

【公開版】

日本原燃株式会社	
資料番号	耐震建物 04 R0
提出年月日	令和3年1月26日

設工認に係る補足説明資料

【燃料加工建屋及び冷却塔に対する液状化の取り扱い】

## 目 次

1. 概要	1
2. 再処理事業所における地質	1
3. 液状化検討対象施設の選定	5
3.1 液状化判定の方針	5
3.2 液状化判定	7
4. 第1回申請施設における液状化検討対象施設の選定結果	16
5. まとめ	18

(参考資料1) 建屋に設置される地下水排水設備の概要

1. 概要

本資料は、再処理施設及びMOX燃料加工施設（以下、「再処理事業所」という。）における地盤の支持性能の評価及び耐震評価において、地盤の液状化を考慮すべき建物・構築物の選定方針及び選定結果について示す。

再処理事業所における建物・構築物の基礎形式、支持地盤の地質、建物・構築物の地下水排水設備の設置状況、建物・構築物近傍の地質及び液状化対策工事の実施状況に基づき、液状化の考慮の要否について検討を行う。

2. 再処理事業所における地質

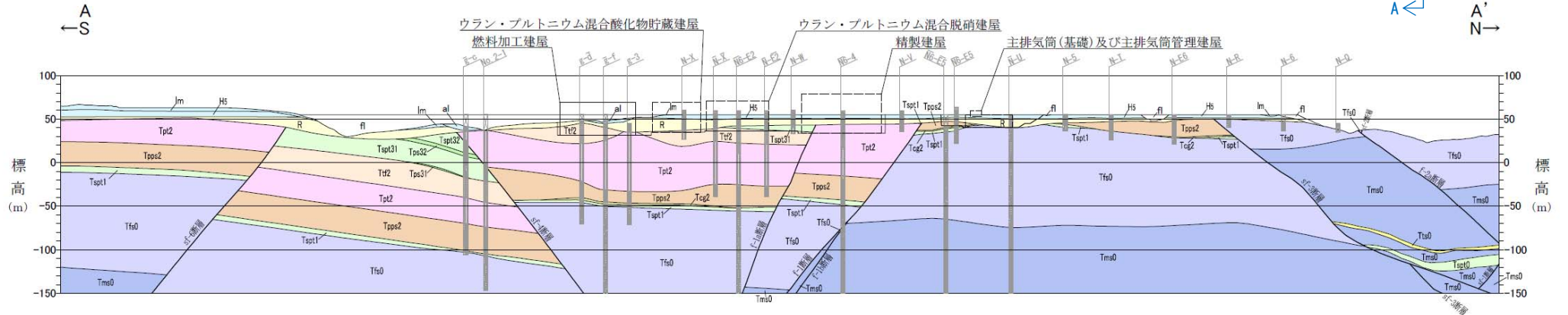
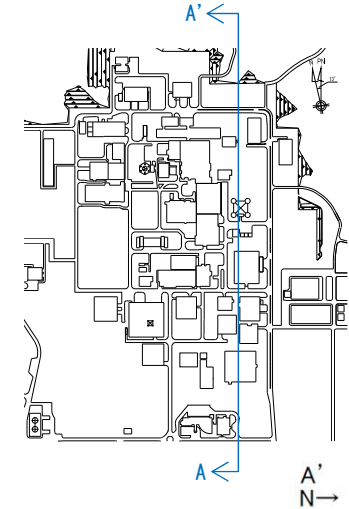
事業変更許可申請書の地質層序表を第2.-1表に示す。再処理事業所における地質区分は、下位から岩盤である新第三紀中新世の鷹架層（基礎岩盤）及び砂子又層下部層が分布しており、その上部に表層地盤である第四紀更新世の六ヶ所層、高位段丘堆積層、中位段丘堆積層、火山灰層及び第四紀完新世の沖積低地堆積層及び崖錐堆積層が分布している。参考に、再処理施設及びMOX燃料加工施設の事業変更許可申請書に示した再処理事業所の地質断面図を第2.-2図に示す。

第2.-1表 設置変更許可申請書における地質層序表

地質時代	地層名	記号	主な層相及び岩相			
新紀世	完新世	崖錐堆積層	dt	礫, 砂, 粘土		
	完新世	沖積低地堆積層	a1	礫, 砂, 粘土, 腐植土		
	四更新世	後期	火山灰層	lm	褐色の粘土質火山灰	
		中期	中位段丘堆積層	M2, M1	主に石英粒子からなる淘汰の良い中粒砂～粗粒砂	
		中期	高位段丘堆積層	H5	主に石英粒子からなる淘汰の良い中粒砂～粗粒砂	
新前期	六ヶ所層	R	砂, シルト, 礫			
生代	鮮新世	砂子又層 下部層	S1	凝灰質砂岩		
	新第三紀	鷹架層	上部層 (T3)	泥岩層	T3ms	泥岩 一部に凝灰岩を挟む。
			礫混り砂岩層	T2ss	礫混り砂岩	
			軽石混り砂岩層	T2ps	砂岩・凝灰岩互層 礫混り砂岩 砂岩・泥岩互層 軽石混り砂岩(3) 砂質軽石凝灰岩(2) 軽石混り砂岩(2) 砂質軽石凝灰岩(1) 軽石混り砂岩(1)	
			軽石凝灰岩層	T2pt	凝灰岩 軽石凝灰岩 軽石質砂岩 礫岩	
			粗粒砂岩層	T2cs	砂質軽石凝灰岩 粗粒砂岩	
			下部層 (T1)	細粒砂岩層	T1fs	細粒砂岩 一部に粗粒砂岩を挟む。
			泥岩層	T1ms	泥岩 一部に凝灰質砂岩, 砂質軽石凝灰岩を挟む。	

注) —は、整合関係を示す。～は、不整合関係を示す。  
 主な層相及び岩相の上下順序は、層位関係を示す。  
 【注】: 従来「砂子又層上部層」としていた地層のうち、敷地近傍の第四系下部～中部更新統について、「六ヶ所層」と仮称する。

(再処理施設及びMOX燃料加工施設事業変更許可申請書に加筆)



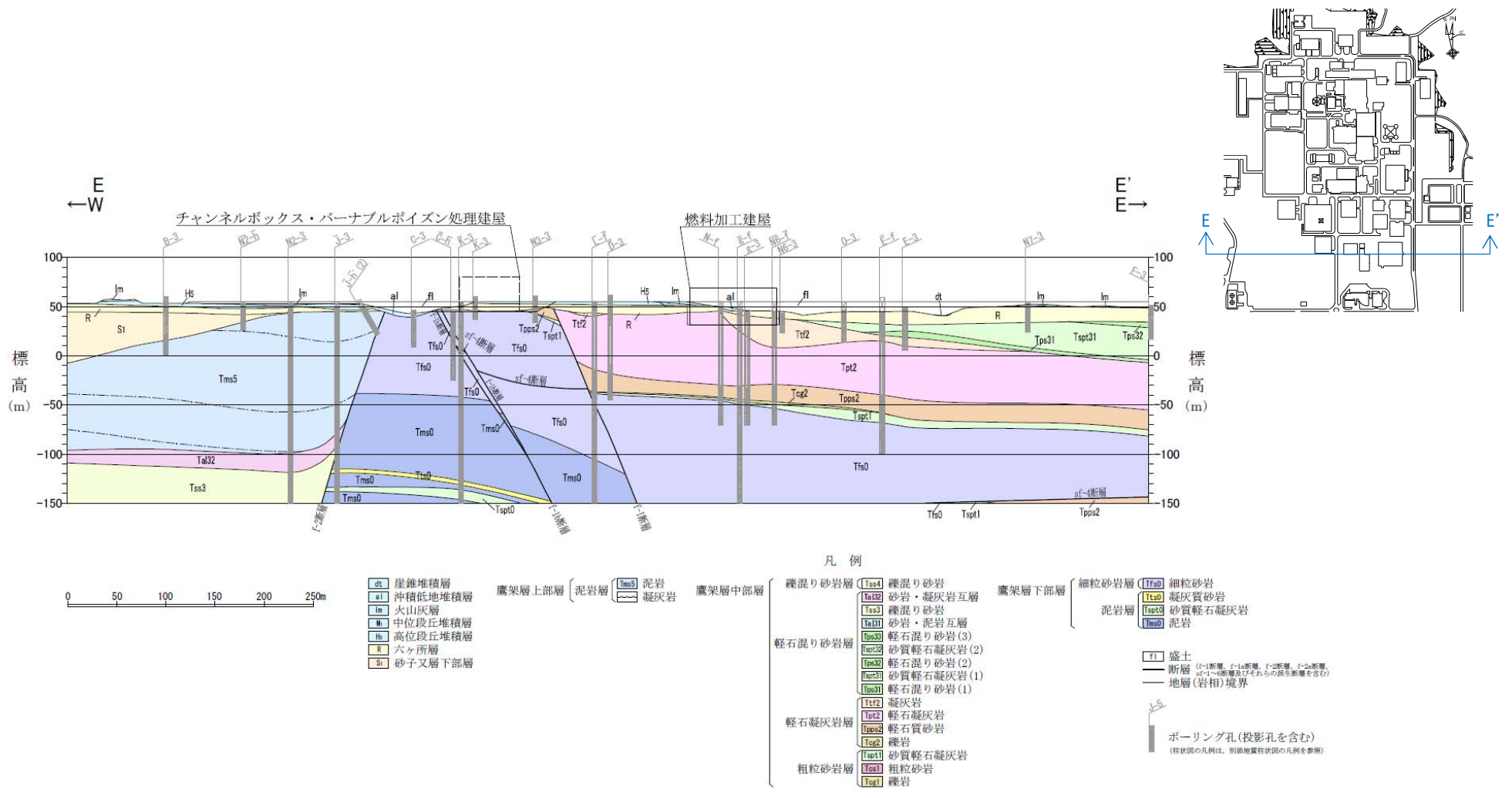
- dt 崖堆積層
- al 沖積低地堆積層
- lm 火山灰層
- M 中段丘陵堆積層
- Hs 高位丘陵堆積層
- R 六ヶ所層
- Si 砂子又層下部

- 鷹架層上部層 (泥岩層, 凝灰岩)
- 鷹架層中部層
- 鷹架層下部層

- 凡例
- |  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Tsa4 礫混り砂岩層</li> <li>Tsa12 砂岩・凝灰岩互層</li> <li>Tsa3 礫混り砂岩</li> <li>Tsa11 砂岩・泥岩互層</li> <li>Tsa33 軽石混り砂岩(3)</li> <li>Tsa32 砂質軽石凝灰岩(2)</li> <li>Tsa30 軽石混り砂岩(2)</li> <li>Tsa31 砂質軽石凝灰岩(1)</li> <li>Tsa31 軽石混り砂岩(1)</li> <li>Tsa12 凝灰岩</li> <li>Tsa12 軽石凝灰岩</li> <li>Tsa20 軽石質砂岩</li> <li>Tsa2 礫岩</li> <li>Tsa11 砂質軽石凝灰岩</li> <li>Tsa1 粗粒砂岩</li> <li>Tsa1 礫岩</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tsa4 礫混り砂岩</li> <li>Tsa12 砂岩・凝灰岩互層</li> <li>Tsa3 礫混り砂岩</li> <li>Tsa11 砂岩・泥岩互層</li> <li>Tsa33 軽石混り砂岩(3)</li> <li>Tsa32 砂質軽石凝灰岩(2)</li> <li>Tsa30 軽石混り砂岩(2)</li> <li>Tsa31 砂質軽石凝灰岩(1)</li> <li>Tsa31 軽石混り砂岩(1)</li> <li>Tsa12 凝灰岩</li> <li>Tsa12 軽石凝灰岩</li> <li>Tsa20 軽石質砂岩</li> <li>Tsa2 礫岩</li> <li>Tsa11 砂質軽石凝灰岩</li> <li>Tsa1 粗粒砂岩</li> <li>Tsa1 礫岩</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tfa0 細粒砂岩層</li> <li>Tfa0 凝灰質砂岩</li> <li>Tfa3 砂質軽石凝灰岩</li> <li>Tfa0 泥岩</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tfa0 細粒砂岩</li> <li>Tfa0 凝灰質砂岩</li> <li>Tfa3 砂質軽石凝灰岩</li> <li>Tfa0 泥岩</li> </ul> |
|--|---|---|--|
- fi 盛土  
 断層 (F-1断層, F-1a断層, F-2断層, F-2a断層, F-3断層, F-4断層及びそれらの派生断層を含む)  
 地層(岩相)境界
- ボーリング孔(投影孔を含む)  
 (柱状図の凡例は、別添地質柱状図の凡例を参照)

(MOX燃料加工施設事業変更許可申請書より抜粋)

第 2.-2 図(1) 再処理事業所の地質断面図 (NS 断面)



(MOX燃料加工施設事業変更許可申請書より抜粋)

第2.-2 図(1) 再処理事業所の地質断面図 (EW 断面)

安全上重要な施設を設置する建物・構築物の底面は、支持地盤として硬質な岩盤である鷹架層に直接もしくはマンメイドロックを介して設置されている。これは、再処理施設の事業変更許可申請書添付書類四「4. 地盤」及びMOX燃料加工施設の事業変更許可申請書添付書類三「ロ. 地盤」における「耐震重要施設等及び常設重大事故等対処施設については、岩盤に直接又はMMRを介して支持されていることから、周辺地盤の変状（不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下）の影響を受ける恐れはない」とした設計方針と整合している。

一方、表層地盤については、各層が液状化のおそれのある「液状化対象層」に該当するか個別に確認し、設計に反映している。液状化対象層については、第2.-2図に示す道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説によれば、沖積層の土層に対し、液状化の判定を行うこととされている。再処理事業所における地質区分のうち、第四紀の崖錐堆積層、沖積低地堆積層が沖積層に該当する。また、建物・構築物周辺の埋戻し土、造成盛土についても液状化対象層に該当する。

更新世の地質である六ヶ所層、高位段丘堆積層、中位段丘堆積層については、第2.-3図に示す道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説によれば、洪積層に整理され、原則として液状化判定の対象とする必要はないとされている。しかしながら、基準地震動の規模が大きいことから液状化する可能性が否定できないものと考え、液状化対象層として整理する。以上より、表層地盤については、全ての層を液状化対象層として検討を行う。

沖積層の土層で次の3つの条件全てに該当する場合においては、地震時に橋に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、(2)の規定によって液状化の判定を行わなければならない。

- 1) 地下水位が地表面から10m以内にあり、かつ、地表面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- 2) 細粒分含有率FCが35%以下の土層、又は、FCが35%を超えても塑性指数 $I_p$ が15以下の土層
- 3) 50%粒径 $D_{50}$ が10mm以下で、かつ、10%粒径 $D_{10}$ が1mm以下である土層

第2.-2図 道路橋示方書Vにおける液状化の判定を行う必要がある土層  
(引用：(社)日本道路協会、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説、H24.3（抜粋）)

洪積層は、東北地方太平洋沖地震や兵庫県南部地震を含む既往の地震において液状化したという事例は確認されていない。洪積層は一般に $N$ 値が高く、また、続成作用により液状化に対する抵抗が高いため、一般には液状化の可能性は低い。このため、原則として洪積層は液状化の判定の対象とする必要はない。なお、ここでいう洪積層とは、第四紀のうち古い地質時代（更新世）における堆積物による土層に概ね対応すると考えてよい。

第2.-3図 道路橋示方書Vにおける洪積層に関する記述  
(引用：(社)日本道路協会、道路橋示方書（V耐震設計編）・同解説、H24.3（一部加筆）)

### 3. 液状化検討対象施設の選定

#### 3.1 液状化判定の方針

液状化判定のフローを第 3.1-1 図に示す。液状化判定は、以下に示す（１）～（４）の順に実施する、

##### （１）支持地盤の確認

建物・構築物が、液状化のおそれの無い岩盤である鷹架層に支持されているか確認する。鷹架層に支持されていない建物・構築物については、支持地盤及び周辺地盤に対し、（３）において液状化対象層の有無を確認する。

##### （２）対象施設と地下水排水設備との位置関係の確認

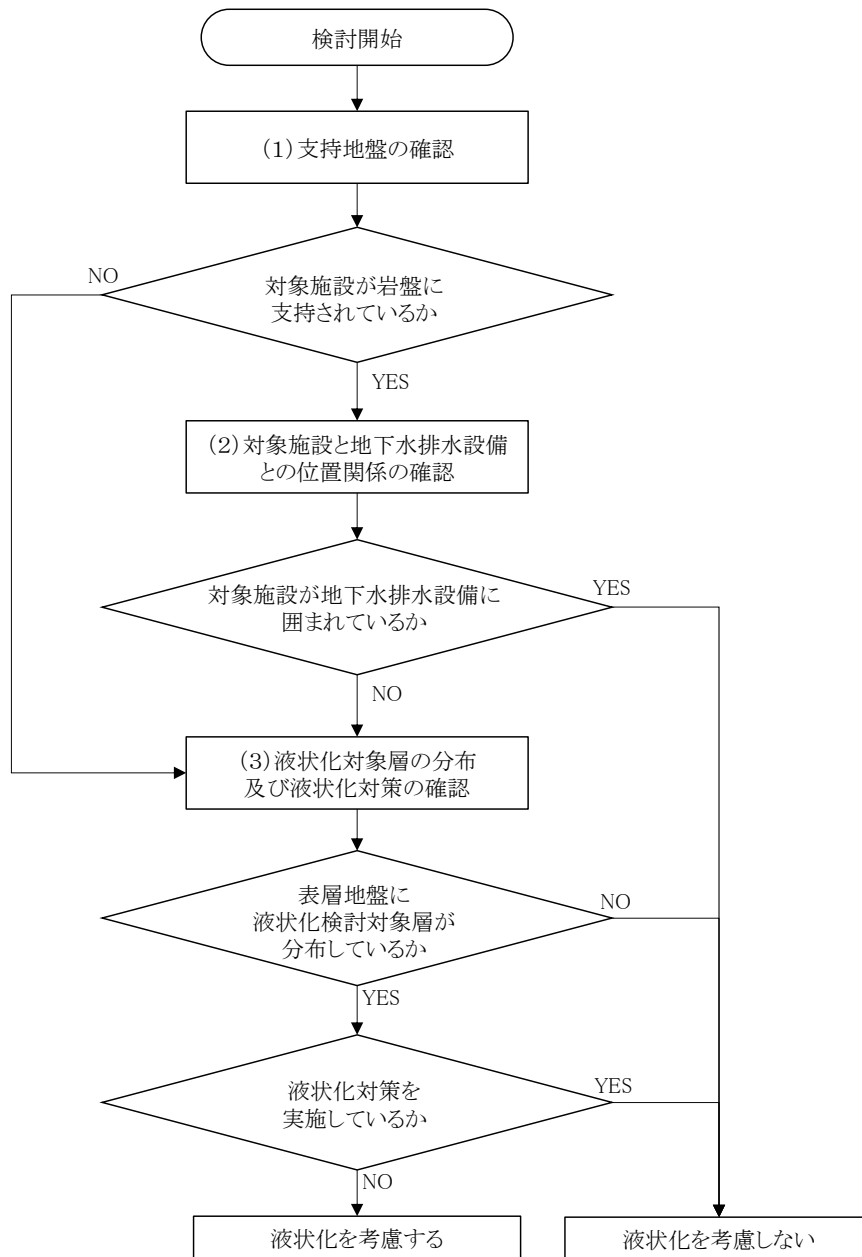
建物・構築物が、地下水位を低下させるための地下水排水設備に囲まれているか確認する。地下水排水設備に囲まれていない建物・構築物については、岩盤に支持されており、かつ地表に設置される構築物を除き、建物・構築物の周辺地盤に対して（３）において液状化対象層の有無を確認する。

##### （３）液状化対象層の分布及び液状化対策の確認

建物・構築物の周辺地盤に液状化対象層が存在する場合には、地盤改良等の液状化対策の有無を確認するとともに、液状化対策を実施していない場合は、（４）において液状化検討対象施設として選定する。

##### （４）液状化検討対象施設の選定

（１）～（３）の確認を踏まえ、建物・構築物近傍の地盤の液状化による健全性の確認を要する建物・構築物を、液状化検討対象施設として選定する。



第 3. 1-1 図 液状化判定フロー



### 3.2 液状化判定

再処理事業所における建物・構築物は、以下に示すとおり、「3.2.1 地下水排水設備に囲まれている建物・構築物」、「3.2.2 地下水排水設備に囲まれていない建物・構築物」及び「3.2.3 飛来物防護ネット（杭基礎）」に分類し、それぞれの分類ごとの共通的な特徴を踏まえて液状化の判定を行う。

#### 3.2.1 地下水排水設備に囲まれている建物・構築物

本項目では、再処理事業所において地下水排水設備に囲まれている建物・構築物の液状化判定について確認する。

##### （1）支持地盤の確認

再処理施設の事業変更許可申請書添付書類四「4. 地盤」及びMOX燃料加工施設の事業変更許可申請書添付書類三「ロ. 地盤」において、「耐震重要施設等及び常設重大事故等対処施設については、岩盤に直接又はMMRを介して支持されていることから、周辺地盤の変状（不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下）の影響を受ける恐れはない」としている。

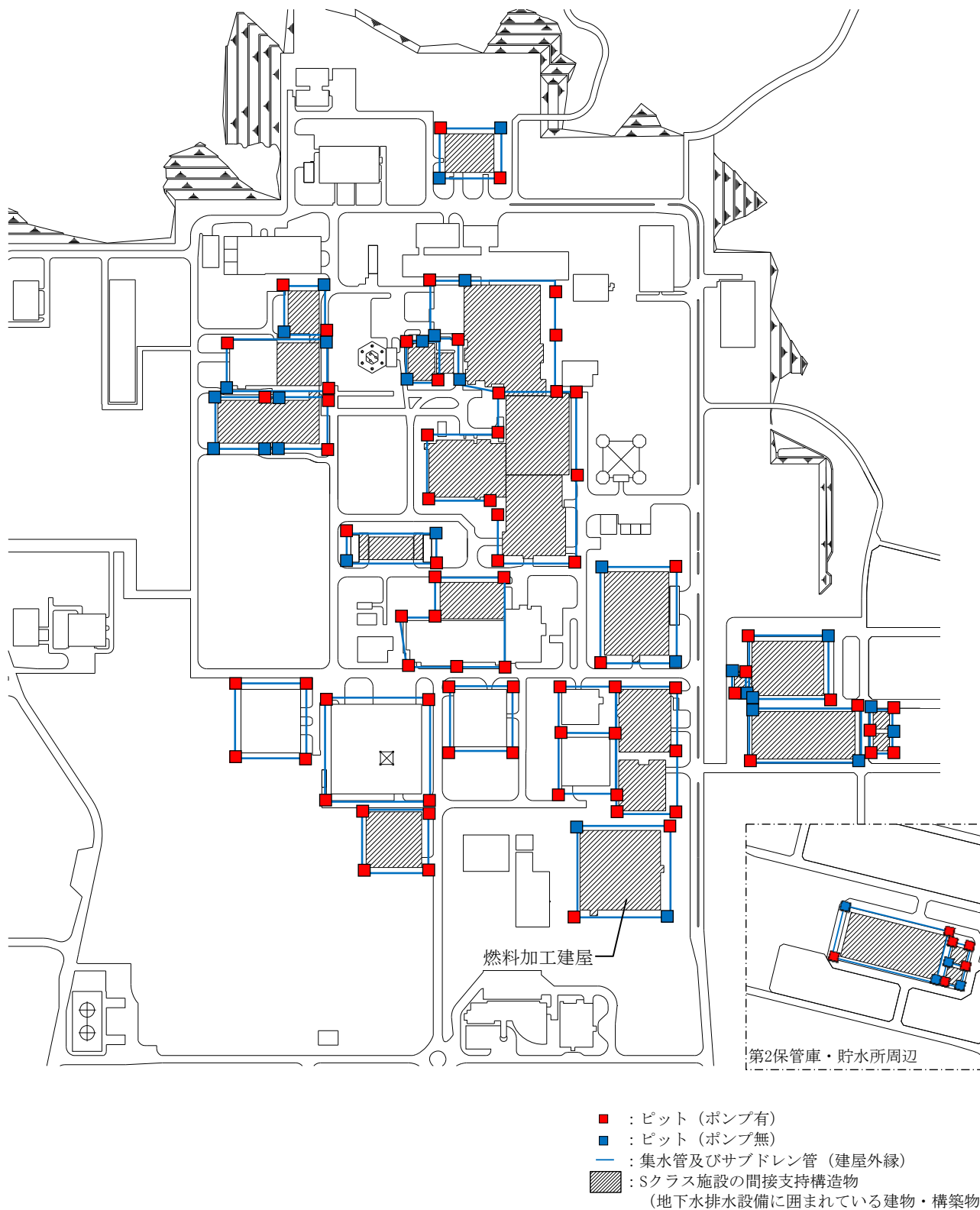
再処理事業所における建屋については、事業変更許可申請書に記載のとおり、いずれも硬質な岩盤である鷹架層に直接又はマンメイドロックを介して支持されていることから、支持地盤について液状化の考慮は不要である。

##### （2）対象施設と地下水排水設備との位置関係の確認

再処理事業所において、地下水排水設備に囲まれている建物・構築物については、地下水排水設備が基礎底面位置にメッシュ状に設置され、耐震評価に用いる地下水位を基礎スラブ上端レベル以下に低減させる設計となっている。地下水排水設備は、集水管、ピット、水中ポンプ等で構成される。

第3.2.1-1 図に、再処理事業所におけるSクラス施設の間接支持構造物である地下水排水設備に囲まれている建物・構築物と、地下水排水設備の設置状況を示す。あわせて、参考資料1に地下水排水設備の概要を示す。

再処理事業所における地下水排水設備に囲まれている建物・構築物については、いずれも耐震評価に用いる地下水位が基礎スラブ上端レベル以下まで低下していることから、液状化の考慮は不要である。



第 3.2.1-1 図 建屋と地下水排水設備の位置関係

### 3.2.2 地下排水設備に囲まれていない建物・構築物

本項目では、再処理事業所において地下水排水設備に囲まれていない建物・構築物の液状化判定について確認する。

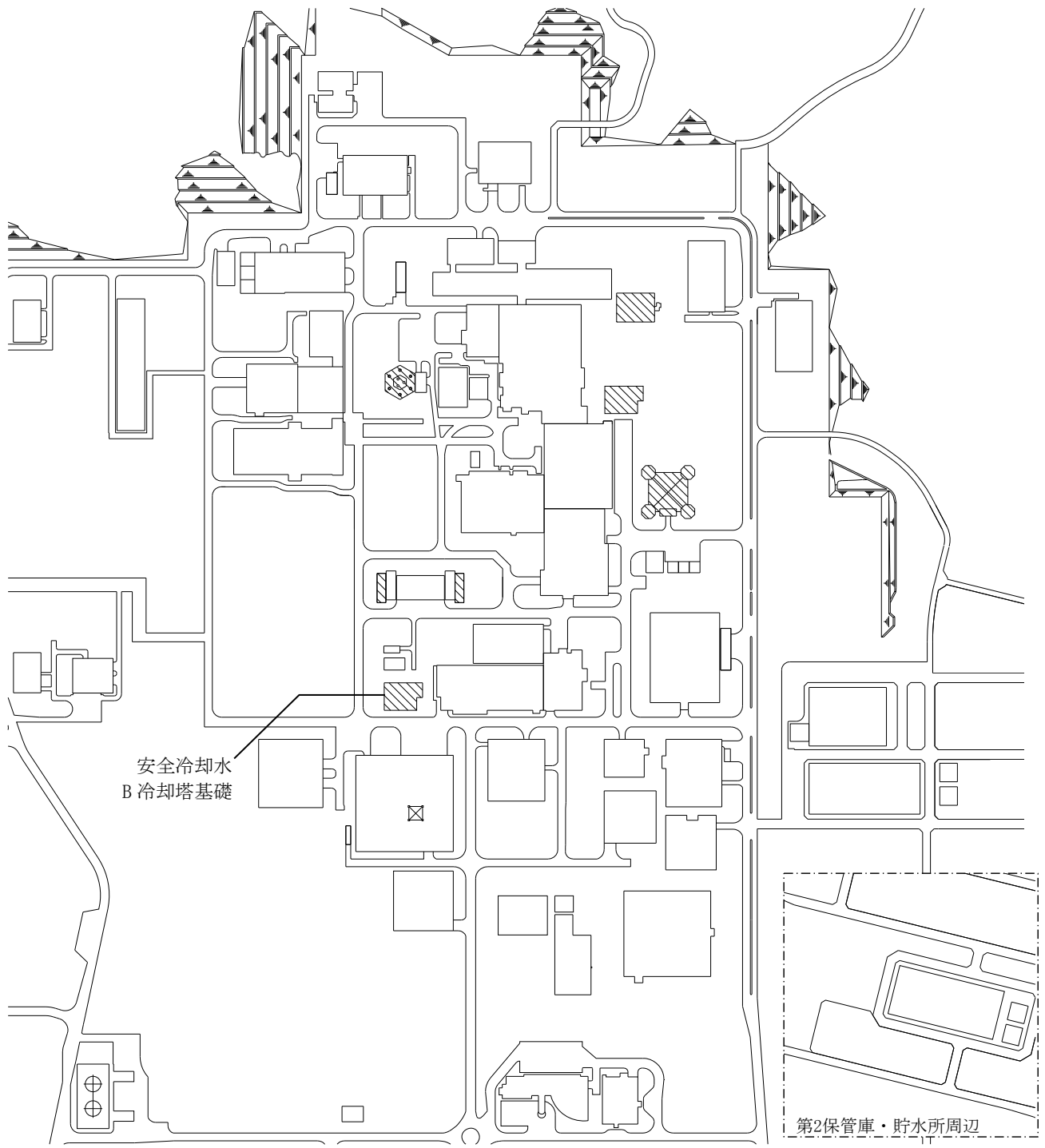
#### a. 地表に設置される屋外機械基礎

##### (1) 支持地盤の確認

再処理施設の事業変更許可申請書添付書類四「4. 地盤」及びMOX燃料加工施設の事業変更許可申請書添付書類三「ロ. 地盤」において、「耐震重要施設等及び常設重大事故等対処施設については、岩盤に直接又はMMRを介して支持されていることから、周辺地盤の変状（不等沈下、液状化及び揺すり込み沈下）の影響を受ける恐れはない」としている。

再処理事業所におけるSクラス施設の間接支持構造物である地表に設置される屋外機械基礎の位置を第3.2.2-1図に示す。

再処理事業所における地表に設置される屋外機械基礎については、事業変更許可申請書に記載のとおり、いずれも硬質な岩盤である鷹架層に直接又はマンメイドロックを介して支持されていることから、液状化の考慮は不要である。



安全冷却水  
B 冷却塔基礎

第2保管庫・貯水所周辺

▨ : Sクラス施設の間接支持構造物  
(地下水排水設備に囲まれていない屋外機械基礎)

第 3. 2. 2-1 図 地表に設置される屋外機械基礎の位置

## b. 洞道

本項目では、洞道の液状化判定について確認する。洞道は各建屋等を連結する構造物であり、岩盤に直接またはマンメイドロック(コンクリート)を介して支持されている。

洞道は主に各建屋間の道路下に設置されているため、洞道両側には岩盤に直接支持される建屋があり、また、洞道と建屋の間は基本的に流動化処理土等の改良地盤で埋戻している。これらのことから、洞道の耐震評価は地盤の液状化は発生しないことを基本としている。

しかしながら、一部の洞道の周辺には、地震時に液状化する可能性が否定できない地盤が局所的に分布することから、液状化による洞道の耐震評価への影響を考慮し、健全性に問題のない設計とする。検討方針および影響検討結果の詳細については、後次回に別途補足説明資料にて示す。

### 3.2.3 飛来物防護ネット（杭基礎）

本項目では、杭基礎である飛来物防護ネットの液状化判定について確認する。

#### （1）支持地盤の確認

飛来物防護ネットについては、いずれも硬質な岩盤である鷹架層に杭基礎を介して支持されていることから、支持地盤について液状化の考慮は不要である。なお、杭側面の地盤については、（3）にて液状化対象層の分布を確認する。

#### （2）対象施設と地下水排水設備との位置関係の確認

再処理事業所における飛来物防護ネットの位置を第3.2.3-1図に示す。飛来物防護ネット近傍に地下水排水設備が設置されている建物・構築物が存在するが、飛来物防護ネットの支持地盤は当該建物・構築物の地下水排水設備よりも下部であることから、飛来物防護ネットについては、地下水排水設備が設置されていない建物・構築物として扱う。

#### （3）液状化対象層の分布及び液状化対策の確認

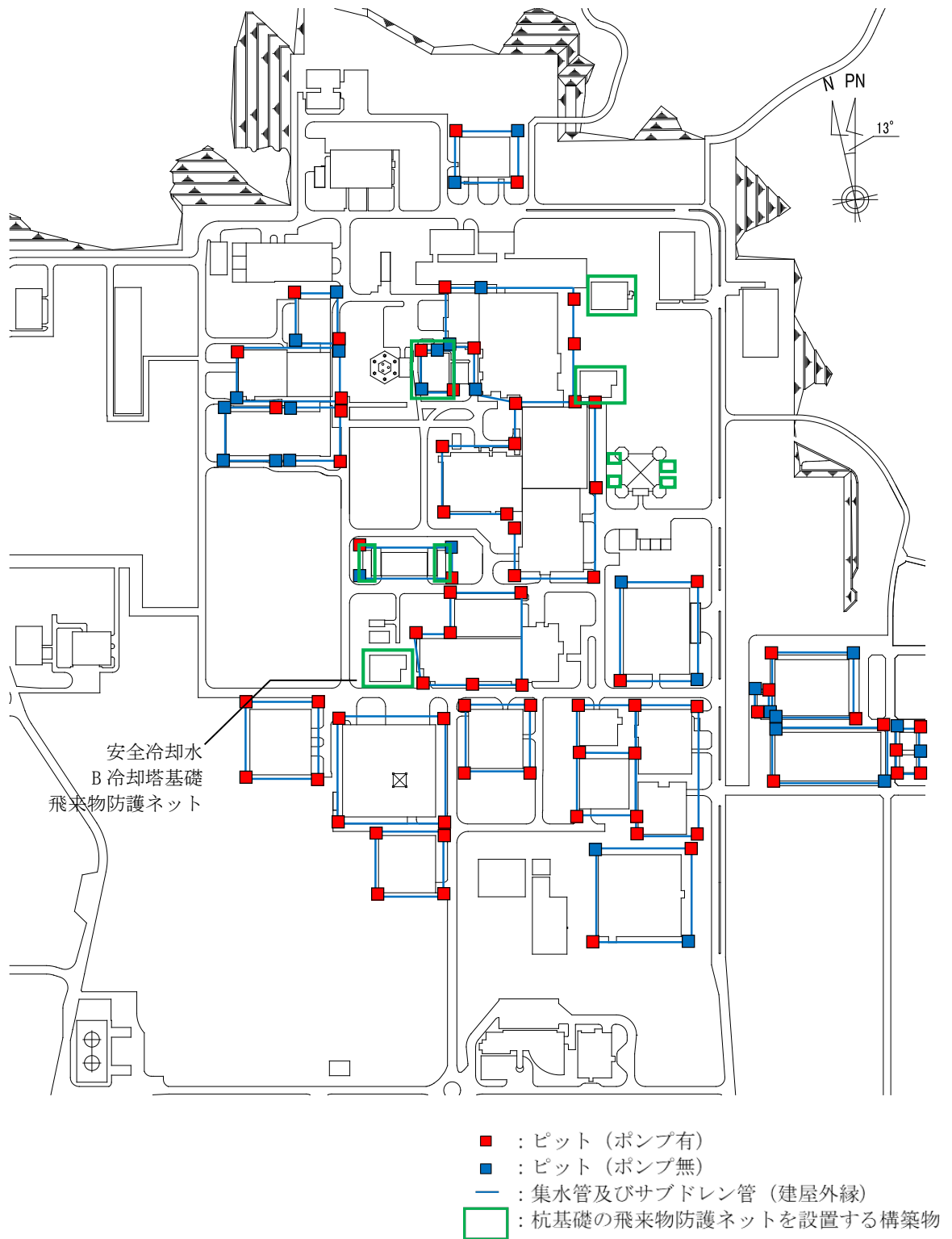
杭基礎を有する構築物である飛来物防護ネットについては、第四紀の沖積層及び洪積層が杭側面に分布することから、杭周辺の液状化対策工事を実施している。

液状化対策としては、液状化対象層のセメント混合土への置換による地盤改良を実施しており、港湾技術研究所報告（第29巻，第2号，1990.6）によれば、液状化しないための目安として一軸圧縮強度50～100kPaが示されており、当該地点の改良地盤の一軸圧縮強度は、これを大きく上回っていることから液状化することはない。

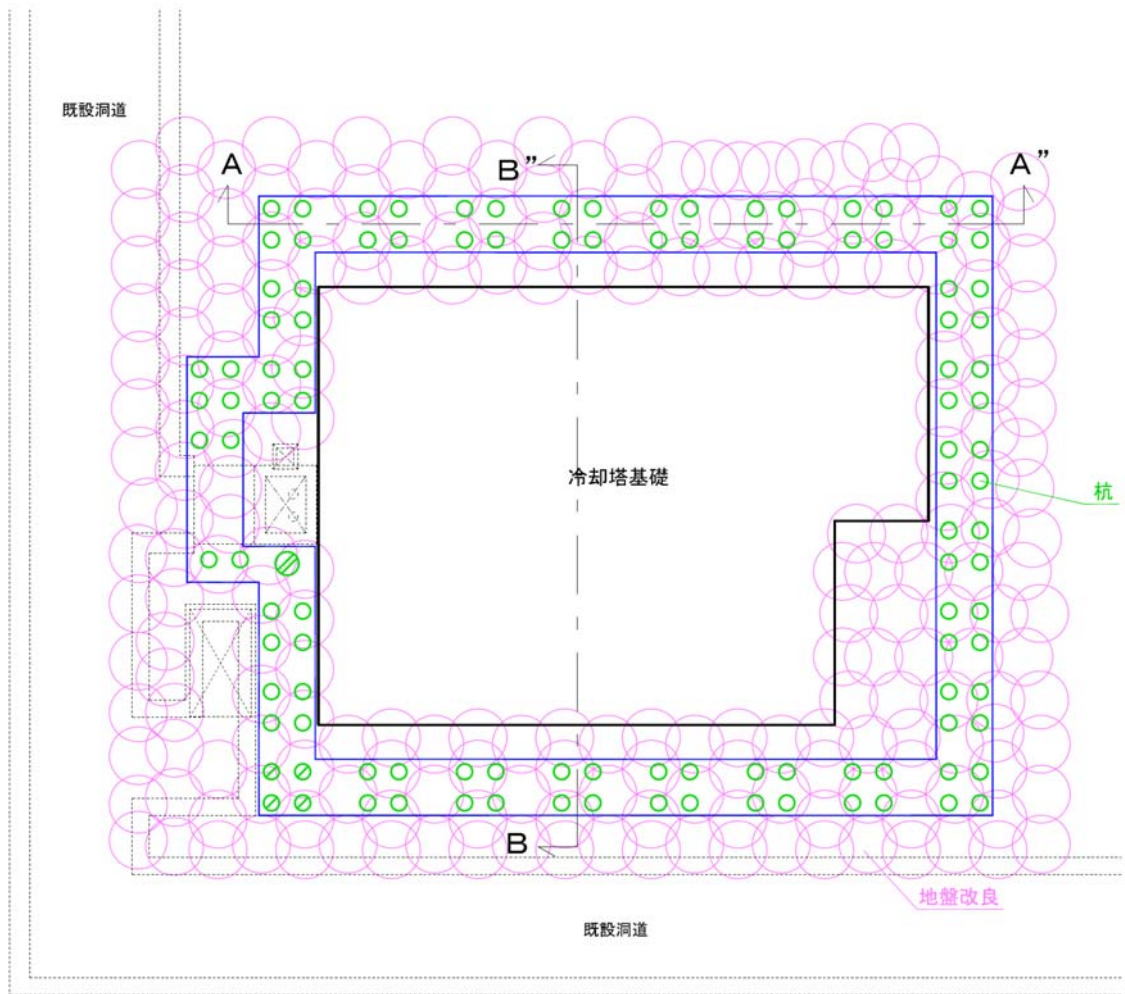
第3.2.3-2図に、飛来物防護ネット杭基礎周辺の液状化対策工事の概要を示す。

#### （4）液状化検討対象施設の選定

杭基礎を有する構築物である飛来物防護ネットについては、（3）に示したとおり、液状化対策として杭側面の地盤改良を実施していることから、液状化検討対象施設として選定しない。



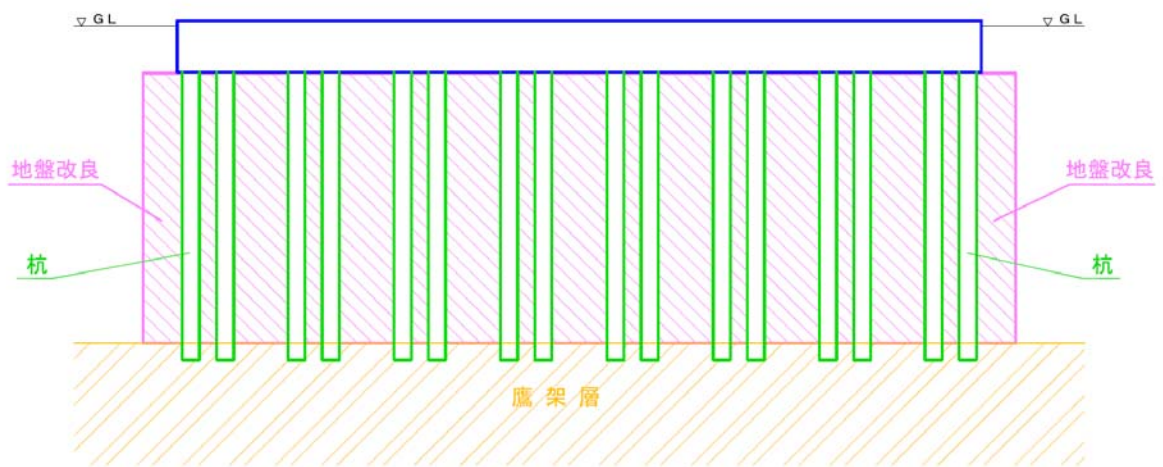
第 3. 2. 3-1 図 飛来物防護ネットと地下水排水設備の位置関係



(平面図)

第 3.2.3-2 図(1) 飛来物防護ネット杭基礎周辺の液状化対策工事  
(安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネットの例)





(A-A'' 断面)



(B-B'' 断面)

第 3.2.3-2 図(2) 飛来物防護ネット杭基礎周辺の液状化対策工事  
(安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネットの例)

4. 第1回申請施設における液状化検討対象施設の選定結果

第1回申請施設について、液状化検討対象施設の選定結果を第4.-1表に示す。

第4.-1表の整理結果として、第1回申請施設については、液状化検討対象施設に該当する建物・構築物は無く、液状化による健全性の確認を要する建物・構築物は無い。

第 4.-1 表 液状化検討対象施設の選定結果（第 1 回申請施設）

建物・構築物名称	種別	(1) 支持地盤の確認	(2) 対象施設と地下水排水設備との位置関係の確認		(3) 液状化対象層の分布及び液状化対策の確認	(4) 液状化検討対象施設の選定
			地下水排水設備の設置状況	耐震設計に用いる地下水位		
燃料加工建屋	建屋（直接基礎）	岩盤に支持	地下水排水設備に囲まれている	T. M. S. L. 34. 23m		液状化を考慮しない
安全冷却水 B 冷却塔基礎	構築物（直接基礎）	地表に設置されており岩盤に支持	地下水排水設備に囲まれていない	T. M. S. L. 55. 0m (地表面)		液状化を考慮しない
安全冷却水 B 冷却塔 飛来物防護ネット	構築物（杭基礎）	杭基礎を介して岩盤に支持	地下水排水設備に囲まれていない	T. M. S. L. 55. 0m (地表面)	杭周辺地盤の液状化対策工事を実施	液状化を考慮しない

## 5. まとめ

再処理事業所における地盤の支持性能の評価及び耐震評価において、地盤の液状化を考慮すべき建物・構築物の選定方針及び選定結果について整理した

再処理事業所における建物・構築物について、地下排水設備の設置状況及び基礎形式に従った分類を行い、各分類における支持地盤の地質、建物・構築物近傍の地質及び液状化対策工事の実施状況に基づき、液状化の判定を行い、液状化検討対象施設の選定を行った。

整理の結果、支持地盤が岩盤である鷹架層に支持されており、地下水排水設備が設置されている建物・構築物並びに液状化対策を実施している建物・構築物については、液状化の考慮は不要である。

また、一部の洞道の周辺には、地震時に液状化する可能性が否定できない地盤が局所的に分布することから、液状化による洞道の耐震評価への影響を考慮し、健全性に問題のない設計とする。その検討方針および影響検討結果の詳細については、後次回に別途補足説明資料にて示す。

## 液状化の考え方についての参考資料

(参考資料1) 建屋に設置される地下水排水設備の概要

(参考資料1) 建屋に設置される地下水排水設備の概要

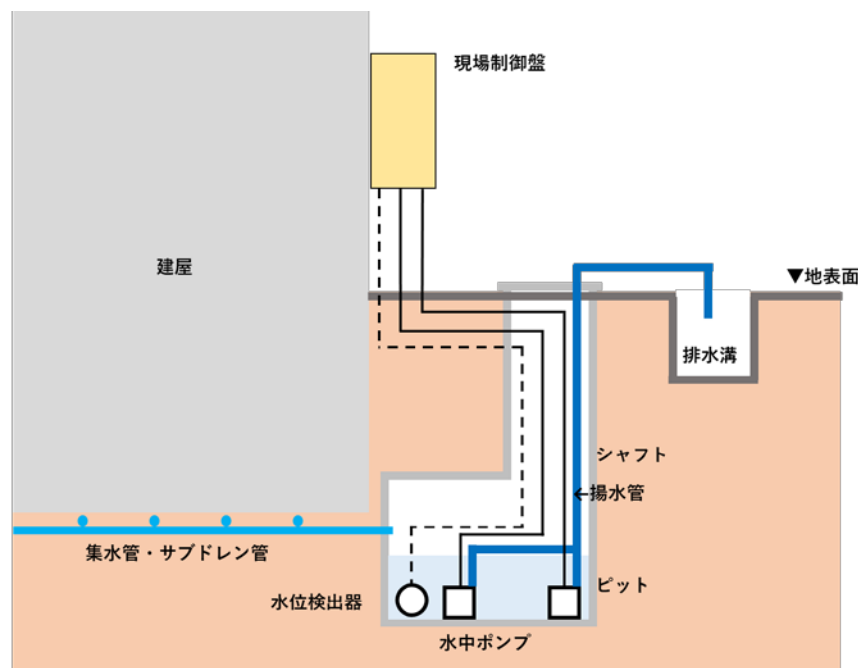
建屋周辺の地下水は、地下水排水設備により排水する設計とする。具体的には、建屋底面で発生する地下水は、建屋周辺に設置する集水管を通じてピットに集水され、基礎スラブ下端より深い位置に設置する水中ポンプにより、地下水を地上に揚水して、排水溝に排水を行う設計とする。地下水排水設備の概要図を第1図に示す。

ピットに水中ポンプを設置する場合は、各ピットに2台ずつポンプを設置し、このうち1台を予備として運用する。

建設後の地下水排水設備は、社内マニュアルに従い、適切に維持管理を行うものとする。具体的な実施事項は以下の通り。

- ① 通常時は制御室等にて地下水排水設備に不具合が生じているか否か（警報の有無）を監視する。
- ② 定期的に現場制御盤で運転状態を確認する。
- ③ 年1回ピット内で水中ポンプ、集水管等の点検を行い、必要に応じて清掃等を実施する。

また、地下水排水設備において異常が生じた場合（ピット満水時、水中ポンプ過負荷時等）は、制御室等に警報を発報する設計としており、速やかに状況を確認の上、地下水排水設備が健全に運用されるよう適切に保全を行うこととする。



第1図 地下水排水設備の概要図