

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-他-F-17-0008_改0
提出年月日	2021年4月28日

軽油タンクエリアにおける浸水防護重点化範囲について

2021年4月

東北電力株式会社

軽油タンクエリアにおける浸水防護重点化範囲について

1. 概要

本資料は、軽油タンクエリアの浸水防護重点化範囲について、内郭防護に関する溢水事象を考慮した上で、それぞれの浸水対策の位置付け及びその基準適合性の説明を行うものである。

2. 浸水防護重点化範囲の設定について

以下「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」にある記載を踏まえ、軽油タンクエリアの浸水防護重点化範囲を設定することとする。

「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド（抜粋）」

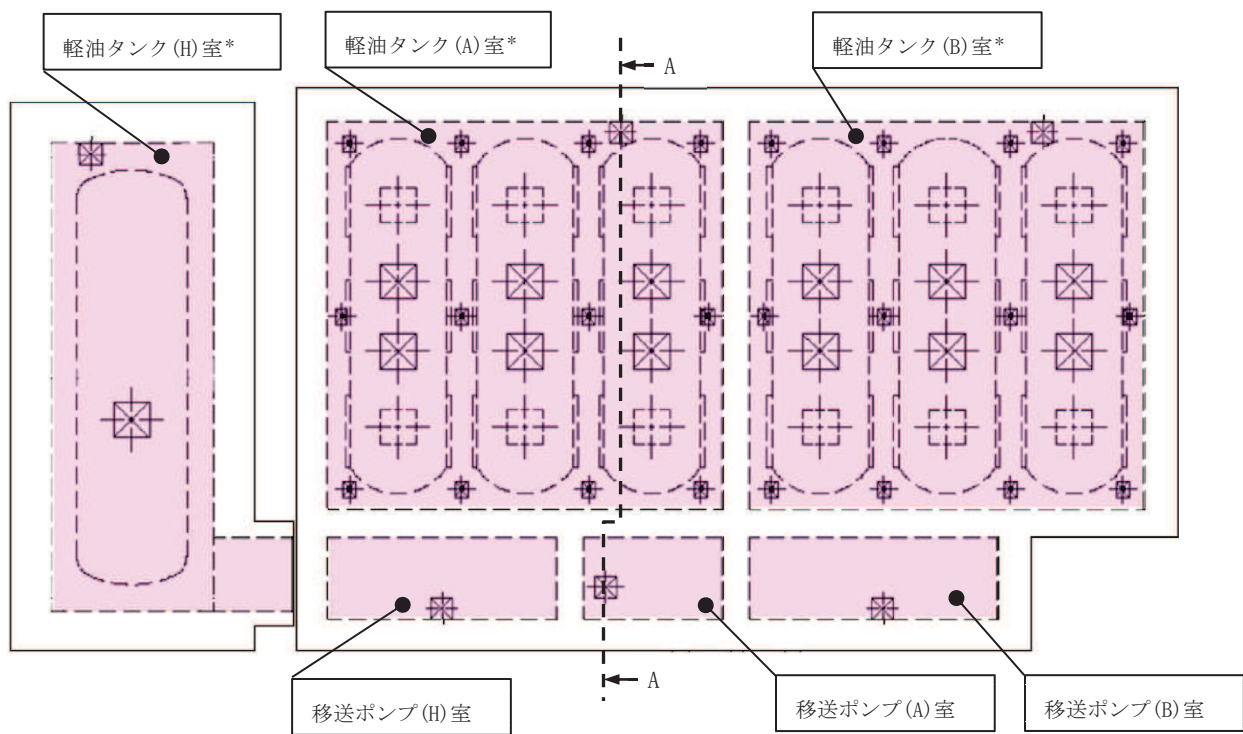
4.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

4.4.1 浸水防護重点化範囲の設定

【確認内容】

(1) 重要な安全機能を有する設備等（耐震Sクラスの機器・配管系）のうち、基本設計段階において位置が明示されているものについては、それらの設備等を内包する建屋、区画が津波防護重点化範囲として設定されていることを確認する。

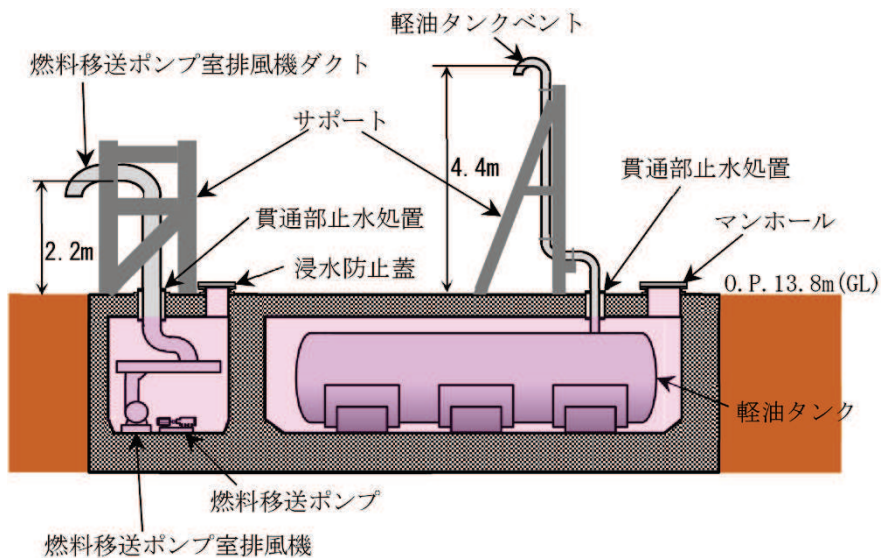
図-1 に軽油タンクエリアの浸水防護重点化範囲を示す。軽油タンクエリアのうち静的な耐震Sクラス機器（タンク、配管）のみが存在するエリアについても浸水防護重点化範囲として設定する。



軽油タンクエリア

：浸水防護重点化範囲

*：静的な耐震Sクラス機器を設置



軽油タンクエリア 断面図 (A-A矢視)

図-1 軽油タンクエリア 浸水防護重点化範囲

3. 内郭防護として保守的に想定する溢水事象の整理

軽油タンクエリアは敷地高さO.P. 13.8mに設置しており，防潮堤高さが入力津波高さを上回っていることから，基準津波の遡上波は敷地に地上部から到達，流入しない。ただし，工認審査ガイド「3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策」を踏まえ，内郭防護として，地震に起因する溢水である屋外タンク等の損傷による溢水事象を想定する。ここで，地震後の津波襲来による第2号機放水立坑の水位上昇に伴い，補機冷却海水系放水路逆流防止設備が一時的に閉止することを考慮した場合における，第2号機補機冷却海水系が運転していることによる放水路からの補機放水も溢水源として考慮する。このように，想定する溢水事象においては，津波が直接流入する事象はない。

(詳細は添付資料「VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価

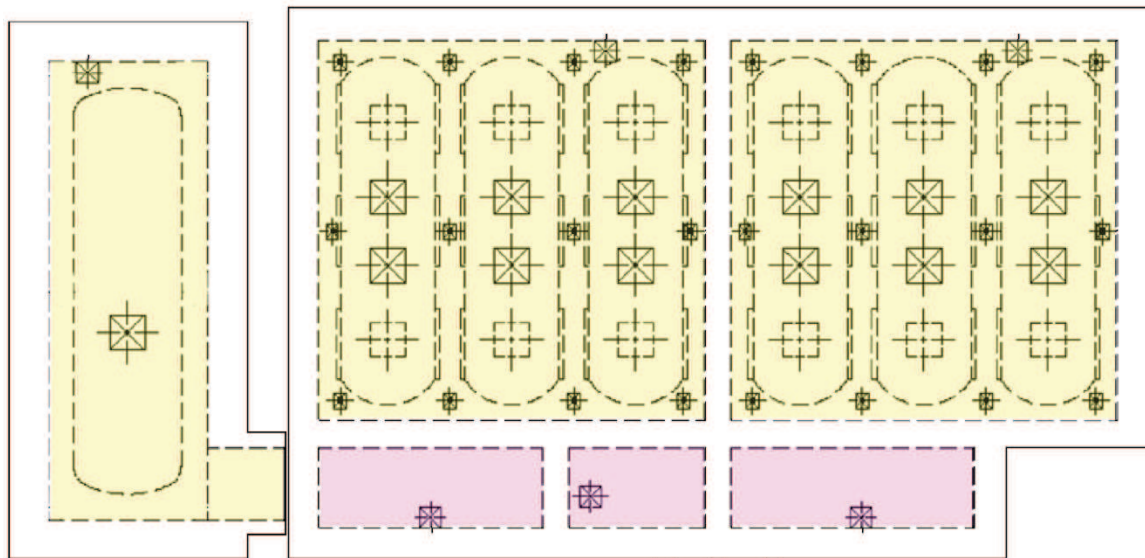
3.4 津波による溢水の重要な安全機能及び重大事故等に対処するために必要な機能への影響防止（内郭防護）に係る評価」参照

4. 各溢水事象を踏まえた設計方針

3. 項において整理を行った結果より，軽油タンクエリアで想定する溢水事象は内部溢水による溢水であるが，浸水防護重点化範囲の特性を考慮し，浸水防護重点化範囲内に設置される施設・設備の安全機能喪失を防止する設計とする。表-1に各溢水事象を踏まえた浸水防護重点化範囲の設計方針をまとめる。また，図-2に表-1の設計方針に基づき色分けを行った浸水防護重点化範囲図を示す。

表-1 浸水防護重点化範囲の設計方針

	浸水防護重点化範囲	浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
範囲内に設置する設備	耐震Sクラスの動的機器(ポンプ)，耐震Sクラス静的機器(配管等)	耐震Sクラス静的機器(タンク，配管)(浸水により機能喪失しないことを確認)
津波による浸水が発生する区画に隣接する場合	該当なし	該当なし
内部溢水による浸水が発生する区画に隣接する場合	動的機器については，浸水により機能喪失するため，区画内が浸水することが無い設計とする必要がある	浸水を前提とし，安全性評価を実施し，重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認



軽油タンクエリア

: 浸水防護重点化範囲
 : 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）

図-2 浸水防護重点化範囲図（表-1に基づき明示）

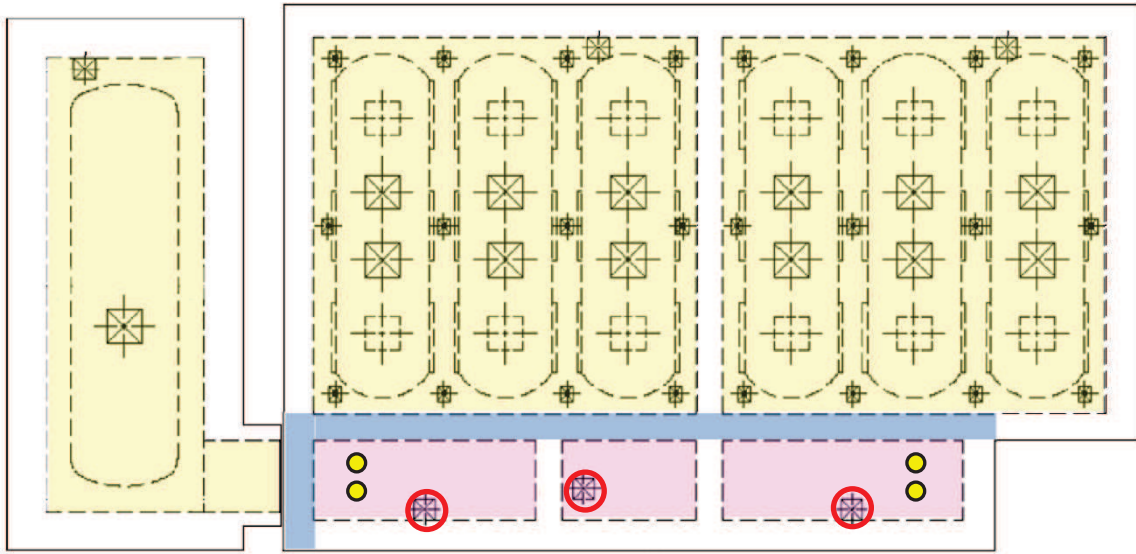
5. 浸水防護重点化範囲との境界の位置付けの整理と浸水対策

耐津波工認審査ガイドを踏まえた境界の位置付けの整理を表-2に示す。

表-2 浸水防護重点化範囲の位置付けの整理

溢水が発生する区画	溢水伝播の防止先	境界における対策の位置付け	備考
内部溢水による溢水	浸水防護重点化範囲	内部溢水対策	内郭防護として設計，工事認可申請上説明を行う止水対策範囲とする
	浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）		

浸水防護重点化範囲と浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）の境界については、内部溢水対策を実施する箇所であり、添付資料「VI-1-1-8 発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書」における溢水の対策範囲であるが、内郭防護として設計，工事認可申請上説明を行う止水対策範囲として、耐津波設計と同等の耐震設計を行う。内郭防護として浸水対策を実施する箇所を図-3に示す。



軽油タンクエリア

: 浸水防護重点化範囲
 : 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）

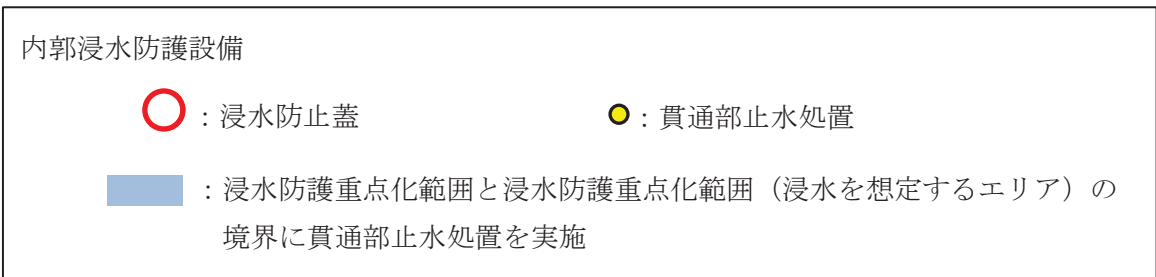


図-3 軽油タンクエリアにおける内郭浸水防護設備

6. 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）の基準適合性について

表-3に浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）に関し，工認審査ガイドへの適合状況を整理する。

表-3 工認審査ガイドへの適合状況

	ガイドに記載されている「規制基準における要求事項等」，「確認内容」	浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）とその境界
3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策	津波による溢水を考慮した浸水範囲，浸水量を安全側に想定すること。	津波による溢水は想定されない。内部溢水による屋外タンク等の損傷による溢水を想定し，内部溢水による溢水が発生する敷地との境界に設置しているマンホール等に期待せず，浸水を想定。
	浸水範囲，浸水量の安全側の想定に基づき，浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路，浸水口（扉，開口部，貫通口等）を特定し，それらに対して浸水対策を施すこと。	浸水防護重点化範囲の境界の壁面の貫通口は，内郭防護として浸水対策を実施。
	【確認内容】(3) 浸水防護重点化範囲の境界において特定した経路，浸水口における浸水防止設備の位置・仕様・強度を確認する。 （中略）確認の詳細を「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。	浸水防護重点化範囲の境界の壁面の貫通口における浸水対策は内郭防護として評価を実施。
	【確認内容】(4) 浸水範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため，浸水防護重点化範囲への浸水量（漏水量）を確認するとともに，範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。	浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）への浸水量評価は保守的にGL+0.18mまで浸水すると想定。重要な安全機能を有する設備等として静的機器（耐震Sクラスのタンク・配管）があるが，「安全性評価」を実施し，安全機能を有する設備の機能に影響を及ぼさないことを確認。

7. まとめ

軽油タンクエリアの耐津波設計において、浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）で発生する内部溢水により安全機能に影響がないことを浸水量評価及び安全性評価により確認した。

【浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）へ内郭防護】

- ・地震時の内部溢水は発生するものの、津波による海水の流入は発生しない。
- ・地震時に発生した内部溢水の浸水に対しては、当該エリアに設置する耐震Sクラスの静的機器が機能喪失しないことを確認。

8. 別紙

別紙-1 浸水防護重点化範囲に対する安全性評価について

9. 参考資料

参考-1 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）の水密マンホール設置個所

浸水防護重点化範囲に対する安全性評価について

1. 浸水防護重点化範囲の評価方針について

軽油タンクエリアは敷地高さ0.P. 13. 8mに設置しており，防潮堤高さが入力津波高さを上回っていることから，基準津波の遡上波は敷地に地上部から到達，流入しない。ただし，屋外タンク等の損傷による溢水による浸水水位はGL+0. 18m（敷地浸水深）であることから，地震に起因する溢水により浸水する。そのため，「耐津波設計方針に係る工認審査ガイド」に基づき範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水防護重点化範囲について，静的な耐震Sクラスの機器が設置され，浸水を想定するエリアを明示した詳細を図- 1 に示す。

「耐津波設計方針に係る工認審査ガイド（抜粋）」

3. 5 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

3. 5. 2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

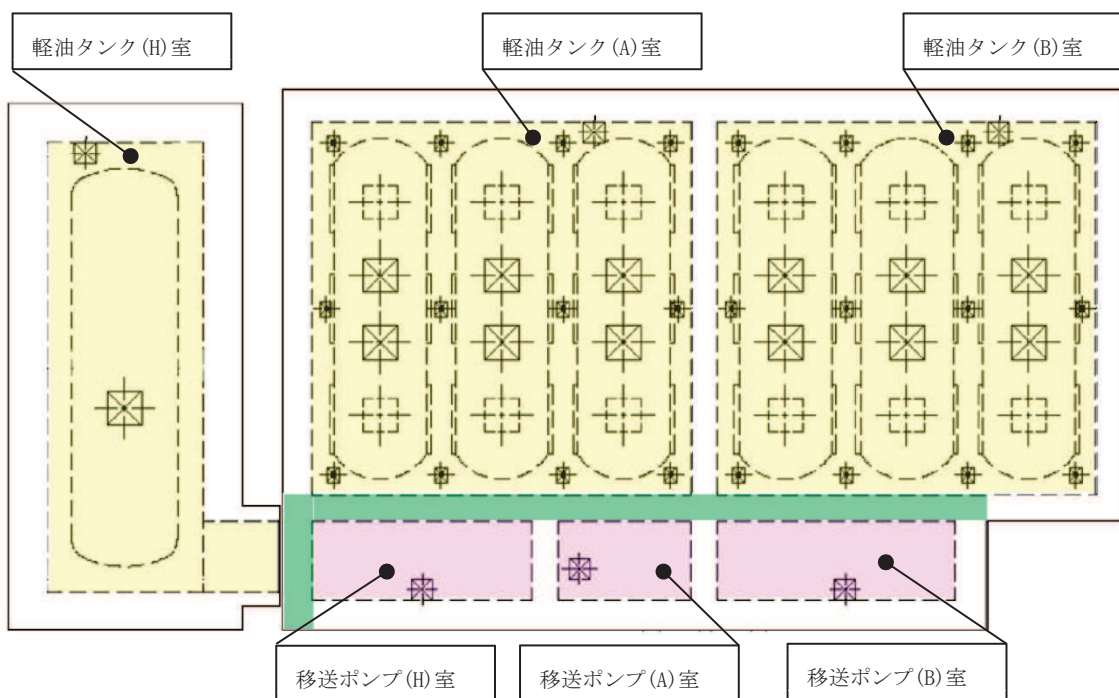
【規制基準における要求事項等】

津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量を安全側に想定すること。浸水範囲、浸水量の安全側の想定に基づき、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。

【確認内容】

（中略）

（4）浸水範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため、浸水防護重点化範囲への浸水量（漏水量）を確認するとともに、範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。



軽油タンクエリア

- : 浸水防護重点化範囲
- : 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）
- : 浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）との境界

図-1 軽油タンクエリアの浸水防護重点化範囲（詳細）

2. 評価方法

地震に起因する溢水（屋外タンク等の損傷による溢水）が発生した場合の、1項で示した方針に基づき、浸水を想定するエリアにおける耐震Sクラス機器（軽油タンク、配管）への影響の有無を確認する。

2.1 没水時の外圧に対する影響評価

没水時の外圧に対する影響評価は、表-1に示すように「水圧による損傷」の観点にて実施する。

水圧の評価で使う溢水水位については、保守的な評価となるように、軽油タンクエリアの溢水水位（GL+0.18m）を用いることとし、軽油タンクの設置床面から軽油タンクエリアの溢水水位（GL+0.18m）までの水頭圧を用いて評価を行う。

表-1 軽油タンク、配管の外圧による影響評価

評価対象施設	評価対象設備	影響評価の内容
軽油タンク室	軽油タンク	浸水による水頭圧（外圧）によるタンク、配管の構造的損傷の有無
	配管	
軽油タンク室（H）	軽油タンク（H）	
	配管	

2.2 没水時の浮力に対する影響評価

軽油タンクが没水した際に生じる浮力が自重を上回る場合、基礎ボルトに対して引張荷重が生じることから、表-2に示すように「浮力による損傷」の観点にて実施する。なお、軽油タンクは常に軽油を有するが、評価では保守的に軽油タンクが空の場合の基礎ボルトの健全性を確認する。

表-2 軽油タンクの浮力による影響評価

評価対象施設	評価対象設備	評価内容
軽油タンク室	軽油タンク	没水した際に生じる浮力による基礎ボルトの損傷の有無
軽油タンク室（H）	軽油タンク（H）	

3. 評価結果

3.1 没水時の外圧に対する影響評価

3.1.1 軽油タンク

軽油タンクの外圧による許容圧力は「J S M E S N C 1-2005/2007 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。）に基づき、下記式を用いて算出を行った。なお、評価では保守的にタンク内圧は大気圧とした。

表-3に示す結果より、軽油タンクの許容圧力が軽油タンク室及び軽油タンク室（H）の浸水水位における水頭圧をそれぞれ上回ることを確認した。

$$t = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_0}{4 \cdot B}$$

より

$$P_e = \frac{4 \cdot B \cdot t}{3 \cdot D_0}$$

表-3 水圧による損傷評価（軽油タンク及び軽油タンク（H））

項目	記号	軽油タンク	軽油タンク（H）
胴の外径	D_0 [mm]	3556	4066
胴の計算上必要な厚さ	t [mm]	28	28
設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図3に規定される値	B [-]	25	22
材質	-	SM400C	SM400C
許容圧力	P_e [MPa]	0.262	0.202
水頭圧	P [MPa]	0.06 ^{*1}	0.09 ^{*2}
判定（許容圧力>水頭圧）	-	○	○

注記*1:軽油タンク室床面（O.P. 8.5m）から軽油タンク室の浸水水位 GL+0.18m（O.P. 13.98m）までの水位の高さ（5.48m）の水頭圧を切り上げた値^{*3}

*2:軽油タンク室（H）床面（O.P. 5.4m）から軽油タンク室（H）の浸水水位 GL+0.18m（O.P. 13.98m）までの水位の高さ（8.58m）の水頭圧を切り上げた値^{*3}

*3:O.P.表記については、東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う1mの地盤沈下を考慮

3.1.2 配管

配管の外圧による許容圧力は設計・建設規格に基づき、下記式を用いて算出を行った。配管については、軽油タンク室と比較し軽油タンク室（H）の床面が低いため、軽油タンク室（H）における浸水時の水頭圧が大きいこと、配管の仕様は同等であることから、軽油タンク室（H）の燃料移送配管を代表として選定した。なお、評価では保守的に配管内圧は大気圧とした。

表-4に示す結果より、配管の許容圧力が軽油タンク室（H）の浸水水位における

水頭圧を上回ることを確認した。

$$t = \frac{3 \cdot P_e \cdot D_0}{4 \cdot B}$$

より

$$P_e = \frac{4 \cdot B \cdot t}{3 \cdot D_0}$$

表-4 水圧による損傷評価 (配管)

項目	記号	燃料移送配管
管の外径	D_0 [mm]	60.5
管の計算上必要な厚さ	t [mm]	5.5
設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 3 に規定される値	B [-]	119
材質	-	STPT410
許容圧力	P_e [MPa]	14.42
水頭圧	P [MPa]	0.09* ¹
判定 (許容圧力 > 水頭圧)	-	○

注記*1: 軽油タンク室(H)床面(O.P. 5.4m)から軽油タンク室(H)の浸水水位 GL+0.18m (O.P. 13.98m) までの水位の高さ (8.58m) の水頭圧を切り上げた値*²

*2: O.P. 表記については、東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴う 1m の地盤沈下を考慮

3.2 没水時の浮力に対する影響評価

軽油タンクが水没した際に生じる浮力は、下記式を用いて算出する。

表-5 に示す結果より、健全性が維持できることを確認した。

$$F = \rho \cdot g \cdot V$$

F : 機器が水没した際に生じる浮力

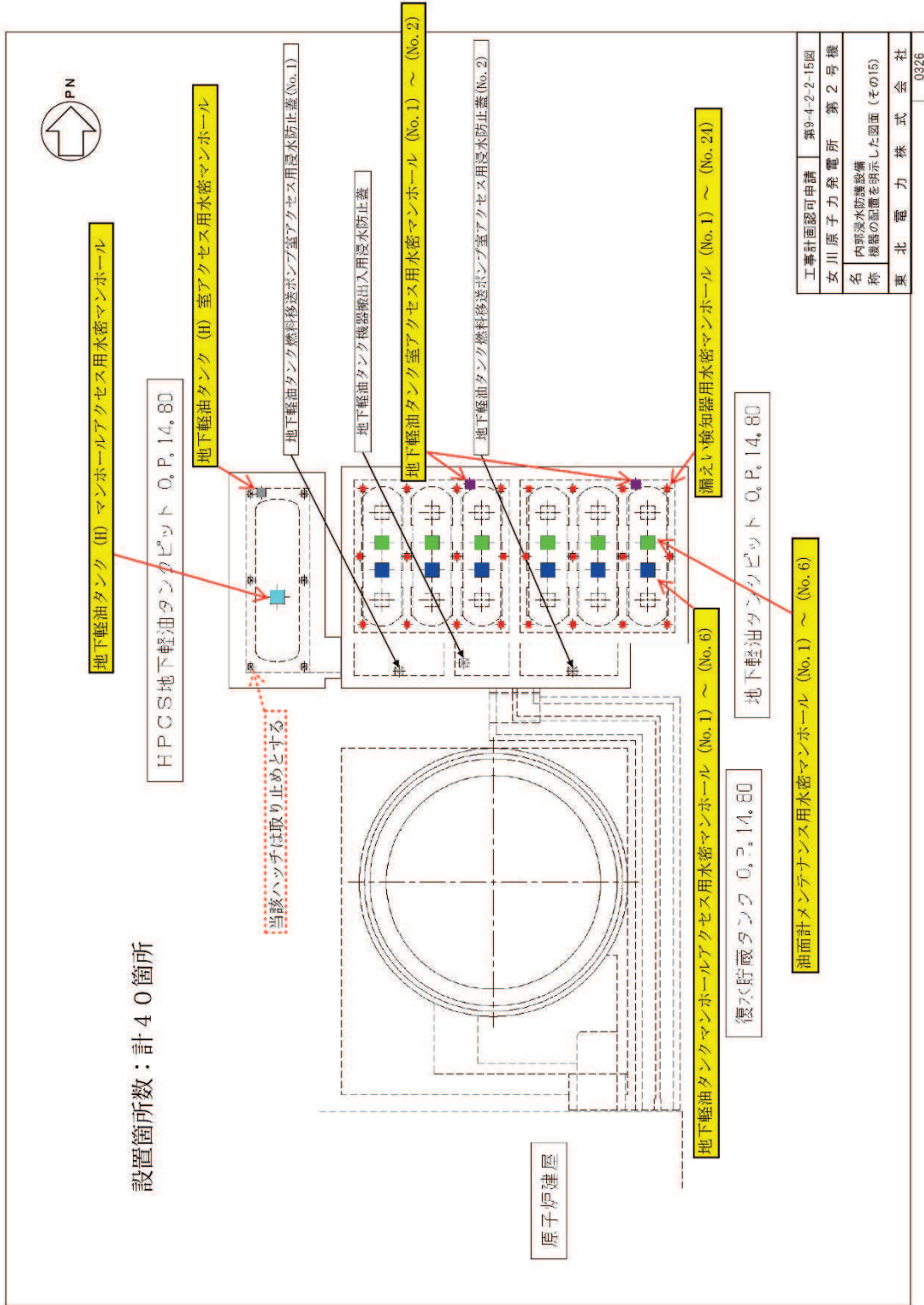
ρ : 溢水の密度

g : 重力加速度

V : 機器の体積

表-5 浮力による損傷評価

設備名称	発生応力 [MPa]	許容応力 [MPa]	判定
軽油タンク	13	440	○
軽油タンク (H)	13	440	○



浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）の水密マンホール設置箇所