

G4北, G5エリアタンク 新設に関する補足説明資料

東京電力ホールディングス株式会社

1. 目的

■ 本資料の目的

- K4タンク群(約3万m³)の用途をALPS処理水等の長期保管を目的としたものから、厳格に放射能濃度を測定・評価するために必要な放出設備の1つに変更する。
- 上記に伴い、ALPS処理水等の貯留容量が減少する事からG4北エリアに6基(約0.8万m³)、G5エリアに17基(約2.3万m³)の溶接型タンクを設置する。
- なお、設置するタンクは、G1、G4南エリアに設置したタンクと同仕様である。

本資料は、タンクの設置に伴う実施計画の変更認可申請の内容を補足するものである。

2. 変更認可申請内容

(1) 変更箇所

■ II-2-5 汚染水処理設備等について、以下の項目を変更する。

- 本文 2.5 汚染水処理設備，貯留設備（タンク等）
（（46）多核種処理水貯槽の合計容量，設置基数の反映）
- 添付資料－1 系統概要（新設タンク追加を反映）
- 添付資料－9 汚染水処理設備等の工事計画及び工程について（貯蔵容量等の最新データを反映）
- 添付資料－1 2 中低濃度タンクの設計・確認の方針について（新設タンクの基本仕様，タンク基礎外周堰の高さ，敷地境界線量評価，タンクエリア全体図，タンクエリア詳細図，移送配管系統図，エリア別基数，タンク概略図を反映）

■ II-2-16-1 多核種除去設備について、以下の項目を変更する。

- 添付資料－2 放射性液体廃棄物処理設備等に関する構造強度及び耐震性等の評価結果
（G4北，G5エリアタンクの移送配管を反映）
- 添付資料－4 多核種除去設備等の具体的な安全確保策
（移送配管の漏えい発生防止対策に当該エリアを反映）

■ II-2-16-2 増設多核種除去設備について、以下の項目を変更する。

- 添付資料－4 増設多核種除去設備の強度に関する計算書
（G4北，G5エリアタンクの移送配管を反映）
- 添付資料－7 増設多核種除去設備の具体的な安全確保策
（移送配管の漏えい発生防止対策に当該エリアを反映）

2. 変更認可申請内容

(1) 変更箇所

- II-2-36 雨水処理設備等について，以下の項目を変更する。
 - 本文 2.36.2.1.2 雨水移送用貯留設備（タンク），関連設備（移送配管，移送ポンプ）
（（1）集水ピット抜出ポンプ（完成品）の台数増の反映）
 - 添付資料－1 全体概略図（集水ピット抜出ポンプの台数増の反映）
 - 添付資料－2 雨水処理設備等概略配置図（全体）（G4北，G5タンクエリアを配置図に反映）
 - 添付資料－6 雨水処理設備等の先行運用について（G4北，G5タンクエリアの先行運用の記載の追加）

2. 変更認可申請内容

(2) タンクの基数について

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-105

エリア	タンク公称容量[m ³]	(39) RO濃縮水貯槽	(46) 多核種処理水貯槽	(60) Sr処理水貯槽	(61) 濃縮廃液貯槽
G3東	1,000	0	24		
G3北	1,000	6	0		
G3西	1,000	39	0		
J1	1,000	100	0		
その他	1,000	16	0		
G7	700	10	0		
J5	1,235		35		
D	1,000	19	0		10
J2	2,400		42		
J3	2,400		22		
J4	2,900		30		
J6	1,160		5		
J6	1,200		38		
K1北	1,200			12	
K2	1,057			28	
K1南	1,160			10	
H1	1,220		63		
J7	1,200		42		
H1東	1,220		24		
J8	700		9		
K3	700		12		
J9	700		12		
K4	1,000		35		
H2	2,400		44		
H4北	1,200		35		
H4南	1,060		13		
	1,140		38		
G1南	1,160		8		
	1,330		15		
H5	1,200		32		
H6(1)	1,200		11		
B	1,330		10		
	700		27		
B南	1,330		7		
H3	1,356		10		
H6(Ⅱ)	1,356		24		
G6	1,330		38		
G1	1,356		66		
G4南	1,356		26		
G4北	1,356		6		
G5	1,356		17		
計		190	820	50	10

RO濃縮水貯槽 他 単位：m³
 左表合計 187,000 (75,000)
 + 「(92) (93) 建屋内, 増設
 RO濃縮水受タンク」60
 + 「(37)RO濃縮水受タンク」85
 + 「(48)ろ過水タンク」8,000
 =195,145 (83,145)

多核種処理水貯槽
 左表合計 1,153,489 (1,288,345)

Sr処理水貯槽
 左表合計 55,596 (32,740)

濃縮廃液貯槽
 左表合計 10,000
 + 「(45)濃縮廃液貯槽(完成品)」300
 =10,300

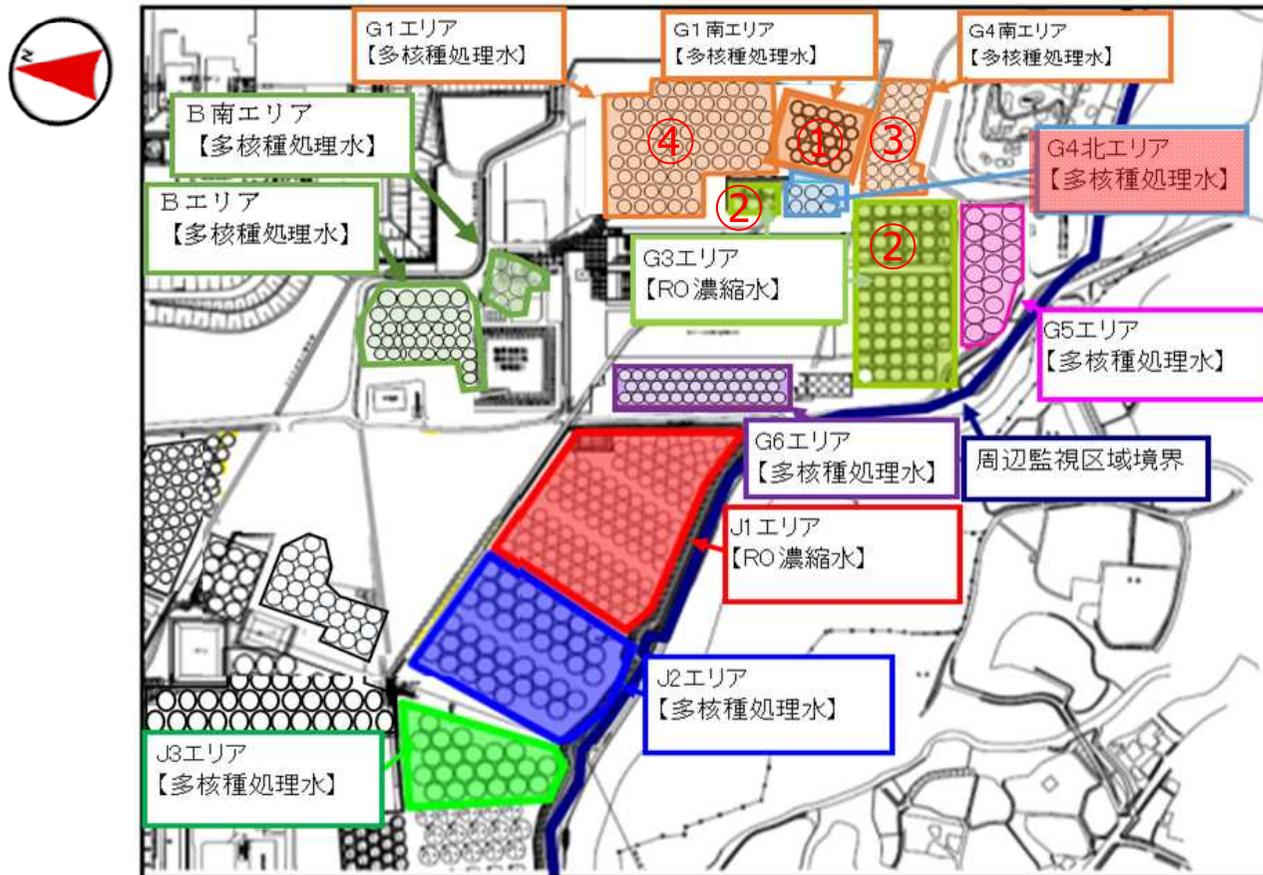
※表中の()は、RO濃縮水貯槽およびSr処理水貯槽に多核種処理水の一部を貯蔵している状況を反映した基数を示す。

今回申請範囲

2. 変更認可申請内容

(3) タンク設置エリア図 (G4北)

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-90

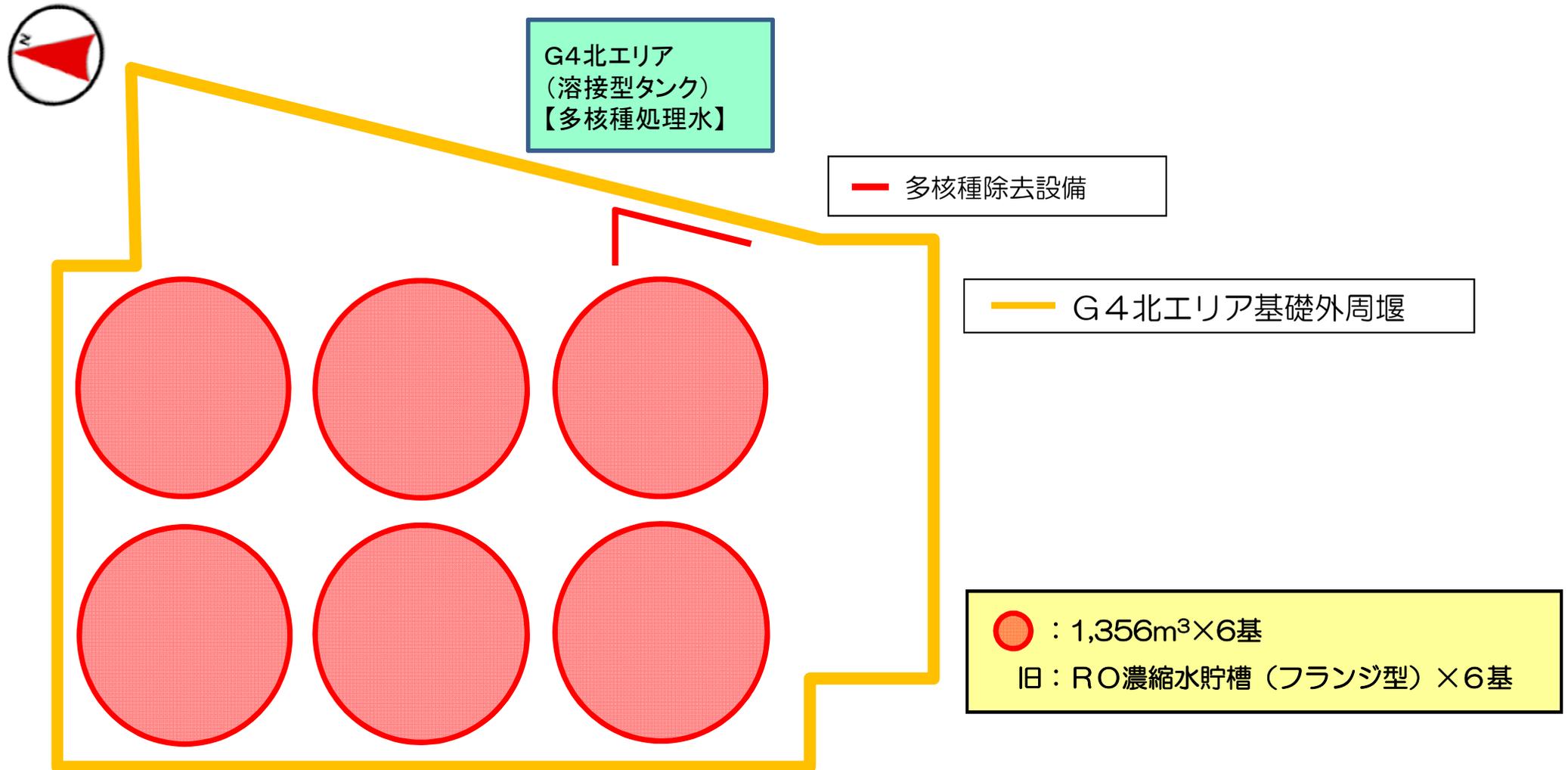


2021年8月時点

	G4北タンクエリア周辺設備	G4北タンクからの距離
①	G1南エリアタンク	約10m
②	G3エリアタンク	約10m
③	G4南エリアタンク	約20m
④	G1エリアタンク	約30m

2. 変更認可申請内容

(4) G4北エリア詳細図

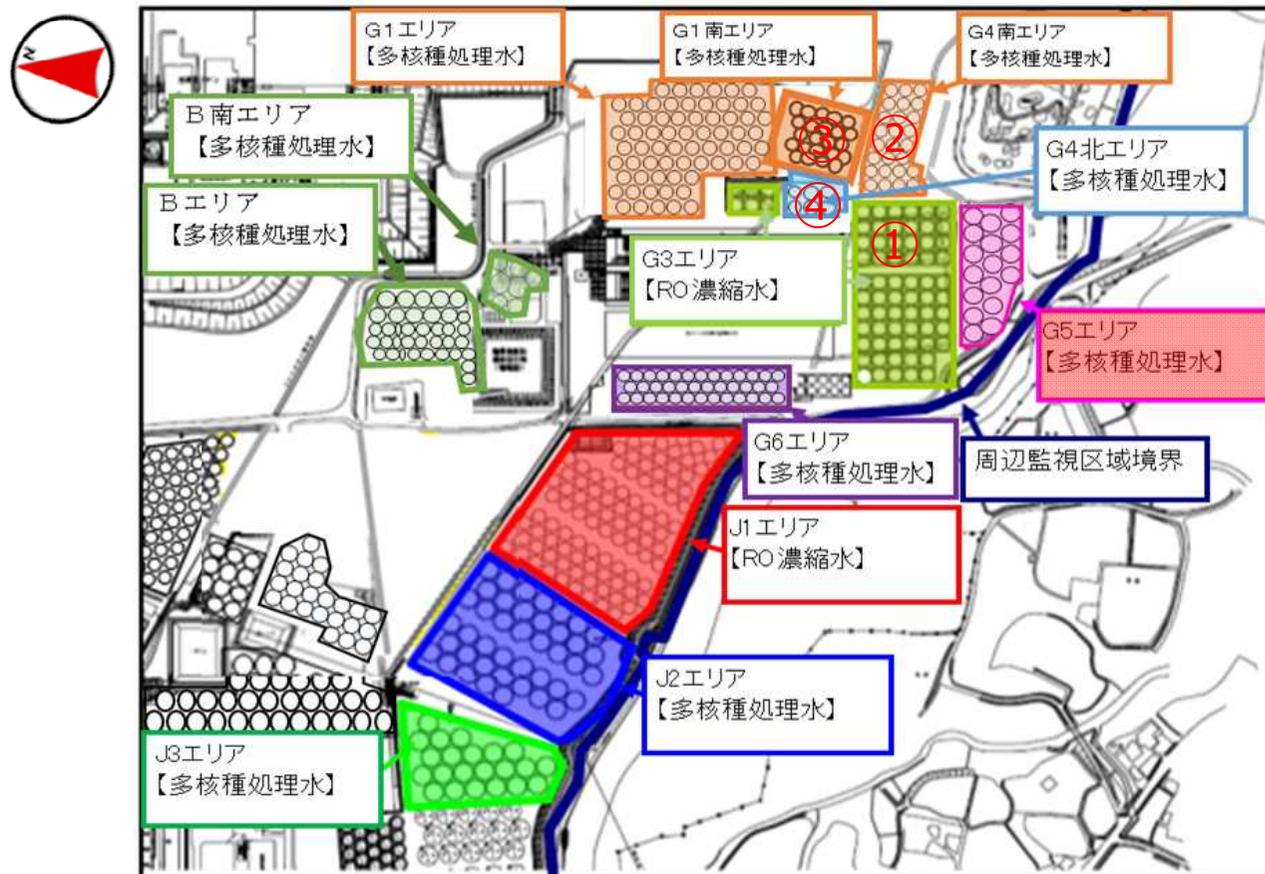


- 波及的影響について
 - ・ G4北エリアタンク設置予定地周辺に当該タンク転倒による影響を受ける重要設備なし。
(重要設備とは耐震Sクラス相当設備を指す。)

2. 変更認可申請内容

(5) タンク設置エリア図 (G5)

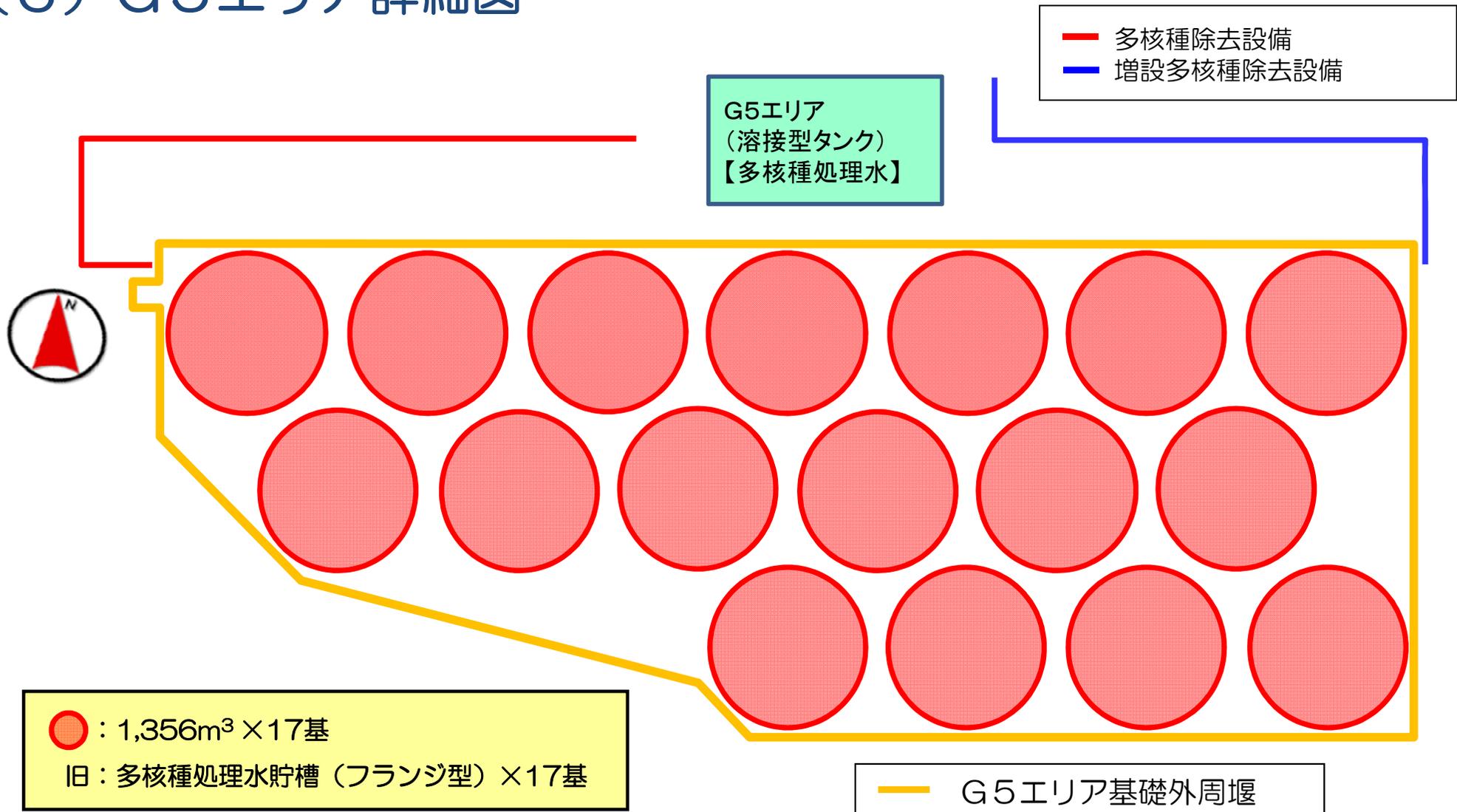
実施計画：Ⅱ-2-5-添12-90



	G5タンクエリア周辺設備	G5タンクからの距離
①	G3エリアタンク	約10m
②	G4南エリアタンク	約40m
③	G1南エリアタンク	約100m
④	G4北エリアタンク	約100m

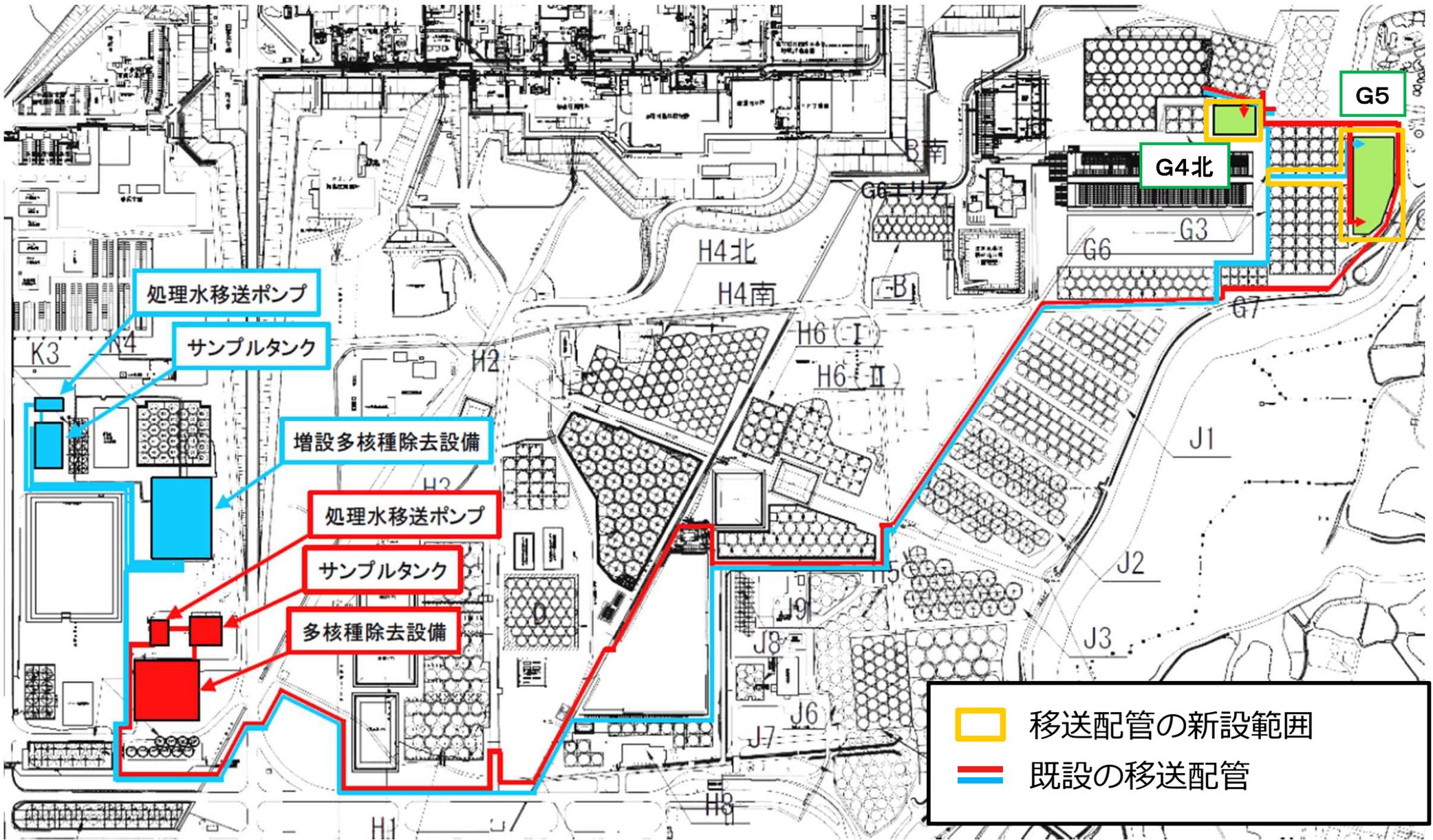
2. 変更認可申請内容

(6) G5エリア詳細図



- 波及的影響について
 - ・ G5エリアタンク設置予定地周辺に当該タンク転倒による影響を受ける重要設備なし。
(重要設備とは耐震Sクラス相当設備を指す。)

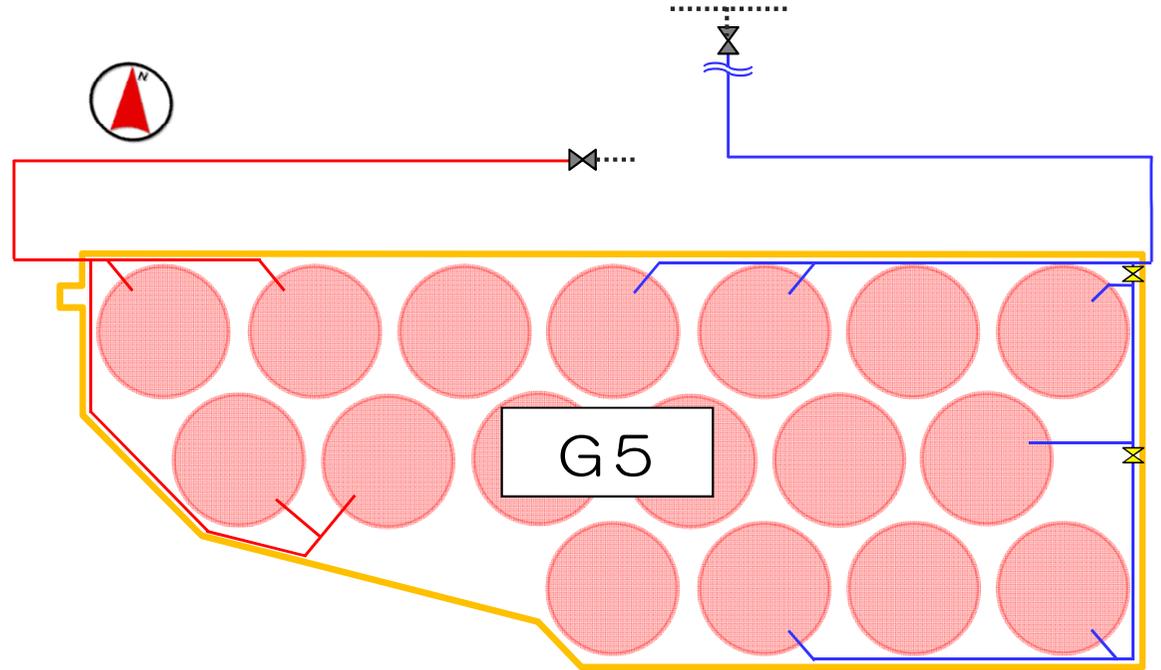
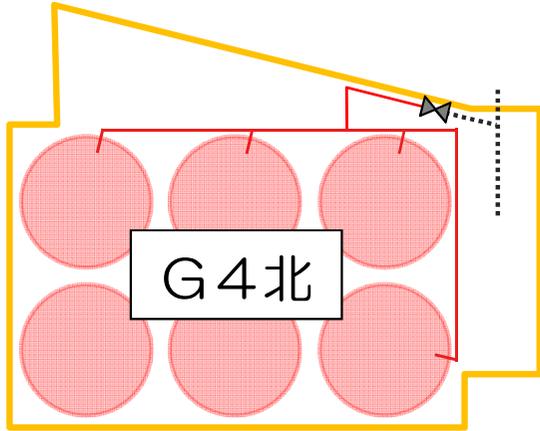
2. 変更認可申請内容 (7) 移送配管設置概略図



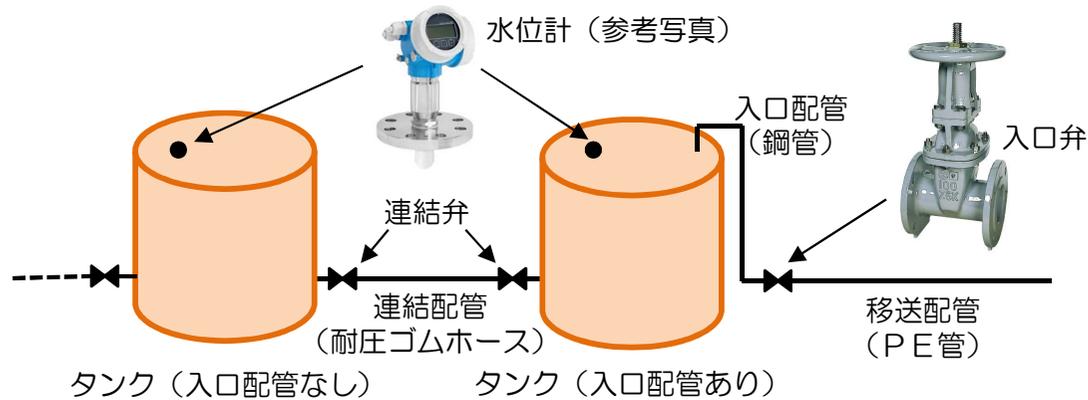
2. 変更認可申請内容 (8) 新設範囲概略図※

※ 新設する機器配置の概略を示すものであり、今回変更認可申請の内容に相違の無い範囲で配置が変更となる場合がある。

— 多核種処理水移送配管	✕ 新設弁
— 増設多核種処理水移送配管	✕ 既設弁
..... 既設配管	



移送配管とタンクと連結配管の接続イメージ



タンク連結部の写真例 (G1 南エリアの場合)



G4北・G5の連結配管(耐圧ゴムホース)は、G1・G4南エリアで使用しているものと同等品である。(製造者仕様の範囲内で運用する)

2. 変更認可申請内容

(9) 集水ピット抽出ポンプ新設概略図

- G 4 北, G 5 タンクエリアの新設に伴い, 堰内雨水を適切に処理するため集水ピット抽出ポンプ, 移送配管の新設を行う。

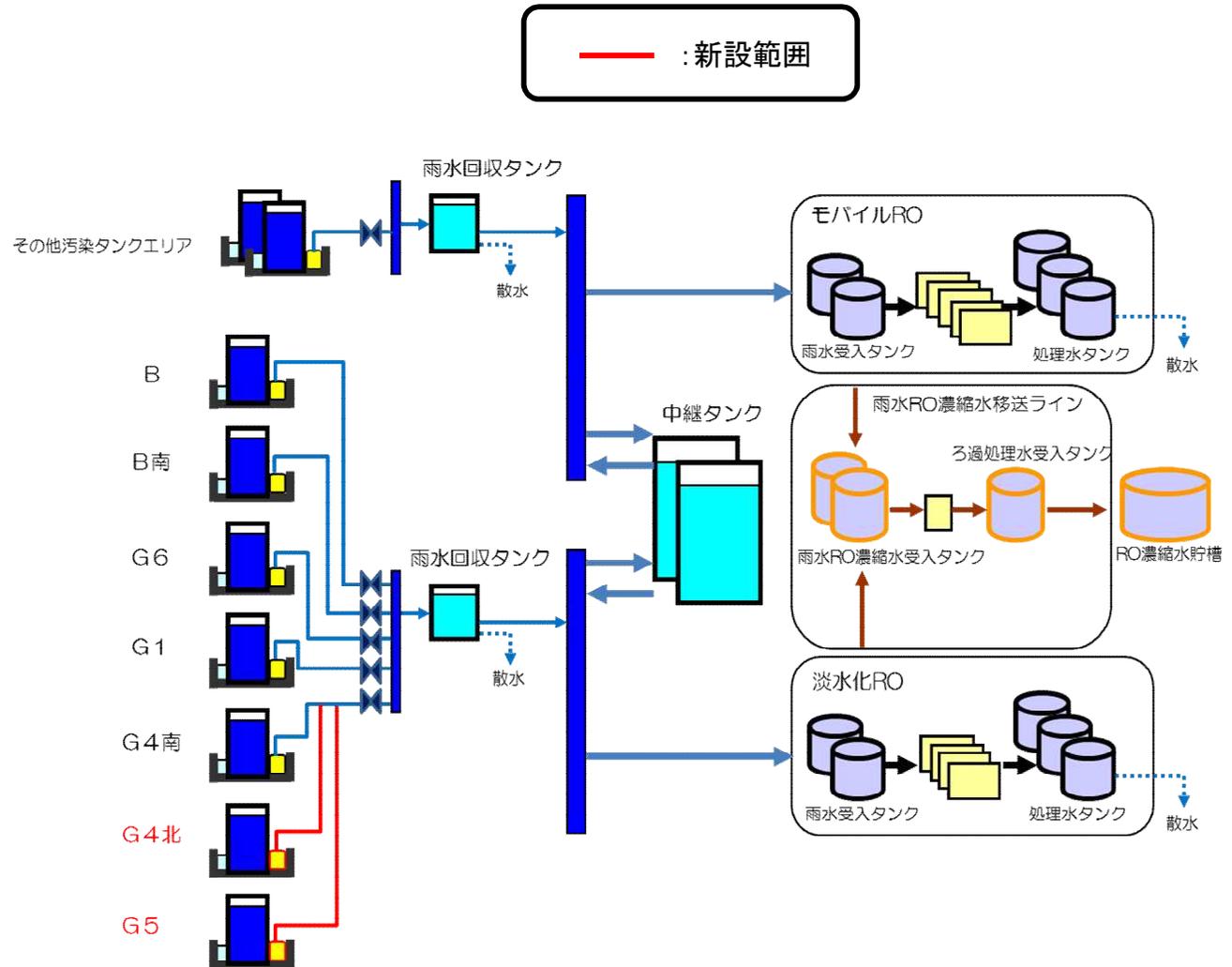
G 4 北, G 5 エリア集水ピット抽出ポンプ新設前

タンクエリア	集水ピット抽出ポンプ台数	
	36m ³ /h	48m ³ /h
B	2	—
B 南	2	—
G 6	2	—
G 1	—	2
G 4 南	—	2
計	6	4



G 4 北, G 5 エリア集水ピット抽出ポンプ新設後

タンクエリア	集水ピット抽出ポンプ台数	
	36m ³ /h	48m ³ /h
B	2	—
B 南	2	—
G 6	2	—
G 1	—	2
G 4 南	—	2
G 4 北	—	2
G 5	—	2
計	6	8



3. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理 (1) 保管容量の確保

今回の申請における記載値は下表の通り。

	実施計画における貯蔵容量		現在の状況 (2021年7月22日)	
	2020年7月8日 認可	至近の 変更申請後※1	貯蔵容量※2	汚染水 貯蔵量※2
RO濃縮水貯槽他 ※3	195,145 m ³ (83,145 m ³)	195,145 m ³ (83,145 m ³)	29,700 m ³	12,534 m ³
Sr処理水貯槽 ※4	55,596 m ³ (32,740 m ³)	55,596 m ³ (32,740 m ³)	0 m ³	0 m ³
多核種処理水貯槽 ※5	1,122,301 m ³ (1,257,157 m ³)	1,153,489 m ³ (1,288,345 m ³)	1,337,600 m ³	1,255,895 m ³
濃縮廃液貯槽 ※6	10,300 m ³	10,300 m ³	10,300 m ³	9,291 m ³

表の説明は次頁

- ※1：（ ）内は実施計画上のRO濃縮水貯槽及びSr処理水貯槽に多核種処理水の一部を貯蔵している状況を反映した貯蔵容量を示す。
- ※2：実施計画上のRO濃縮水貯槽及びSr処理水貯槽に多核種処理水の一部を貯蔵している状況を反映した貯蔵容量，汚染水貯蔵量を示す。
- ※3：2.5 汚染水処理設備等-2.5.2 基本仕様-2.5.2.1 主要仕様-2.5.2.1.1 より（37）（39）（48）（92）（93）を示す。
- ※4：2.5 汚染水処理設備等-2.5.2 基本仕様-2.5.2.1 主要仕様-2.5.2.1.1 より（60）を示す。
- ※5：2.5 汚染水処理設備等-2.5.2 基本仕様-2.5.2.1 主要仕様-2.5.2.1.1 より（46）を示す。
- ※6：2.5 汚染水処理設備等-2.5.2 基本仕様-2.5.2.1 主要仕様-2.5.2.1.1 より（45）（61）を示す。

3. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

(1) 保管容量の確保 (参考・表の説明)

実施計画記載の RO濃縮水貯槽の貯蔵容量 ()内は、多核種処理貯槽として 運用している分を差引いた貯蔵容量	実施計画における貯蔵容量		現在の状況 (2021年7月22日)	
	2020年7月8日 認可	至近の 変更申請後※1	現在の貯蔵容量 (水位計アラーム 設定位置を上限で計算)	現在の水量 水位計より算出
実施計画記載の RO濃縮水貯槽他 ※3	195,145 m ³ (83,145 m ³)	195,145 m ³ (83,145 m ³)	29,700 m ³	12,534 m ³
実施計画記載の Sr処理水貯槽の貯蔵容量 ()内は、多核種処理貯槽として 運用している分を差引いた貯蔵容量	55,596 m ³ (32,740 m ³)	55,596 m ³ (32,740 m ³)	0 m ³	0 m ³
実施計画記載の 多核種処理水貯槽の貯蔵容量 ()内は、RO濃縮水貯槽他と Sr処理水貯槽を多核種処理水貯槽 として使用している分を加えた 貯蔵容量	1,122,301 m ³ (1,257,157 m ³)	1,153,489 m ³ (1,288,345 m ³)	1,337,600 m ³	1,255,895 m ³
濃縮廃液貯槽 ※6	10,300 m ³	10,300 m ³	10,300 m ³	9,291 m ³

3. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

(2) 漏えい防止・汚染拡大防止策

(a) タンクの漏えい防止策

- 新規タンクへ汚染水を受け入れる際には、漏えいの発生防止、漏えい検知・拡大防止の観点から、以下の対策を行う。
 - 新規タンクへ汚染水を受け入れる際には、隔離対象タンクの連結弁が“閉”であることを確認した後に、受入れを開始する。
 - 新規タンクへ汚染水の受入れを開始する際には、水位計の指示値を連続して確認し、水位が安定的に上昇していることを確認すると共に、目視にてタンク、連結弁、フランジ部からの漏えいの有無を確認する。設備に異常が無ければ、その後は水位計の指示値を連続して確認し、巡視点検でタンクからの漏えいの有無を確認する。

(実施計画：Ⅱ－2－5－添12－5)

- 漏えいの発生を防止するため、多核種処理水の塩素の影響を考慮した上でSM400材及びSTPG材及びSTPT材を使用し、タンク内面には防錆処理を実施する。

3. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

(2) 漏えい防止・汚染拡大防止策

(b) 配管の漏えい防止策

(1) 漏えい発生防止

- 耐腐食性を有するポリエチレン管，ステンレスの鋼管もしくは十分な肉厚を有する炭素鋼の鋼管を基本とする。（実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－1）
- 増設多核種除去設備を構成する機器は，腐食による漏えい発生防止のため，液性等に応じて，炭素鋼（内面ライニング），ステンレス鋼，ポリエチレン材等を採用する。（実施計画：Ⅱ－2－16－2－添7－1）
- 鋼材もしくはポリエチレンの継手部は，可能な限り溶接構造もしくは融着構造とする。また，G4北，G5エリアタンク設置に伴い新設する移送配管は，供用の終了後に配管の水抜きを実施する。供用の終了後とは，タンクが満水の状態となった後を示す。

（実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－1，Ⅱ－2－16－2－添7－1）

- タンク増設に合わせて敷設する耐圧ホース，ポリエチレン管は設計・建設規格（JSME）に記載のない非金属材料である為，日本産業規格（JIS），日本水道協会規格（JWWA），ISO規格，製品の試験データ等を用いて設計を行う。なお，耐圧ホース，ポリエチレン管の耐震性については，可撓性を有しており地震による有意な応力は発生しない。

（実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－2，Ⅱ－2－16－2－添7－1）

3. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

(2) 漏えい防止・汚染拡大防止策

(c) タンクの汚染拡大防止策

■ タンクの堰（漏えい拡大防止として基礎外周堰を設置）

基礎外周堰の堰内容量は、タンク20基当たり1基分の貯留容量（20基以上の場合は20基あたり1基分の割合の容量、20基に満たない場合でも1基分）を確保できる容量に、大雨時の作業等を考慮した余裕高さ（堰高さで20cm程度）分の容量との合計とする。（実施計画：Ⅱ－2－5－添12－2）

G4北, G5の基礎外周堰の堰内容量

タンク設置エリア	タンク設置基数	想定漏えい		基礎外周堰の堰内容量(m ³)	(計画値)			
		基数	容量(m ³)		基礎外周堰内面積(m ²)	タンク専有面積(m ²)	貯留可能面積(m ²)	基礎外周堰の高さ(m)
			①					
G4北	6	1.0	1,356	1,566以上	1,203 457	617 -	586 457	1.376以上※3 1.661以上※3
G5	17	1.0	1,356	1,610以上	3,236	1,973	1,263	1.274以上

現地調査状況により堰内面積及び堰の高さを変更する。

※1 ②=⑤×⑥

※2 ⑥=①/⑤+0.2（余裕分20cm）

※3 場所により基礎標高が異なるため、計画値は各々の値を記載。

(実施計画：Ⅱ－2－5－添12－84)

3. 放射性液体廃棄物の処理・保管・管理

(2) 漏えい防止・汚染拡大防止策

(d) 配管の汚染拡大防止策

(2) 漏えい検知・漏えい拡大防止・混水防止

- 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する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。

(実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－2，Ⅱ－2－16－2－添7－2)

- 排水路を跨ぐ箇所は、ボックス鋼内等に配管を敷設する。

(実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－2，Ⅱ－2－16－2－添7－1)

- 移送配管から漏えいが確認された場合は、ポンプを停止し、系統の隔離及び土嚢の設置等により漏えいの拡大防止を図る。

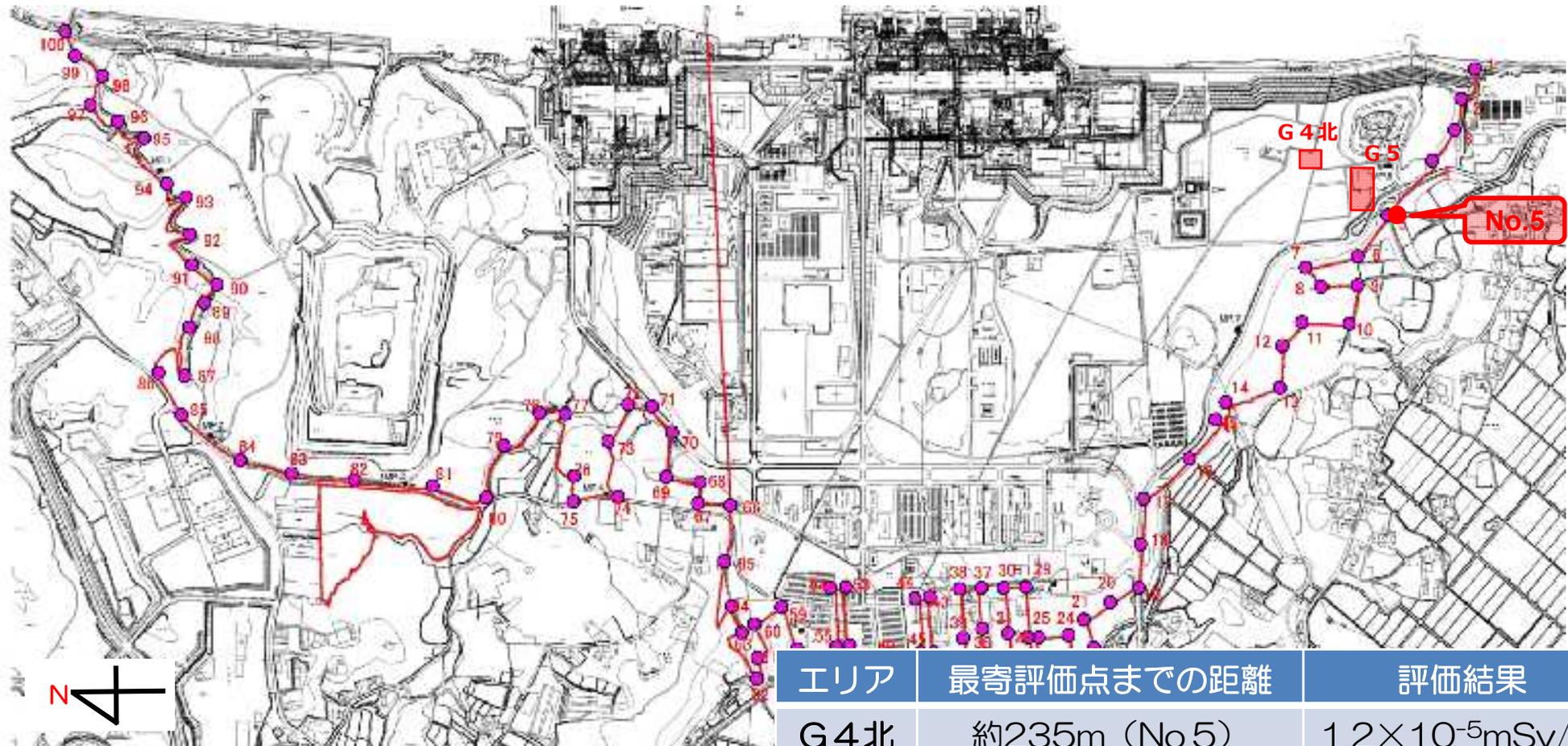
(実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－2，Ⅱ－2－16－2－添7－2)

- 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。また、フランジ継手部は、ガスケットの経年劣化により微小漏えいの発生が懸念されることから、架空化により視認性を向上させ、毎日の巡視点検により漏えいの有無を確認する。

(実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－3，Ⅱ－2－16－2－添7－2)

4. 放射性物質の放出抑制等による敷地周辺の放射線防護等

- G4北, G5エリアのタンク新設に伴い、敷地境界の線量評価結果は下記の通りとなる。



エリア	最寄評価点までの距離	評価結果
G4北	約235m (No.5)	$1.2 \times 10^{-5} \text{mSv/年}$
G5	約68m (No.5)	$4.7 \times 10^{-4} \text{mSv/年}$

※敷地境界における実効線量への影響評価方法

多核種除去設備の処理済水の分析結果から線源条件を設定し、制動X線も考慮し、各タンク設置エリアから最寄りの敷地境界評価点における直接線・スカイシャイン線の寄与をコード計算により求める。

5. 設計上の考慮

(1) 準拠規格及び基準

- 中低濃度タンクは、クラス3機器に準ずるものと位置付けられる。
(実施計画：Ⅱ－2－5－添12－4)

- クラス3機器の適用規格は、「JSME S NC1 発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(以下、「JSME規格」という。)で規定されることから、今回の増設する中低濃度タンクは、JSME規格に適合した設計とする。
(実施計画：Ⅱ－2－5－添12－4)

- タンク増設に合わせて敷設する耐圧ホース、ポリエチレン管は設計・建設規格(JSME)に記載のない非金属材料である為、日本産業規格(JIS)、日本水道協会規格(JWWA)、ISO規格、製品の試験データ等を用いて設計を行う。
(実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－2、Ⅱ－2－16－2－添7－1)

5. 設計上の考慮

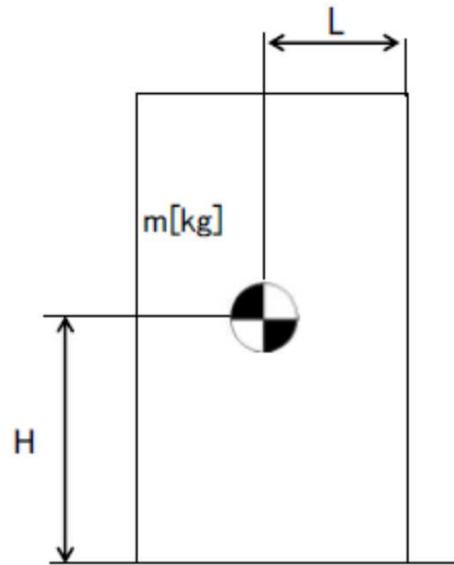
(2) 自然現象に対する設計上の考慮

- 2021年7月7日の原子力規制委員会で示された耐震設計の考え方「耐震クラス分類は核燃料物質を非密封で扱う燃料加工施設や使用施設等における耐震クラス分類を参考にして、設備等の機能喪失による公衆への放射線影響の程度によりクラス分類することが適当と考える。」により、G5エリアの最寄り点に与える影響は $1\mu\text{Sv}/\text{年}$ 以下であることから、機能喪失した際の公衆への放射線影響は軽微であるため、「敷地周辺の公衆被ばく量 $\leq 50\mu\text{Sv}$ ：Cクラス」とする。
ただし、これまでの考え方と整合を図るため、汚染水処理設備等を構成する機器のうち放射性物質を内包するものは、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」のBクラス相当の設備と位置づけ評価する。耐震性を評価するにあたっては、「JEAC4601原子力発電所耐震設計技術規程」等に準拠して構造強度評価を行うことを基本とするが、評価手法、評価基準について実態にあわせたものを採用する。
(実施計画：Ⅱ-2-5-13)
- 耐圧ホース、ポリエチレン管の耐震性については、可撓性を有しており地震による有意な応力は発生しない。
(実施計画：Ⅱ-2-16-1-添4-2，Ⅱ-2-16-2-添7-1)
- アウターライズ津波が到達しないと考えられるT.P.約28m以上の場所に設置する。
(実施計画：Ⅱ-2-5-11)
- 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。
(実施計画：Ⅱ-2-5-添12-81)
- 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。
(実施計画：Ⅱ-2-5-添12-131)

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(a) 耐震Bクラス水平震度の転倒評価



m : 機器質量

g : 重力加速度

H : 据付面からの重心までの距離

L : 転倒支点から機器重心までの距離

C_H : 水平方向設計震度

地震による転倒モーメント： $M_1 [N \cdot m] = m \times g \times C_H \times H$

自重による安定モーメント： $M_2 [N \cdot m] = m \times g \times L$

タンク容量	評価部位	評価項目	水平震度	算出値	許容値	単位
1,356m ³	本体	転倒	0.36	3.4×10^4	9.6×10^4	kN・m

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(b) 応力評価（耐震Bクラス機器）

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-65~69

『JEAC4601-2008原子力発電所耐震設計技術規定』に基づき、タンク胴板の応力評価を実施して一次一般膜応力が許容応力以下であることを確認する。

記号	記号の説明	単位
$\sigma_{\phi 1}$	静水頭により胴に生じる軸応力及び周方向応力	MPa
σ_{x1}		
σ_{x2}	胴の空質量による軸方向応力	MPa
σ_{x3}	胴の鉛直方向地震による軸方向圧縮応力	MPa
σ_{x4}	胴の水平方向地震による軸方向圧縮応力	MPa
τ	地震により胴に生じるせん断応力	MPa
σ_{ot}	胴の組合せ引張応力	MPa
σ_{oc}	胴の組合せ圧縮応力	MPa
σ_{xt}	胴の軸方向応力の和（引張側）	MPa
σ_{xc}	胴の軸方向応力の和（圧縮側）	MPa

記号	記号の説明	単位
σ_{ϕ}	胴の周方向応力の和	MPa
$\sigma_{\phi 2}$	静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力	MPa
m_0	容器の運転時質量	kg
m_e	容器の空質量	kg
D_i	胴の内径	mm
t	胴の板厚	mm
E	胴の縦弾性係数	MPa
H	水頭	mm
S_y	設計降伏点@40℃	MPa
S_u	設計引張強さ@40℃	MPa

タンク	部材	材料	水平方向設計震度	応力	算出応力 [MPa]	許容応力 [MPa]
G4北, G5 (1,356m ³)	胴板	SM400A	0.36	一次一般膜	73 ※Max (σ_{ot} , σ_{oc})	236 ※Min (S_y , $0.6S_u$)

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-65~69

(c) 座屈評価（耐震Bクラス機器）

『JEAC4601-2008原子力発電所耐震設計技術規定』に基づき、タンク胴板の座屈評価を実施して、圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）が次式を満足することを確認する。

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

$$f_c = \phi_1 \left(\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right) \quad f_b = \phi_2 \left(\frac{D_i + 2 \cdot t}{2 \cdot t} \right)$$

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

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

記号	記号の説明	単位
η	座屈応力に対する安全率（1.5）	-
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
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

タンク	部材	材料	水平方向設計震度	座屈評価結果（胴は座屈しない）	Di [mm] 胴内径	t [mm] 胴板厚	E [MPa] 胴縦弾性係数
G4北, G5 (1,356m ³)	胴板	SM400A	0.36	$\frac{\eta \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{x4}}{f_b} = 0.37 < 1$	12,500	12	201,000

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(f) 応力評価 (1/3)

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-65~69

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。

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

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

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(f) 応力評価 (2/3)

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-65~69

(3) 水平方向地震による応力

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

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

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

(4) 組合せ応力

(1)～(3)によって求めた胴の応力は以下のように組み合わせる。

a. 一次一般膜応力

(a) 組合せ引張応力

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

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

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

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(f) 応力評価 (3/3)

(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。

タンク容量	部材	材料	水平震度	鉛直震度	応力	算出応力 [MPa]	許容応力 [MPa]
1,356m ³	胴板	SM400A	0.36	—	一次一般膜	73	236

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(g) 座屈評価 (1/3)

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-65~69

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。

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

$$f_c = F$$

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

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

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

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(g) 座屈評価 (2/3)

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-65~69

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

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。

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

$$f_b = F$$

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

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

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

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(g) 座屈評価 (3/3)

実施計画：Ⅱ-2-5-添1 2-6 5~6 9

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

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。

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

$$\eta = 1$$

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

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

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

$$\eta = 1.5$$

タンク容量	部材	材料	水平震度	鉛直震度	座屈評価結果
1,356m ³	胴板	SM400A	0.36	—	0.37 < 1

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(h) タンクの滑動について

【耐震Bクラス機器】

地震力と摩擦力を比較し、地震力がタンク（鋼材）と地面（コンクリート）との摩擦係数を超えた場合は、タンクは滑動する。設計上や運用上で下記の通り考慮している。

＜設計＞可撓性のある連結管でタンク間を連結する。

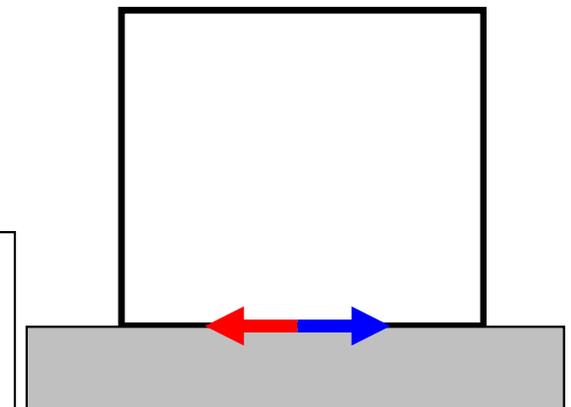
＜運用＞貯留用タンクは満水後に連結弁を「閉」とする。

【リスク低減対策】

G4北・G5エリアについては、下記3つのリスク低減対策を行う。

- 現状の運用通り、満水になった際に速やかに連結弁を「閉」とする運用を継続する。
- 地震発生時（震度5弱以上）連結管を「開」として運用しているタンクについて、優先的にパトロールを行い、漏えいが確認された場合、速やかに連結弁を「閉」とする。
- 作業により連結弁を「開」とする場合は、地震による連結管破断時の影響を踏まえ出来るだけ短い作業時間となる様に検討を行う。

← 地震力: $m \times g \times C_H$
 ← 摩擦力: $\mu \times m \times g$



m: 機器質量
 g: 重力加速度 (9.80665 m/s²)
 C_H: 水平方向設計震度 (0.36)
 μ: 摩擦係数 (0.4【鋼材-コンクリート】)
 ※『鋼構造設計規準(日本建築学会)』より引用

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(i) タンク基礎設計 (1/4)

a. 設計震度

- 基礎設計にて考慮する設計震度は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC 4601」に基づく Bクラス：静的地震力 $1.5C_i$ （水平方向）とする。
- 静的地震力の1.5倍の設計震度において、構造物に発生する最も大きな断面力が許容値内であることを確認した。

「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」抜粋

- ◆ Bクラス：技術規程に基づく静的地震力
水平方向 $k_h = 0.30$ ($1.5C_i$)

3.1.4.3 地震力の算定

発電用原子炉施設の建物・構築物の耐震設計に用いる地震力は、次に示す(1)～(3)の方法により算定しなければならない。

(1) 基準地震動 S_s による地震力

基準地震動 S_s による地震力は、基準地震動 S_s を用いて、水平方向及び鉛直方向について建物・構築物の地震応答解析を実施した結果より算定する。この場合において、水平方向と鉛直方向の地震力は同時性を考慮して、適切に組み合わせる。

(2) 弾性設計用地震動 S_d による地震力

弾性設計用地震動 S_d による地震力は、弾性設計用地震動 S_d を用いて、水平方向及び鉛直方向について建物・構築物の地震応答解析を実施した結果より算定する。この場合において、水平方向と鉛直方向の地震力は同時性を考慮して、適切に組み合わせる。

(3) 静的地震力

静的地震力の算定は以下によらなければならない。

a. 水平方向

水平地震力は建物・構築物の重要度分類に応じて地震層せん断力係数に当該層以上の部分の重量を乗じて算定する。

Sクラス	$3.0C_i$
Bクラス	$1.5C_i$
Cクラス	$1.0C_i$

ここに、地震層せん断力係数の 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。

b. 鉛直方向

Sクラスの建物・構築物の鉛直地震力は、震度0.3を基準とし、建物・構築物の振動特性、地盤の種類等を考慮して求めた鉛直震度より算定する。ただし、鉛直震度は高さ方向に一定とする。

c. 水平地震力と鉛直地震力の組合せ

Sクラスの建物・構築物については、水平地震力と鉛直地震力を同時に不利な方向に組み合わせる。

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(i) タンク基礎設計 (2/4)

b. 地盤支持力確認 (評価方法)

■ 評価方法

地盤支持力の評価は、タンクの鉛直荷重と極限支持力を比較して実施する。

地盤支持力の算定式は「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。

「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」であることを確認する。

$$\text{①タンクの鉛直荷重} \quad : \quad W = m \times g$$

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

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
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

■ 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（粘着力）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。

5. 設計上の考慮

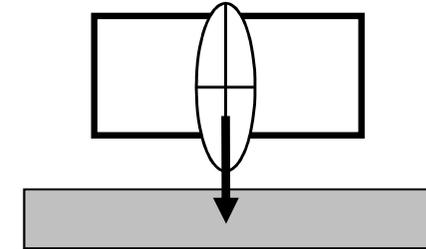
(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(i) タンク基礎設計 (3/4)

c. 地盤支持力及びコンクリートの設計

■地盤改良後の支持力について

エリア		G 4北	G 5
タンク容量 (m ³)		1,356	
改良方式		セメント添加	
改良深さ (m)		2.0m (設計値)	3.1m (設計値)
鉛直荷重	タンク本体+タンク容量 (kN)	14,112.40	
	コンクリート基礎 (kN) ※1	1,556.07 (設計値)	1,919.68 (設計値)
	面積 (m ²) ※1	119.91 (設計値)	120.9 (設計値)
	合計 (kN/m ²)	130.67 (設計値)	132.61 (設計値)
地盤支持力	材令 (日)	28 (設計値)	
	支持力 (kN/m ²) ※2	130.67以上 (設計値)	132.61以上 (設計値)

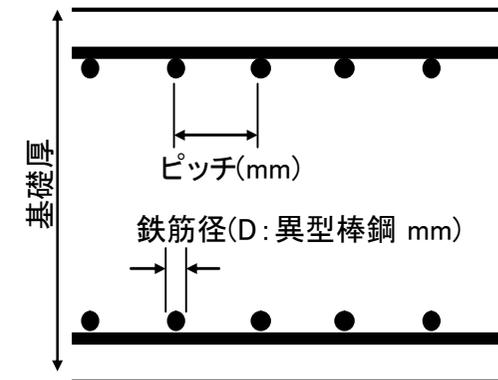


※1：基礎形状の違いによる。

※2：地盤支持力は、地盤改良後に実施するキャスボル測定結果の平均値にて、設計値以上が確保されていることを確認する。

■基礎コンクリートの設計

エリア		G4北	G5	
基礎コンクリート	基礎厚 (m)	0.3	0.4	
	配筋	上筋 (径・ピッチ)	D19@200	D25@250
		下筋 (径・ピッチ)	D19@200	D25@250
タンク	容量 (m ³)	1,356		
	内径 (m)	12.50		
	高さ (m)	12.412		



タンク基礎概略構造図

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(i) タンク基礎設計 (4/4)

地盤支持力確認 (測定方法)

- タンク基礎の支持地盤は、地盤改良により設計上必要な支持力以上を確保する。
- 地盤改良後の支持力は、簡易支持力測定器(キヤスポル)の測定より評価する。
- なお、平板載荷試験による測定値(地盤反力係数)と、簡易支持力測定器による測定値(衝撃加速度)との比較から、両者には以下のように高い相関関係があることが確認されている。

2.4 衝撃加速度 (Ia) と地盤反力係数 (K₃₀) との関係

道路路床工事現場において衝撃加速度測定と平板載荷試験を行い、衝撃加速度と K₃₀ 値との関係を求めた。

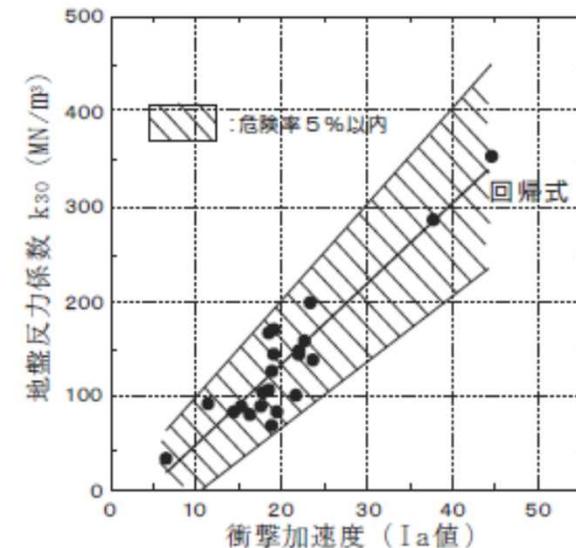
図一7に、衝撃加速度と K₃₀ との関係図を示す。図中の回帰式の相関係数は $r = 0.92$ であり、双方の測定値の間に高い相関関係が見られる。

次に、その回帰式 ((4) 式) を示す。

$$K_{30} = -37.58 + 8.554 I_a \quad \dots (4)$$

ここに、K₃₀: 地盤反力係数 (MN/m³)、I_a: インパクト値

※出典: 簡易支持力測定器 (キヤスポル) 利用手引き
[H17.6 国土交通省 近畿地方整備局 近畿技術事務所]



図一7 衝撃加速度と地盤反力係数との関係図

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(ii) タンク基礎外周堰の設計 (1/3)

a. 設計震度

- 常時・地震時において、構造物に発生する最も大きな断面力が許容値内であることを確認した。
- 設計震度は、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC 4601」に基づく Bクラス：静的地震力1.5Ci（水平方向）とする。

5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(ii) タンク基礎外周堰の設計 (2/3)

b. 堰の強度評価結果

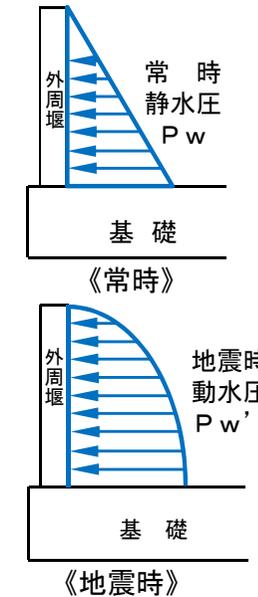
■ 堰の構造寸法

エリア	構造	外周堰寸法		使用材料			
		高さ H (m)	幅 B (m)	コンクリート	鉄筋		
				設計基準強度 σ_{ck} (N/mm ²)	材質	呼び径	配置間隔 (mm)
G4北	鉄筋コンクリート	1.40	0.15	27	SD345	D13	150
		1.70	0.25	27	SD345	D13	150
G5	鉄筋コンクリート	1.30	0.15	27	SD345	D13	150

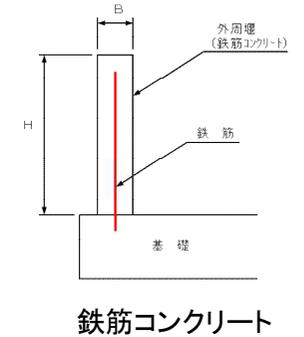
■ 堰の応力度評価結果

エリア	構造	設計条件	コンクリート圧縮応力度			鉄筋引張応力度			せん断応力度		
			作用応力 σ_c (N/mm ²)	許容応力 σ_{ca} (N/mm ²)	評価 $\sigma_c < \sigma_{ca}$	作用応力 σ_s (N/mm ²)	許容応力 σ_{sa} (N/mm ²)	評価 $\sigma_s < \sigma_{sa}$	作用応力 τ (N/mm ²)	許容応力 τ_a (N/mm ²)	評価 $\tau < \tau_a$
G4北	鉄筋コンクリート	常時	3.4	9.0	OK	79	200	OK	0.11	0.76	OK
		地震時	5.6	13.5	OK	131	300	OK	0.16	1.14	OK
		常時	5.6	9.0	OK	125	200	OK	0.14	0.76	OK
		地震時	9.8	13.5	OK	219	300	OK	0.22	1.14	OK
G5	鉄筋コンクリート	常時	2.9	9.0	OK	68	200	OK	0.10	0.76	OK
		地震時	4.9	13.5	OK	114	300	OK	0.15	1.14	OK

■ 検討断面モデル



■ 構造概略断面図



5. 設計上の考慮

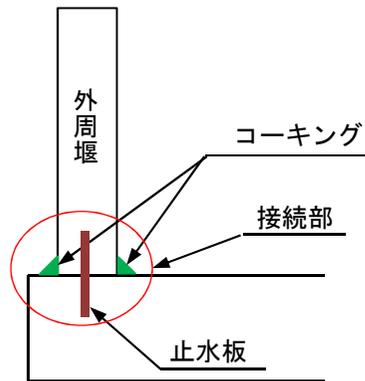
(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(ii) タンク基礎外周堰の設計 (3/3)

c. 止水処理

- タンク基礎と外周堰の接続部および、施工目地には、コーキング等による止水処理を行う。
- コーキング等による止水処理を行った後、堰全面に防水塗装を行う。
- 1回/年、外観目視点検を実施し、防水塗装の健全性を確認している。

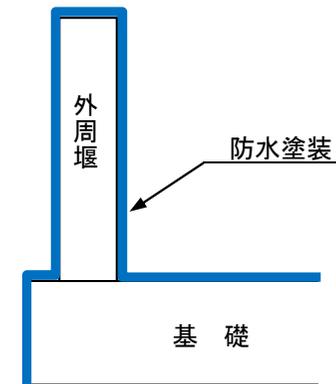
止水処理



(現地構築堰)



防水塗装



5. 設計上の考慮

(2) 自然現象に対する設計上の考慮

(j) スロッシング評価

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

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

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]

タンク容量	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]
1,356m ³	817	11,867	12,112

5. 設計上の考慮

(3) 環境条件に対する設計上の考慮

(a) 凍結・紫外線防止

- 屋外に敷設されているポリエチレン管等は、凍結による破損が懸念されるため、保温材等を取り付けて凍結防止を図る。（実施計画：Ⅱ－2－5－添12－2）
- 屋外に敷設されている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、屋外敷設のポリエチレン管等に保温材を取り付ける。（実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－6，Ⅱ－2－16－2－添7－4）
- 屋外に敷設されているポリエチレン管等は、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。（実施計画：Ⅱ－2－5－添12－2，Ⅱ－2－16－1－添4－6，7，Ⅱ－2－16－2－添7－4）

5. 設計上の考慮

(4) 信頼性に対する設計上の考慮

(a) 構造強度評価について (1 / 3)

a. 板厚評価

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-45~50

◎円筒型タンクの胴の板厚評価結果

t : 管台の計算上必要な厚さ

Di : 管台の内径

H : 水頭

ρ : 液体の比重

S : 最高使用温度における
材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

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

タンク容量	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
1,356m ³	タンク板厚	11.5	12.0

◎円筒型タンクの底板の板厚評価結果

タンク容量	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
1,356m ³	タンク板厚(底板)	3.0	12.0

※1：地面，基礎等に直接接触するものについては3mm（設計・建設規格）。

◎円筒型タンクの管台の板厚評価結果

t : 管台の計算上必要な厚さ

Di : 管台の内径

H : 水頭

ρ : 液体の比重

S : 最高使用温度における
材料の許容引張応力

η : 長手継手の効率

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

タンク容量	管台口径	評価部位	必要肉厚[mm]	実厚[mm]
1,356m ³	100A	管台板厚	3.5※	6.0
	200A		3.5※	8.2
	600A		3.5※	12.0

※管台の外径：82mm以上のものについては3.5mm

5. 設計上の考慮

(4) 信頼性に対する設計上の考慮

(a) 構造強度評価について (2/3)

a. 穴の補強評価について

◎円筒型タンクの穴の補強評価結果

$$A_0 = A_1 + A_2 + A_3 + A_4$$

$$A_1 = (\eta t_s - Ft_r)(X - d)$$

$$-2(1 - \frac{S_n}{S_s})(\eta t_s - Ft_r)t_s$$

$$X = X_1 + X_2$$

$$X_1 = X_2 = 2(\text{Max}(d, \frac{d}{2} + t_s + t_{sr}))$$

$$A_2 = 2((t_{a1} - t_{sr})Y_1 + t_{a2}Y_2)S_n/S_s$$

$$t_{sr} = \frac{PDi}{2S_n - 1.2P}$$

$$Y_1 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_{a1} + Te)$$

$$Y_2 = \text{Min}(2.5t_s, 2.5t_{a2}, h)$$

$$A_3 = L_1L_1 + L_2L_2 + L_3L_3$$

$$A_4 = (W - Wi) \times Te$$

$$W = \text{Min}(X, De)$$

$$Ar = dt_s F + 2(1 - \frac{S_n}{S_s})t_s Ft_r$$

- A₀ : 補強に有効な総面積
- A₁ : 胴、鏡板又は平板部分の補強に有効な面積
- A₂ : 管台部分の補強に有効な面積
- A₃ : すみ肉溶接部の補強に有効な面積
- A₄ : 強め材の補強に有効な面積
- η : PVC-3161.2 に規定する効率
- t_s : 胴の最小厚さ
- t_{sr} : 継ぎ目のない胴の計算上必要な厚さ (PVC-3122(1)において、η=1としたもの)
- t_a : 管台最小厚さ
- t_{a1} : 胴板より外側の管台最小厚さ
- t_{a2} : 胴板より内側の管台最小厚さ
- t_{sr} : 管台の計算上必要な厚さ
- P : 最高使用圧力(水頭)=9.80665 × 10³H p
- S_s : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力
- S_n : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力
- Di : 管台の内径
- X : 胴面に沿った補強に有効な範囲
- X₁ : 補強に有効な範囲
- X₂ : 補強に有効な範囲
- Y₁ : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (胴より外側)
- Y₂ : 胴面に垂直な補強の有効な範囲 (胴より内側)
- h : 管台突出し高さ(胴より内側)
- L₁ : 溶接の脚長
- L₂ : 溶接の脚長
- L₃ : 溶接の脚長
- A_r : 補強が必要な面積
- d : 胴の断面に現れる穴の径
- F : 係数(図 PVC-3161.2-1 から求めた値)
- Te : 強め材厚さ
- W : 強め材の有効範囲
- Wi : 開先を含めた管台直径
- De : 強め材外径

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-51~53

タンク容量	管台口径	評価部位	補強が必要な面積 Ar[mm ²]	補強に有効な総面積 A0[mm ²]
1,356m ³	100A	管台	871	2502
	200A		1631	4437
	600A		4545	11441

別冊 5 に合わせ訂正

5. 設計上の考慮

(4) 信頼性に対する設計上の考慮

(a) 構造強度評価について (3/3)

a. 強め材の取付け強さについて

実施計画：Ⅱ-2-5-添12-54~57

$$F_1 = \frac{\pi}{2} d_o L_1 S \eta_1$$

$$F_2 = \frac{\pi}{2} d t_n S_n \eta_3$$

$$F_3 = \frac{\pi}{2} d_o' t_s S \eta_2$$

$$F_4 = \frac{\pi}{2} d_o L_2 S \eta_1$$

$$F_5 = \frac{\pi}{2} W_o L_3 S \eta_1$$

$$F_6 = \frac{\pi}{2} d_o t_s S \eta_2$$

- F₁ : 断面 (管台外側のすみ肉溶接部) におけるせん断強さ
- F₂ : 断面 (管台内側の管台壁) におけるせん断強さ
- F₃ : 断面 (突合せ溶接部) におけるせん断強さ
- F₄ : 断面 (管台内側のすみ肉溶接部) におけるせん断強さ
- F₅ : 断面 (強め材のすみ肉溶接部) におけるせん断強さ
- F₆ : 断面 (突合せ溶接部) におけるせん断強さ
- d_o : 管台外径
- d : 管台内径
- d_o' : 胴の穴の径
- W_o : 強め材の外径
- S : 胴板材料の最高使用温度における許容引張応力
- S_n : 管台材料の最高使用温度における許容引張応力
- L₁ : すみ肉溶接部の脚長 (管台取付部 (胴より外側))
- L₂ : すみ肉溶接部の脚長 (管台取付部 (胴より内側))
- L₃ : 溶接部の脚長 (強め材)
- η₁ : 強め材の取付け強さ (表 PVC-3169-1 の値)

- η₂ : 強め材の取付け強さ (表 PVC-3169-1 の値)
- η₃ : 強め材の取付け強さ (表 PVC-3169-1 の値)
- W : 溶接部の負うべき荷重
- t_{sr} : 継目のない胴の計算上必要な厚さ (PVC-3122(1)において η=1 としたものの)
- F : 管台の取付角度より求まる係数 (図 PVC-3161.2-1 から求めた値)
- X : 胴面に沿った補強に有効な範囲
- W₁ : 予想される破断箇所1の強さ
- W₂ : 予想される破断箇所2の強さ
- W₃ : 予想される破断箇所3の強さ
- W₄ : 予想される破断箇所4の強さ
- W₅ : 予想される破断箇所5の強さ
- W₆ : 予想される破断箇所6の強さ

$$W = d_o' t_{sr} S - (t_s - F t_{sr})(X - d_o') S$$

$$W_1 = F_1 + F_2$$

$$W_2 = F_1 + F_6 + F_4$$

$$W_3 = F_5 + F_2$$

$$W_4 = F_5 + F_3$$

$$W_5 = F_1 + F_3$$

$$W_6 = F_5 + F_6 + F_4$$

タンク容量	管台口径	溶接部の負うべき荷重	予想される破断箇所の強さ					
		W[N]	W ₁ [N]	W ₂ [N]	W ₃ [N]	W ₄ [N]	W ₅ [N]	W ₆ [N]
1,356m ³	100A	33261.80	115576	272544	239590	299185	175171	396558
	200A	62433.80	250811	515759	422298	501431	329944	687246
	600A	174917.60	904189	1453570	1398685	1421229	926733	1948066

5. 設計上の考慮

(4) 信頼性に対する設計上の考慮

(b) JSMEに記載のない非金属材料の扱い

- JSME 規格に記載のない非金属材料（耐圧ホース，ポリエチレン管等）については，現場の作業環境等から採用を継続する必要があるが，これらの機器等については，日本産業規格（JIS）や日本水道協会規格，製品の試験データ等を用いて設計を行う。（実施計画：Ⅱ－2－5－添12－4）
- タンク増設に合わせて敷設する耐圧ホース，ポリエチレン管は設計・建設規格（JSME）に記載のない非金属材料である為，日本産業規格（JIS），日本水道協会規格（JWWA），ISO 規格，製品の試験データ等を用いて設計を行う。（実施計画：Ⅱ－2－16－1－添4－2，Ⅱ－2－16－2－添7－1）

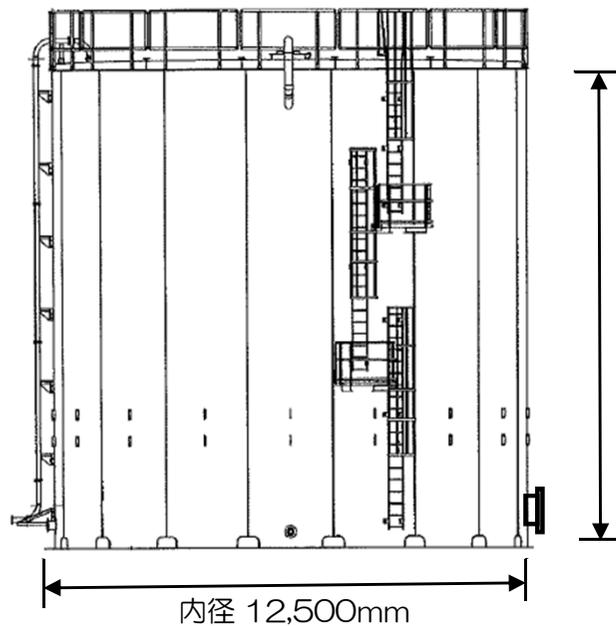
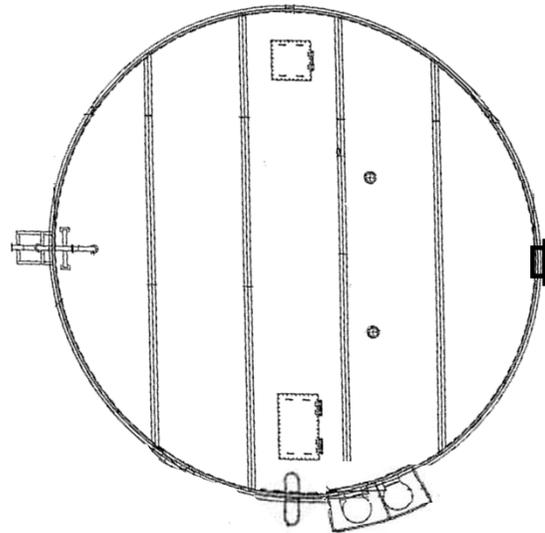
5. 設計上の考慮

(5) 検査可能性に対する設計上の考慮

- 設備の設置にあたっては、今後の保全を考慮した設計としている。
(次頁タンク仕様概略参照)
- 設備保全の管理については、点検長期計画を作成し、点検計画に基づき、点検を実施していく。(既設も同様に実施中)
- 今回設置する機器は、タンク、配管等であり、代表的な点検に対する考慮は以下の通りとなる。
 - ◆ タンク
 - 外観点検，内部点検
 - 点検のために、タンクに点検口を設置しており内部の点検が実施可能な設計としている。
 - ◆ 配管
 - 外観点検，フランジ部点検
 - フランジ（シール）部のガスケット交換等の点検が実施可能な設計としている。

5. 設計上の考慮

(5) 検査可能性に対する設計上の考慮 タンク仕様概略



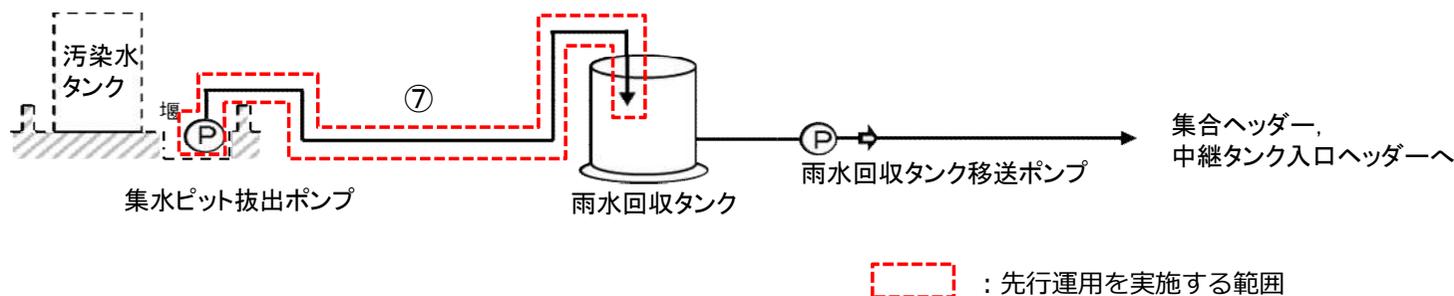
- G 4 北, G 5 エリアに、H 3, H 6 (Ⅱ), G 1, G 4 南エリアと同容量 (1,356m³) のタンクを設置。

基本仕様

タンク容量		m ³	1,356
主要寸法	内 径	mm	12,500
	胴板厚さ	mm	12
	底板厚さ	mm	12
	高 さ	mm	12,112
管台厚さ	100A	mm	6.0
	200A	mm	8.2
	600A	mm	12.0
材料	胴板・底板	—	SM400A
	管台	—	STPG370, SM400A STPT410

- 設計温度 50℃

- 雨水設備の先行運用方法については、既認可（2.36.3『添付資料－6 雨水処理設備等の先行運用について』）と同様の対策を実施する。
- 雨水処理設備等は、雨水の溢水を回避するためにタンク設置に合わせて短期で移送ラインを設置し、運用の開始が必要であること、また、タンク設置やタンク解体、撤去との干渉を回避するために、随時移設、撤去が必要であることから、雨水の溢水等のリスクを低減するため、雨水処理設備等の設備が完成するまでの間、その一部および一時的な設備を用いた先行運用を行っている。（本格運用と先行運用の相違は、P46参照）
- 今回の新設範囲について先行運用を実施する範囲、および本設設備の設置時期は以下のとおり。

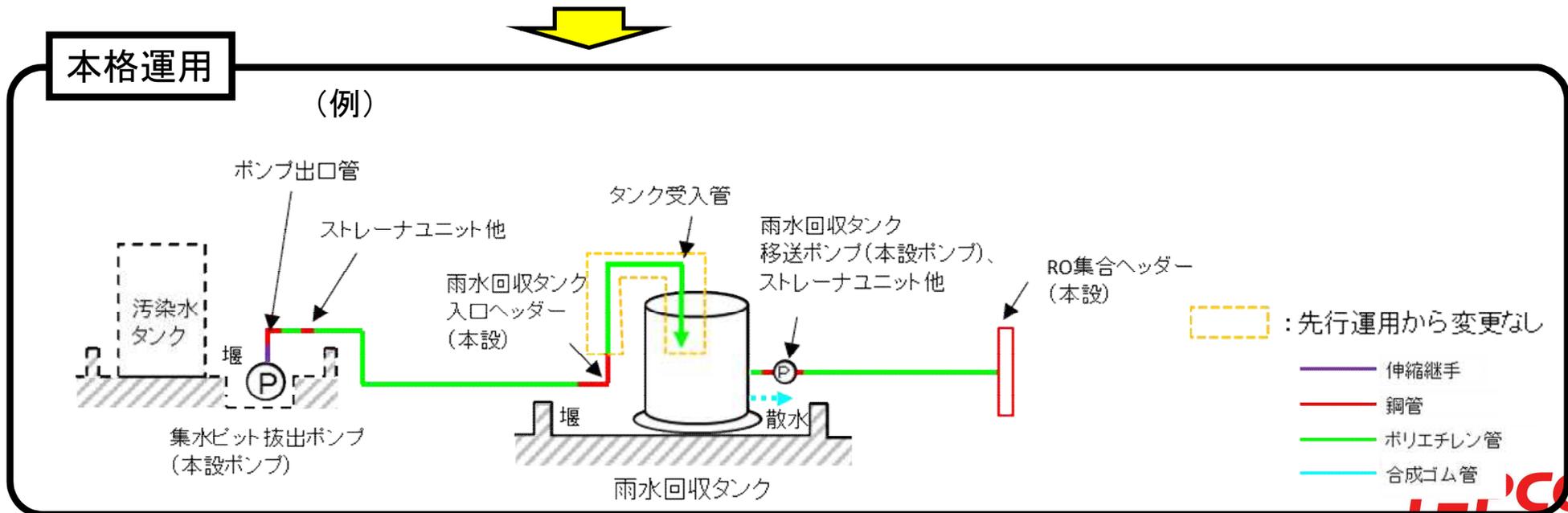
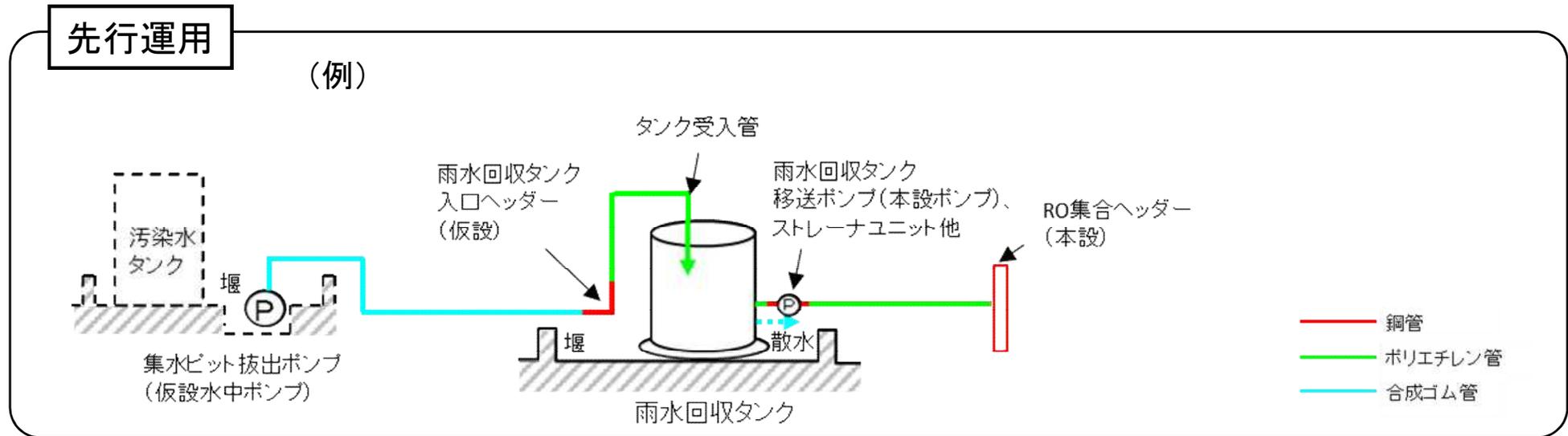


⑦集水ピット抽出ポンプから雨水回収タンクまで先行運用する範囲

設置完了目途	汚染水タンク堰	移送先の 雨水回収タンク
タンク設置完了後1年以内目途 に設備設置予定	G 4 北	B 雨水回収タンク
	G 5	B 雨水回収タンク

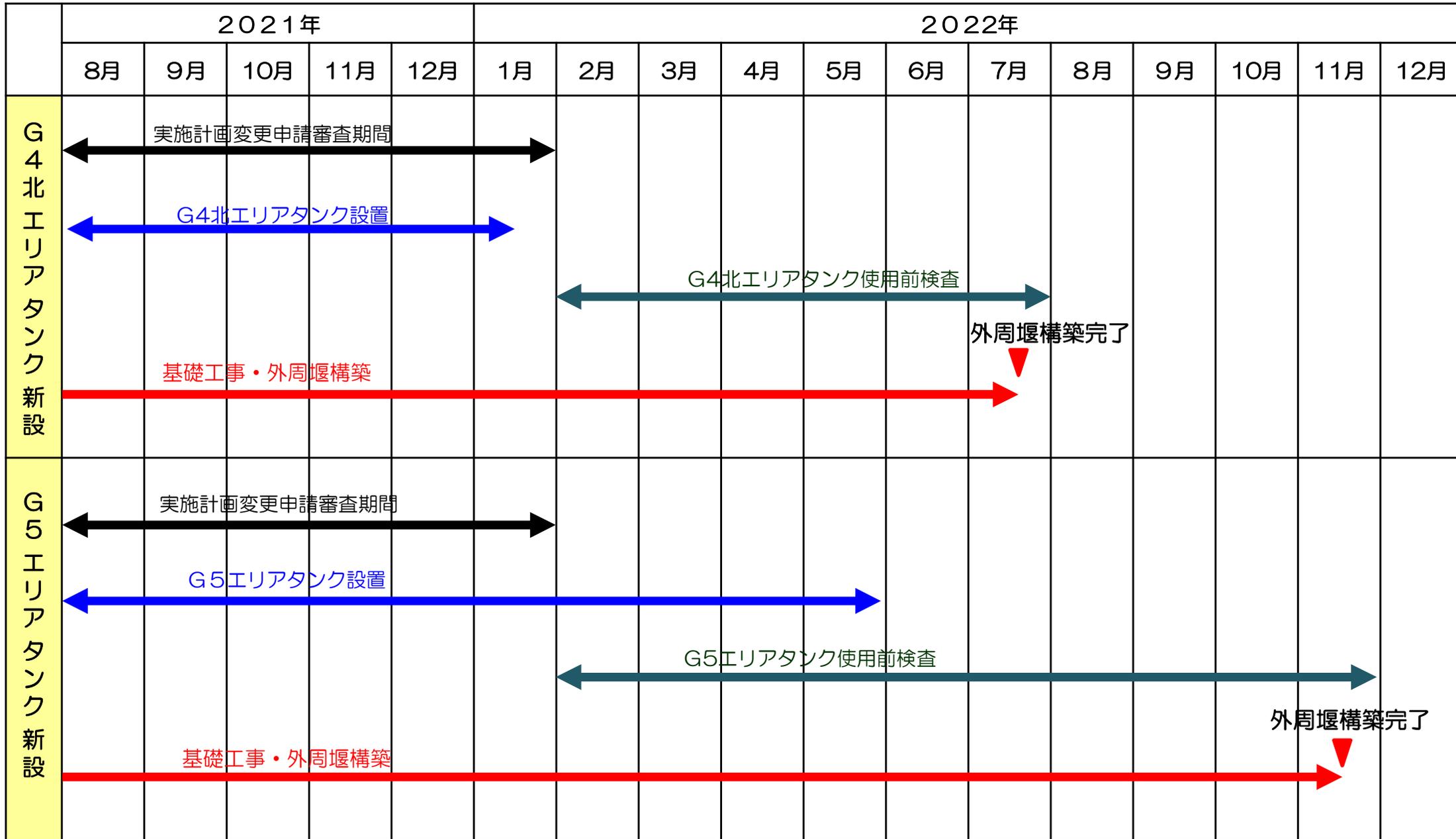
添付資料－6 雨水設備等の先行運用について
 表2 設備の設置完了目途
 図2 雨水移送ラインの設置範囲に反映

- 雨水設備の先行運用方法については、既認可（2.36.3『添付資料－6 雨水処理設備等の先行運用について』）と同様の対策を実施する。



7. 参考資料

(1) タンク新設スケジュール



7. 参考資料

(2) タンク本体を除くその他主要構成機器の仕様概略

配管類

	呼び径	材質	最高使用圧力	最高使用温度
連結配管	200A相当	EPDM合成ゴム	1.0MPa	40℃
入口配管	100A相当	鋼管	1.0MPa	50℃
多核種処理水移送配管	100A相当	ポリエチレン	0.98MPa	40℃
増設多核種処理水移送配管	100A相当	ポリエチレン	0.98MPa	40℃

- ・多核種処理設備（共通）は、最高使用温度を40℃としている。その為、多核種移送設備（共通）についても最高使用温度を40℃とし、材料等の選定を行っている。
- ・入口配管の最高使用温度については、WSP（日本水道鋼管協会）のフランジ付ライニング鋼管等を参考に50℃に設定。

弁類

	呼び径	材質	操作	種類	最高使用圧力	最高使用温度
連結弁	200A相当	FCD450-10	手動	仕切弁	1.0MPa	40℃
入口弁	100A相当	FCD450-10	手動	仕切弁	1.0MPa	40℃
増設多核種処理水移送配管分岐弁	100A相当	FCD450-10	手動	仕切弁	1.0MPa	40℃

水位計

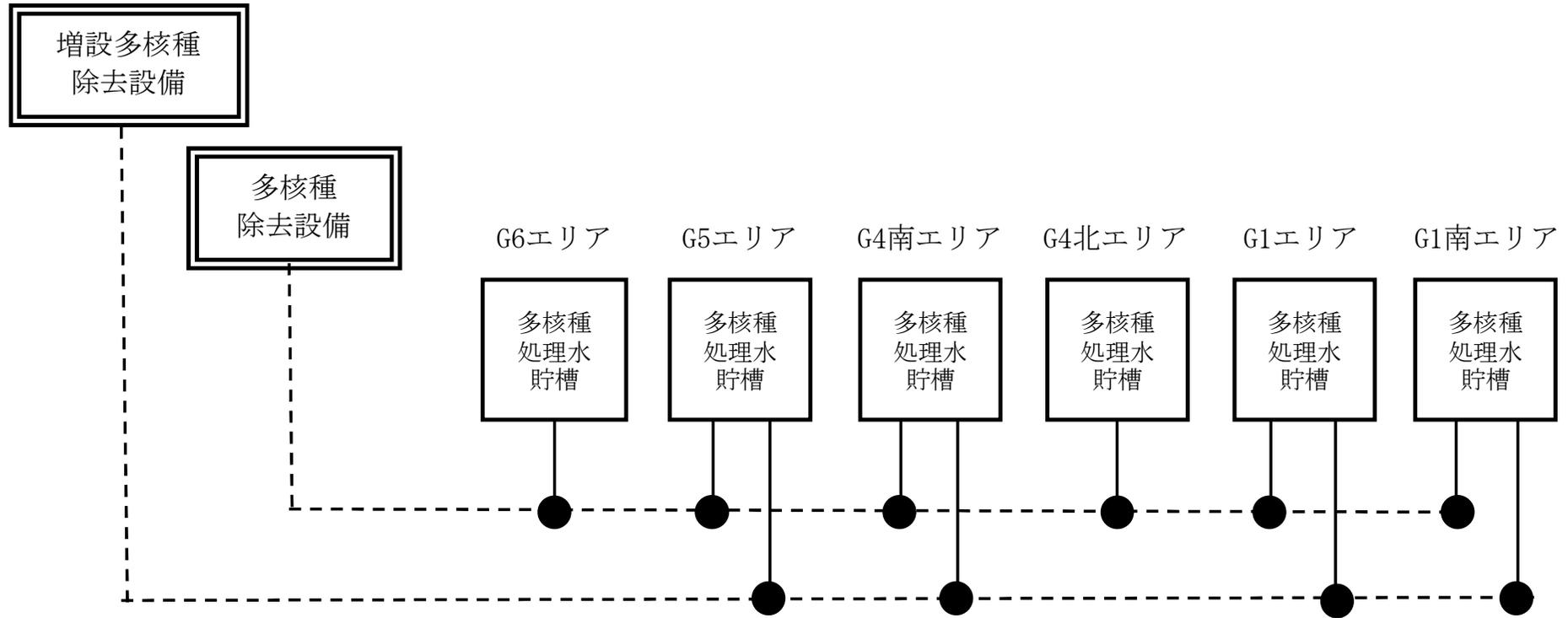
検出方式	当社管理精度
マイクロ波タイプ	±1%

基礎

構造	浸透防止対策
鉄筋コンクリート造り	防水塗装

7. 参考資料

(3) 多核種処理水移送配管系統図



移送配管系統図 (G4北, G5)

7. 参考資料

(4) 検査の確認事項 (1/5)

(a) タンク本体 (1/2)

■ II-2-5-添付12 別紙3 表-1-1 確認事項(中低濃度タンク(円筒型))に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
構造強度 ・耐震性	材料確認	使用材料を材料証明書により確認する。連結管・連結弁については、納品記録、製品仕様にて確認する。	実施計画に記載の材料が使用されていること。連結管及び連結弁は製品仕様(最高使用圧力)がタンクの水頭圧以上であること。	製品検査成績書にて確認。
	寸法確認	主要寸法(板厚, 内径, 高さ)を確認する。	実施計画の記載とおりであること。	製品検査成績書にて確認。
	外観確認	タンク本体(塗装状態含む), 連結管・連結弁の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。	立会にて現場確認。
	据付確認	組立状態(フランジタンク本体はシーリング施工状況含む)及び据付状態を確認する。	組立状態及び据付状態に異常がないこと。	立会にて現場確認。
		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。	品質記録又は立会にて現場確認。
	耐圧漏えい確認	設計・建設規格に基づき耐圧・漏えい試験を行う。	各部からの有意な漏えいおよび水位の低下がないこと。	品質記録又は立会にて現場確認。
	地盤支持力確認	支持力試験にて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。	品質記録にて確認。

7. 参考資料

(4) 検査の確認事項 (2/5)

(a) タンク本体 (2/2)

- II-2-5-添付12 別紙3 表-1-1 確認事項(中低濃度タンク(円筒型))に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
機能・性能	監視確認	水位計について、免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室にタンク水位が表示できることを確認する。	免震重要棟集中監視室及びシールド中央制御室にタンク水位が表示できること。	品質記録又は立会にて現場確認。
	寸法確認	基礎外周堰の堰内容量を確認する。	必要容量に相当する高さ、もしくは堰内容量があること。	品質記録又は立会にて現場確認。
	外観確認	基礎外周堰の外観を確認する。	有意な欠陥がないこと。	立会にて現場確認。
	貯留機能	漏えいなく貯留できることを確認する。	タンク及び附属設備(連結管, 連結弁, マンホール, ドレン弁)に漏えいがないこと。	品質記録及び立会にて現場確認。

7. 参考資料

(4) 検査の確認事項 (3/5)

(b) タンク付き配管

■ II-2-5-添付12 別紙3 表-1-2 確認事項(入口配管(鋼管))に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
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、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。	製品検査成績書にて確認。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法について、材料証明書または納品書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。	製品検査成績書にて確認。
	外観確認	各部の外観について、立会いまたは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。	立会または、品質記録にて現場確認。
	据付確認	機器が図面のとおり据付ていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり施工・据付ていること。	立会または、品質記録にて現場確認。
	耐圧・漏えい 確認 注1		①: 最高使用圧力の1.5倍で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。	最高使用圧力の1.5倍に耐え、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: 運転圧力で耐圧部からの漏えいのないことを立会いまたは記録により確認する。※1			耐圧部から漏えいがないこと。	
機能 ・性能	通水確認	通水ができることを立会いまたは、記録により確認する。	通水ができること。	品質記録または立会にて現場確認。

※1：運転圧力による耐圧部の漏えい検査が実施できない配管フランジ部については、トルク確認等の代替検査を実施する。

注1：耐圧漏えい確認は、①②のいずれかとする。

・移送配管の通水検査は、移送性能を確認する検査として必要であり、これまでも実施してきているが、実施計画に記載が無かったため追記するものである。

(4) 検査の確認事項 (4/5)

(c) 多核種除去設備移送配管

■ II-2-16-1 添付9 表-8 確認事項(ポリエチレン管)に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料について、製品検査成績書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。	製品検査成績書にて確認。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法(外径相当)について、製品検査成績書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。	製品検査成績書にて確認。
	外観確認	各部の外観について、立会いまたは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。	立会または、品質記録にて現場確認。
	据付確認	機器が図面のとおりに据付ていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり施工・据付ていること。	立会または、品質記録にて現場確認。
	耐圧・漏えい確認 注1	①最高使用圧力以上で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。 ②気圧により、耐圧部からの漏えいのないことを立会いまたは記録で確認する。 ③運転圧力で耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録で確認する。	最高使用圧力に耐え、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。 耐圧部から漏えいがないこと。	品質記録または立会にて現場確認。
機能 ・性能	通水確認	通水ができることを立会いまたは記録により確認する。	通水ができること。	品質記録または立会にて現場確認。

注1：耐圧・漏えい確認は、①②③のいずれかとする。(G4北, G5エリアでは①にて確認を実施する。)

7. 参考資料

(4) 検査の確認事項 (5/5)

(d) 増設多核種除去設備移送配管

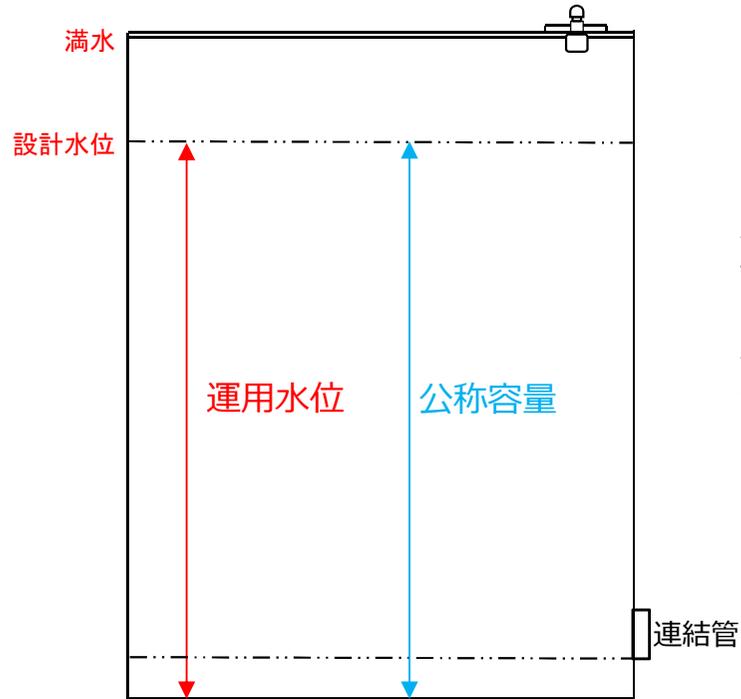
- II-2-16-2 添付9 表-7 確認事項(主配管(ポリエチレン管))に基づき実施する。

確認事項	確認項目	確認内容	判定基準	具体的な確認方法
構造強度 ・耐震性	材料確認	実施計画に記載した材料について、製品検査成績書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。	製品検査成績書にて確認。
	寸法確認	実施計画に記載した主要寸法(外径相当)について、製品検査成績書により確認する。	実施計画の記載とおりであること。	製品検査成績書にて確認。
	外観確認	各部の外観について、立会いまたは記録により確認する。	有意な欠陥がないこと。	立会いまたは、品質記録にて現場確認。
	据付確認	機器が図面のとおりに据付ていることを立会いまたは記録により確認する。	図面のとおり施工・据付ていること。	立会いまたは、品質記録にて現場確認。
	耐圧・漏えい確認 注1	①最高使用圧力以上で一定時間保持後、同圧力に耐えていること、また、耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録により確認する。 ②気圧により、耐圧部からの漏えいのないことを立会いまたは記録で確認する。 ③運転圧力で耐圧部からの漏えいがないことを立会いまたは記録で確認する。	最高使用圧力に耐え、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。 耐圧部から漏えいがないこと。	品質記録または立会にて現場確認。
機能 ・性能	通水確認	通水ができることを立会いまたは記録により確認する。	通水ができること。	品質記録または立会にて現場確認。

注1：耐圧・漏えい確認は、①②③のいずれかとする。(G4北, G5エリアでは①にて確認を実施する。)

7. 参考資料

(5) 満水と設計水位について



満水=側板高さ

設計水位=運用水位=公称容量での水位

構造強度評価	スロッシング評価	基礎外周堰必要容量
満水	設計水位(運用水位)	公称容量