

3.3.2 下水道分野

(1) 被害調査、現地対応

東北から関東地方の沿岸にある処理場等では、津波による甚大な被害が生じた他、各地で下水処理場120箇所及びポンプ場112箇所に機能損傷や機能停止などの被害があった。また管路施設は主に液状化を原因として132市町村642kmの管きよが被災し、1カ月程度の使用制限など、継続的な下水道サービスの提供に支障が生じた。

東日本大震災では、災害時に自治体間で支援を行うための支援ルールの被害想定範囲を越えていたため、国土交通省が調整に乗り出した。未処理放流対策、市街地での溢水対策を最優先課題とし、対応策の指導、関係機関への連絡調整を行うため東北地方整備局に下水道災害復旧本部を設置した。国総研からは復旧本部立ち上げのため震災の翌日にTEC-FORCEとして現地入りし、その後も一カ月にわたり延べ18名の人員を派遣し技術的指導等を行った。



写真-3.3.2.1 下水道災害復旧本部(東北地方整備局)

(2) 被災概要

国総研では、東日本大震災で生じた下水処理場及び下水道管路施設の被害の要因を明らかにするために、被災した自治体に対しアンケート調査（有効回答率69%）を実施した。下水処理場内の個々の施設（23施設に細分化）と管きよを対象とした被災要因別被害割合を図-3.3.2.1に示す。

下水処理場では、津波によるものが54%、次いで地震動によるものが41%、液状化によるものが4%であった。管きよでは、液状化によるものが約90%を占めており、その中でも、新潟中越地震以降問題となった管きよの埋戻し土の液状化が66%と最も多い結果とな

った。また周辺地盤の液状化についても過去とは異なり、25%もの被害があった。

沿岸部の都市における下水処理場は、自然流下方式の採用及び公共用水域への放流の必要性から、必然的に海域に比較的近い場所に処理場が建設される。このため、今般の津波では、強力な波力による建築構造物の損傷及び電気・機械設備の浸水による故障の被害が多くみられた。しかし、現況の耐震対策指針類には、津波対策に関する記述がないことから、後述する検討委員会において、被害の実態を踏まえ、耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方が検討された。また下水道管路施設は、耐震未対策の施設が多く被災する中、周辺地盤の液状化で取付け管等から土砂が流入し、本管の被害が軽微な状況にもかかわらず土砂による閉塞や流下機能障害が発生した。このことから、埋戻し部の被害では、従来の液状化対策を進め、周辺地盤の液状化被害が発生した施設では、従来対象となっていない取付け管等についても液状化対策の対象とするような耐震対策指針の拡充が必要とされた。

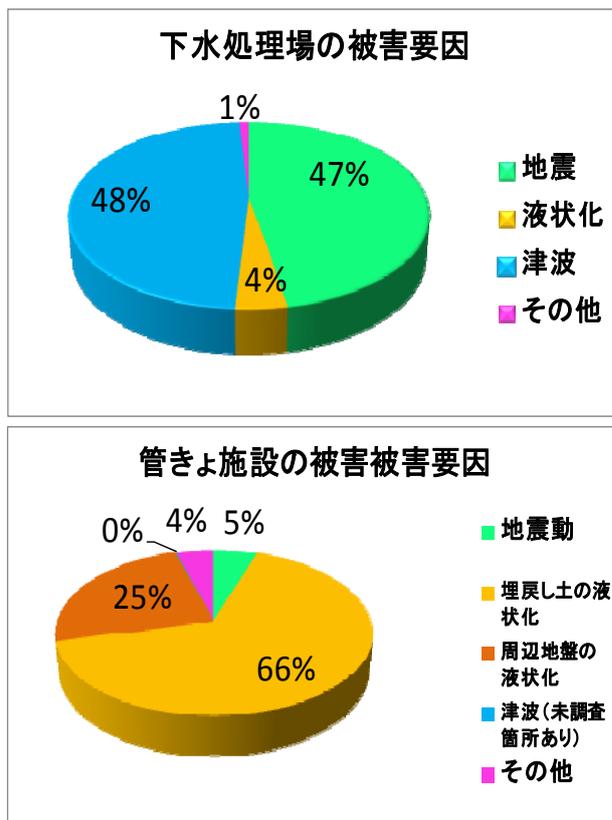


図-3.3.2.1 下水道施設被害要因

(3) 津波による処理場・ポンプ場の被害

津波の被害要因としては、波圧、漂流物、浸水が挙げられる。アンケート調査結果を基に場内施設（23施設区分）を対象とした被害要因別の被害割合を図-3.3.2.2に整理した。浸水及び波圧、漂流物のいずれの被害も多いが、処理場については、特に浸水による被害が大きく全体の42%を占め、次いで波圧（35%）であり、力学的エネルギーに加え、被水や冠水により被害が拡大したと考えられる。被害の代表事例を写真-3.3.2.2に示す。

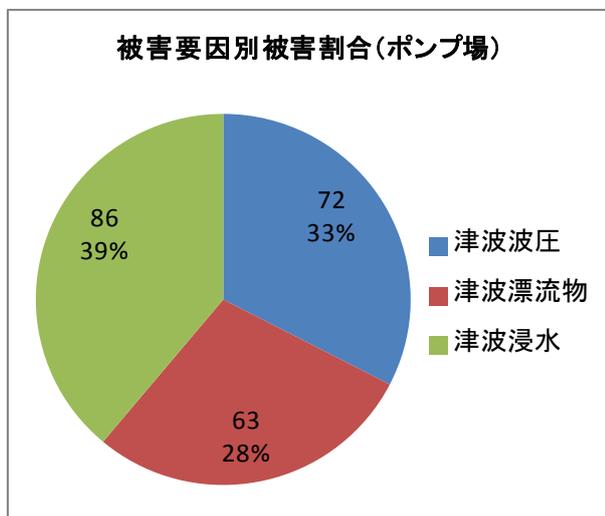
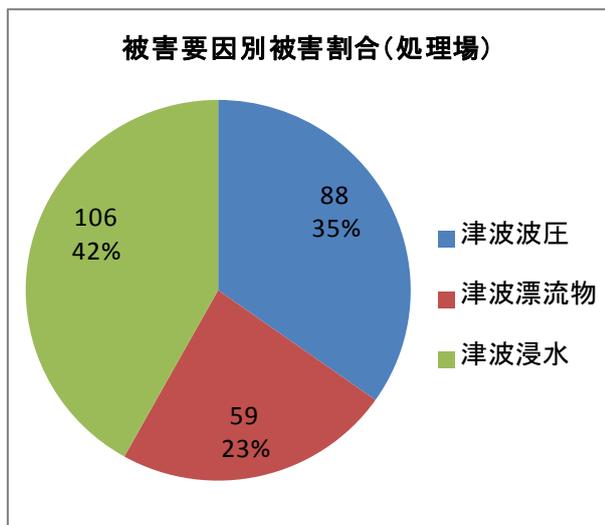


図-3.3.2.2 場内施設を対象とした被害要因別の被害割合



(a) 波圧による津波浸入方向の壁面被害



(b) 漂流物による建築物への直接被害



(c) 浸水による室内設備の水没被害

写真-3.3.2.2 処理場・ポンプ場における津波被害の代表事例

アンケートで得られた処理場内の施設（23施設区分）、ポンプ場内の施設（5施設区分）に対する被害情報を基に、津波による施設被害の特徴を分析する。地震動と津波による被害傾向を比較すると、津波被害では処理場・ポンプ場ともに電気設備の被害が多い傾向があった（図-3.3.2.3）。電気設備の被害では、津

波による電気室や水処理施設の現場操作盤などの水没や流出による機能停止が大半である。図-3.3.2.4,5より、処理場の機能復旧までの時間（機能停止時間）は、津波以外の要因により被害を受けた処理上では概ね1ヶ月以内には機能復旧しているが、津波被害を受けた処理上では復旧までの期間が長期化しており、大規模な処理場では通常処理への復旧に1年以上費やすものもある。被害が大きかった兵庫県南部地震での東灘処理場（神戸市）の機能復旧期間が約100日であったことを考えても、今回は稼働停止期間が長いことが分かる。

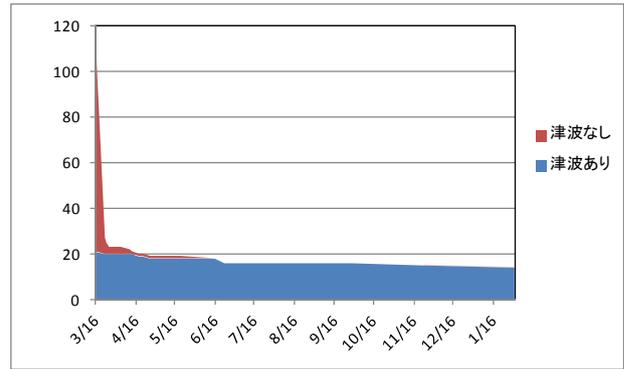


図-3.3.2.5 処理場における津波被害の比較

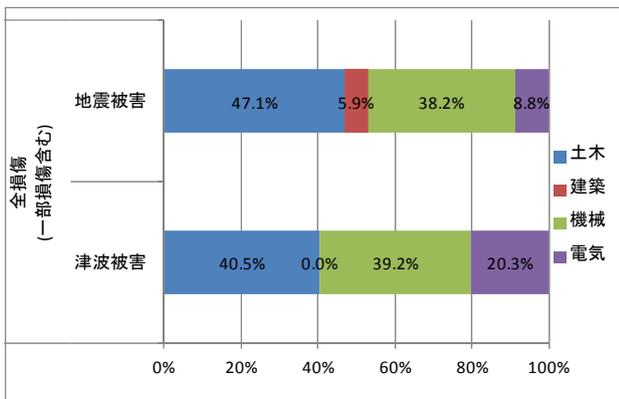
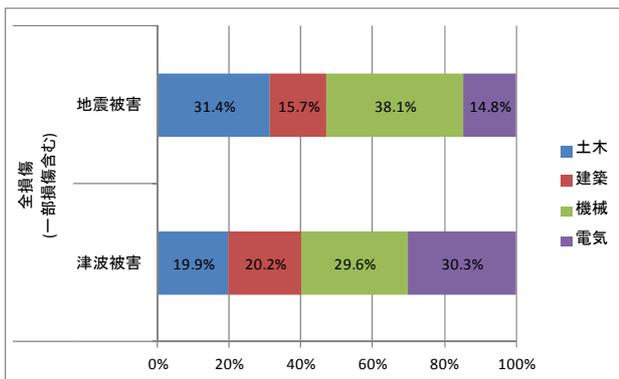


図-3.3.2.3 地震と津波の施設別被害の相対比較

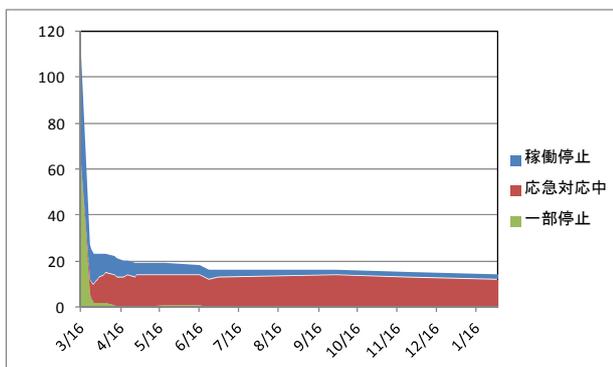


図-3.3.2.4 処理場における稼働停止状況

津波による浸水深と、処理場内の施設被害の程度との関係（図-3.3.2.6,7）を見ると、処理場では浸水深が小さければ、全機能停止ではなく一部機能停止にとどまる結果となっている。また、浸水深が1m～1.5m以上になると全機能停止が半数を超えることから、今後、対策の範囲や手法を検討する上で参考になると考えられる。なお、浸水深8.5m～9mの「機能に問題無」は流入きよ及び放流きよ・吐口における電気設備・機械設備のない土木施設である。一方、ポンプ場は浸水深が低くても全機能停止の被害率が高い結果であった。次に、津波による浸水深と被害の工種を見ると（図-3.3.2.8,9）、処理場では浸水深が0～4mまでは機械または電気設備被害が主体であるが、浸水深が大きくなると、被害工種が複合化（土木、建築、機械、電気）していることが分かる。また、浸水深が4mまでの場合は特に機械・電気工種への津波対策、それ以上になれば全工種を対象とした津波対策が必要であると考えられる。一方、ポンプ場は浸水深に関わらず機械・電気工種の被害割合が高かった。

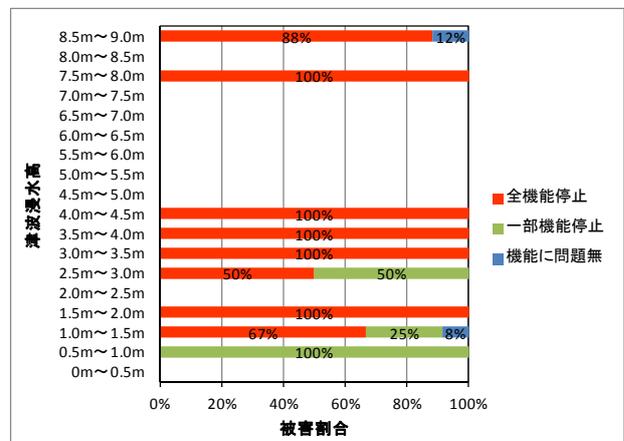


図-3.3.2.6 津波による浸水深と機能停止状況における被害割合の関係（処理場）

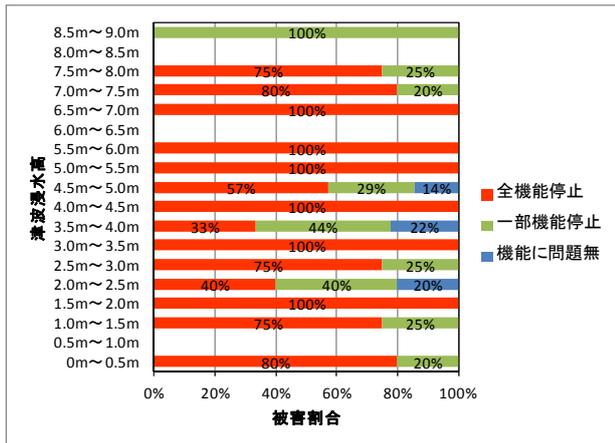


図-3.3.2.7 津波による浸水深と機能停止状況における被害割合の関係（ポンプ場）

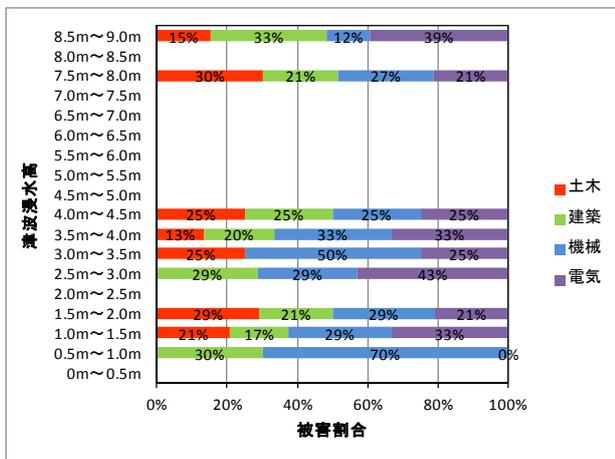


図-3.3.2.8 津波による浸水深と被害工種における被害割合の関係（処理場）

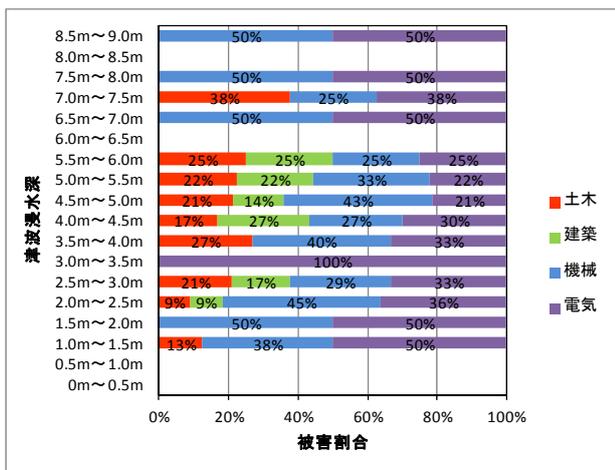


図-3.3.2.9 津波による浸水深と被害工種における被害割合の関係（ポンプ場）

(4) 下水道管路施設の液状化対策とその効果

1) 下水道管路施設の液状化対策

下水道管路施設の液状化対策工法は、「下水道施設の耐震設計指針と解説－2006年度版－」に記載がある。管きよの液状化対策工法としては、新潟県中越地震時（平成16年度）に設置された下水道地震対策技術検討委員会で緊急提言された図-3.3.2.10に示す、埋戻土の締固め、砕石等による埋戻し、埋戻土の固化の3工法がある。

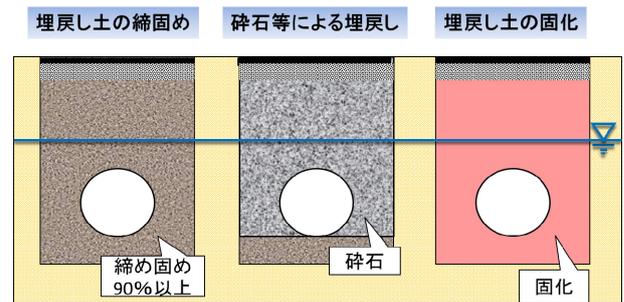


図-3.3.2.10 管きよの埋戻し3工法

2) 埋戻土の締固め

本工法は、管きよの埋戻し部の締固め度を90%以上確保することで、地震時の液状化を抑制するものである。被災地において液状化対策としての施工実施例は確認されていないが、宮城県及び福島県の道路土工の施工基準として「路床における締固め度90%」（以下、道路基準）があることから道路基準に基づく締固め度は確保されていたと推定される（図-3.3.2.11）。

道路土工	液状化対策	今回の施工
舗装 路盤		
90%以上	路床	90%程度以上 90%以上
85%以上(90%以上)	路体	90%程度以上 85%以上(90%以上)
	下水道管	90%程度以上 管周辺は遵守されていなかった

※（ ）内は、RI計器を用いた盛土の締固め管理を行った場合

図-3.3.2.11 締固め基準

しかしながら、道路基準が設定されていた箇所における下水道管きよの一部で、路面異常やたるみ等の被害が確認されている。これは、道路基準が「路床」及び「路体」に設定されていることから、路体下の管き

よ基礎やその埋め戻し部に対してその基準値が遵守されていないためと考えられる。よって、下水道管きよの液状化対策を行う際には、より厳しい施工管理が必要と考えられる。また、一般に管側部の埋戻しは転圧のための機械が入るスペースが無いこと、塩化ビニル管は特に管頂部の施工においてオーバーコンパクション現象が生じることがあること、土質によっては締固め度90%の確保が困難なことがあるなど、締固め工法の施行にあたっての課題が多く残されている。

3) 砕石等による埋め戻し

本工法は、埋戻し材料に砕石を用いる方法であり、小口径管きよでは、多くの場合、砕石に対抗可能なリップ付き塩ビ管等が用いられる。リップ付き塩ビ管の施工方法は、管周りのみを砕石に置換する方法が一般的であるが、液状化対策を目的とする工法では、地下水位より上部まで（若しくは埋め戻し部全部）を砕石で埋め戻すことが最も重要である。

被災地内での採用箇所は震度7を記録した栗原市の一部で採用されている程度である。本地区では、同一路線上に前出の一般的な施工箇所と液状化対策箇所が存在する。今回の震災では一般的な施工箇所では車両通行が不可能となる大きな路面異常が発生したが（写真-3.3.2.3）、液状化対策箇所では、路面が若干沈下した程度の被害であり、その効果が確認された（写真-3.3.2.4,5）。

ただし、液状化対策を施工した一部の管きよ（約20m）で被害程度は小さいものの管きよのたわみ及び路面異常が発生しており、その原因究明のための調査を行った。調査にあたっては、施工時の工事書類確認と当時の工事担当者へのヒアリングを実施した。この結果、使用した砕石の種類と、施工時の矢板引き抜きに関して問題があると推察された。使用した砕石については、耐震指針において透水性の高い材料として10%通過粒径 $D_{10} \geq 1 \text{ mm}$ の材料を推奨しているが、現場で使用されていたのは $D_{10} \geq 600 \mu\text{m}$ であり、細粒分が多く含まれていた。このため、液状化時の過剰間隙水圧消散効果が低下し、被害につながったものと推察された。矢板の引き抜きについては、引き抜きに伴い地山と埋め戻し部に空隙が生じ、埋め戻し部の締固めが緩んだ可能性が当時の施工担当者により示唆されている。



写真-3.3.2.3 標準施工（未対策）



写真-3.3.2.4 液状化対策工（被害無）



写真-3.3.2.5 液状化対策工（被害有）

4) 埋戻土の固化

(a) 栗原市における被災原因分析

栗原市ではセメント固化対策延長2500mに対して54mが被災した。被災箇所は、岩手宮城内陸地震時に被災し、本復旧時にセメント固化剤による改良土を使用した鶯沢地区である。被害の程度について、固化施工済みの管きよでは、たるみ及び継ぎ手ズレが発生したが流下阻害にはなっていない。ただし、固化施工済みの一部のマンホールで4～11cmの浮上りが確認された。液状化未対策の浮上が5～10cmであり、ほぼ同程度の被害を受けている（写真-3.3.2.6, 7）。



写真-3.3.2.6 標準施工（未対策）



写真-3.3.2.7 液状化対策施工箇所（被災箇所）

被災原因を明らかにするために実施した、被災箇所における現地の土質調査及び被災状況の分析結果を述べる。土質調査は、被災ありと被害無しの2箇所について、標準貫入試験、一軸圧縮強度試験を行った他、セメント添加量を推定するための酸化カルシウム分析を実施した。この結果、表-3.3.2.1に示すとおり、一軸圧縮強度試験は1断面あたりの平均一軸圧縮強度は2箇所とも基準値（50～100kPa）を下回る結果となった他、調査深度が深い位置の土は特に強度が発現していなかった。N値については、2箇所とも同程度の値を示している他、セメント添加量は事前配合（50Kg/m³）に近い混入率が確認できた（表-3.3.2.2）。

また、施工当時の状況についてヒアリングしたところ、セメント混合は現地攪拌（バックホウによる3回攪拌）であったこと、攪拌後の仮置きが1日程度であったことが分かった。また、不具合のあった部分のみの布設替えであったことから、スパン全体もしくはマンホール全周の固化が実施されておらず、今回の被害はこの場所に集中していることが分かった。

以上の結果を整理すると、セメントの必要添加量は満たしているものの、埋め戻し時の施工上の問題により適正な強度が得られなかったことが推察される。

新潟県中越沖地震の際に設置された下水道地震対策技術検討委員会では、セメント系固化による埋め戻し時の施工上の留意点が提言されており、この提言と現地土質試験及び現地の施工状況を照らし合わせると、主な原因として下記が考えられる。

- ・部分的な固化対策をしたことから、十分な効果が得られなかった。
- ・セメント混合は現地攪拌（バックホウによる3回攪拌）であったが、攪拌不足のため強度にばらつきが生じた。
- ・セメント攪拌後に仮置き（1日程度）したために、十分な強度が発現しなかった。
- ・深い位置の強度が低いことから、管周りの転圧が十分でなかった可能性がある。

表-3.3.2.1 栗原市における一軸圧縮強度試験結果

調査深度	被害有り		調査深度	被害なし		深度別 平均値
	孔-No1	孔-No2		孔-No3	孔-No4	
1.8～2.75m	76kpa	68kpa	1.5～2.3m	42.5kpa	18.4kpa	51.2kpa
2.75～3.35m	12.6kpa	12.2kpa	2.6～3.54m	12.6kpa	11.4kpa	12.2kpa
1断面当たり 平均値	44.3kpa	40.1kpa	1断面当たり 平均値	27.6kpa	14.9kpa	31.7kpa

表-3.3.2.2 栗原市土質調査結果一覧

調査項目	被害有り		被害なし	
	孔-No1	孔-No2	孔-No3	孔-No4
貫入試験 (JGS1443)	上部：5	上部：4	上部：6	上部：7
	下部：5	下部：13	下部：8	下部：8
酸化カルシウム (JISR5202)	—	上部： 推定セメント量=38.7kg/m ³	—	上部： 推定セメント量=69.4kg/m ³
	—	下部： 推定セメント量=43.9kg/m ³	—	下部： 推定セメント量=34.5kg/m ³

※上部：「被害あり」の孔はGL-1.8～2.75m、「被害なし」の孔はGL-1.5～2.3mの調査位置。

※下部：「被害あり」の孔はGL-2.75～3.35m、「被害なし」の孔はGL-2.6～3.54mの調査位置。

※酸化カルシウム分析結果は、分析で得られた乾燥ベースにおけるセメント量（％）と土質調査から得られた土の乾燥密度に基づき推定したセメント含有量を示した。

表-3.3.2.3 施工年度別の整備延長と災害復旧延長

処理分区	大曲南処理分区			大曲北処理分区			合計		
	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)	整備延長 (m)	災害復旧 延長(m)	被害率 (%)
平成16年度	0	—	—	2,742	8	0.29	2,742	8	0.29
平成17年度	3,238	243	7.49	2,453	52	2.12	5,690	294	5.18
平成18年度	3,104	0	0.00	2,096	0	0.00	5,201	0	0.00
平成19年度	3,769	41	1.10	2,114	0	0.00	5,883	41	0.71
平成20年度	2,256	0	0.00	0	—	—	2,256	0	0.00
平成21年度	632	0	0.00	0	—	—	632	0	0.00
合計	12,999	284	2.18	9,405	60	0.64	22,404	344	1.54
固化対策延長 (平成17年度以降)	12,999	284	2.18	6,663	52	0.78	19,662	336	1.71

(b) 東松島市における被害状況

東松島市では、平成17年度から液状化対策としてセメント系固化による耐震化を進めている（表-3.3.2.3）。被災した箇所について詳細に分析すると、平成17年度に施工した箇所は被害率5.2%に対し、平成18～21年度に施工した箇所は0～0.7%で平成17年度に施工した箇所に集中している。施工担当者へのヒアリングによれば、17年度は耐震化事業初年度で施工管理において十分な指導ができていなかったとして、18年度から事前配合の立ち会いや指示等の適正化を図ったとのことである。施工管理の適正化において留意した事項は下記の通り。

- ・現地でのセメント混合時の立ち会い（全数量に対して実施）
- ・現場発生土毎（1工事あたり3箇所）に一軸圧縮強度試験を行い、セメント配合量を決定した。

(5) 復旧対策対応

1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会

東日本大震災で被災した下水道施設の適切な応急復旧及び再度災害を防止する本復旧を行うため、（社）

日本下水道協会と国土交通省で、表-3.3.2.4に示す学識者等からなる「下水道地震・津波対策技術検討委員会」を震災発生の1か月後の4月12日に設置した。

委員会には、上記の学識委員の他に、行政代表の委員、国土交通省及び日本下水道協会からの特別委員で構成される。国総研からは、下水道研究部長が特別委員として参画するとともに、下水道研究官と下水道研究室が中心となって、委員会事務局として、委員会での検討事項の調整、被災の要因分析や復旧方策等の技術的な検討を行った。

本検討委員会では、緊急対応、応急復旧、本復旧の技術的課題に対し、技術的提言や復旧のあり方などを順次取りまとめ公表した。表-3.3.2.5は、委員会の検討経緯を示したものである。最終報告については、平成24年5月18日に、「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 ー東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方ー」として、国土交通省から公表されている。

被災地では、これら提言に基づき、本復旧が進められているところである。

表-3.3.2.4 下水道地震・津波対策技術検討委員会の委員構成

委員長	濱田政則	早稲田大学 理工学部 社会環境工学科 教授
学識委員	今村文彦	東北大学大学院 工学研究科付属災害制御研究センター 教授
	大村達夫	東北大学大学院 工学研究科 土木工学専攻 教授
	中林一樹	明治大学 政治経済学科 研究科 特任教授
	野村充伸	日本下水道事業団 技術戦略部長
	藤間功司	防衛大学校システム工学群建設環境工学科 教授
	藤本康孝	横浜国立大学 工学部 電子情報工学科 准教授
	松尾修	(財)先端建設技術センター 普及振興部長
	安田進	東京電気大学 理工学部 建設環境工学科 教授

表-3.3.2.5 下水道地震・津波対策技術検討委員会の検討経緯

日 時	委員会等	検討事項/技術支援
平成 23 年 4 月 12 日	第 1 回委員会	・下水道施設の被害状況と復旧・支援状況について ・復旧にあたっての技術的課題について
4 月 15 日	下水道施設の復旧にあたっての技術的緊急提言を公表（第 1 次提言）	公衆衛生の確保の考え方、出水期に向けた緊急浸水対策の考え方、下水道施設の復旧の考え方についてとりまとめられ、国土交通省から、下水道部下水道事業課企画専門官通知として、被災を受けた都県・政令市に提言を发出
5 月 24 日	第 2 回委員会	・被害状況と復旧状況について ・段階的応急復旧方策のあり方について ・機動的な公衆衛生の確保方策のあり方について
6 月 13 日	段階的応急復旧のあり方を公表（第 2 次提言）	本復旧までに要する期間に応じて、応急復旧を実施し、段階的な放流水質の向上を目指すための基本的な方針についてとりまとめられ、国土交通省から、下水道部下水道事業課企画専門官通知として、被災を受けた都県・政令市に提言を发出
7 月 19 日	第 3 回委員会	・被災した下水道施設の本復旧のあり方
8 月 11 日	東日本大震災で被災した下水道施設の本復旧のあり方を公表（第 3 次提言）	下水道施設の本復旧にあたっての基本方針、本復旧における津波への対策方針、本復旧における液状化等による地盤の変状への対策方針、その他の留意事項についてとりまとめられ、国土交通省から、下水道部下水道事業課企画専門官通知として、被災を受けた都県・政令市に提言を发出
10 月 17 日	第 4 回委員会	・東日本大震災直後の復旧対応状況とBCPのあり方について ・東日本大震災発災後の復旧対応状況と課題 ・東日本大震災における広域支援状況について ・東日本大震災における全面的な液状化被害の事例報告、等
12 月 25 日	第 5 回委員会	・東日本大震災における下水道施設被害の総括 ・下水道処理施設の復旧工程 ・津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方、等
平成 24 年 2 月 24 日	第 6 回委員会	・下水道施設被害の総括 ・耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方 ・下水道施設指針類のあり方、等
3 月 6 日	耐津波対策を考慮した下水道施設設計の考え方を公表（第 4 次提言）	東日本大震災を踏まえ、今後、巨大地震に伴う大規模な津波が想定される地域の下水道施設に適用すべくとりまとめられ、国土交通省から、下水道部下水道事業課企画専門官通知として、都道府県・政令市に提言を发出
3 月 22 日	第 7 回委員会	・耐震性及び耐津波性の向上に向けての防災目標・減災目標について ・下水道地震・津波対策技術検討委員会最終報告書（案）
5 月 18 日	下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書を公表	委員会における審議内容のすべてを網羅した「下水道地震・津波対策技術検討委員会報告書 ー東日本大震災における下水道施設被害の総括と耐震・耐津波対策の現状を踏まえた今後の対策のあり方ー」をとりまとめ、公表

委員会の最終報告において示された今後の耐震・耐津波対策における新たな視点は以下の通りである。

(a) 管路施設の耐震対策

- ・埋戻し部の液状化対策としては、施工管理上の問題と解決策の検討や工法の技術的な理解度を向上させるためのマニュアル等の充実化が必要
- ・周辺地盤の液状化対策としては、人孔躯体のズレ防止、または目地部からの土砂流入防止技術の開発が必要

(b) 管路及び処理場・ポンプ場の耐津波対策

- ・管路の対策としては、人孔蓋の飛散防止対策を講じる他、水管橋での流出被害、マンホールポンプの配電盤等の水没被害を想定した事後対策となる下水道BCPの推進が必要
- ・処理場・ポンプ場の対策としては、施設及び設備の防水化や早期復旧を目的としたコンクリート覆蓋の採用、ガスホルダー等の流出防止対策や津波の荷重及び浸入方向を考慮した施設構造の採用など、段階的な対策が必要

(c) 復興への新たな取り組み

- ・下水道施設の本復旧にあたっては、21世紀における希望ある復興にふさわしい技術を取り込み、地域に貢献できるシステムを積極的に導入すべき
- ・「復興スキーム検討分科会」を設置し、気仙沼市と仙台市のモデルプロジェクトについて、技術的な知見のみならず、復興まちづくりへの貢献の視点、再生資源や再生可能エネルギーの流通等を踏まえたフィージビリティの観点からの事業化調査を実施

(d) 耐震・耐津波対策の現状と課題

- ・下水道施設の耐震化をはじめ、体制面の対策を含む下水道の耐震対策が推進されてきているものの、依然として多くの地方公共団体においてその取り組みが進まない状況
- ・耐津波対策についても、アンケート調査結果から、ほとんど対策が実施されていない状況
- ・既存施設の耐震化の促進に加え、今後は耐津波対策に着手することが喫緊の課題

(e) 耐震対策・耐津波対策を進めるにあたっての基本的考え方

a) 基本的な考え方

・構造面での耐震化、耐津波化の確保により「防災」を図ること、住民生活への影響を最小限に抑える「減災」を図ることを基本

・下水道が有すべき機能の必要度や緊急度に応じて、優先順位を明確化するとともに、段階的に耐震性能の向上を図るなど、実施可能な対策から順次耐震化を実施

・耐津波化の新たな技術基準を規定することを検討するとともに、津波防災地域づくり法の既定により、「最大クラスの津波」を念頭において都道府県知事が設定・公表する「津波浸水想定」に基づき、耐津波対策を実施

・下水道施設被害による社会的影響を最小限に抑制し、速やかな復旧を可能にするため、下水道BCPの策定に着手するとともに、災害支援ルール策定などソフト対策の充実を図り、ハード整備とソフト対策が一体となった耐震・耐津波対策を推進

b) 耐震性及び耐津波性の向上に向けての防災目標

・既存施設の耐震性及び耐津波性の向上を図るために、地震・津波時において下水道が有すべき機能の必要度や緊急度に応じて、段階的な短期、中期及び長期の整備目標を設定

・耐津波対策の短期目標としては、機能停止した場合の被害が大きい管路施設の逆流防止機能及びポンプ場と処理場の揚水機能について、耐津波補強等の耐津波化を行うとともに、人命確保の観点から必要となる避難施設等の整備を実施

c) 耐震性及び耐津波性の向上に向けての減災目標

・耐震・耐津波対策は、防災目標による耐震化・耐津波化を基本とするが、その対策が十分整わない状況下で被災した場合にも、暫定的対応に直ちに着手し、最低限の目的を達成するため、施設の段階的整備状況に応じた下水道BCPの策定を基本とする短期、中期の整備目標を設定

・耐津波対策の短期目標としては、下水道BCPを早急に策定するほか、定期的な訓練や浸水被害の軽減のための可搬式ポンプや可搬式発電機の備蓄、被災時における調達ルートの確保等の措置を実施

(f) 下水道耐震対策指針類の課題とあり方

・取付管の液状化対策やマンホール横ずれ防止などの設計手法について検討を進めるほか、埋戻し3工法の施工管理上の配慮や新材料の追記等、指針類の内容拡

充及び充実化

・耐津波対策に関する詳細な施設設計手法を検討するほか、耐津波化すべき施設の優先順位の設定手法の検討が必要

2) 下水道 BCP 策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会

東日本大震災の経験と教訓を共有し、津波災害時に下水道の機能を回復し、地域の衛生環境を保持するため、国土交通省は、表-3.3.2.6に示す学識者等からなる「下水道BCP策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会」を平成23年12月20日に設置した。委員会には、

上記委員の他に国総研から、下水道部長及び危機管理技術センター地震防災研究室長が委員として参画した。

表-3.3.2.7は、委員会の検討経緯を示したものである。最終報告については、平成24年4月2日に、「下水道BCP策定マニュアル～第2版～（地震・津波編）」として、国土交通省から公表されている。被災地のみならず他の地域でも、本マニュアルに基づき下水道BCPの策定が進められているところである。

委員会の最終報告において示された下水道BCPの策定フローは図-3.3.2.12の通りである。

表-3.3.2.6 下水道 BCP 策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会の委員構成

<有識者>		
委員長	中林一樹	明治大学大学院政治経済学研究科特任教授
	藤間功司	防衛大学校システム工学群建設環境工学科教授
	辻禎之	株式会社三菱総合研究所科学・安全政策研究本部主任研究員
<行政関係者>		
	菅原敬二	宮城県土木部下水道課長
	渋谷昭三	仙台市建設局下水道事業部次長兼部長
	長峰敏幸	浦安市都市環境部部長
	巖岩滋之	東京都下水道局計画調整部計画課課長
	山本智	大阪市建設局西部方面管理事務所所長
	畑恵介	神戸市建設局下水道河川部長
<関係団体>		
	篠田康弘	公益社団法人日本下水道管路管理業協会常務理事
	佐伯謹吾	社団法人日本下水道協会理事兼技術部長
	小林一郎	社団法人日本下水道施設業協会専務理事

表-3.3.2.7 下水道 BCP 策定マニュアル（地震・津波編）検討委員会の検討経緯

日 時	委員会等	検討事項／技術支援
平成 23 年 12 月 20 日	第 1 回委員会	<ul style="list-style-type: none"> ・東日本大震災後の復旧対応状況と課題について ・東日本大震災の事例を踏まえた下水道 BCP のあり方について
平成 24 年 2 月 1 日	第 2 回委員会	<ul style="list-style-type: none"> ・マニュアル改訂の方向性について ・東日本大震災における津波被害と想定方法について ・下水道 BCP で扱う被害想定について ・復旧対応事例掲載及び下水道 BCP 策定時の留意点について
2 月 29 日	第 3 回委員会	<ul style="list-style-type: none"> ・マニュアル改定案について

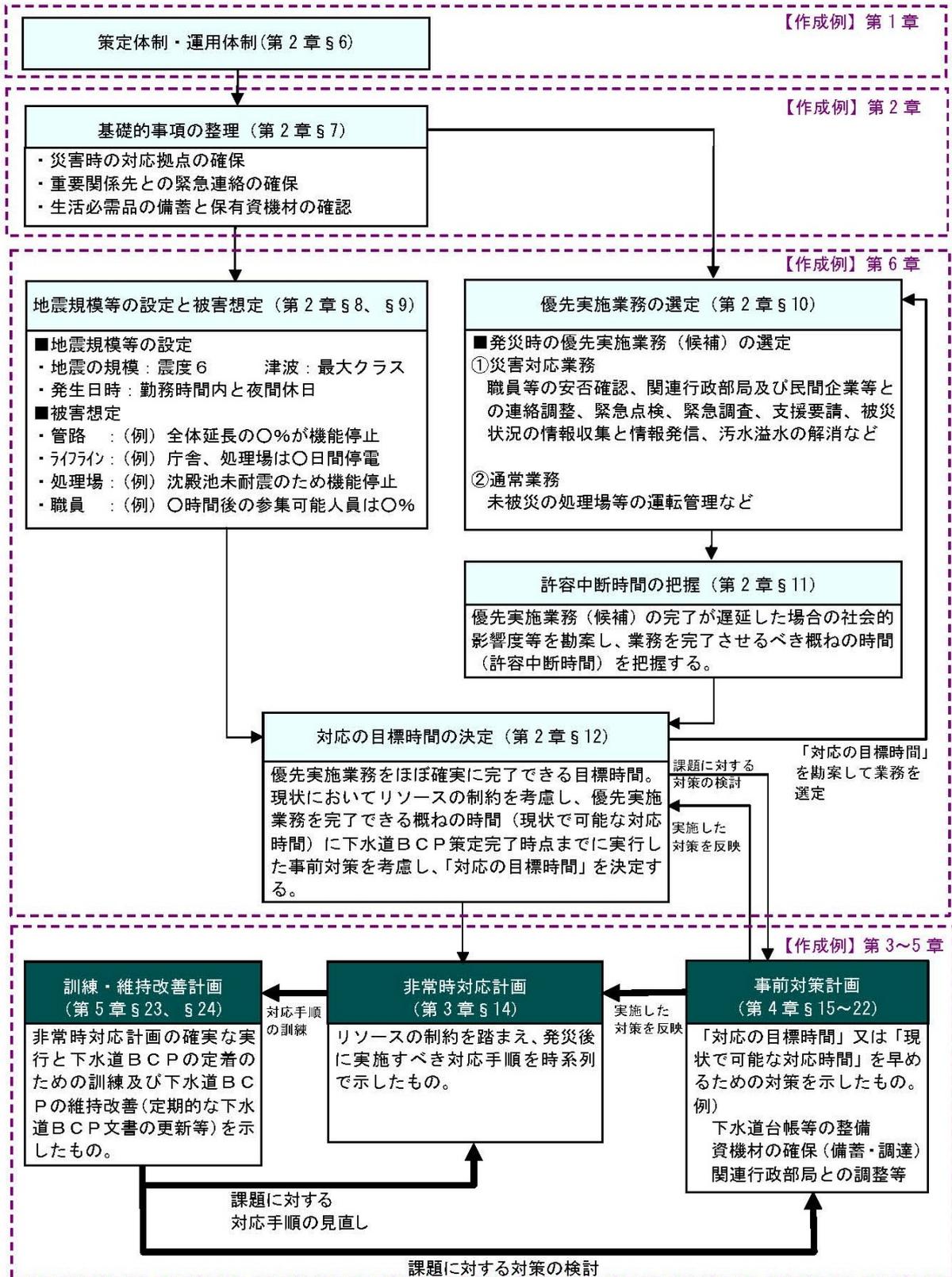


図-3.3.2.12 下水道BCPの計画策定フロー

3) 下水道における放射性物質対策に関する検討会

ライフラインの一つとして必要不可欠な下水道が、その機能を適切に維持していくために、国土交通省下水道部では表-3.3.2.8 に示す学識者等からなる「下水道における放射性物質対策に関する検討会」を設置した。本検討会では、放射性物質により被害を受けた状況等を的確に把握するとともに、原子力災害対策本部の通知等を踏まえ、下水道管理者が取るべき今後の対応について、各方面の有識者からの意見を取りまとめた。

検討会には、上記の学識委員の他に、地方公共団体の委員、国土交通省及び日本下水道協会からの特別委

員で構成される。国総研からは、下水道研究部長が特別委員として参画するとともに、下水処理研究室が中心となって、委員会事務局として、下水道に関連する放射性物質の挙動の実態調査と解明等の技術的な検討を行った。

本検討会では表-3.3.2.9 に示す通り検討を重ね、中間報告については、平成 23 年 11 月 25 日に、「下水道における放射性物質対策に関する検討会 中間とりまとめ」として、国土交通省から公表されている。同とりまとめにおいて示された下水道における放射性物質対策に関する主要な点は次の通りである。

表-3.3.2.8 検討会の委員構成（順不同・敬称略）（平成 24 年 5 月 28 日現在）

座長	楠田 哲也	北九州市立大学国際環境工学部教授
委員	木村 英雄	独立行政法人日本原子力研究開発機構安全研究センター 廃棄物安全研究グループ研究主幹
〃	佐藤 弘泰	東京大学大学院新領域創成科学研究科准教授
〃	鈴木 穰	独立行政法人土木研究所材料資源研究グループ長
〃	高岡 昌輝	京都大学大学院工学研究科教授
〃	藤本 裕之	日本下水道事業団技術開発審議役兼国際室長
〃	森口 祐一	東京大学大学院工学研究科都市工学専攻教授
〃	森澤 眞輔	京都大学 iPS 細胞研究所特定拠点教授
〃	山西 弘城	近畿大学原子力研究所第 3 研究室准教授
特別委員	黒住 光浩	東京都下水道局計画調整部長
〃	長澤 信一	福島県土木部下水道課長
旧委員	中沢 均	日本下水道事業団技術開発審議役兼国際室長
〃	杉浦 紳之	独立行政法人放射線医学総合研究所緊急被ばく医療研究センター長
旧特別委員	松浦 将行	東京都下水道局流域下水道本部長
〃	成田 良洋	福島県土木部下水道課長

表-3.3.2.9 検討会の検討経緯

日時	検討会等	検討事項
平成 23 年 6 月 17 日	第 1 回検討会	下水汚泥中における放射性物質検出状況の把握、今後の検討事項について等
7 月 25 日	第 2 回検討会	処理場周辺地域の環境、下水処理場における放射性物質の挙動について等
8 月 29 日	第 3 回検討会	放射性物質の挙動、高放射能濃度下水汚泥の保管方法について等
10 月 4 日	第 4 回検討会	・ 8,000Bq/kg を超え 10 万 Bq/kg 以下の下水汚泥焼却灰等の処分方法に関する方針 ・ 中間とりまとめ（案）について等
11 月 16 日	第 5 回検討会	・ 中間とりまとめ（案）、三次補正による調査について等
平成 24 年 5 月 28 日	第 6 回検討会	・ 平成 23 年度 3 次補正予算等による実態調査の報告について等

(a) 放射性物質が検出された下水汚泥に関する課題と取組状況

放射性物質は、関東・東北地方を中心に広範囲の環境中で検出されており、下水汚泥からも広範囲の下水処理場で放射性物質が検出されているが、濃度は減少傾向にあり、今後も同様と見込まれる。しかし、下水汚泥の有効利用・処分の中断により保管量が増加しており、受け入れ先・保管先の確保、減容化などの対策が急務となっている。

(b) 放射性物質を含む下水汚泥の保管及び情報提供の状況

保管・モニタリング状況、周辺住民の安全性の確保、及び情報提供のあり方などについて自治体へのアンケート調査を実施し、脱水汚泥等の保管を行っている全ての処理場において、容器への封入等による飛散の防止、遮水シート等による雨水浸入防止等が図られ、安全性の観点で適切に保管されていることを確認した。しかし、保管を継続する中で、汚泥の臭気等の新たな問題が顕在化してきていることが明らかになった。

また、放射能のモニタリングについては、汚泥核種分析のほか、下水処理場敷地境界等において空間線量の測定が着実に実行されており、周辺住民の安全性が確保されていた。放射能の測定結果は、ホームページや住民説明会等を通じて測定結果を周知しているほか、地域特性に応じた取り組み（住民参加型の測定会等）が行われており、検討会の中間とりまとめでは、情報提供の実施例を踏まえ、適切な情報提供のあり方について具体的に整理して提示した。

(c) 下水道に関連する放射性物質の挙動

放射性物質の処理場への流入状況を調査し、合流式

下水道では降雨時に高濃度の放射性物質が流入していることを確認した。また、処理場内での挙動を調査したところ、放射性物質は処理場で主にエアレーションタンクに蓄積され、汚泥濃縮、脱水等の処理過程で濃縮されていた。放射性物質の一部は返流水により系内を循環するが、流入量の減少と汚泥引抜により減少する傾向にあり、脱水汚泥の放射性物質濃度も、長期的に減少する傾向であった。

放流水中の放射性物質はほぼ不検出であり、検出の場合も水中濃度限度（Cs134 で 60Bq/L、Cs137 で 90Bq/L、濃度の割合の合計が 1 以下）を大幅に下回った。また、汚泥焼却施設の排気中も不検出であった。

下水汚泥焼却灰・溶融スラグを用いて、放射性物質の溶出試験を行ったところ、水と接触してもほとんど溶出しにくいことを確認した。

以上から、放射性セシウムは主に汚泥に移行しており、汚泥の適切な処理が最も重要であることが明らかとなった（図-3.3.2.13）。

(d) 放射性物質を高濃度に含む下水汚泥の保管

原子力災害対策本部より 6/16 付けで通知された「放射性物質が検出された上下水処理等副次産物の当面の取扱いに関する考え方」を踏まえ、放射性物質を高濃度に含む下水汚泥の保管や保管期間の長期化にあたっての今後の具体的な対応策を検討した。

下水汚泥の保管に当たり、通常はフレキシブルコンテナ（フレコン）によって対応できるが、保管場所が狭小で高く積み上げる必要がある場合等は、フレコンを 20 フィートコンテナ等に収納する方法やフレコンの代わりに 200L ドラム缶に収納する方法などの代替手法が適用可能であるとした。

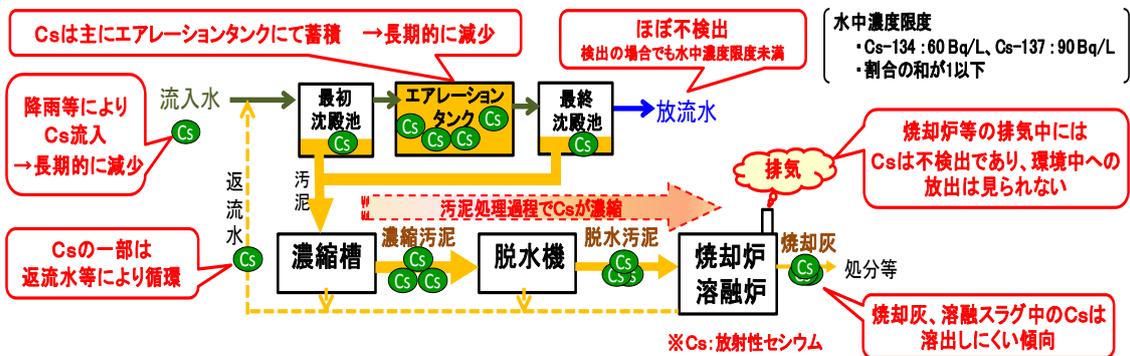
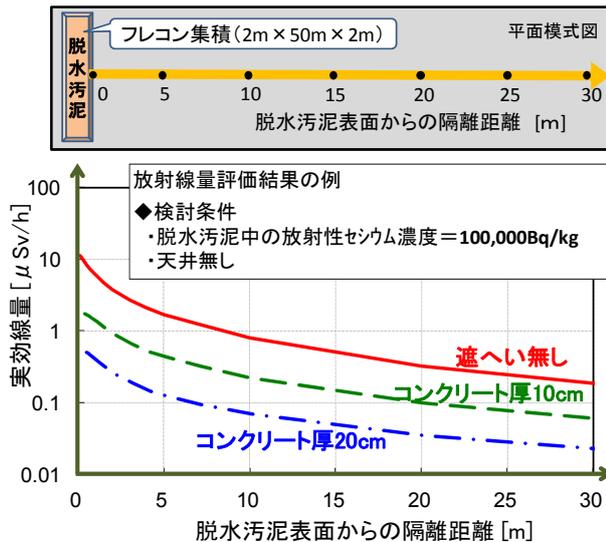


図-3.3.2.13 下水処理過程における放射性セシウムの挙動イメージ



【放射線遮への評価結果の例】

フレコン集積 (2m × 50m × 2m)、保管物放射能濃度 100,000Bq/kg の場合で、以下のいずれかの対応により、作業者の被ばくを 1 μSv/h 以下にすることが可能。

- ・ 10m 以上の隔離距離を保つ
- ・ 20cm 以上のコンクリートで遮へい
- ・ 5cm 以上の鉄板で遮へい

図-3.3.2.14 実効線量に対する隔離距離や遮への効果

放射線の遮断については、コンクリート構造物等による遮へいや隔離距離による低減による遮断効果を具体的に計算し、結果を分かりやすく図化した (図-3.3.2.14)。

また、適切な放射線監視の具体的方法として、定期的及び降雨後における脱水汚泥等の放射能濃度測定を実施すること、作業エリアや敷地境界等での空間線量率を測定すること、受動型の個人線量計等による測定を行うこと、及び焼却施設等の排気については空气中濃度限度 (Cs134 で 20Bq/m³、Cs137 で 30Bq/m³、濃度の割合の合計が 1 以下) を下回ることを確認することとした。

放射性物質を含む汚泥については、長期にわたる保管を前提として適切な管理体制を構築することが必要であり、このため放射性廃棄物の種類、表面線量当量率等をロット単位で合理的に記録・管理しておくべきである。

(e) 下水汚泥の減容化等の手法

脱水汚泥の保管や減容化施設の導入にあたっては、

減容化等の手法 (乾燥、炭化、焼却、熔融) の特性を考慮し、各技術の留意点や評価視点を明確にして選定を行うこととした。乾燥については施設整備に要する時間が比較的短く、移動式乾燥車等の仮設技術もあることから、導入しやすいと考えられるが、乾燥後も有機物は残っている点に留意が必要である。長期間にわたる汚泥の保管場所を確保する上で汚泥減容化は有効であるが、減容化を行った場合、下水汚泥中に含まれる放射性セシウムが濃縮されることに留意する必要があり、放射性セシウムの飛散防止、作業員の被曝対策等も確実にを行う必要がある。

4) 災害支援連絡会議の開催への対応

将来の南海トラフの巨大地震に対する対応として、地震対策の推進とともに、上記地震・津波対策技術検討委員会の報告等を実施した。ここでは、液状化対策の考え方、津波対策の考え方、整備目標について、国総研より報告した。

- ・ 平成24年 7月10日 第18回中国・四国ブロック災害時支援連絡会議の開催
- ・ 平成24年 8月9日 平成24年度災害時支援関東ブロック連絡会議の開催
- ・ 平成24年 8月24日 平成24年度 下水道事業災害時中部ブロック連絡会議の開催
- ・ 平成24年 8月30日 平成24年度 北海道・東北ブロック下水道災害時支援連絡会議の開催
- ・ 平成24年 9月4日 第19回下水道事業災害時近畿ブロック支援連絡会議の開催
- ・ 平成24年10月11日 平成24年度 九州・山口ブロック下水道事業災害時支援体制連絡会議の開催

参考になるホームページアドレス

- 1) 下水道地震・津波対策技術検討委員会：
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000170-1.html