

下水道中継ポンプ場における浸水対策について

手塚 聡¹・細溝 雅宏²

^{1, 2} 滋賀県 北部流域下水道事務所 (〒522-0002 滋賀県彦根市松原町1550)

下水道における中継ポンプ場は、上流から流れてきた汚水を終末処理場へ送水するため不可欠な下水道施設である。

近年、豪雨により発生した浸水によりポンプ場が水没して機能停止し、周辺に汚水が溢れ出して住民生活に影響を与えるとともに、ポンプ場の機械・電気設備が大きな損害を被ってその復旧に長期間を要する事例が発生している。

滋賀県では、このような背景のもと、浸水想定区域図等の浸水シミュレーション資料に基づき、想定される浸水からポンプ場を守る対策について検討を行い、浸水のおそれのあるポンプ場において耐水化計画を策定した。この計画の骨子について発表する。

キーワード 下水道, ポンプ場, 浸水対策, 耐水化

1. はじめに

(1) 処理区概要

滋賀県では、生活環境の改善と、河川や琵琶湖の水質を保全するため、「湖南中部」、「湖西」、「東北部」、「高島」の4つの処理区からなる琵琶湖流域下水道の整備を進めてきた。

北部流域下水道事務所が所管する「東北部処理区」は、彦根市、長浜市を中心とする東北部地域の4市4町を対象とする処理区である(図-1)。

終末処理場である東北部浄化センターに向けて、138.8kmに及ぶ流域下水道管渠網により、中継ポンプ場等の揚水施設を介して送水している。

(2) ポンプ場の役割

下水道管渠は下流に向かって適当な勾配をもって埋設されているため、汚水は自然流下している。しかし、勾配をとり続けることにより埋設深が深くなりすぎると、管渠の設置費用が増大し不経済となる。このような場合、中継ポンプ場を設置して汚水を地表面近くまで揚水し、次のポンプ場または処理場へ送水している。

中継ポンプ場は、管渠網の途中に存在して揚水機能を担うことから重要な施設である。

また、東北部浄化センター内では雨水ポンプ場があり、浄化センターの広大な敷地に対応した雨水調整池の排水ポンプとして、施設管理上重要な位置付けとなっている。

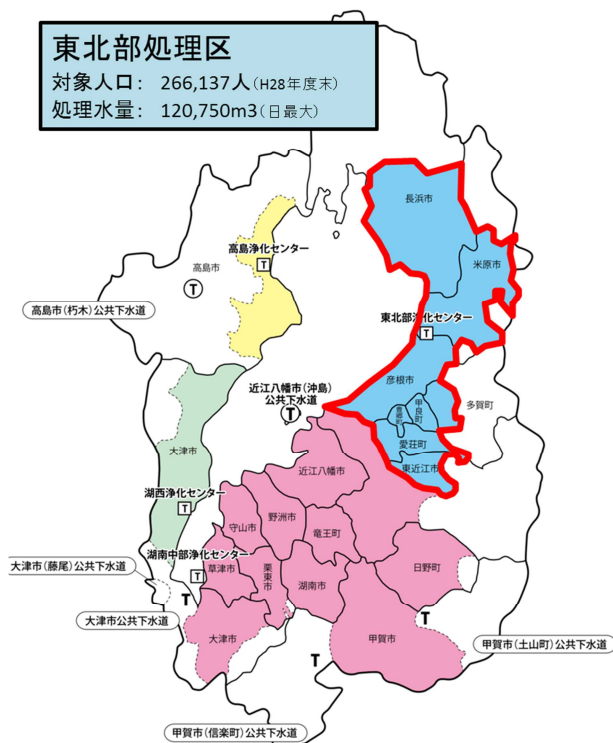


図-1 琵琶湖流域下水道の処理区域

2. 検討の背景

このように重要な位置づけとなっているポンプ場であるが、図-2に示すように、近年、豪雨によりポンプ場周辺が浸水したことにより、ポンプ場が水没し、機能が停止する事例が発生している。

このような事態が発生すると、汚水を下流へ送水する

ことが出来なくなり、周辺住民の生活空間に汚水が溢れ出して公衆衛生が確保できない状態となったり、ポンプ場内部の設備類が水没して、復旧までに長い期間と多大の費用を要するとともに、下水道使用自粛等の要請により広い範囲の住民にも影響を及ぼすこととなる。

3. 耐水化計画の策定

(1) 浸水対策の考え方

設計指針¹⁾では、ポンプ場は降雨時に浸水したとしてもその機能が停止することがないような配慮が必要であり、①外水および内水による浸水の対策として地盤レベルの設定を上げること、②特に電気関係の機器は絶対に浸水しないよう高位置に設置すること、とされている。

今年度より供用を開始した姉川中継ポンプ場では、基本設計時点(2010年)において、水防法による浸水想定区域図が公表されていたことから、この浸水深を参考に、地盤を嵩上げて浸水に備えている(図-3)。



図-2 日本下水道新聞記事(2017.11.1)

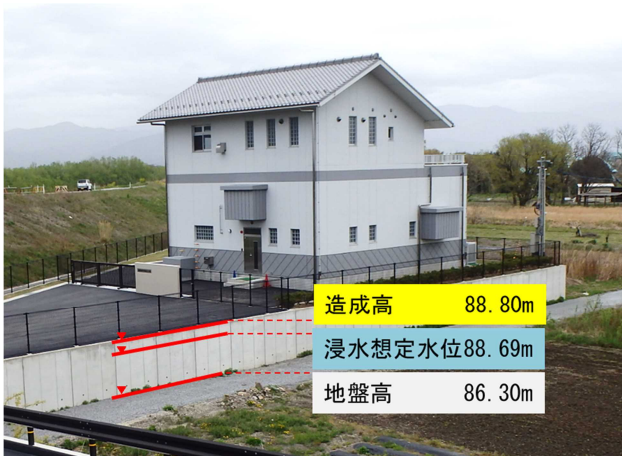


図-3 姉川中継ポンプ場の嵩上げ状況

現在では、水防法に基づく「指定河川浸水想定区域図」の他に、滋賀県流域治水の推進に関する条例に基づく「地先の安全度マップ」といった浸水想定リスク図が複数公表されているため(以下、浸水想定区域図等という。)、新たな計画においては浸水について具体的な対策を講じることが可能となった。

一方で、有効な浸水想定資料の無かった時代に建設されたポンプ場では、浸水対策がとられていないのが実情であり、先述のような浸水事例を受けて、所管の6箇所²⁾のポンプ場について浸水リスクの把握および対策の検討を行うこととした。

(2) 浸水想定

東日本大震災後に改定された下水道施設の耐震対策指針²⁾(以下、耐震対策指針という。)では、津波による大規模な浸水で下水道施設に多くの被害が発生した経緯から具体的な対策指針が示されている。これによると、①一度地下階が浸水すると排水や設備の復旧に多大な時間を要することから、少なくとも地上階から地下階への津波の侵入を防止する必要があること、②想定³⁾の浸水深は「最大クラス(数百年から千年に1回程度³⁾)の津波」によるものとして下水道機能の確保を目的として対策を検討することとしている。

本計画では、浸水対策の考え方は外水・内水はん濫による洪水であっても同様のものと考え、下水道機能の確保、特にポンプ場揚水機能の確保について、耐震対策指針の考え方をを用いた。

浸水想定区域図等は、前述のとおり複数のパターンが公表されており、対策のもととなる浸水深は、それらの中から最も大きい浸水深を採用することとした。所管ポンプ場について、浸水想定区域図等から整理した採用浸水深を表-1に示す。

(3) 耐水化と防水化

耐震対策指針では、浸水対策について以下のように示されている。

図4に示すが、耐水化とは、構造物の対応により設備機器を浸水させないものであり、防水化とは、設備機

表-1 採用浸水深一覧

ポンプ場	採用浸水深(m)	浸水想定の有無						
		地先の安全度マップ	浸水想定区域図					
			琵琶湖	高姉川・川	天野川	宇曾川	犬上川	安曇川
近江	0.30	○	-	-	○	-	-	-
長浜	2.00	○	-	○	-	-	-	-
宇曾川	1.20	○	○	-	-	○	○	-
須川	-	-	-	-	-	-	-	-
姉川	2.19	○	-	○	-	-	-	-
雨水	1.00	○	○	-	-	-	-	-

浸水が想定されているものに○、○を記した。最も浸水深の大きいものに◎を付した。グレー着色のポンプ場は、浸水想定なし、もしくは対策済みであり今回検討外とした。

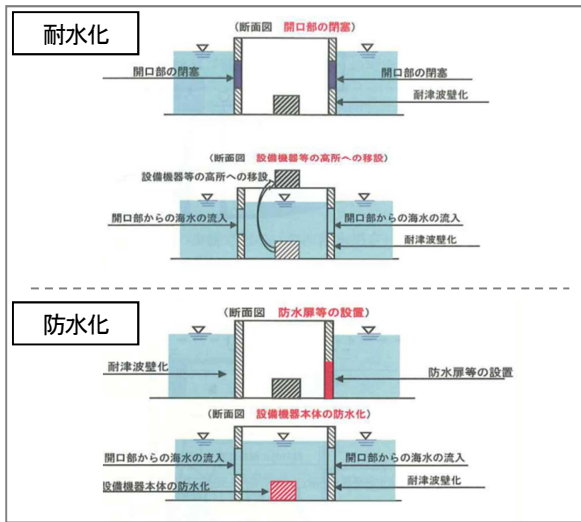


図-4 耐水化(上)、防水化(下)概念図
(耐震対策指針より引用)

器等に強固な防水性能を持たせることを意図する。

本計画では、ポンプ場ごとの浸水深と設備配置を考慮して、耐水化と防水化の概念を組み合わせた最適な対策を計画した。

もっとも確実な浸水対策は、浸水すると故障してしまう機器類を浸水水位以上の高所へ移設することであるが、既設建物の中で、一定のスペースが必要な自家発電設備や電気室を高所に移設することは、建物自体の大規模改修を伴って不経済である。そのため、高所移設以外の方法により検討を進めることとした。つまり、土木・建築物の改修等により対応することとし、具体的には、止水壁による囲い込み(耐水化)、開口部の閉塞等(耐水化)、防水扉への改修(防水化)等の組合せによる対策である。

また、ポンプ場内部の各区画や設備の配置によっては、浸水を許容する区画を設定できる場合がある。この場合は「重点化区画」を設定し、内部を選択的に対策を実施することも可能である。

(4) 設計上の留意点

設計にあたって特に留意した点を挙げる。

a) 浸水防止性能

浸水防止の方法には、様々な方法が考えられる。扉の対策を例に挙げると、表-2 のとおりである。特に近年は浸水防止をうたった製品が数多く出てきている。

製品を検討する場合は浸水防止性能により評価できる。本計画では(一財)建材試験センターの性能基準に基づき 20L/(h・m²)以上の防水性能を有する製品であれば、ポンプ場内部への漏水を許容できるものとした。

浸水想定区域図等に浸水継続時間などの時系列データが今後拡充されれば、漏水許容量等の詳細な検討が可能となり、採用製品の幅が広がるものと期待される。

表-2 扉における対策例

対策方法	扉の対策方法			
	防水扉改修	防水板設置	RC造階段設置	コンクリート締切または止水壁
姿図(イメージ)				
改修概要	扉を防水仕様に変更する。	防水板を設置する。(常時設置)	内部にRC造の壁を階段状に設置する	扉を撤去し、コンクリートで締め切る。
対象浸水深	5.0m	1.5m	施工位置による	—
長所	既存と維持管理性が変わらない。	改修が最小限となる	作業動線を大きく変えない。防水扉より安価となる。	開口の形状に関係なく対応が可能である。
短所	もっとも高価である。	出入りの都度、設置撤去作業が伴う。	設置スペースが必要。	作業動線や搬入口を別に確保する必要がある。

b) 作業動線の確保

所管ポンプ場はいずれも無人・遠隔監視のポンプ場である。しかし、維持管理のため毎日メンテナンス業者が出入りするため、既存の作業動線の確保を第一に考え大規模な改修は極力行わない計画とした。

ポンプ場の周辺状況は、浄化センター中央監視室では把握できないため、近年多発するゲリラ豪雨等による内水氾濫に対して初動が遅れる可能性がある。防水板は、防水扉に比べて安価で、取外し・収納が可能なことが特徴であるが、無人のポンプ場では、このような事態に備えて常時設置状態としておく必要がある。そのため、作業動線に防水板があると日常の維持管理の支障となることから、使用頻度の少ない出入り口に採用し、日常的に使用する出入り口では、防水板が採用可能な水深であっても防水扉を採用することとした。

c) 貫通孔閉塞

建築物には例外なく内外を貫通する穴がある。図-5 に示すとおり、特に電気用ハンドホールは建物内部の電気室と直結しており、見落としがないよう注意が必要である。通常、開口部はシール処理されているはずであるが、現地調査では、閉塞不十分であったりシール材が劣化により脱落している場合が見られた。

本計画では、外壁面に沿って設置されているプルボックスについては配線の行き先を確認した上で、高所に移設するか、プルボックス内に解体可能型レジンを注入して止水する。また、電気用ハンドホール内においては、



図-5 外壁に設置されているプルボックス内部(左)、電気ハンドホール内部(右)

管路端部にて発泡ウレタン等の止水材充填を行うこととした。

d) 余裕高の設定・漂流物対策

河川の破堤等により、流速の大きな氾濫流が発生し、ポンプ場躯体に流れが衝突する際に発生する現象に対する検討を行う。

津波浸水想定設定の手引き⁴⁾では、水流の流れを受ける側の水位が上昇する現象が発生する（せき上げ）ため、これを考慮することとしている。

また、破堤により大量の漂流物が発生して下流へ拡散すると、ポンプ場の扉やシャッター等の脆弱部に激突して破壊されることにより浸水の原因となるおそれがあるため、確認が必要である。

これら検討においては、地先の安全度マップにてシミュレーションされている流体力の情報を参考に、ポンプ場で発生する流速を逆算し、せき上げ高を算定した。以下に水位算定式⁴⁾を示す。

$$h_{\text{fmax}} = h_b + V_b^2 / 2g$$

- h_{fmax} : 想定津波浸水深(せき上げ考慮)(m)
- h_b : 想定津波浸水深(せき上げ非考慮)(m)
- V_b : 津波の流速(m/秒)
- g : 重力加速度(m/秒²)

表-3 流体力とせき上げ高

ポンプ場	流体力 (m ³ /s ²)	浸水深 (m)	流速 (m/s)	せき上げ高 (m)
近江	- ※	0.3	-	-
長浜	- ※	2.0	-	-
宇曾川	0.5	1.2	0.65	0.02
雨水	- ※	1.0	-	-

※流体力の「-」は閾値(0.01m³/s²)以下であることを示す。

結果的に、表-3 のとおり各ポンプ場ともにほとんど流速は発生しないため、せき上げ高はわずかであり、考慮しないものとした。また、漂流物発生のおそれがある宇曾川中継ポンプ場では、一定の流速が発生すると思われる建物東側には扉等の脆弱部は存在しないため、対策不要とした。

4. 詳細設計の実施

(1) 設計事例

主要な対策方法を以下に例示する。

a) 雨水ポンプ場

雨水ポンプ場は他の中継ポンプ場とは役割が異なり、東北部浄化センターの雨水調整池の排水ポンプ場である。

- 想定浸水深 1.0m
- 除塵機室とポンプ室、電気室の3区画からなる。電気室は嵩上げされており、浸水深以上である。以下のとおり設計した。

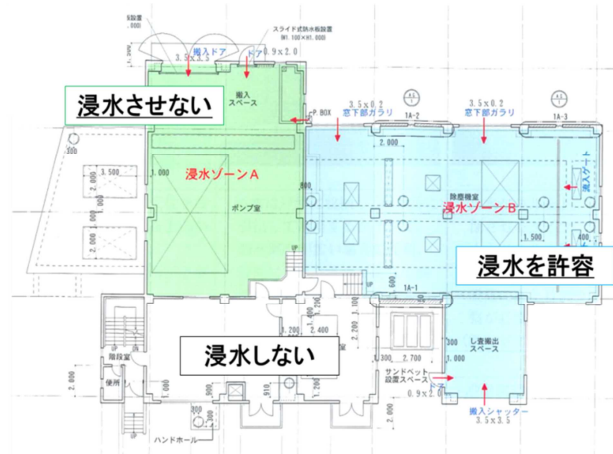


図-6 雨水ポンプ場 重点化区画の設定

- 除塵機室は、電動機等の主要部は浸水深以上にあり、補機のみが浸水深以下に位置するため、これを嵩上げすれば浸水の影響を受けないことから、重点化区画を設定した。（図-6）
- ポンプ室は、使用頻度の低い搬入シャッター部分は防水板を設置するが、作業動線となる片開き扉については防水扉へ改修する。
- 耐震対策工事の実施予定があるため、この詳細設計において浸水対策を考慮し、浸水深に合わせて開口部を閉塞（耐震壁化）するなど、耐震対策と浸水対策を両立する。

b) 長浜中継ポンプ場

- 想定浸水深は 2.0m であり、防水板等による簡易的な対策は困難である。
- 平屋建であり、高所への機器移設はできない。
- 中継ポンプ場のため地下構造部が深く（GL-16m）、部屋数と搬入出に伴う開口が多い。

当ポンプ場では浸水深が大きいいため、対策方法により費用に大きな差が生じることが想定されるため、表-4 に示す方法により比較検討を行った。具体的な対策方法については図-7(1)～(3)（次ページ）に示した。

比較検討により、建屋周囲全部を個別に対策する第1案が最も優位となった。第2案は、重点化区画を設定して電気室などを選択的に防水化する案である。しかし、

表-4 比較検討結果

比較項目	第1案 個別対策	第2案 重点化区画	第3案 止水壁
経済性 概算費用(千円)	39,000 ◎	48,000 ○	64,000 △
施工性	非常に複雑 △	複雑 ○	比較的単純 ◎
維持管理性	ほとんど変わらない ○	作業動線に支障 △	内水排除が必要 △
景観	ほとんど変わらない ○	ほとんど変わらない ○	壁に囲まれる △
総合評価	◎	○	△

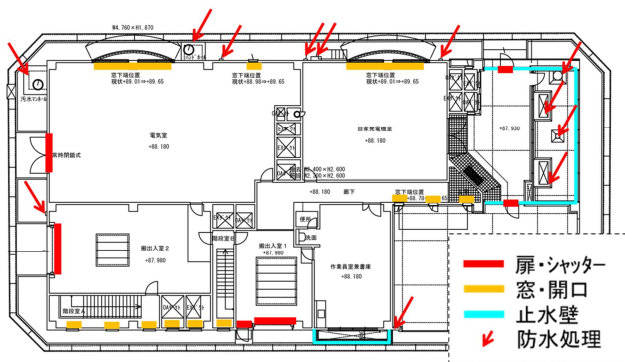


図-7(1) 長浜中継ポンプ場 第1案 個別対策

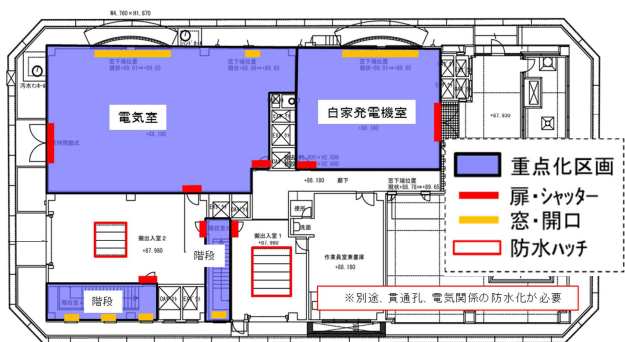


図-7(2) 第2案 重点化区画

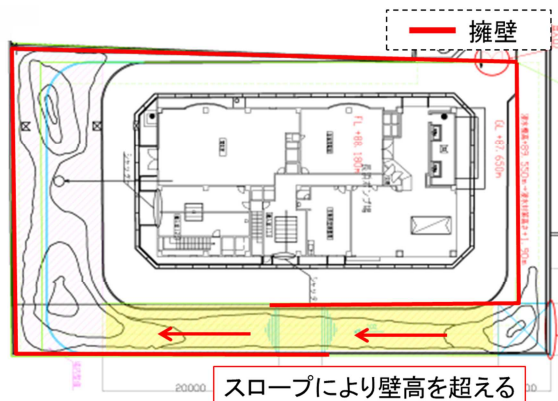


図-7(3) 第3案 止水壁

かえって対策箇所が多くなり不経済となった。また、第3案は止水壁により敷地を囲う方法であるが、当ポンプ場においては優位点は少なかった。止水壁による囲い込みは、規模の大きい施設において施設全体を対策することを想定した場合、開口部を個別に防水扉等に改修するより経済的になる場合があると考えられる。

c) 近江中継ポンプ場他

図-8に改修イメージを示す。浸水深が0.3mと低い近江中継ポンプ場では、基本的に防水板での対応である。また、浸水深1.2mの宇曾川中継ポンプ場における対応は、窓などの脆弱部は高上げし、浸水深以下は閉塞するなど、長浜中継ポンプ場と同様の考え方をとっている。



図-8 近江中継ポンプ場(上)
宇曾川中継ポンプ場(下)における対策の一部

(2) 浸水被害額と対策費用

各ポンプ場における浸水被害額と対策費用概算額を表-5に示す。ポンプ場が水没すると非常に大きな被害となることが分かる。それに対して対策費用は、被害額に比べて安価であり、対策の効果が高いと言える。

対策費用は、浸水深が大きくなると、防水板での対応が困難となって防水扉や防水シャッターを採用することとなるため費用は大きくなる。

一方で雨水ポンプ場のように、浸水を許容するエリアが設定できれば大きく費用を削減できる場合もあるが、室内に浸水を許容することはリスクを抱えることにもなる。隣室や地下階への浸水拡大の端緒となるばかりでなく、ひとつの電気系統の浸水・漏電によって設備系統全体がダウンすることも考えられることから、コスト削減によるメリットだけに目を奪われることのないようにしたい。

表-5 浸水被害額と対策費用概算額

ポンプ場	(千円)		対策工法	(千円)
	浸水深(m)	浸水被害額※		
近江	0.3	672,700	防水板×3	7,500
長浜	2.0	979,300	防水扉×4、防水シャッター×2 窓等改修、止水壁	39,000
宇曾川	1.2	908,800	防水扉×4、防水シャッター×1 窓等改修	38,000
雨水	1.0	767,300	防水扉×1、防水板×1	4,000

※ 浸水被害額とは、無対策のポンプ場が浸水した際に、水没する設備類の工事費相当額

5. 対策工事の実施

現在、本計画に基づき、鋭意対策工事を実施中である。実施状況写真を図-9、図-10 に示す。今後の維持管理や改築更新時に、浸水対策が活かされるよう、啓発看板等を設置している。

6. まとめ

本計画の策定にあたっては、本県において未対策となっているポンプ場の浸水防止対策に関して、想定浸水深をもとに、発生し得る事象について想像力を働かせながら、現地調査を繰り返して検討を進めた。

特に、既設のポンプ場における浸水対策として、すでに公表されている浸水想定区域図等を活用して客観的な浸水深を得ることが可能であり、これに基づき、土木・建築構造物の積極的な耐水化・防水化改修により、効果的に浸水対策が実施できることが示された。

当処理区におけるポンプ場は、いずれも現実的に対処可能な浸水深であった。しかし低地に建設されることの多いポンプ場は、それゆえに大きな想定浸水深に対処を求められる場合もあると思われる。このような場合、ハード対策とソフト対策を組み合わせ、一定規模以上の浸水を許容して早期復旧対策に注力するなど、それぞれの浸水特性に合わせた対応が求められることとなる。

浸水想定区域図作成マニュアルの改訂などにより、今後さらに多くの情報が盛り込まれたマップが公表されていくものと考え、これらをどのように活用していくかは、住民の生活環境を守る下水道管理者として重要な視点であると、本計画の策定を通じて認識を新たに

ところである。

参考文献

- 1) 日本下水道協会：下水道施設計画・設計指針と解説 2009年
- 2) 日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説 2014年
- 3) 国土交通省：国土交通白書 2012年
- 4) 国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き 24年 2月

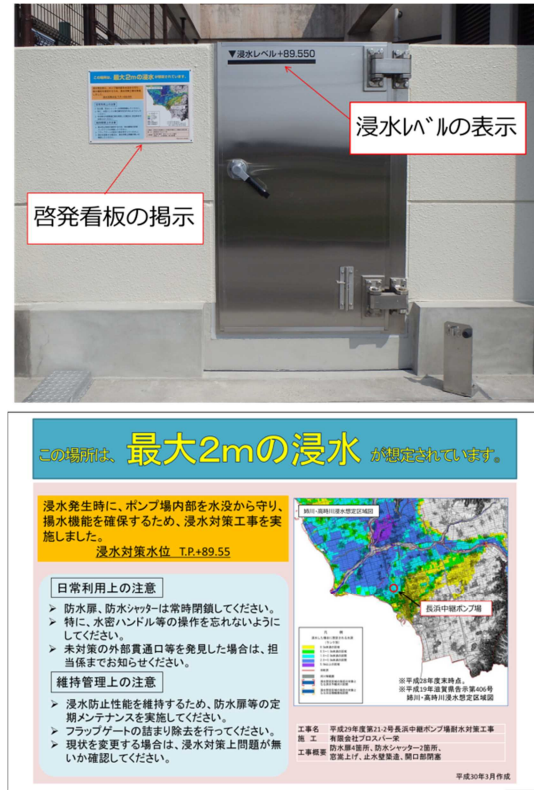


図-9 啓発看板の掲示



図-10 長浜中継ポンプ場における耐水対策工事実施状況