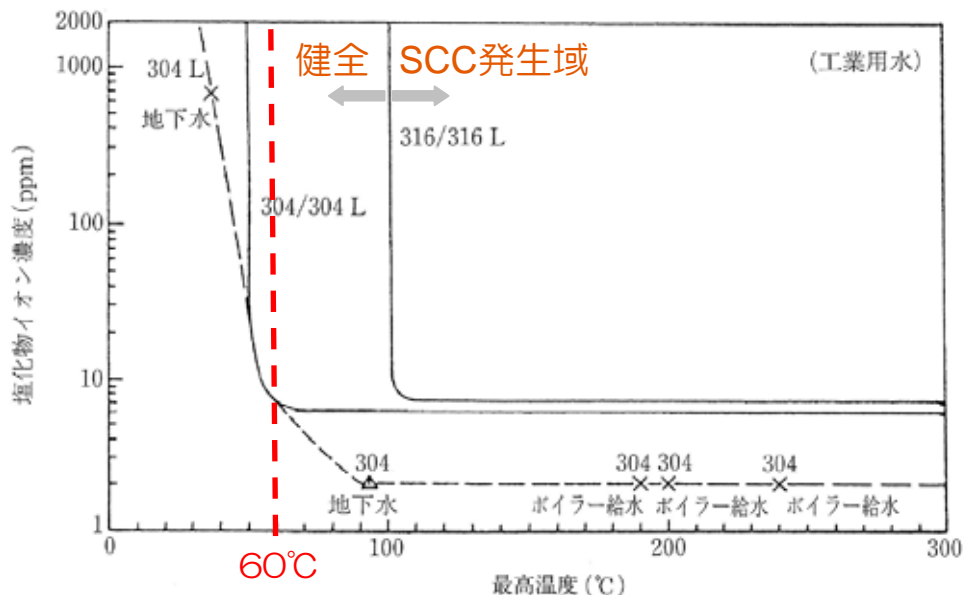
使用材料	腐食モード
ステンレス鋼 (SUS316L)	塩化物応力腐食割れ（SCC）
	すきま腐食
	孔食
	全面腐食
炭素鋼	全面腐食
	ガルバニック腐食※

※ ガルバニック腐食は、絶縁パッキンや絶縁ボルト等を使用しており、異材溶接箇所はない。従って、評価不要。



# 評価結果（ステンレス鋼）

- “塩化物応力腐食割れ（SCC）” に対する評価結果を以下に示す



✓ 図は熱交換器に使われている304系ステンレスチューブの塩化物SCCが整理された通称「西野線図<sup>2)</sup>」に国内化学プラントユーザの実績調査結果を併せて再整理された条件図で、塩化物SCCの発生条件の目安としてよく利用される図である。

✓ SCC発生限界温度の目安として、304系で50°C、316系で100°Cといった値がよく用いられている。

図 オーステナイト系ステンレス鋼のSCCと塩化物イオン濃度、温度の関係<sup>1)</sup>

使用温度60°C、塩化物イオン濃度13000ppmの使用環境では、“塩化物応力腐食割れ（SCC）”が発生する可能性は低いと考える。

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

2) 西野知良, 藤咲衛：石油学会誌, 13, 555(1970)

# 評価結果（ステンレス鋼）

- “すきま腐食” に対する評価結果を以下に示す

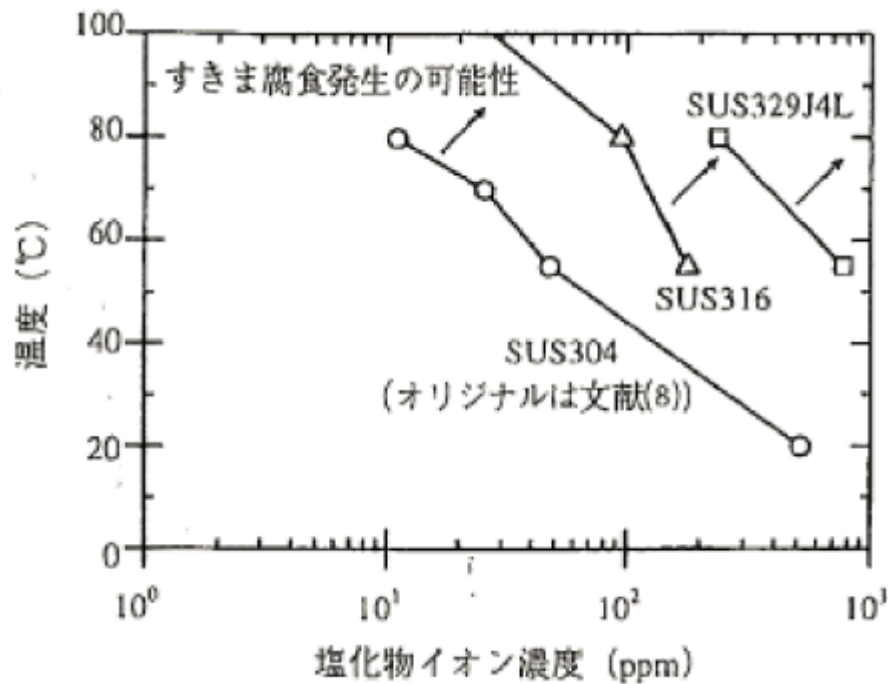


図 ステンレス鋼におけるすきま腐食の発生限界に関する塩化物イオン濃度と温度の関係<sup>1)</sup>

使用温度60°C、塩化物イオン濃度13000ppmの使用環境では“すきま腐食”が発生する可能性は否定できない。このため、“すきま腐食”が発生する可能性のある箇所について定期的な点検・保守を行っていく。

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

# 評価結果（ステンレス鋼）

■ “孔食” に対する評価結果を以下に示す

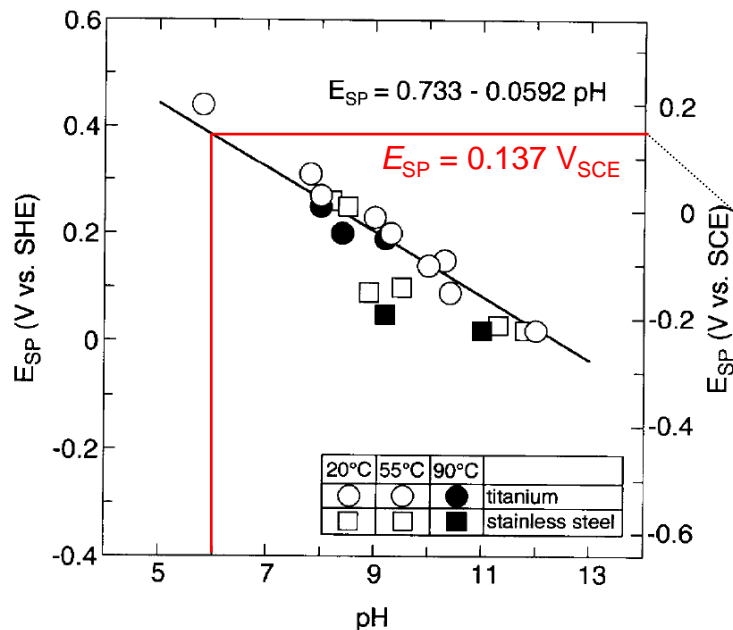


図1 自然水中におけるステンレス鋼及び純チタンの自然電位 $E_{SP}$ 測定例<sup>1)</sup>

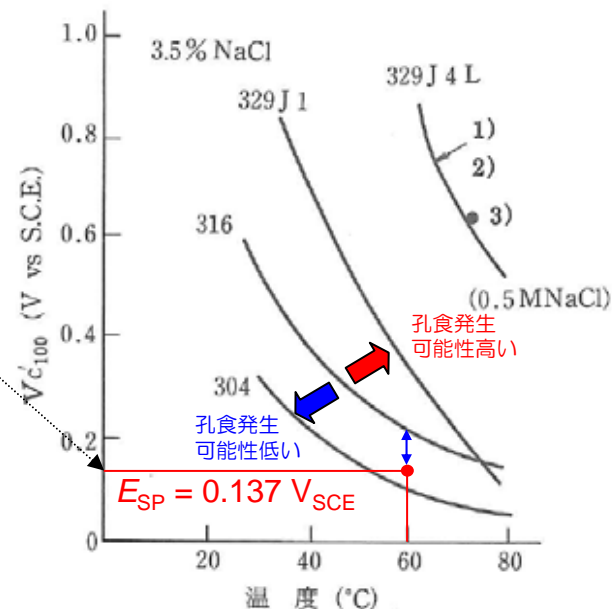


図2 3.5%NaCl水溶液中での各種ステンレス鋼の孔食電位 $V_{C,100}$ 測定例<sup>2)</sup>

<参考> 標準水素電極 (SHE, standard hydrogen electrode)、飽和甘こう電極 (SCE, saturated calomel electrode)

- ✓ 図1より、自然電位 $E_{SP}$ はpHに依存し、pH = 6では0.137 V vs. SCE
- ✓ 図1及び図2の比較から、3.5%NaCl水溶液 ( $Cl^- = 21700$  ppm) 中で、SUS316Lに60°Cにおいて孔食が発生する可能性は低い

使用温度60°C、塩化物イオン濃度13000ppmの使用環境では“孔食”が発生する可能性は低いと考える。

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

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

# 評価結果（ステンレス鋼）

■ “全面腐食” に対する評価結果を以下に示す

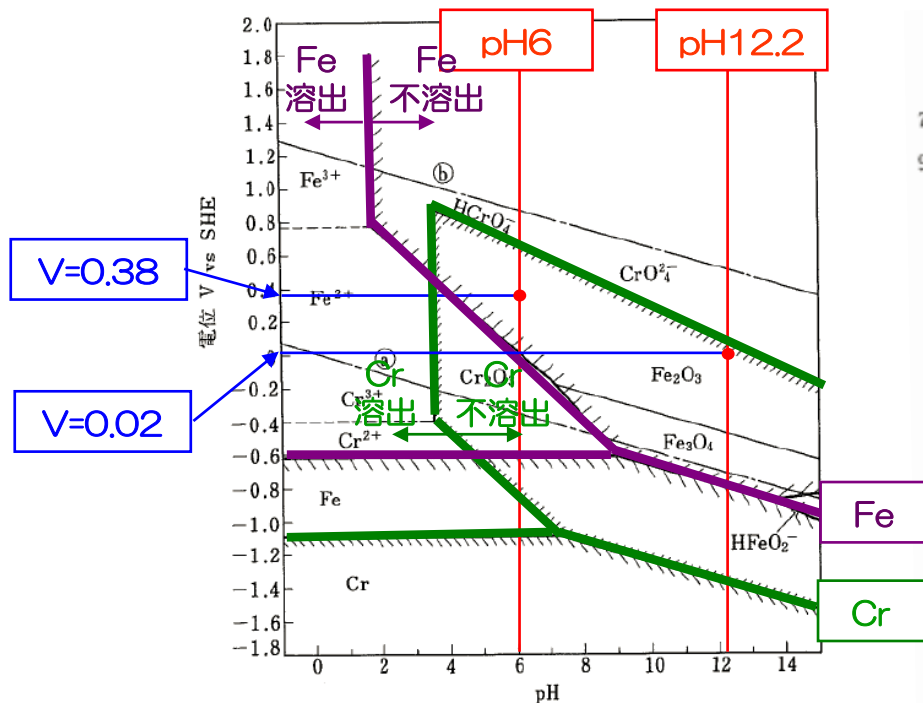


図 Fe, Crの電位-pH図 (25°C, 可溶性イオン濃度 $10^{-6}$ kmol/m<sup>3</sup>)<sup>1)</sup>

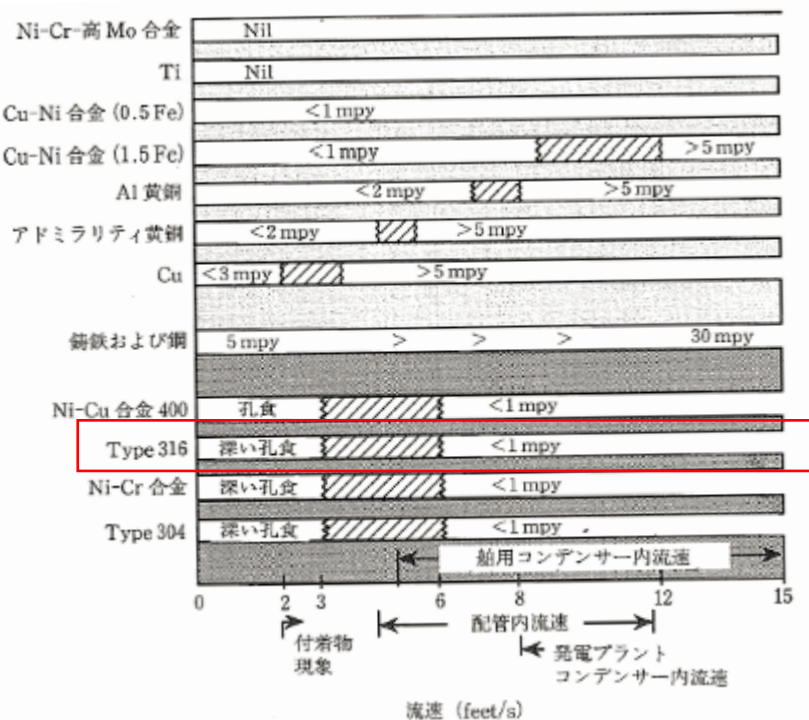


図 海水中における各種材料の腐食と流速の関係 (低流速域)<sup>2)</sup>

最大流速2.8m/s (9.2feet/s)、pH6~12.2の使用環境では、全面腐食が進行する速度は小さいと考える。

1) ステンレス協会編、ステンレス鋼便覧 第3版、日刊工業新聞社)

2) 腐食防食協会編、腐食・防食ハンドブック、丸善

# 評価結果（炭素鋼）

■ “全面腐食” に対する評価結果を以下に示す

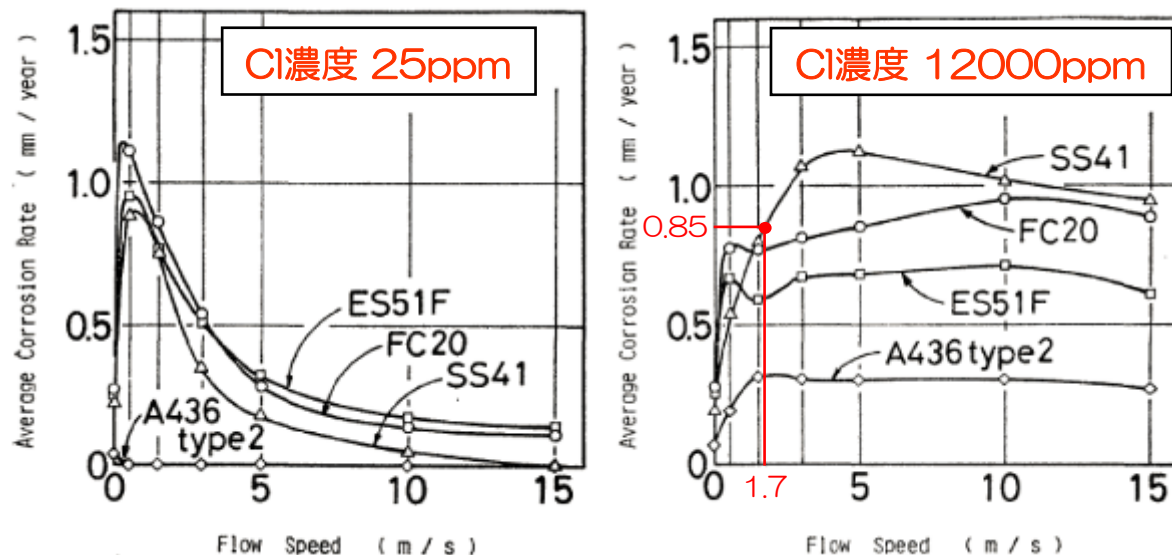


図1 平均腐食速度に及ぼす流速の影響  
(30°C、30日試験)<sup>1)</sup>

### 2. 海 水

1. 環境の特徴  
塩分：3.2～3.6%，pH：8.1～8.3，溶存酸素濃度：5～10ppm，比抵抗：～20 ohm・cm.

2. 普通鋼の腐食  
腐食速度：浅海における平均腐食速度は0.5mm/5yr程度であるが、飛沫帯あるいは干満帯の腐食速度は大きく、海中部では、溶存酸素濃度が低いため腐食速度は小さい。  
Cl<sup>-</sup>イオン濃度：通常海水の範囲では、腐食速度に影響しない。  
温 度：溶存酸素濃度が一定であれば、高温ほど腐食速度が大きくなるが、20°Cに対して、40°Cで1.4倍、70°Cで2.3倍程度である。

図2 海水環境における炭素鋼腐食速度の温度変化<sup>2)</sup>

- ✓ 図1より、使用温度30°C、塩化物イオン濃度12000ppmにおける腐食速度は約0.85mm/year
- ✓ 図2より、高温ほど腐食速度は増加傾向にあり、20°Cに対して、40°Cでは1.4倍
- ✓ 使用温度40°C、塩化物イオン濃度13000ppmにおける腐食速度は、上記条件における腐食速度の1.4倍と見積もると約1.2mm/year

使用温度40°C、塩化物イオン濃度13000ppmの使用環境では、腐食速度は約1.2mm/yearと考える。今回使用する50Aの炭素鋼配管の肉厚は5.5mmであり、2～3年程度は使用上問題ないと判断できる。また、定期的な点検・保守についても併せて行っていく。

1) 木下ら，防食技術，32，31-36(1983)

2) 腐食防食協会：“金属の腐食・防食Q&Aコレクション110番”，丸善，P10(1988)

# 対応方針

- 評価結果に対する対応方針を以下に示す

使用材料	腐食モード	対応方針
ステンレス鋼 (SUS316L)	すきま腐食	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 運転中の巡視点検</li><li>・ 代表部位に対する定期的な分解点検等</li><li>・ 万一の漏えい対策として、当該部位のビニール養生および受けパン設置</li></ul>
炭素鋼	全面腐食	<ul style="list-style-type: none"><li>・ 運転中の巡視点検</li><li>・ 代表部位に対する定期的な肉厚測定等</li></ul>

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

---

# ポリエチレンのクリープ評価

# 評価結果（ポリエチレン）

- プラスチック管のクリープ線図の一般概念図を以下に示す

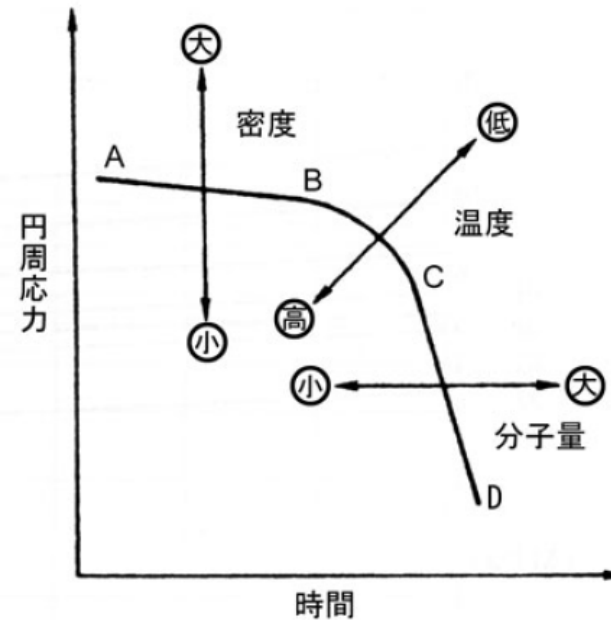


図 プラスチック管のクリープ線図一般概念図<sup>1)</sup>

一般的なプラスチック管のクリープ線図には、上図に示すような勾配が急変する屈曲点（B-C部）があらわれる。この勾配の変化はプラスチックの酸化劣化による脆性破壊の開始をあらわしている。B点もしくはC点の時間を使用限界（寿命時間）とするのが一般的である<sup>1)</sup>



# 評価結果（ポリエチレン）

- クリープに対する評価結果を以下に示す

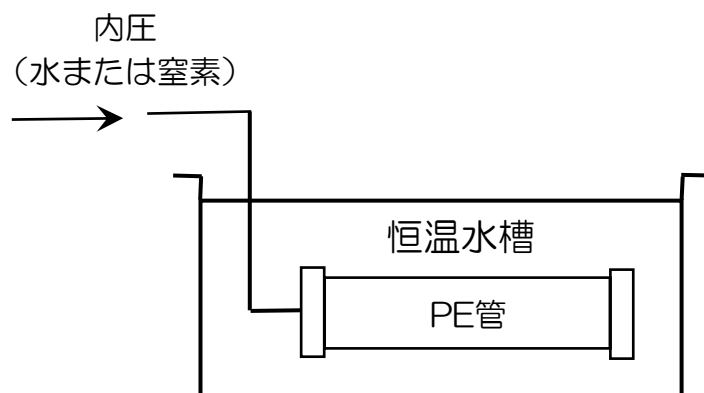


図1 熱間内圧クリープ試験の概念図

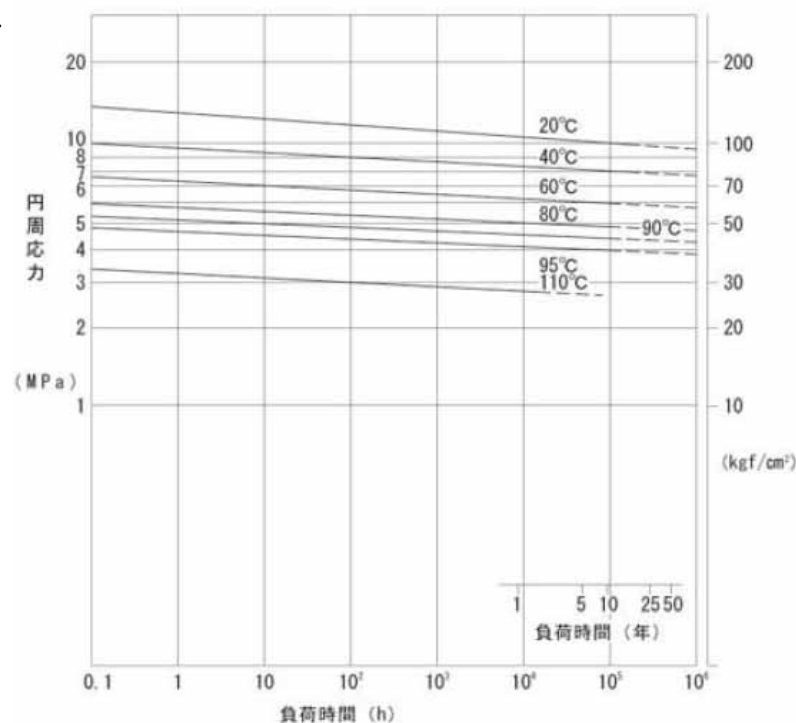


図2 架橋ポリエチレン管の代表的なクリープ線図<sup>1)</sup>

- ・ 架橋ポリエチレン管のクリープ特性は、図1に示すような熱間内圧クリープ試験で測定される。
- ・ HICの材料である架橋ポリエチレンは、巨大な網目分子構造を持っており、酸化劣化の影響を受けにくいいため、95°C以下のクリープ線図に屈曲点が長期間表れず、図2のような直線状になるという特性がある。



---

# 保全計画について

# 保全計画について

設備の劣化傾向を踏まえ、保全計画を定めるべきではないか。（山口委員）

- 現在策定中の保全計画において、損傷又は故障あるいは異常事態発生時、放射性物質の系外放出に影響を及ぼす系統および機器に対し、予防保全を適用することとしている。
- 多核種除去設備は、水処理、移送の停止に伴って直ちに汚染水等が溢れるということはないものの、損傷等による漏えいが発生した場合、放射性物質の系外放出に繋がる可能性は否定できないことから、予防保全対象となる。
- 予防保全は、機器の劣化や劣化兆候の事前検知性を踏まえて時間計画保全（TBM）もしくは状態監視保全（CBM）を適用することとしており、今後、保全計画を策定する。

機器	保全方式（案）	点検内容（案）
タンク	TBM+CM	巡視点検、内部確認等
ポンプ	TBM+CM又はCBM	取替又は分解点検、運転確認、定期切替、振動測定、サーモ測定
弁	TBM+CM又はCBM	取替又は分解点検、漏えい確認（+動作確認）
配管	TBM+CM	代表肉厚測定、巡視点検+漏えい確認、 代表抜き取り式点検（取替、外観点検等）
計装品	TBM又はBDM	計器校正、巡視点検
電気品	TBM又はCBM	外観点検、絶縁抵抗測定、振動測定、サーモ測定

---

# 施設運営計画（その3）4章の 敷地周辺における線量評価について

# セシウム吸着装置吸着塔の線源条件について（1）

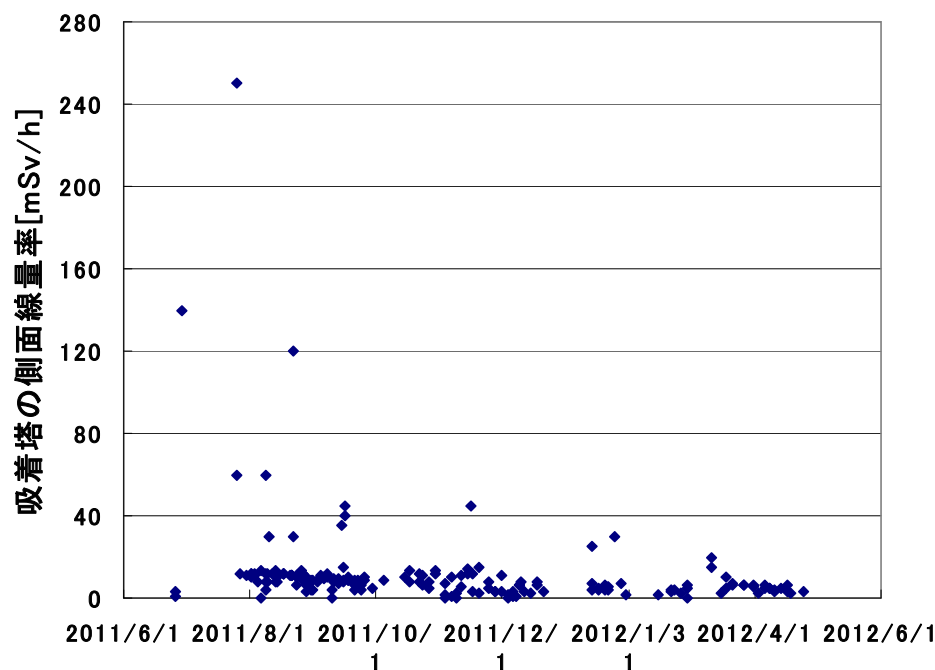
南エリアでは、セシウム吸着装置吸着塔や第二セシウム吸着装置吸着塔の放射能（線源）強度を変えているが、どのような評価がなされたのか。その根拠を明らかにした上で、妥当性を説明して欲しい。（NISA）

- セシウム吸着装置吸着塔は、吸着塔の側面線量率の実測定結果をもとに線源条件を設定し、MCNPコードにて線量評価している。設定条件は以下の通り。
  - ・ 吸着塔を低線量吸着塔（10mSv/h未満），中線量吸着塔（10mSv/h以上40mSv/h未満），高線量（40mSv/h以上）の3種類に分類
  - ・ それぞれの平均値（5mSv/h，12.9mSv/h，95mSv/h）に応じ，吸着塔内の線源条件（放射能量）を設定
  - ・ 3inch遮へいの高線量吸着塔については、モデルを再構築し線源条件を設定（当初は他の吸着塔と同様に7inch遮へいモデルで条件を設定し評価していた）
  - ・ 使用済吸着塔の実績値及び予測から，低・中・高線量吸着塔の塔数を，412塔・172塔・20塔と設定
- 一時保管施設(第一施設分)の線量率は、約0.67mSv/年(概算値)と評価した。(一時保管施設(第二施設分)の評価値約0.26mSv/年と合わせて南エリアは計約0.93mSv/年(概算値)と評価)

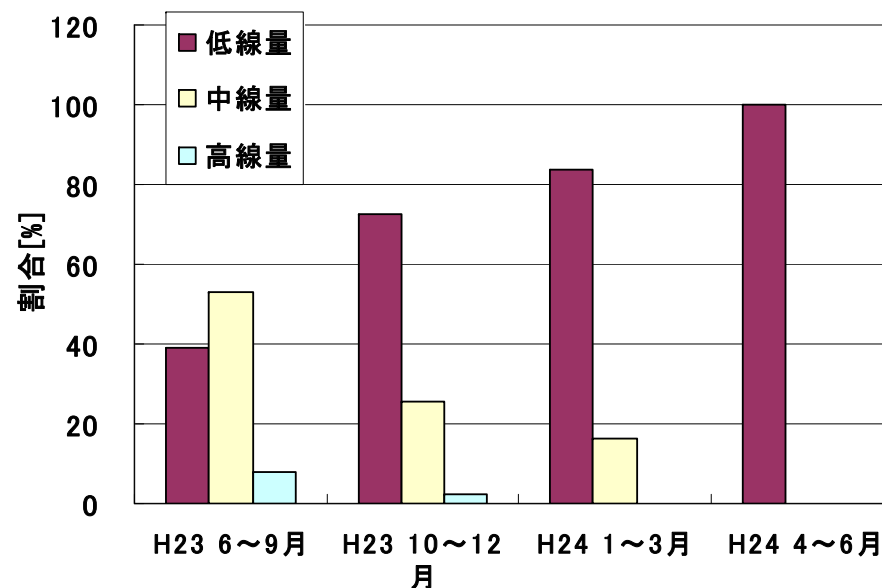
	Cs-134 (Bq)	Cs-136 (Bq)	Cs-137 (Bq)	平均線量率 (mSv/h)	設定 本数	一時保管施設 (第一施設) 線量
当初設計吸着塔	約 $6.0 \times 10^{14}$	約 $1.1 \times 10^{12}$	約 $7.3 \times 10^{14}$	14(計算値)		
低線量吸着塔	約 $2.2 \times 10^{14}$	約 $4.1 \times 10^{11}$	約 $2.6 \times 10^{14}$	5	412本	約0.67mSv/年 (概算値)
中線量吸着塔	約 $5.6 \times 10^{14}$	約 $1.1 \times 10^{12}$	約 $6.7 \times 10^{14}$	12.9	172本	
高線量吸着塔	約 $3.8 \times 10^{13}$	約 $7.2 \times 10^{10}$	約 $4.6 \times 10^{13}$	95	20本	

## セシウム吸着装置吸着塔の線源条件について（2）

- 使用済吸着塔の線量率の測定値は、水処理の進捗による滞留水放射能濃度の低下に伴って低下してきており、低線量吸着塔の割合が高くなってきている。
- 今後の発生分について、現在までの平均値を用いた条件にて評価することは保守的評価となる。
- 低・中・高線量吸着塔の実際の平均値がそれぞれの評価条件を超えないよう管理を行う。



一時保管施設内の使用済吸着塔の発生時期と表面線量率

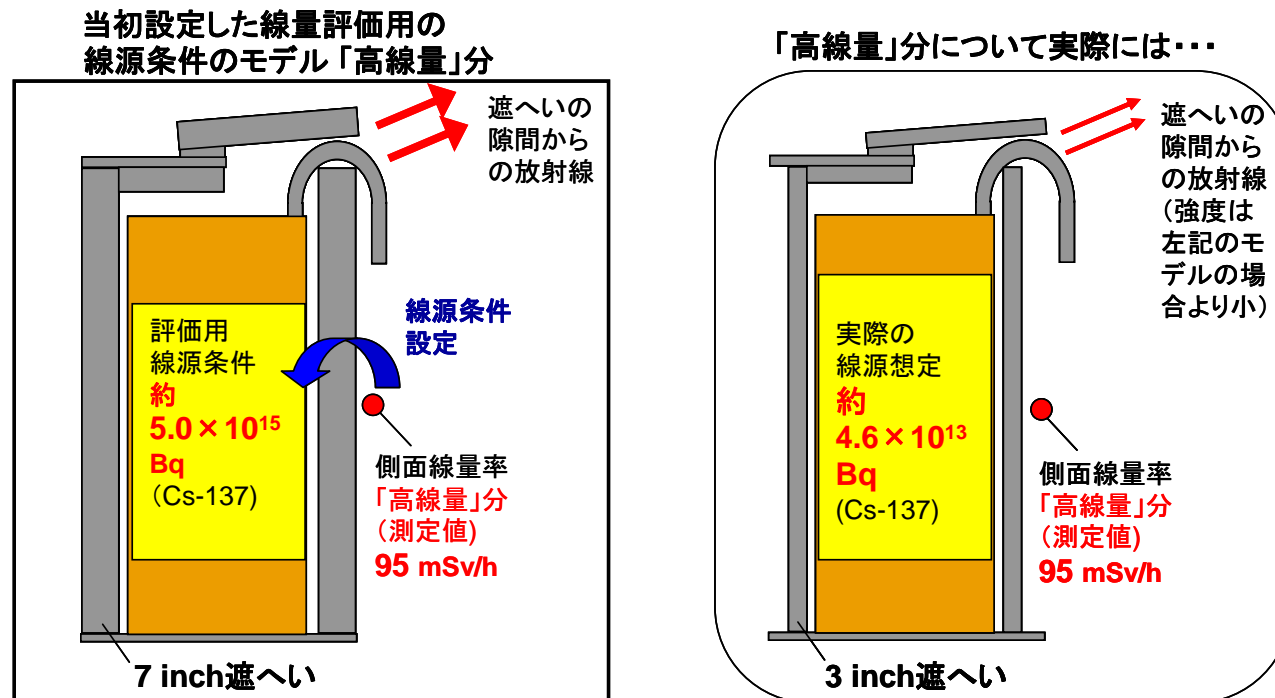


一時保管施設内の使用済吸着塔発生時期による吸着塔の線量割合の違い

# (参考) セシウム吸着装置の高線量吸着塔について

## ■ 高線量吸着塔について

- ・発生したセシウム吸着装置使用済吸着塔のうち「高線量」として分類されるものはすべて前段の油分等除去用のSMZスキッドから発生した吸着塔（3inch円筒型遮へいの吸着塔）である。
- ・「高線量」分について当初設定した線源条件は、7inch遮へいを想定して計算しており、3inch遮へい（実際の「高線量」吸着塔）として計算する場合より高い設定値であった。
- ・高線量吸着塔の評価は、3inch遮へいでモデルを再構築し、線源条件を設定して再評価した。



# 敷地周辺に対する被ばく評価について

敷地周辺に対する被ばく評価が、東京電力が目標としている24年度末までに実効線量で年1mSvにするとしていることに対して、目標達成のための実効性のある計画が示されていない。西及び南エリアにおける具体的な対策により、どのように達成していくのか。

また、多核種除去設備からの線量が相当高く追加遮へいが必要であるがスキッドに分厚い鉄板等を設置すれば運用性が悪化する。遮へい機能を有する建屋を設置すべきではないか。  
(NISA)

## <西エリア>

多核種除去設備の機器のうち線量寄与の大きい、循環タンク、スラリー移送配管、クロスフローフィルタ、吸着塔に追加遮へい※を設置することで、実効線量を0.43mSvから0.12mSv未満へ低減できることを確認した。

詳細設計及び工事計画の策定にあたっては、運用性を考慮した遮へいを計画し、追加対策を順次実施して行く。

※ 遮へい厚さ（鉄密度：7.82g/cm<sup>3</sup>で換算）：60mm～70mm

## <南エリア>

セシウム吸着装置使用済吸着塔の線源条件を、吸着塔側面の線量率測定結果に基づいて見直しを行い、上部及び側面の遮へいを追加する評価を実施した。第一保管施設（一時施設）では、約2.1mSv/年から約0.67mSv/年（概算値）に低減され、追設分の第二施設とあわせて計0.93mSv/年（概算値）と評価された。すでに保管中の吸着塔及び今後の使用頻度を勘案すると、現時点では、平成24年度末までに第一施設分が約0.44mSv/年程度、第二施設分が約0.15mSv/年程度、計0.59mSv/年程度と評価される。

今後、多核種除去設備の運用後に高性能容器の線源条件を見直し、セシウム吸着装置、第二セシウム吸着装置の線源条件についても、実測定等にあわせて見直しを実施する。また、さらなる遮へいの追加や保管方法、保管容量の変更等を検討し、実施可能な追加対策を実施することにより、目標値の達成を目指す。



# 線量低減対策について【NISA】

## ■敷地西エリア

### ○多核種除去設備

遮へい（配管・タンク・フィルタに：約0.43mSv/y  
60～70mmの鉄遮へいを設置） →約0.12mSv/y

### ○使用済乾式キャスク仮保管設備

：約0.29mSv/y

線源モデルを実形状に合わせ見直し →約0.15mSv/y

### ○固体廃棄物貯蔵庫

：約0.25mSv/y

線源条件を実測値を基に見直し →約0.12mSv/y

### ○ドラム缶等仮設保管設備

：約0.16mSv/y

線源条件を実測値を基に見直し →約0.09mSv/y

### ○伐採木一時保管エリア

：約0.85mSv/y

覆土による遮へい →約0.02mSv/y

合計：約0.50mSv/y

## ■敷地南エリア

### ○吸着塔一時保管施設

線源条件を実測値を基に見直し、  
さらなる遮へいの追加や保管方法、  
保管容量の変更等

：約0.93mSv/y  
→約0.47mSv/y

### ○伐採木

：約0.47mSv/y

覆土による遮へい →約0.01mSv/y

### ○瓦礫

：約0.02mSv/y

合計：約0.50mSv/y

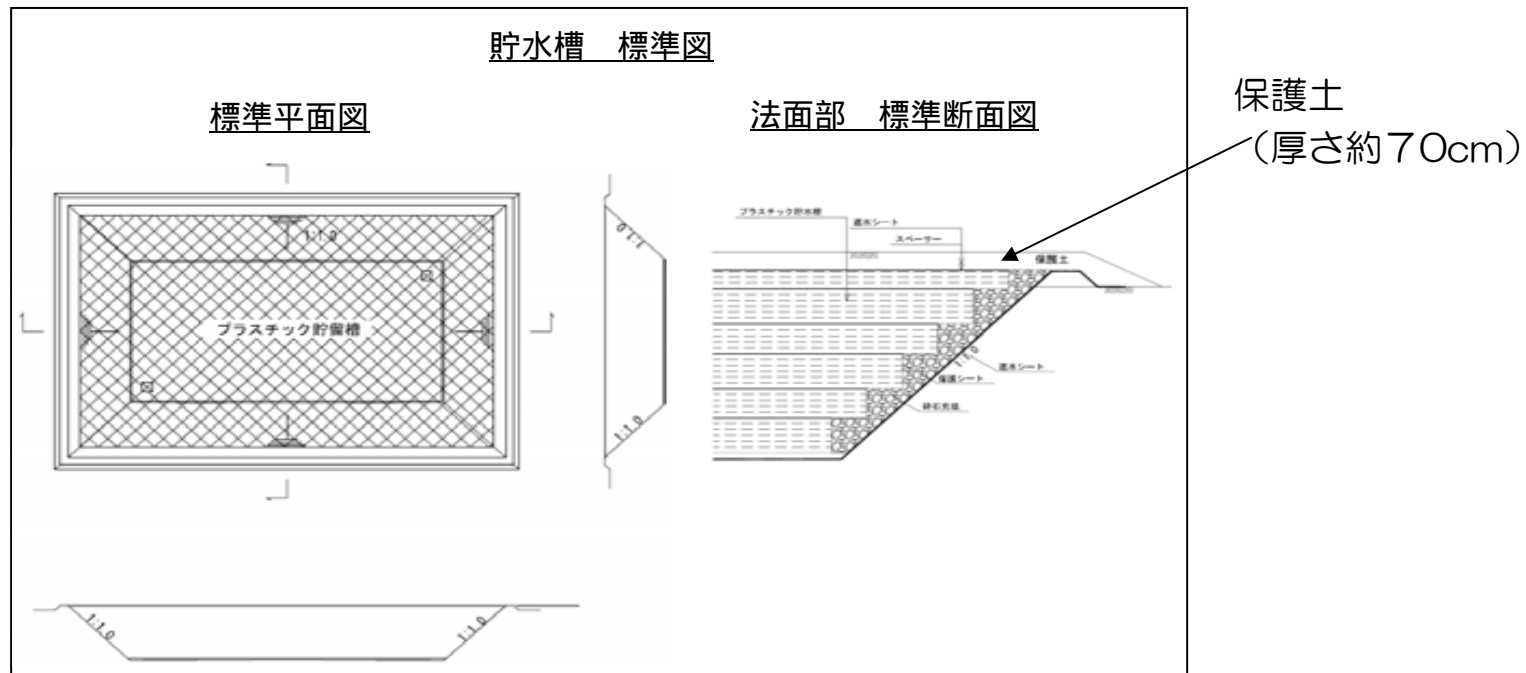
---

# 地下貯水槽について

# 地下貯水槽について（1）

地下貯水槽の被ばく評価はどうなっているのか。（NISA）

- 地下貯水槽の上部には厚さ約70cmの保護土があり、内包水からの放射線は保護土により遮へい
- また、地下貯水槽には多核種除去設備の処理済水を貯留することを基本としており、スカイシャイン線による敷地境界での実効線量への寄与は殆どなし。
- なお、鋼製タンクの運用が厳しい場合には、地下貯水槽に淡水、RO濃縮塩水を貯留するが、全地下貯水槽（総容量56,000m<sup>3</sup>）にRO濃縮塩水を貯留する場合でも、敷地境界での実効線量は0.001mSv/年程度（保護土密度：1.2g/cm<sup>3</sup>，放射能濃度：約 $2 \times 10^2$ Bq/cm<sup>3</sup>（Cs-134,137）で評価），保護土上の線量率は、0.01mSv/h程度であり、周辺公衆や放射線業務従事者に過度の放射線被ばくのリスクを与えることはない。



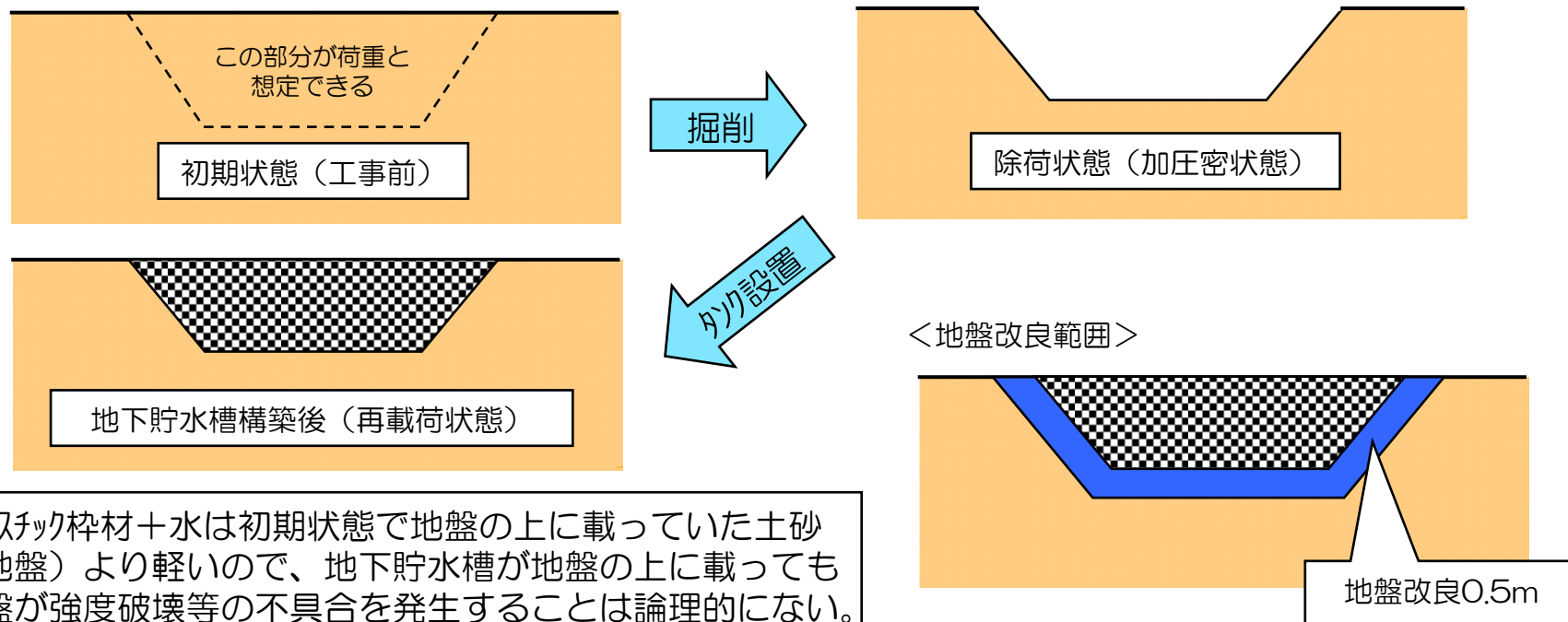
## 地下貯水槽について（2）

「地盤条件等から大型タンクを設置できない敷地を有効利用する観点から...」とあるが、そのような地盤に地下貯水槽を設置しても問題は生じないのか。（NISA）

（回答）

地下貯水槽は、その構築過程から鋼製円筒縦型タンクより地盤強度を必要としない（下図参照）。しかし、念のため、表層0.5m厚さを地盤改良（セメント系改良材）を実施して地盤を補強している。

【参考】



## 地下貯水槽について（3）

---

地下貯水槽の構造強度評価（プラスチック型枠等），耐震評価（スロッシング等）はどのようなになっているか。（NISA）

別 添 参 照

---

## 地下水バイパスについて

# 地下水バイパスについて（1）

地下水バイパスによる地下水位の低下により、地盤沈下が発生しないか。  
(NISA)

<回答>

## ■O.P.+10m盤

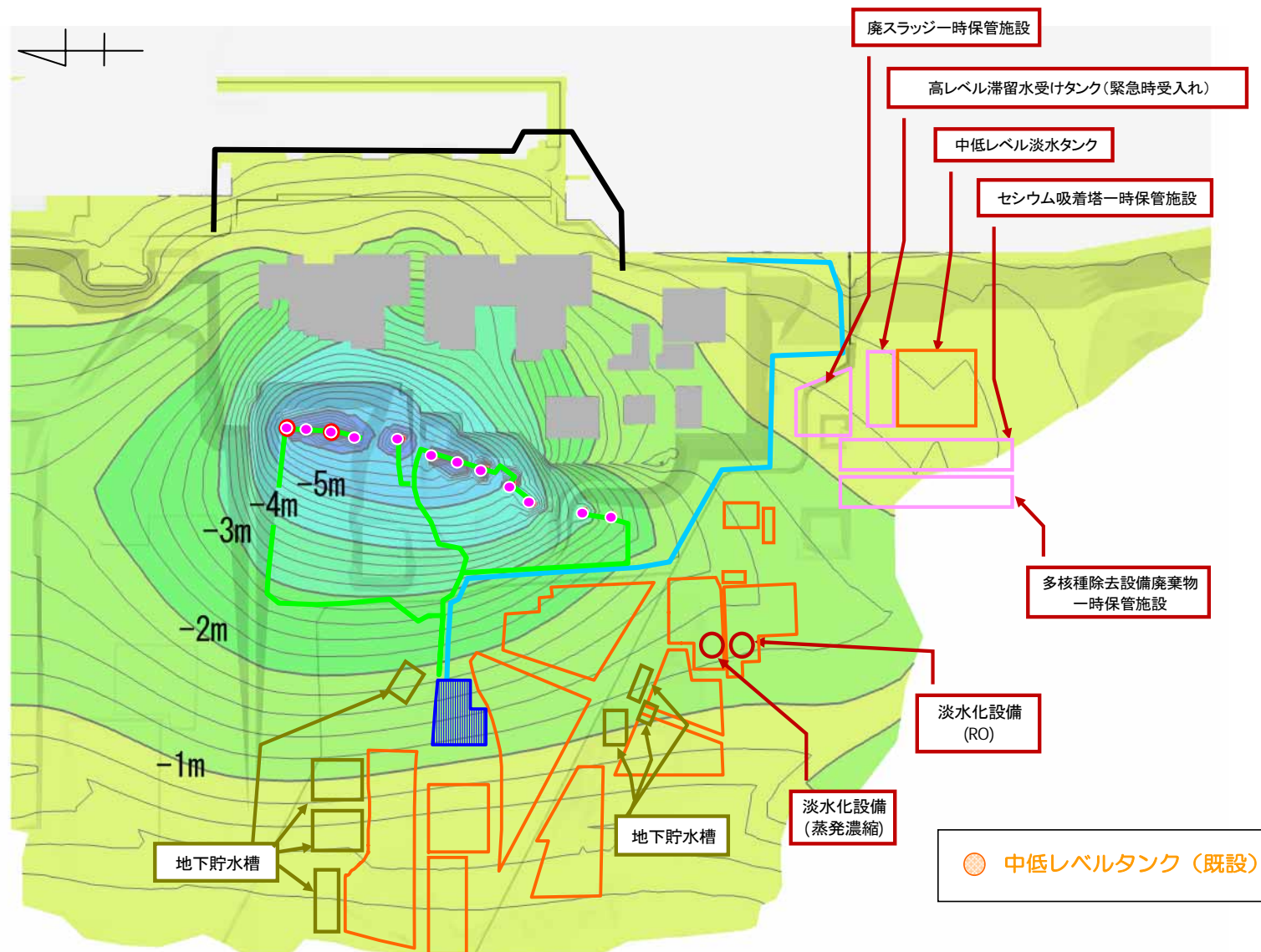
原子炉建屋、タービン建屋、運用補助共用施設（共用プール）などの建屋は、新第三紀の泥岩（富岡層）に支持されていることから、沈下の恐れはないと考えられる。また、建屋周辺の地下水位は、地震前、サブドレンが稼働して十分に低下していたことから、地下水バイパスの稼働に伴い、現況から地下水位が低下しても、建屋周辺の地盤が沈下する恐れはないと考えられる。

## ■O.P.+35m盤

タンクエリア等の一部で地下水位が若干低下するが、その量は2m程度以下と想定される（図-1）。揚水する地下水は不圧地下水であり、地下水位よりも下の地層は、地質年代が古く（新第三紀）、十分に圧密されていることから、地下水位の低下に伴う沈下の恐れはないと考えられる（図-2）。

# 地下水バイパスについて（1）

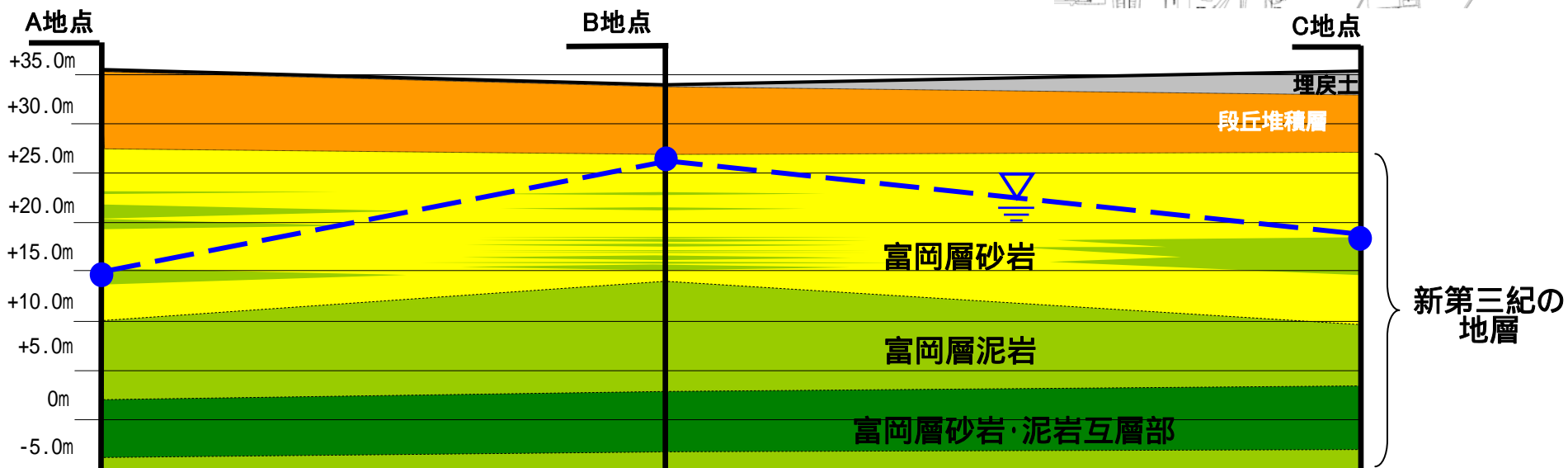
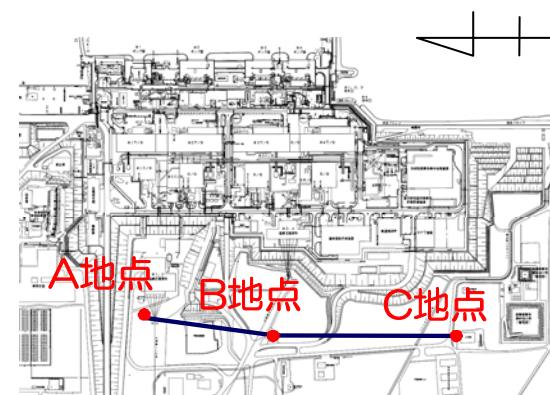
■図-1 地下水位コンター（現況と地下水バイパス稼働後の差分）





# 地下水バイパスについて (1)

■ 図-2 O.P.+35m盤における地下水位 (不圧地下水)



(O.P.m) ※地下水位はH24.5～H24.7における平均値

## 地下水バイパスについて（2）

地下水に汚染の恐れがないこと、特に分析のためのサンプリング実施以降に地下水を汚染させない管理が十分になされること説明すること。（NISA）

### 汚染のおそれの有無について

- 発電所周辺の河川水で検出された濃度よりも低く、構外の地下水(深井戸)と同等のレベルであることを確認している（5、6月）
  - 発電所構内の地下水を建屋よりも山側の高台で汲み上げる
- 以上から汚染のおそれは無いと考える

### 汚染させない管理について

- 水質確認のための一時貯留タンク(新設)とバイパス用の専用配管を通して移送する
- 一時貯留タンクエリア周辺の空気は、事故発災後の測定において、管理区域設定基準値を超えておらず、現在は基準値の2桁程度低い濃度で安定に推移している
- なお、放水前には一時貯留タンクから採水し、水質を確認する
- 水質確認の結果、放射性物質の有意な混入が確認された場合には、稼動を停止し、一時貯留タンク内の地下水を浄化处理する
- 万一の空气中放射性物質混入を防止する対策として、一時貯留タンクの吸気管口を汚染のおそれのない管理対象区域に設ける

以上から汚染させない管理として妥当であると考え

## 地下水バイパスについて（2）

- 万一の空气中放射性物質混入の防止として、一時貯留タンクへ供給される外気は、ろ過処理された空気になるように設備を構成
- 一時貯留タンク供給される空気は、『汚染のおそれのない管理対象区域』から供給する
- 『汚染のおそれのない管理対象区域』は、立入の都度、床などの表面の放射性物質の密度汚染、空气中の放射性物質濃度が法令に定める管理区域に係る値を超えないことを確認する
- HEPAフィルターは、目視点検等を実施し定期的に交換

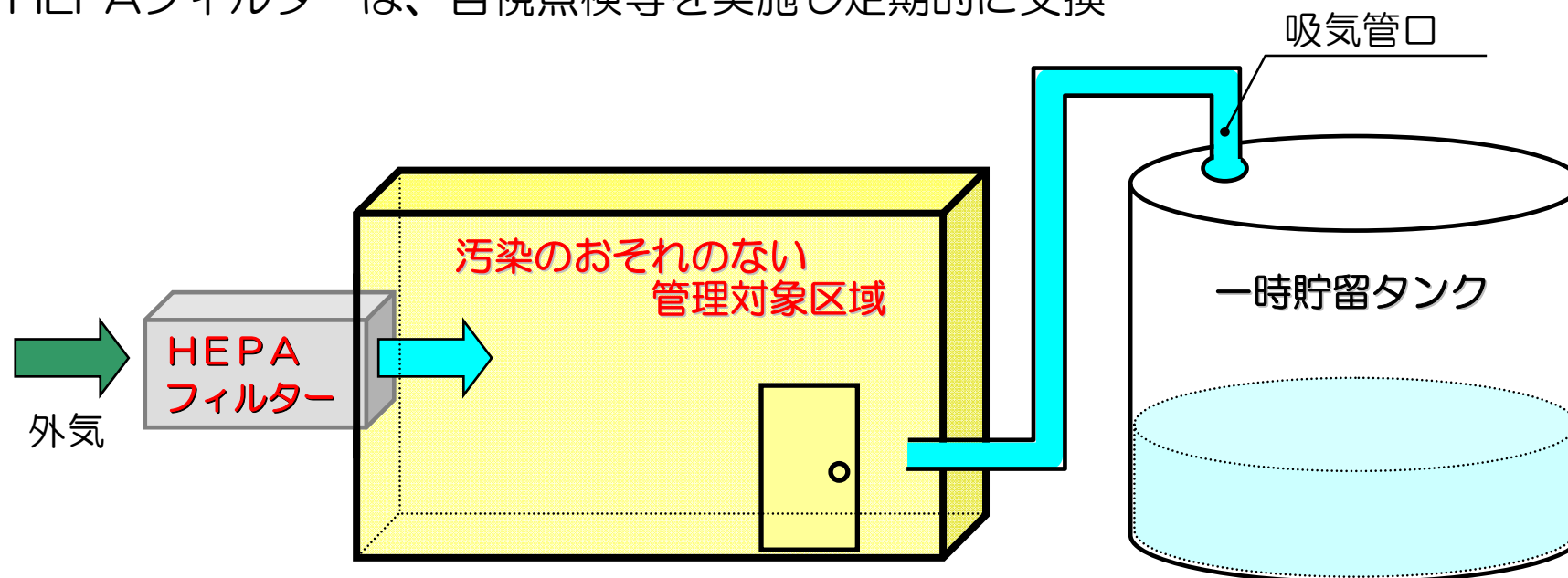


図 一時貯留タンク吸気管口設置概略

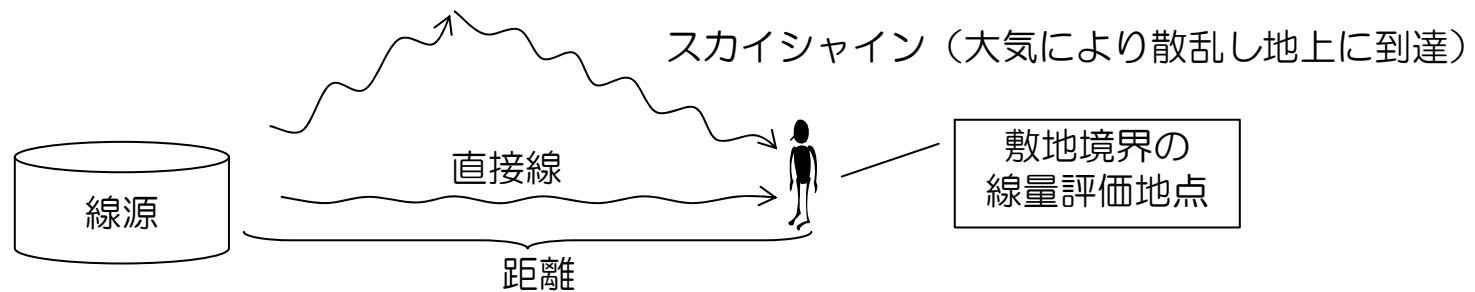
---

## 敷地境界の線量評価について

# 敷地境界の線量評価について (1/2)

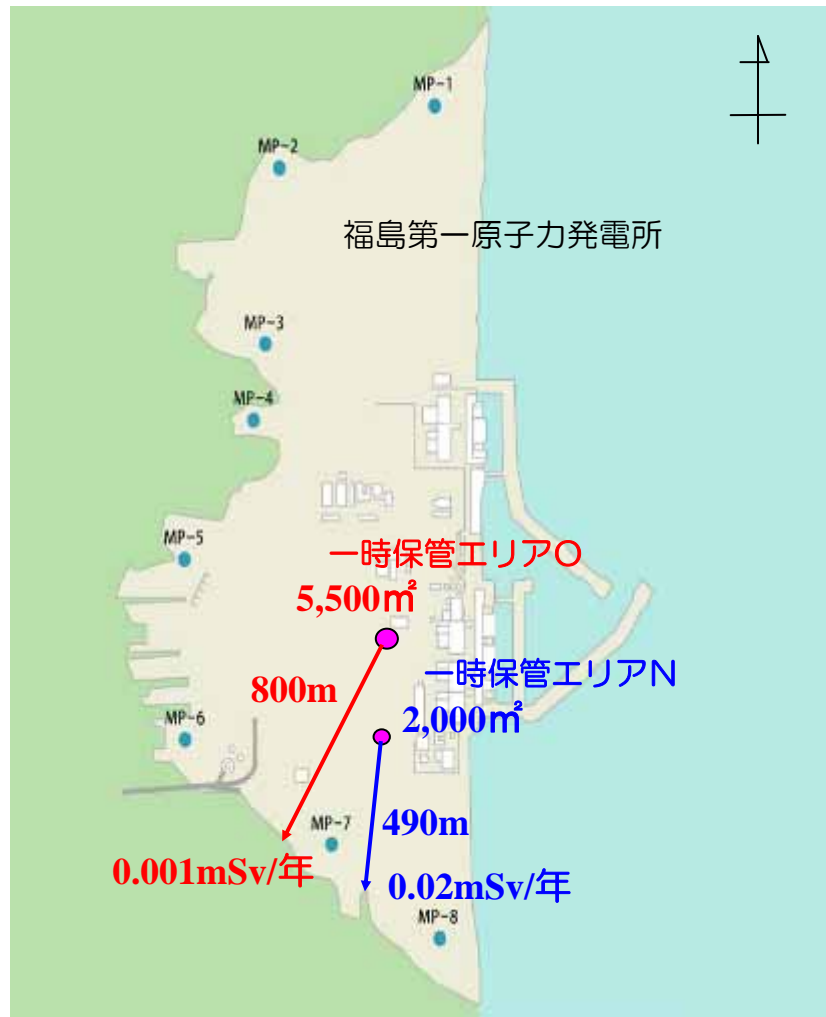
エリアOは、エリアNに比べ貯蔵容量が大きいのに敷地境界線量が  
 エリアOの方が小さいのはなぜか？（山本委員）

	エリアN	エリアO
貯蔵容量	約6,000m <sup>3</sup>	約16,500 m <sup>3</sup>
エリア面積	約2,000m <sup>2</sup>	約5,500m <sup>2</sup>
積上げ高さ	約3m	約3m
表面線量率	0.1mSv/h	0.1mSv/h
敷地境界の距離	約490m	約800m
敷地境界線量評価	約0.02mSv	約0.001mSv



敷地境界の放射線の影響は、直接線とスカイシャイン線を対象に評価する。

# 敷地境界の線量評価について (2/2)



## ◆線源強度に比例

敷地境界線量は、線源の大きさ（表面積）にほぼ比例するため**エリアO**は、**エリアN**に比べ約2.5倍の影響がある。

$$0.02\text{mSv} \times 2.5 \div 0.05\text{mSv /年}$$

## ◆距離により減衰

**エリアO**は**エリアN**に比べ、敷地境界から離れているため、線量は**エリアN**の約1/3まで減衰する。（距離の二乗に反比例）

$$0.05\text{mSv/年} \times (490^2)/(800^2) \div 0.02\text{mSv/年}$$

## ◆空気層による遮へい

**エリアO**は**エリアN**に比べ、310m程敷地境界から離れているため、空気層による遮へいで、**エリアN**の約1/10に減衰する。

$$0.02\text{mSv/年} \div 10 = 0.002\text{mSv/年}$$

$$1.2\text{E-3 (g/cm}^3) \times 3.1\text{E+4 (cm)} = 37\text{ (g/cm}^2)$$

(空気密度：1.2E-3 g/cm<sup>3</sup>)

(アイソトープ手帳：Cs-137の水減衰は、約30cmで1/10)

**エリアO**は、**エリアN**に比べて貯蔵容量が大きいですが、敷地境界から離れているため**エリアO**の方が敷地境界における直接線とスカイシャイン線が小さくなる。

## 地下貯水槽の評価内容について

### 1. 評価の項目・目的

地下貯水槽の強度評価は次の2項目について実施する。

- ① 貯水槽の地震発生時の止水シートの強度（止水性）の確認
- ② 貯水槽に地震が作用した場合の貯水槽内部の貯水枠材の強度
  - a) 地表面載荷荷重として **10kN/m<sup>2</sup>** を考慮した場合
  - b) 貯水槽の上盤に車両が載った場合

次表に、それぞれの項目の評価の目的についてまとめるが、この内、最も重要なのは①にあげた地震発生時の止水性であり、貯水枠材の強度に関しては、仮に貯水枠材が破壊に至っても不具合事象としては、上盤の陥没等が発生する程度と想定され、最も重要な貯水槽の性能である止水性に悪影響は無いと考えられる。

項目毎の評価の目的

評価項目	目的・内容	想定不具合事象
①止水シート強度	○ 地震力が作用した場合の止水シートの発生ひずみ量を解析して、シートが破断しないかを確認する。即ち漏えい事象が発生しないかを確認。	○ 止水シートが破断すると、地中に貯水が漏えい拡散するリスクが生じる。
②貯水枠材強度 a) 地表面載荷荷重 <b>10kN/m<sup>2</sup></b>	○ 貯水枠材に地震力が作用した場合の貯水枠材応力度を検討して枠材の強度を確認する。	○ 貯留枠材が破壊すると、枠材が崩れて貯水槽の上盤が陥没する。それにより、上盤に敷設している <b>PE</b> シートが破断する可能性があるが、このシートは雨水混入防止用のものであり、漏えいには直接関係ない。
②貯水枠材強度 b) 車両荷重 【参考ケース：SS クラスの鉛直方向 のみ検討】	○ 貯水槽の上盤に車両が載った場合(自動車荷重を考慮した場合)の貯水枠材の強度を確認する。	

### 2. 計算条件

各項目の作用荷重等の与条件については各添付資料に記載するが、その概要を次表にまとめて示す。

項目毎の評価の目的

評価項目	作用震度	作用荷重
①止水シート強度	Bクラス：水平震度 0.3 SSクラス：水平震度 0.6	各自重
②貯水枠材強度 a) 地表面載荷荷重 10kN/m <sup>2</sup>	Bクラス：水平震度 0.3 SSクラス：水平震度 0.6 鉛直震度 0.3	地表載荷荷重 覆土荷重 貯水枠材荷重 地震時水平土圧
②貯水枠材強度 b) 車両荷重	SSクラス：鉛直震度 0.3	自動車荷重(T-20) 覆土荷重

### 3. 検討内容

各項目の検討は次表に示す添付資料に示す。照査結果を次表にまとめた。

項目毎の評価の目的

評価項目	作用震度	照査対象	照査結果	計算結果	許容値
①止水シート強度	添付 1	止水シートのひずみ量	Bクラス	0.148%	560%
			SSクラス	0.206%	560%
②貯水枠材強度 a) 地表面載荷荷重 10kN/m <sup>2</sup>	添付 2	貯水枠材の水平・鉛直強度	Bクラス	水平：26.4kN/m <sup>2</sup>	30.0kN/m <sup>2</sup>
			SSクラス	水平：46.6kN/m <sup>2</sup> 鉛直：33.6kN/m <sup>2</sup>	52.5kN/m <sup>2</sup> 102.1kN/m <sup>2</sup>
②貯水枠材強度 b) 車両荷重	添付 3	貯水枠材の鉛直強度	SSクラス	77.3kN/m <sup>2</sup>	102.1kN/m <sup>2</sup>

以上



## 地下貯水槽の止水シートの地震時の強度評価

プラスチック製地下貯水槽（以下、「貯水槽」という）の耐震安全性を二次元静的 FEM 解析に基づいて評価し、貯水機能が保持されることを確認する。

### (1) 対象とする貯水槽

対象とする貯水槽は、プラスチック製の貯留材（以下、「貯留材」という）と遮水シートで構築される。貯水槽の概要を図 1 に示す。貯水槽は段丘堆積層を掘削して設置し、盛土によって 0.6m の土被り厚を確保する。

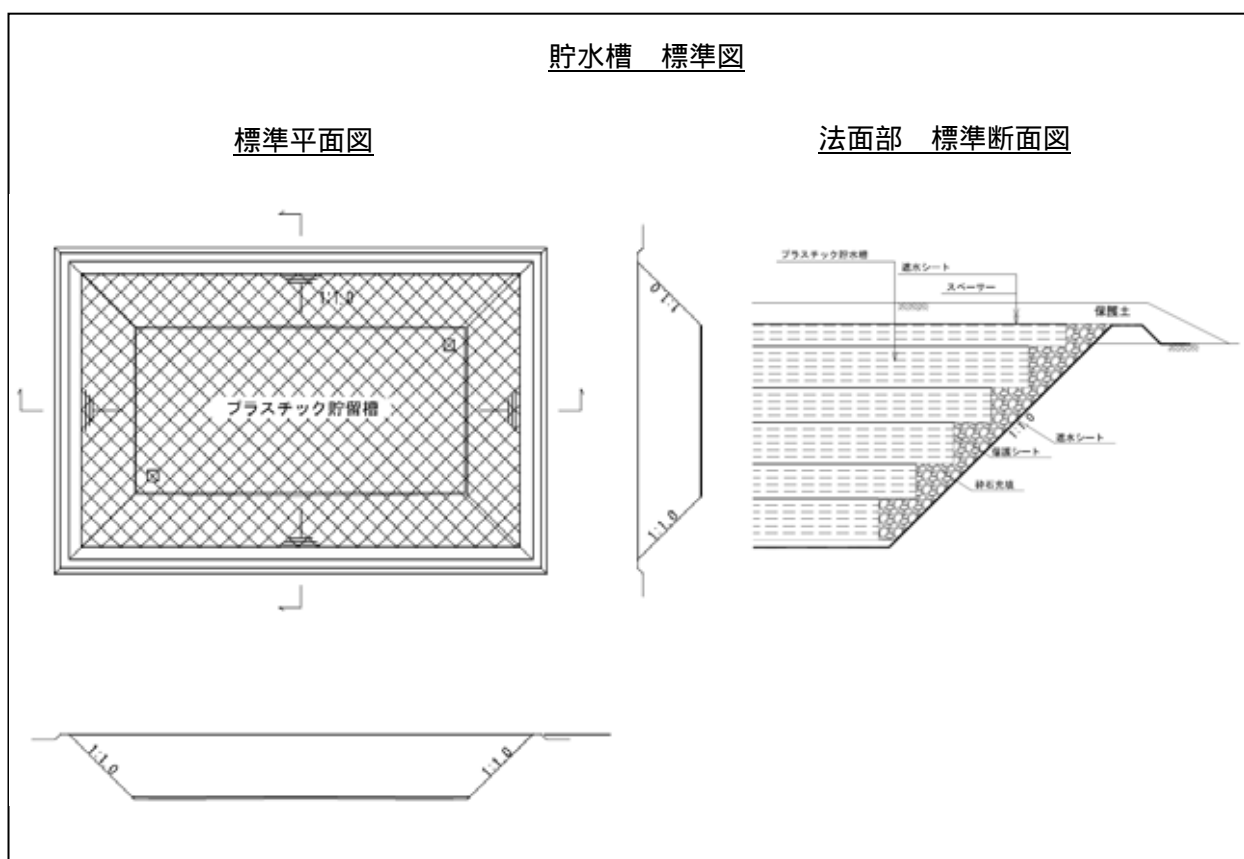


図 1 貯水槽の概要

### (2) 耐震安全性評価

#### a. 評価手順

貯水槽の耐震安全性評価では、地震力によって生じる遮水シートの引張ひずみ（照査用応答値）が遮水シートの最大引張ひずみ（評価基準値）以下であることを確認する。評価フローを図 2 に示す。

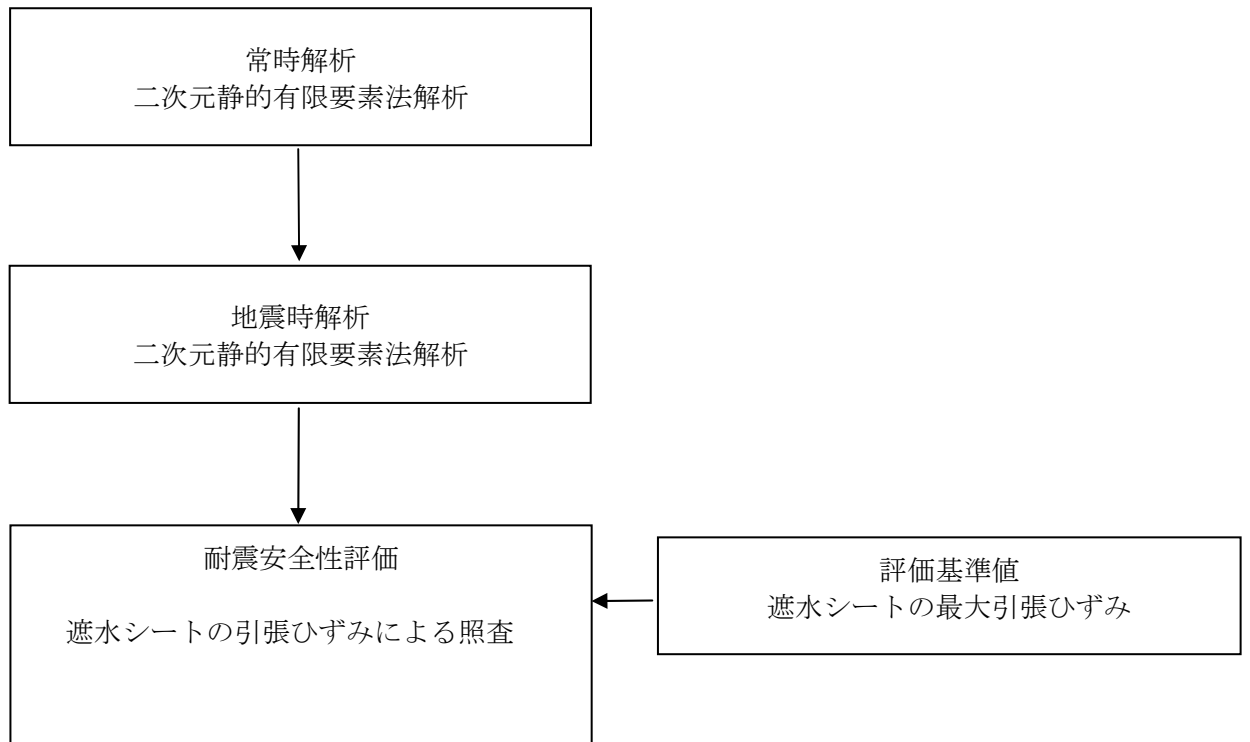


図 2 貯水槽の耐震評価フロー

b. 評価条件

解析に用いる地盤の物性値，ならびに考慮する荷重は以下のとおりとする。

i. 地盤の物性値

貯水槽は，段丘堆積層内に設置される。段丘堆積層の地盤物性値を表 1 に示す。なお，盛土による荷重は上載荷重として扱い，解析では節点力としてモデルに作用させている。

表 1 地盤の物性値

		段丘堆積層
物理特性	$\rho_t (\text{g/cm}^3)$	1.59
静的変形特性	$E_0 (\text{N/mm}^2)$	23.5
	$\nu$	0.21
動的変形特性	$G_0 (\text{N/mm}^2)$	158
	$\nu_d$	0.48

ii. 設計用地震力

設計用地震力は水平地震力のみ考慮することとし、**B** クラス相当として水平震度  $K_H=0.3$  及び **S** クラス相当として水平震度  $K_H=0.6$  とする。

(3) 評価結果

a. 評価方法

耐震安全性評価では、水平地震力 ( $K_H=0.3$  及び  $K_H=0.6$ ) を用いた静的 FEM 解析に基づいた応答値が、評価基準値を下回ることを確認する。

照査用応答値は、遮水シート設置位置における節点変位による引張ひずみとする。評価基準値は、日本遮水工協会基準に基づく最大引張ひずみとする。

b. 照査結果

照査結果を表 2 に示す。照査用応答値は、評価基準値 **560%** を下回ることを確認した。

表 2 照査結果

	照査用応答値 $\varepsilon_d$ (%)	評価基準値 $\varepsilon_u$ (%)	照 査 ( $\varepsilon_d / \varepsilon_u$ )
$K_H=0.3$ の場合	<b>0.148</b>	<b>560</b>	<b>0.00026</b>
$K_H=0.6$ の場合	<b>0.206</b>	<b>560</b>	<b>0.00037</b>

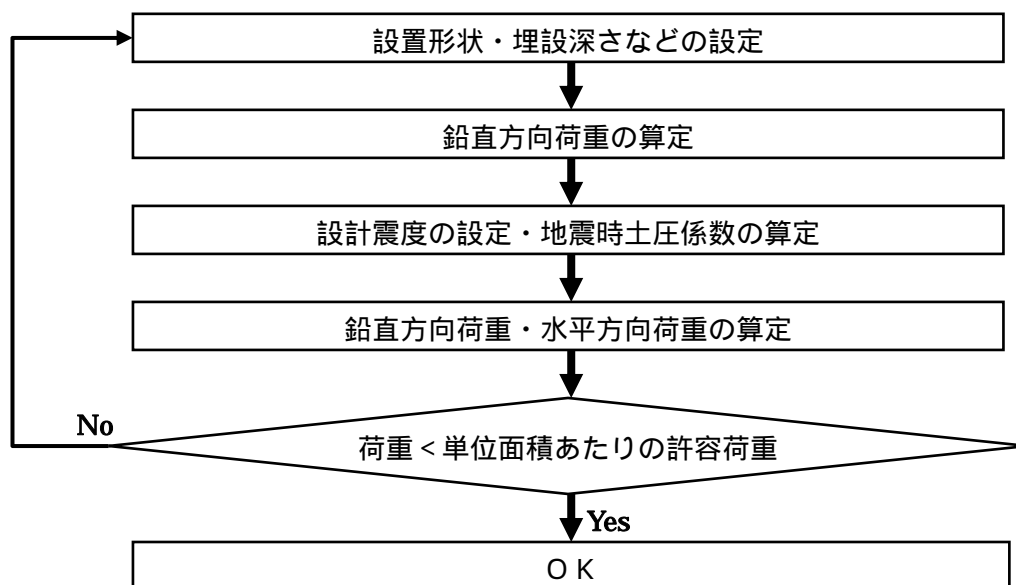
c. 評価結果

遮水シートの照査用応答値は、評価基準値を下回るとともに十分な裕度を有していることから、貯水機能が保持されるものと評価した。

## 貯水枠材の耐震評価について

### 1. 評価フロー

貯水枠材の耐震評価のフローを以下に示す。



### 2. 耐震評価（Bクラス）

#### （1）鉛直方向荷重

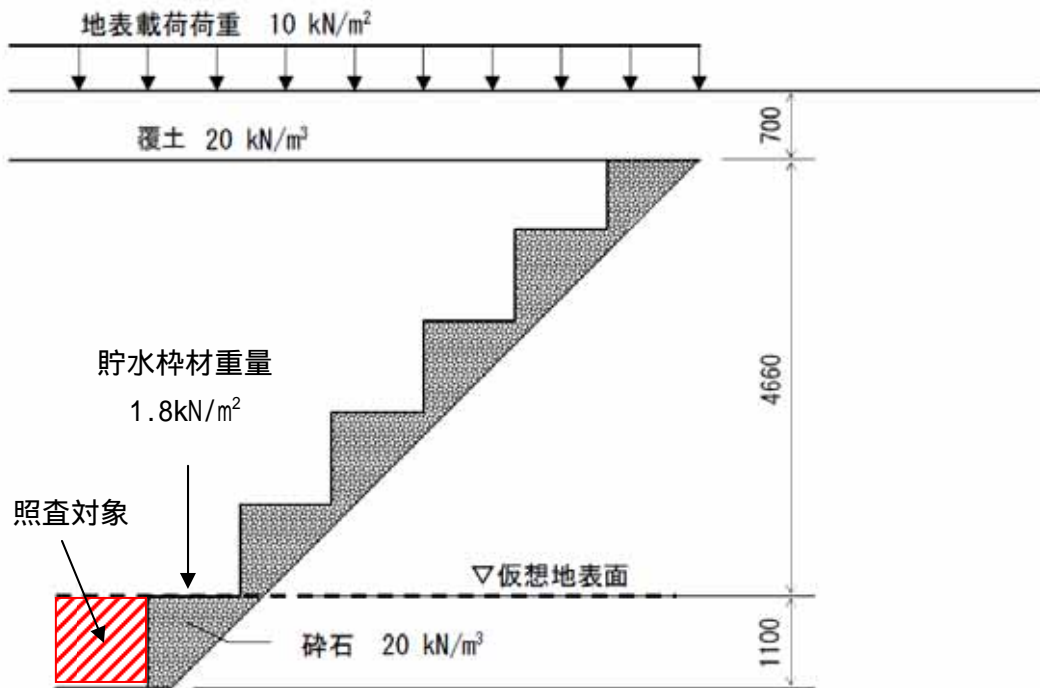
（財）雨水貯留浸透技術協会の技術マニュアルにしたがって、地表載荷荷重  $10\text{kN/m}^2$  を考慮し、貯水枠材の最下部における鉛直方向荷重を求める。

なお、覆土材料は砂質土と砂礫の複合材であるが、安全をとって重量の大きい砂礫の単位体積重量を使用することとする。

覆土を構成する材料の単位体積重量の一般値

材料名	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )
盛土 (砂および砂礫)	20.0
盛土 (砂質土)	18.0

出典：「道路橋示方書・同解説 I 共通編」社団法人日本道路協会



貯水枠材を階段状に積み上げたとき、最下部（仮想地表面）の上面に作用する鉛直方向荷重は、仮想地表面より上部の地表載荷荷重・覆土重量・貯水枠材重量の合計荷重  $V1$  となる。

また最下部の側面に作用する水平方向荷重は、 $V1$  と仮想地表面より下部の砕石重量  $V2$  に地震時水平土圧をかけた値となる。

ここで、

$$V1 = 10 + 20 \times 0.7 + 1.8 = 25.8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$V2 = 20 \times 1.1 = 22.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

### (2) 設計水平震度の設定と地震時土圧係数の算定

Bクラス評価の場合には、設計水平震度  $K_h$  を  $0.3$  とする。この場合、地震時土圧係数  $K_{ea}$  は、道路などの設計で一般的に用いられている「道路橋標準示方書・同解説（V 耐震設計編）」（社団法人日本道路協会）にしたがうと  $0.48$  となる。

### (3) 水平方向荷重の算定

貯水枠材最下部の側面に作用する水平方向荷重  $P_h$  は、

$$P_h = K_{ea} \times (1 + K_v) \times (V1 + V2) = 0.48 \times (1 + 0.15) \times (25.8 + 22.0) = 26.4 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

#### (4) 耐震評価

今回使用する貯水枠材の内、最も水平方向の単位面積あたりの許容荷重（許容応力）が小さいものは次の通りである。

水平方向の単位面積あたりの許容荷重（許容応力） $\sigma_{h a}$  <sup>(注1)</sup> : **30.0kN/m<sup>2</sup>**

(注1) 貯水枠材の許容荷重は、材料の安全率 **1.3** を考慮した許容応力とし、その値は(財)雨水浸透技術協会の技術マニュアルによる。なお、許容応力の算出方法については、「(参考) 貯水枠材の強度に関する試験方法について」を参照のこと。

よって、

$$\sigma_{h a} = 30.0 > P_h = 26.4$$

となり、貯水枠材の強度は十分であると結論できる。

### 3. 耐震評価 (S s クラス)

#### (1) 鉛直方向荷重

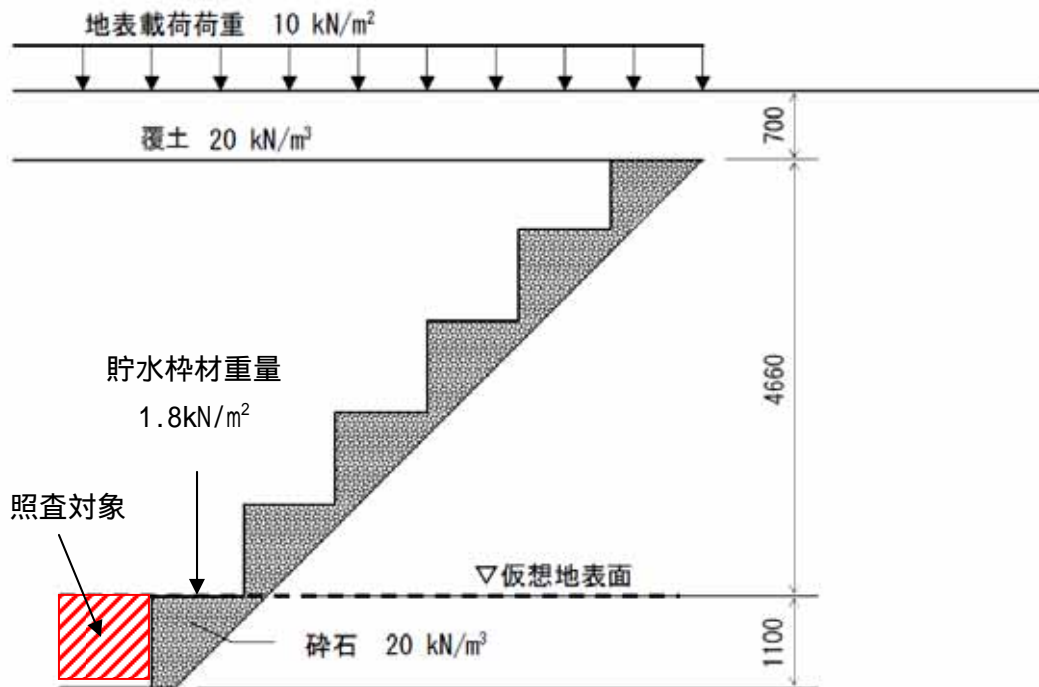
(財) 雨水貯留浸透技術協会の技術マニュアルにしたがって、地表載荷荷重 **10kN/m<sup>2</sup>** を考慮し、貯水枠材の最下部における鉛直方向荷重を求める。

なお、覆土材料は砂質土と砂礫の複合材であるが、安全をとって重量の大きい砂礫の単位体積重量を使用することとする。

覆土を構成する材料の単位体積重量の一般値

材料名	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )
盛土 (砂および砂礫)	20.0
盛土 (砂質土)	18.0

出典：「道路橋示方書・同解説 I 共通編」社団法人日本道路協会



貯水枠材を階段状に積み上げたとき、最下部（仮想地表面）の上面に作用する鉛直方向荷重は、仮想地表面より上部の地表載荷荷重・覆土重量・貯水枠材重量の合計荷重 **V1** となる。

また最下部の側面に作用する水平方向荷重は、**V1** と仮想地表面より下部の碎石重量 **V2** に地震時水平土圧をかけた値となる。

ここで、

$$V1 = 10 + 20 \times 0.7 + 1.8 = 25.8 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$V2 = 20 \times 1.1 = 22.0 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

## (2) 設計水平震度・設計鉛直震度の設定と地震時土圧係数の算定

S s クラス評価の場合には、設計水平震度 **Kh** を **0.6**、設計鉛直震度 **Kv** を **0.3** として、水平方向・鉛直方向地震の組み合わせを考慮する。この場合、地震時土圧係数 **Kea** は、道路などの設計で一般的に用いられている「道路橋標準示方書・同解説 (V 耐震設計編)」(社団法人日本道路協会) にしたがうと **0.75** となる。

### (3) 鉛直方向荷重の算定

貯水枠材最下部の上面に作用する鉛直方向荷重  $P_v$  は、

$$P_v = (1+K_v) \times V_1 = (1+0.3) \times 25.8 = 33.6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

### (4) 水平方向荷重の算定

貯水枠材最下部の側面に作用する水平方向荷重  $P_h$  は、

$$P_h = K_e a \times (1+K_v) \times (V_1 + V_2) = 0.75 \times (1+0.3) \times (25.8 + 22.0) = 46.6 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

### (5) 耐震評価

S<sub>s</sub> 評価は比例限界応力に基づいて評価を実施する。今回使用する貯水枠材の内、最も水平方向の比例限界応力が小さいものは次の通りである。

水平方向の比例限界応力  $\sigma_{hc}$  (注2) : **52.5kN/m<sup>2</sup>**

鉛直方向の比例限界応力  $\sigma_{vc}$  (注2) : **102.1kN/m<sup>2</sup>**

(注2) S<sub>s</sub> 評価の場合には求められる性能が機能維持であることから、貯水枠材の許容荷重は材料の安全率を **1.0** とした比例限界応力を用いることとし、その値は(財)雨水浸透技術協会の技術マニュアルによる。なお、比例限界応力の算出方法については、「(参考)貯水枠材の強度に関する試験方法について」を参照のこと。

よって、

$$\sigma_{hc} = 52.5 > P_h = 46.6$$

$$\sigma_{vc} = 102.1 > P_v = 33.6$$

となり、貯水枠材の強度機能の維持は可能と結論できる。

## 4. 載荷荷重について

上述の強度照査により、貯水枠材の強度は地下貯水槽上に **10kN/m<sup>2</sup>** の荷重を載荷した場合でも十分であることが評価できる。

そのため地下貯水槽上に物資を搬入する場合には、設計上載荷重との関係を個別に評価する。

以 上



(参考) 貯水枠材への作用荷重の考え方

貯水枠材に作用する荷重を考える上で最も厳しくなるのは、貯水槽が空の状態地震による水平土圧が作用する場合（下図参照）である。今回の貯水枠材の耐震評価も最も厳しくなる場合を想定して実施している。

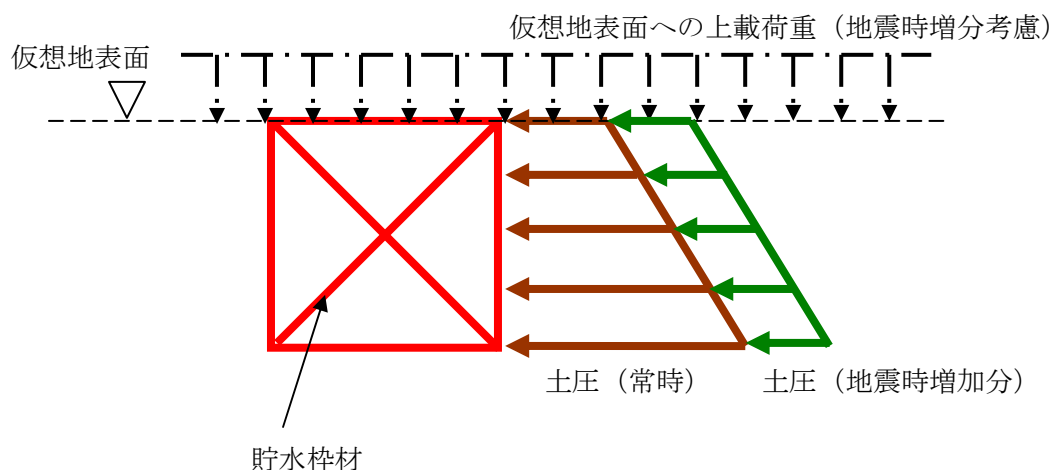


図 貯水枠材への作用荷重 (最も厳しいケース)

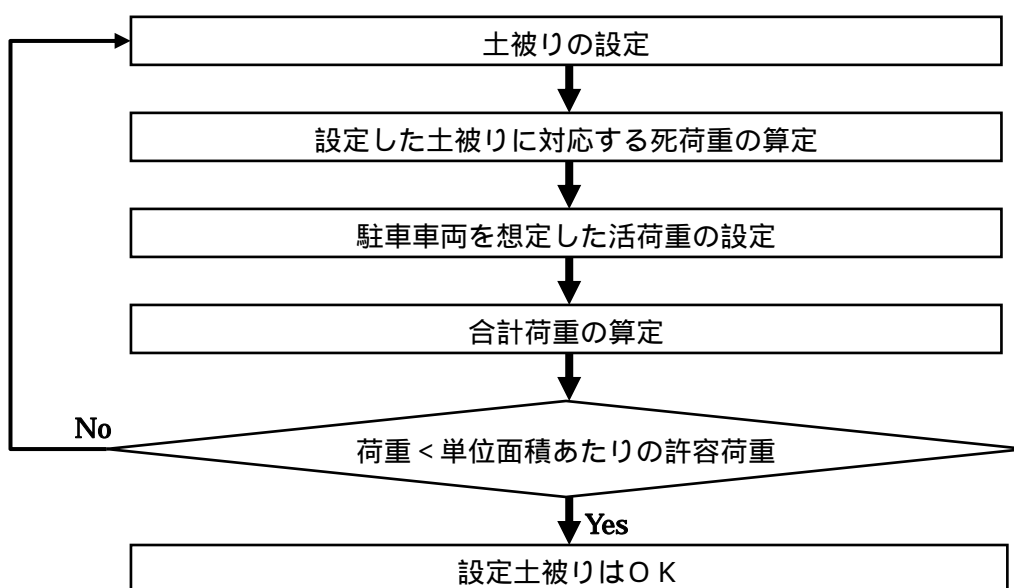
なお、貯水槽が水で満たされている場合には、砕石や貯水枠材に浮力が働くため、空の場合と比較して、仮想地表面の上載荷重は小さくなり、土圧も小さくなるため、空の場合よりも条件が緩くなる。

以 上

## 駐車車両を想定した場合の貯水枠材の強度照査について

### 1. 照査フロー

(財) 雨水貯留浸透技術協会の技術マニュアルに示されている強度照査法をまとめると次のフローの様になる。ここでは、その方法により貯水枠材の強度照査を実施する。



### 2. 荷重条件

#### (1) 死荷重

死荷重としては覆土を 0.7m まで施した場合を想定する。覆土材料は砂質土と砂礫の複合材であるが、安全をとって重量の大きい砂礫の単位体積重量を使用することとする。

覆土を構成する材料の単位体積重量の一般値

材料名	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )
盛土 (砂および砂礫)	20.0
盛土 (砂質土)	18.0

出典：「道路橋示方書・同解説 I 共通編」 社団法人日本道路協会

$$BL = \gamma \times h1$$

ここに、

BL : 覆土の上載荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  : 覆土材料の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

h1 : 覆土厚さ (m)

## (2) 活荷重

活荷重としては、高速自動車国道、一般国道に用いられているT-25荷重（但し、駐車スペースなので衝撃無し）を用いる。これは総重量25トンの大型トラックの荷重を想定したものである。

貯水槽上面に作用する自動車荷重は道路横断方向に際限なく載荷させるものとして、単位長さ当たりの荷重は次式により求める。

$$P1 = \frac{2T1}{B}(1+i) \quad P2 = \frac{2T2}{B}(1+i)$$

ここに、

P1 : 後輪荷重による横方向単位長さあたりの荷重 (kN/m)

P2 : 前輪荷重による横方向単位長さあたりの荷重 (kN/m)

T1 : 自動車の1後輪荷重

T2 : 自動車の1前輪荷重

B : 自動車占有幅 (2.75m)

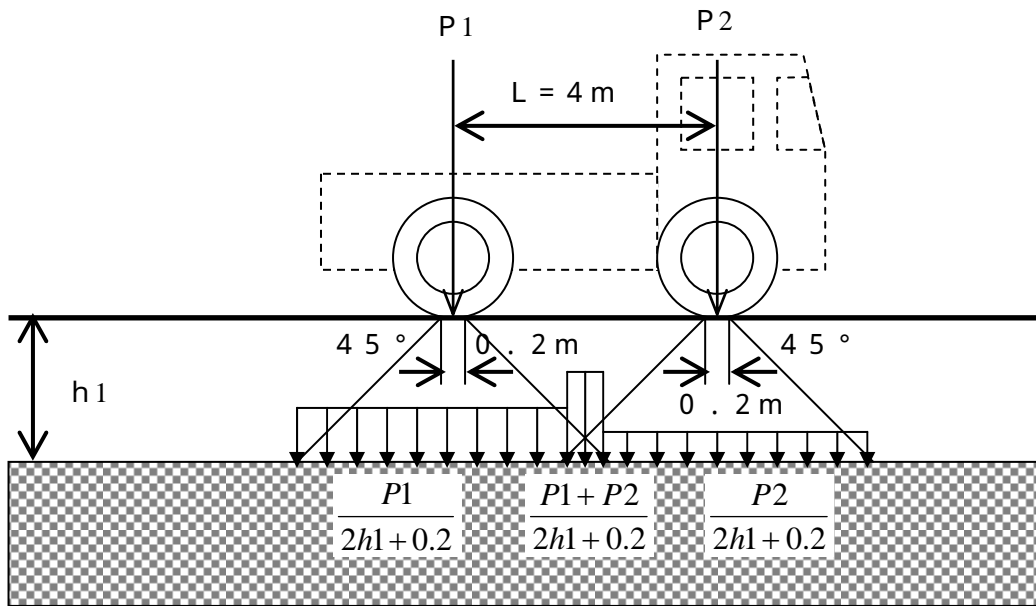
i : 衝撃係数 (0)

また、T-25の諸元を次表に示す。

T-25荷重の諸元

自動車荷重	総荷重 (kN)	T1:後輪荷重 (kN)	T2:前輪荷重 (kN)	接地幅 (m)	前後車輪間隔 (m)
T-25	250	100	25	0.2	4.0

輪荷重による活荷重は、次図のように地表面より接地幅 0.2m で車両進行方向に 45° の角度をもって地中に分散するものとする。



従って、貯水槽上面に作用する自動車荷重は次のようになる。

$$q_1 = \frac{P_1}{2h_1 + 0.2} \quad q_2 = \frac{P_2}{2h_1 + 0.2}$$

ここに、

q 1 : 後輪の分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

q 2 : 前輪の分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

h 1 : 覆土厚さ (m)

L : 前輪と後輪の中心間距離 (軸距 4.0m)

図から明らかのように、自動車荷重の最大値は次のようになる。

$L > 2h_1 + 0.2$  の場合は、後輪荷重のみの  $q = q_1$

$L \leq 2h_1 + 0.2$  の場合は、後輪荷重と前輪荷重を考慮した  $q = q_1 + q_2$

今回の場合、 $L = 4.0\text{m}$ 、 $2h_1 + 0.2 = 1.6$  なので、前者に当たり、自動車荷重としては q 1 のみを考慮することとなる。

### (3) 設計震度と許容応力

検討に用いた設計震度と照査に用いた許容荷重<sup>(注)</sup>を次表に示す。

設計震度と許容荷重

耐震クラス	設計震度 (鉛直)	許容荷重 (比例限界応力)
SS クラス	0.3	102.1kN/m <sup>2</sup>

(注) SS 評価に関しては求められる性能が機能維持であることから、貯水枠材の許容荷重としては材料の安全率を 1.0 とした「比例限界応力」を用いることとし、その値は (財) 雨水貯留浸透技術協会の技術マニュアルによる。

### (4) 合計荷重の算定

前項までの計算手順に従い、次表に合計荷重を算定する。

合計荷重の計算結果

荷重	条件・計算結果	算定式
<b>【死荷重】</b>		
$\gamma$ : 覆土単位体積重量	20kN/m <sup>3</sup>	
$h_1$ : 覆土厚さ	0.7m	
BL : 死荷重	14kN/m <sup>2</sup>	$\gamma \times h_1$
<b>【活荷重】</b>		
T1 : 後輪荷重	100kN	
B : 自動車占有幅	2.75m	
P1 : 後輪単位幅荷重	94.5kN/m	$2 \times T1 \times (1+i)/B$
$h_1$ : 覆土厚さ	0.7m	
$q_1$ : 活荷重	59.1kN/m <sup>2</sup>	$P1/(2 \times h_1 + 0.2)$
<b>【合計荷重：常時】</b> : $\sigma$	<b>59.5kN/m<sup>2</sup></b>	$BL + q_1$
<b>【合計荷重：地震時】</b> : $\sigma_t$	計算結果	算定式
SS クラス	<b>77.3kN/m<sup>2</sup></b>	$\sigma \times (1+0.3)$

### (5) 強度照査

今回使用する貯水枠材の内、最も単位面積あたりの許容荷重が小さいものは (3) に示した通りである。それに基づき強度照査を行うと次表のようになり、貯水枠材の強度は十分であると結論できる。

#### 強度照査結果

【合計荷重：地震時】： $\sigma t$	計算結果	許容荷重（比例限界応力）
SS クラス	77.3kN/m <sup>2</sup>	102.1kN/m <sup>2</sup>

#### （6） 載荷荷重について

上述の強度照査により、貯水枠材の強度は地下貯水槽上にT-25荷重を載荷した場合でも十分であることが評価できる。

ただし、地下貯水槽上に物資を搬入する場合には、設計上載荷重との関係を個別に評価する。

以 上

## 地下貯水槽のスロッシング評価

### 1. スロッシング評価法

スロッシングはタンク内包水が地震により揺れる現象をいい、地震波の中でもやや長周期のものが、比較的直径の大きなタンクの形状に影響して発生すると考えられている。

地下貯水槽の場合、プラスチック製枠材で構築される水室の中で最も大きなものの寸法は幅 **30cm** 以下と小規模であり、スロッシングの様な長周期問題は顕在化しないと考えられるが、確認のためスロッシングによる液位上昇量を計算して溢水等が発生しないか確認をおこなう。

評価方法は容器構造設計指針（日本建築学会）に従うこととする。

#### 【スロッシング計算法】

スロッシング液高の算定は以下の式にて算出する。

$$\eta = 0.802 \times Z_s \times I \times S_v1 \times \sqrt{(D/g \times \tanh(\frac{3.682 \times HL}{D}))}$$

水面動揺の振動周期は以下の式にて算出する。

$$T_s = \frac{2\pi \sqrt{D}}{\sqrt{(3.68 \times g \times \tanh(3.68 \times HL/D))}}$$

ここに、HL： 静水時の水位

D： 配水池の内径

g： 重力加速度 9.800 m/s<sup>2</sup>

Z<sub>s</sub>： 地震地域係数で、Z<sub>s</sub>=1.0とする。

I： 用途係数で、表.2-1により耐震設計区分はⅢとする

表.2-1 用途係数I

耐震設計区分	対 象	用途係数 I
Ⅰ	小規模で危険物を収容しない容器構造物	0.6以上
Ⅱ	大または中規模で危険物を収容せず災害の波及効果の少ないもの	0.8以上
Ⅲ	地震災害の重大性が一般建築物と同等の容器構造物	1.0以上
Ⅳ	危険物を収容し、2次災害の要因となり得るもの	1.2以上

T<sub>c</sub>： 地盤の臨界周期で、表.2-2により地盤種別は2種とする

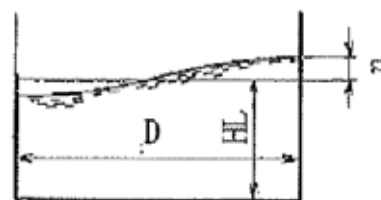
表.2-2 臨界周期T<sub>c</sub>

地盤種別	地 盤 条 件	T <sub>c</sub> (s)
1 種	1) 第3紀以前の地盤 (以下岩盤と称する) 2) 洪積層 3) 岩盤までの沖積層の厚さが10m未満	0.64
2 種	沖積層の厚さが25m未満かつ軟弱層の厚さが5m未満	0.95
3 種	1) 上記以外の地盤 2) 地盤の特性が不明なもの	1.28

S<sub>v1</sub>： スロッシング1次固有周期に対する設計速度応答スペクトル値で以下による

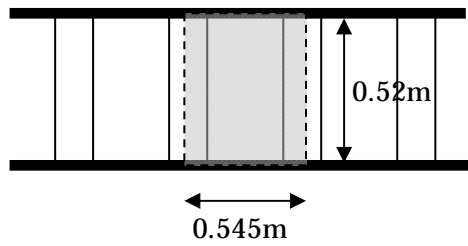
T<sub>j</sub> < T<sub>c</sub> のとき ————— S<sub>vj</sub> = 156 × T<sub>s</sub> cm/s

T<sub>s</sub> ≥ T<sub>c</sub> のとき ————— S<sub>vj</sub> = 156 × T<sub>c</sub> cm/s



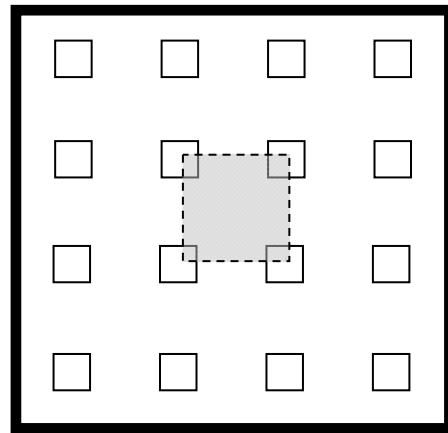
## 2. 条件

対象とする水室の形状は次図のものを想定した。スロッシングは共振問題に近いので、鏡面構造をとると考えられるので、支柱で区切られる1ブロックを水室と仮定した。スロッシングは寸法が大きいものの方が、発生する液位上昇がより高くなることが知られているので、使用する貯水枠材の中でも最も大きな水室を構成する枠材を検討対象とした。



貯水槽断面図

HL : 静水時の水位 0.52m  
(実運用の水位 0.22m)



貯水槽平面図

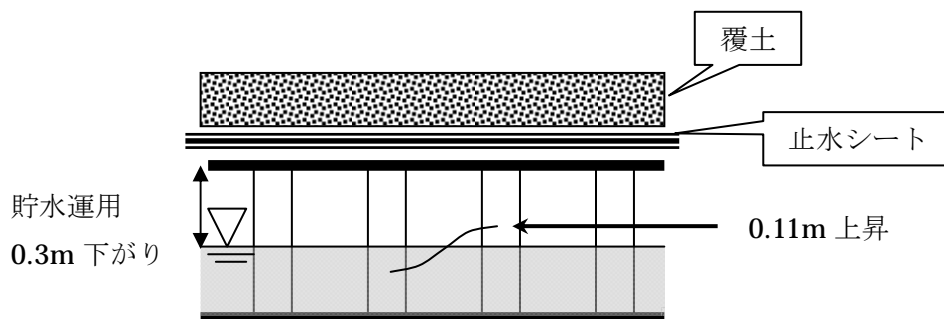
D : 水室の内径  $0.545 \div 2m$

## 3. 結果

計算の結果は次の通り。

$$\eta : \text{液位上昇量} = 0.11m \quad (\text{実運用水位も同値})$$

地下貯水槽は貯水枠上面より 0.3m 下がりで運用する計画であるので、0.11m の液位上昇があっても貯水槽外に溢水することはない。仮に液位が貯水枠上面を超えても止水シートが敷設されているので、溢水は防げるものと評価する。





## 貯水枠材の強度に関する試験方法について

(財) 雨水貯留浸透技術協会の技術マニュアルでは、貯水枠材の圧縮強度に関する試験方法を以下のように定めている。

### 構造部材の圧縮試験方法 (Arsit A-1:2008)

圧縮試験は、貯留枠材の鉛直方向および水平方向の耐力を求める重要な試験である。

JIS の試験方法は、材料試験を目的とした試験で、角柱、円柱、管形状の供試体としているが、貯水枠材として必要な強度は構造体としての性能であることに留意すべきである。

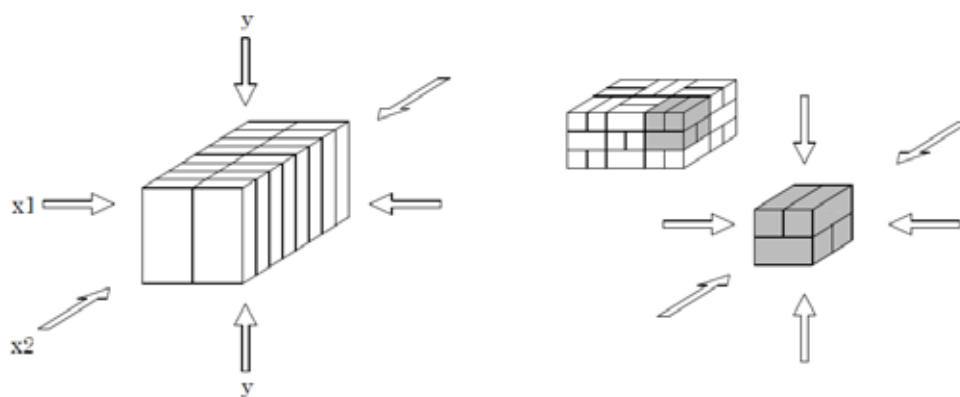
#### 1) 引用規格

プラスチック圧縮特性の試験方法 JIS K 7181、JIS Z 0212

#### 2) 供試体

部材には異方性があり、使用状態で鉛直方向と水平方向 (2 方向) の強度が異なると考えられる場合には、3 方向あるいは 2 方向で試験を行う (図 1(a))。また、図 1(b)のように異方性の部材を組み合わせて各方向の強度の均等化を図っている場合は、最小構成単位 (図 1(b)の場合は 4 個) の単位部材とみなして試験を行うことが望ましい。しかし、試験が大掛かりになる場合は、構成要素の方向別強度を平均するなどの簡略化をしても良い。

鉛直方向の荷重試験では、最小構成単位 (1 段) から始めて、2 段、3 段・・・と積み上げる段数を増やして、各荷重試験での最大応力値が収束することを確認する。水平方向の荷重試験では、鉛直方向で求めた収束段数と同数の積み上げ段数のみの試験で良い。供試体を荷重装置に設置する際や荷重試験時に、供試体が不安定になるなどの理由で外枠あるいは紐状の材料で安定させる場合は、試験結果に悪影響を及ぼさないように配慮する



(a) 3 方向で強度が異なる場合

(b) 単体の組み合わせで強度が決まる場合

図 1 圧縮強度の異方性

### 3) 試験方法

载荷は、1 分当り 10mm 程度の一定速度で行う。

供試体は、試験前に载荷方向の長さを 2 箇所以上で測定しておく。試験時は、0.1mm 以上の精度を持つ測定器で、供試体の载荷方向の長さ変化を測定する。

### 4) 温度

試験は、 $23 \pm 2^\circ\text{C}$  一定の条件で実施することを原則とする。この条件での試験が難しい場合は、供試体を 24 時間以上  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  の条件に置いた後、速やかに試験を実施する。

### 5) 試験結果の整理

試験で得られた供試体の载荷方向のひずみと応力関係 (SS カurve) の例を、図 2 に示す。

ひずみがゼロから  $\epsilon_1$  までの勾配の小さい区間は、供試体の初期不整やたわみなどが原因で生じる。その後、ひずみと応力の関係がほぼ一定で推移する区間があり、さらに応力の山が 2 つ以上現れる場合があるが、最初に応力の低下を示す前の最大応力 (圧縮強さ) を  $\sigma_{\max}$  とする。

最大応力 (圧縮強さ)  $\sigma_{\max}$  の 70% を「比例限界応力  $\sigma_c$ 」とすることができる。ただし、その値が SS カurve の直線上にない場合は、直線上にある最も近い値を「比例限界応力  $\sigma_c$ 」とする。

また、「比例限界応力  $\sigma_c$ 」に安全率 1.3 を考慮し、 $\sigma_c$  を 1.3 で割った値を「許容応力  $\sigma_a$ 」とする。

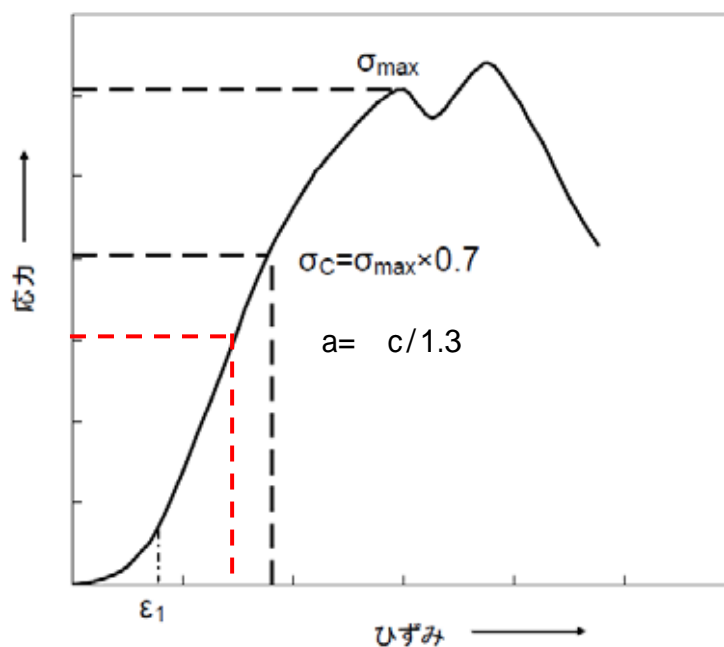


図 2 ひずみと応力の関係例

以上