

戦略的な水循環ネットワーク確保のための 基礎研究

安田 誠宏¹・山中 明彦²・宮里 直樹³・宮島 昌克⁴・池本 良子⁵・
清水 芳久⁶・高橋 尚裕⁷・小西 康彦⁸・森崎 啓⁹・有吉 隆宏¹⁰

¹正会員 京都大学助教 防災研究所 (〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄)
E-mail: yasuda.tomohiro.4x@kyoto-u.ac.jp

²正会員 パシフィックコンサルタンツ(株) (〒541-0052 大阪市中央区安土町2丁目3-13)
E-mail: akihiko.yamanaka@os.pacific.co.jp

³正会員 群馬工業高等専門学校准教授 環境都市工学科 (〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町580)
E-mail: nmiyazato@cvt.gunma-ct.ac.jp

⁴正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: miyajima@t.kanazawa-u.ac.jp

⁵正会員 金沢大学教授 理工研究域環境デザイン学系 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)
E-mail: rikemoto@t.kanazawa-u.ac.jp

⁶正会員 京都大学大学院教授 流域圏総合環境質研究センター (〒520-0811 滋賀県大津市由美浜1-2)
E-mail: shimizu@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp

⁷正会員 高知市 都市建設部都市計画課 (〒780-8571 高知県高知市本町5丁目1-45)
E-mail: kc-170200@city.kochi.lg.jp

⁸正会員 (株) 日水コン (〒163-1122 東京都新宿区西新宿6丁目22-1)
E-mail: konisi_y@nissuicon.co.jp

⁹正会員 パシフィックコンサルタンツ(株) (〒163-6018 東京都新宿区西新宿6丁目8-1)
E-mail: hirosaki.morisaki@os.pacific.co.jp

¹⁰神戸市 建設局下水道河川部 (〒650-8570 神戸市中央区加納町6丁目5-1)
E-mail: amt.jpg.fxpw@gmail.com

東日本大震災における教訓を今後の地震・津波防災対策にいかん反映すべきか、多くの課題が議論されている。とりわけ災害時におけるマクロな視点での水循環の確保とそのため施設整備のあり方を、地域要件、時間軸、その他、上下水道サービスを受益するエンドユーザーの視点も踏まえた現実的な方針決定を施策として実行することが不可欠となる。そのため、上下水道等のライフラインを管理する自治体においては、災害時における適正な水循環(質、量)の確保の視点から、当該地域における想定地震・津波規模に相応した現実的な対応力(人、物)や財政力(金)等を踏まえた地震・津波防災対策の基軸となる方針決定を早期に策定することが重要な課題と考える。本研究では、そのため施設について「戦略的な水循環ネットワーク確保」をテーマに今後の研究を進める上での懸案事項の整理や検討すべき具体的な着点を基礎研究としてとりまとめ、さらに高知市をフィールドにした具体的なケーススタディ事例を示す。

Key Words : water cycle network, facility improvement, scenario earthquake, tsunami, Kochi

1. 戦略的な水循環ネットワーク確保とは

本稿における主たるテーマである「戦略的な水循環ネットワーク確保」とは、水源地となる河川や湖沼から、

利水を目的とした取水を行い、市民生活や企業活動といった有効な水の活用により汚濁負荷を受けた汚水を浄化し、極力水環境への負荷を低減させて、河川や海域へ放流するといった、上下水道施設の機能により確保されて

いる現状の水の適正な循環を、地震による災害時にその施設機能が損なわれた場合にも、人命や環境負荷への影響をできる限り軽減するために、人、物、金等のリソースを有効に活用し、その機能を確保することを示すものである。災害時における水循環ネットワーク確保のための施策としては、現状の上下水道施設の有機的な防災対策(自治体におけるBCP計画の策定等)を基に、さらに防災対策施設の新たな建設、既存施設の補強対策、代替対策、ソフト対策等、多くの検討すべき施策が考えられる。しかしながら、検討地域における地震・津波想定規模、地形条件、防災の視点からの既存インフラ(災害用道路や緊急避難施設の整備等)の確保が可能なレベル、地震・津波災害リスクにおける地域条件の違い等も存在し、財政状況等の地域間格差により安全レベルが大きく異なることも想定できる。したがって、目標とする対応レベルを最低でも人命最優先に置き、水道施設の被災により供給不可となる人の生命に直結する飲料水の確保や、下水処理場の被災に伴う下水道の使用不可期間にストレスを起ささないための仮設トイレの確保等、当該地域要件に最も適合した対策を包括的に捉え、時間軸等も考慮して、戦略的に水循環ネットワークを確保する施策を検討する必要があると考える。以上の観点より、2~5.において、これまでの地震対策の現状と今後検討すべき事項について、以下①~⑤項目を着目点として取りまとめる。

- ① 今後の地震対策をさらに深度化させるための解析技術力の高度化の必要性(市民コンセンサスを得るための有効なツール開発の重要性の観点)
- ② 災害時における環境への影響を対策に盛り込むための評価手法の開発の必要性
- ③ 戦略的な対策を実行するための財政面や時間軸の捉え方についての考察
- ④ 受益者(市民、住民)のインセンティブを得ることが対策の効果発現に大きく寄与するといった観点からの市民コンセンサスを得ることの重要性

2. 地震対策対応解析技術の高度化

本研究で取り扱う上下水道の土木施設は、過去の地震想定規模等の被災事例を踏まえた一定の基準によって建設された施設に過ぎず、常に建設当時の設計基準によって最も経済的に建設されてきた。したがって、想定範囲を大きく逸脱したような100年に一度のミレニアム巨大地震においては、補強対策等によりどの程度までその耐力を確保できるかを検討するよりは、むしろどの程度の地震・津波までは対応可能か等の、施設耐力の限界状態を客観的に判断するための解析技術の高度化が不可欠で

ある。これは、耐力の限界を的確に判断し、人命優先の観点からソフト対策への移行を検討する上での重要なファクターとなる。

また、闇雲に過剰な投資を実施し、机上の数値計算結果を根拠に過大な投資を実施することに関しては、自治体の財政規模を踏まえた場合、その効果が発揮できる期間が長期的となる可能性もあり、時間軸の観点から、かえって危機状況を長期間継続させてしまうことも懸念される。したがって、今後の対策については、当該地域において想定される地震・津波規模に相応する対策の検討において、費用対効果や時間軸等の新たな評価項目等を踏まえながらの検討も考慮すべきと考える。そのためには、判断根拠を明確に説明できる解析技術の高度化が不可欠である。

以上のような観点から、本研究では高知市を事例として、高知市における最大の地震規模から、発生頻度の高い中規模程度の地震規模へ外力条件をレベルダウンさせた段階的津波被害想定シミュレーションを提案し、ケーススタディを行う。得られた被害の想定範囲の結果を踏まえて、例えば、自治体がどのレベルでハード対策からソフト対策へ移行するか等の検討方針のターニングポイントを説明できる根拠になると考えており、その検討方法のプロトタイプを示す。また、それは今後、解析技術の高度化が市民コンセンサスを得ることによる地震対策効果の発現に有効に働くかどうかの検証を行うための基礎資料になると考える。

3. 災害時における環境への影響検討及び評価

上下水道施設は、公共用水域(河川、湖沼、海域等)を水源もしくは排出先として有効活用してきた。災害時においてその機能が破壊された場合、公共用水域の水質悪化によって、施設(下水道)の周辺および下流域の不特定多数の市民生活に対し、一次災害(飲料水やトイレ用水の確保)や二次災害(感染症等)等の重篤な危機をもたらす可能性がある。そのため、災害時に機能の損なわれた下水処理場からの排出(簡易処理等)については、環境への影響を把握する手法、対策等を検討する必要がある。本研究では、津波被害想定ケーススタディの解析結果をもとに、被災時における環境への影響負荷について、現状の排水システムの状況等を踏まえ、既往文献、知見や現地のモニタリング情報等を収集整理し、施設に重篤な被害が発生した場合の環境への影響を把握しつつ、災害時の水循環ネットワーク対策の優先順位の設定方法に関する基礎概念を取りまとめる。

4. 自治体の財政面を考慮した上下水道施設のハード及びソフト対策

地震時における下水処理場からの排出規制(簡易処理)や施設の使用制限に対する下水道のネットワーク施設(代替施設等)の整備,水道機能が回復するまでの一定期間のソフト対策(トイレ対策等)および,水道施設の被災,もしくは,水質汚濁による取水制限に対する浄水施設や配水池のネットワークや代替水源(地下水等)の確保等,防災・減災対策の方針決定に関しては,施設を所管する各自治体の判断および評価が,その意思決定の根幹および基準となる。しかしながら,自治体内部においても,上下水道を所管する部局が異なる上,防災に対する意思決定のレベル,時間軸の観点も大きく異なることが考えられる。水循環ネットワークの確保に対する自治体の意思決定には,自治体の抱える財政状況における優先順位の判断基準等,多くの意思決定パラメータが存在し,その方針決定には多くの労力や決定根拠が必要である。そのため本研究では,これら自治体における事業実施の実現性の評価について,ある一定の評価基準を決定するために,津波被害想定シミュレーション結果に基づく財政的な評価結果を提案していく。

5. 時間軸および市民コンセンサスに配慮した視覚化の構築

上述した水循環ネットワークの確保およびその対策手法の構築については,多くのメニューとその検討課題があり,早期に実現可能なもの,もしくは,長期間で多額の建設費用を要するもの,用地取得等,地権者との同意が必要でさらに長期間を要するもの等,多くの不確定要素が考えられる。また,これらの施設は,災害時の緊急性をひとつのパラメータと捉えた場合,投資費用に対する効果は必ずしも有効に働くとは限らず,エンドユーザーの満足度の視点からは,安全性を重視した多額の費用投資が,逆に上下水道使用料金を高騰させ,工事期間を長期化させる等,トレードオフとなることも懸念される。したがって,対策(事業)の実施における政策上の意志決定については,市民コンセンサスを得ることも重要な要因と考える。また,高度なインフラ整備の構築を成し遂げたわが国においては,その快適な生活環境を謳歌した市民が,非常時の避難所等における極端な生活環境の変化に即応し,全てを政策判断に委ねられることができるのかはあやふやである。特に,人間の尊厳やプライバシーに関わる些細な事項についても,個人の価値観は大きく異なると考えられる。そのため,水循環ネットワークの政策決定には,例えば,エンドユーザーが納得して

施策を受け入れることが対策効果の発現に大きく寄与するといった,理念的インセンティブにも踏み込んだ議論が必要であり,常にエンドユーザーのコンセンサスをも意識しながら方針決定することが不可欠と考える。本研究ではその観点から,GISシステム等を用いながら視覚化を極力重視し,被害の範囲,対策による効果を視覚的に容易に理解し,評価できる手法の構築も提案する。

6. 高知市における水循環ネットワーク確保の検討

これまで,災害時における水循環の確保のための施策や評価などにおいて,今後検討すべき事項について記述してきたが,ここでは,高知市をケーススタディのフィールドにし,高知市で現状検討されているBCPの検討事項の概略説明と,本基礎研究のテーマに従った検討すべき具体的な施策について提案する。

(1) 高知市の既往地震対策

高知市の下水道施設においては,市の重点施策として「高知市下水道BCP 平成25年8月:高知市都市建設部¹⁾」が策定されており,非常時対応計画,事前対策計画,訓練・維持改善計画の3つの計画体系及び本復旧のフローについて具体的な施策を策定している。高知市BCP計画策定における想定震度及び津波想定(浸水深)は,平成24年8月29日に内閣府が公表した「南海トラフの巨大地震による津波高・浸水域等(第二次報告)²⁾」に基づき高知県が作成した,想定震度および津波による最大浸水深によるものであり,最大規模の長期浸水地域を想定して策定されている。また,水道施設については,長期浸水域に含まれないことから,耐震対策も踏まえ,被災時にも水道の供給が可能との判断がなされている。

(2) 高知市の津波による長期浸水被害想定

現在,高知市では,長期浸水の基本となる浸水範囲として,想定地盤沈下量1.95mを想定し,対象潮位は朔望平均満潮位TP+0.75m,浸水域内で約13万人が取り残されて,1ヶ月以上湛水が続く状況を想定している。地震後,排水路や排水ゲートの機能損傷,瓦礫の堆積,および地盤沈下により干潮になっても排水できないとして,最大の浸水範囲に対する対策を検討している。その結果,3つの下水処理場全てと27の排水機場のうち19箇所が浸水する。耐震化対策が完了している施設はあるが,耐水化対策が完了している施設はないため,全ての排水機場は浸水していると仮定し,長期浸水範囲に対して,東日本大震災での排水実績に基づき,排水ポンプ車により均一に排水する。その場合,どのエリアも最大2ヶ月程浸水

が継続する。長期浸水発生時には開口部・樋門、排水施設が機能しないことが想定されるため、想定水位以上の盛土構造物である河川堤防により区分した、北部、江の口・下知、潮江、長浜、高須、三里から対策優先エリアを選出し、その地区から優先的に排水を行っていくことで、この問題を解消する。対策優先エリアの設定は、長期浸水からの大局的な復旧活動やエリア内の人口や資産等に基づき、復旧活動の機能回復・進展に伴い対策範囲を長期浸水全域に拡大していくこと、戦略的に復旧活動を進める第一歩の位置づけを前提として、江の口・下知エリア、高須エリアを設定している。その結果、江の口・下知エリアでは約11日、高須エリアでは約22日で排水可能であり、2ヶ月の浸水から大きな短縮効果を期待できるとされている。また、長期浸水時に排水機能が機能した場合を想定して排水期間を概算した結果、排水ポンプ車に比べて10倍以上の能力を有する施設も多く、飛躍的な排水期間の短縮が測れる可能性があることを確認し、下水道施設の事前対策として、BCPに基づき伝染病等の発生を防ぐことを最優先し、3つの下水処理場と高知市内の大部分の排水を受け持つ海老ノ丸ポンプ場に対し、5年以内に優先して対策が行われる予定である。

(3) 段階的津波被害予測

最大地震規模を想定した対策が必ずしも最も有効な対策ではないという本研究の基本概念に従い、具体的な事例として、南海トラフの巨大地震モデル検討会²⁾に基づき、11ケースの地震規模の被害シミュレーションを実施した。図-1は高知市における11ケースの最大浸水面積を示したものである。この図より、ケース4とケース5の高知市における最大浸水深が高いことがわかる。そこで、これら2ケースについて、表-1に示すように、マグニチュードを9.0, 8.9, 8.8, 潮位を朔望平均満潮位 (HWL, TP+0.93m) と平均潮位 (MWL), 地盤沈下量を-1.5m, -1.0m, -0.5mと変化させ、幅を持たせた想定を行う。マグニチュードの変化については、安田ら³⁾と同様に、断層面積は変えず、すべり量の大きさの変化で表現した。

図-2は、地盤沈下量以外の条件が等しいケースについて、地盤沈下量と浸水面積の関係を示したものである。この図によると、すべてのグラフで地盤沈下量が減少するにつれて浸水面積が減少していることがわかる。同様に、満潮位の方が平均潮位よりも、マグニチュードが小さいほど浸水面積は減少した。高知では、浸水面積の変化は、マグニチュードよりも、地盤沈下量や潮位の違いによる影響を強く受けることが、この図からわかる。

(4) 想定排水機場の対策の優先順位付けの検討

図-3に各排水機場の浸水深を示す。東日本大震災時の

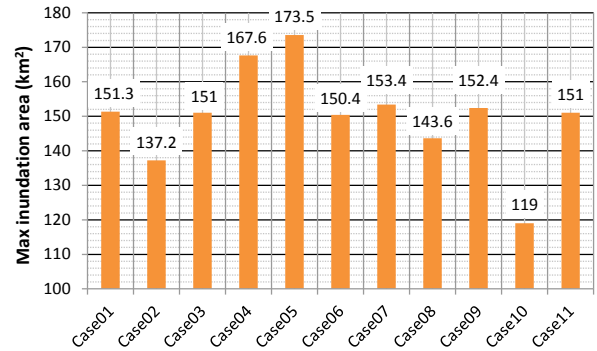


図-1 高知市における 11 ケースの最大浸水面積

表-1 段階的津波被害予測ケース

断層モデル	マグニチュード	潮位	地盤沈下量
Case04-1	M9.0	HWL	-1.5m
Case04-2	M9.0	HWL	-1.00m
Case04-3	M9.0	MWL	-1.95m
Case04-4	M9.0	MWL	-1.50m
Case04-5	M9.0	MWL	-1.00m
Case04-6	M8.9	HWL	-1.50m
Case04-7	M8.9	HWL	-1.00m
Case04-8	M8.9	HWL	-0.50m
Case04-9	M8.8	HWL	-1.50m
Case04-10	M8.8	HWL	-1.00m
Case04-11	M8.8	HWL	-0.50m

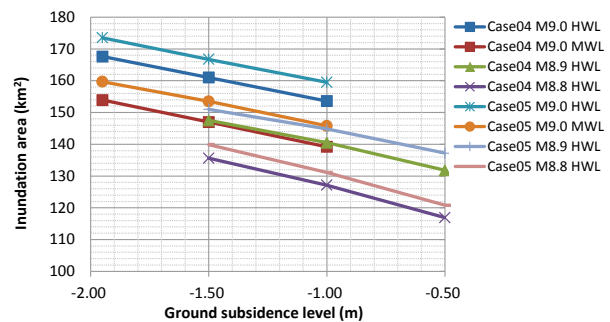


図-2 地盤沈下量と浸水面積の関係

実績によると、排水機場の全壊半壊の割合が50%を超える閾値の浸水深は2.5mであった。この閾値に注目すると、小石木ポンプ場、仁井田ポンプ場、潮江南ポンプ場は、Case04では浸水深が2.5mを超えるが、その他のケースでは浸水深はすべて2.5m以下である。これらの排水工場については、発生した南海トラフ地震が最大クラスでなければ対策効果が期待できる。

排水能力の高いポンプ場を対策して災害時に稼働するのが理想であるが、浸水深が高いポンプ場に大規模な対策を施すのは時間も費用も掛かってしまう。0.5m以下の浸水なら、床下浸水レベルの軽度の浸水なので簡易な対策で対応できる。そこで、軽度の浸水の回数を考慮して対策の優先順位付けを行うため、0.5m以下の浸水の回

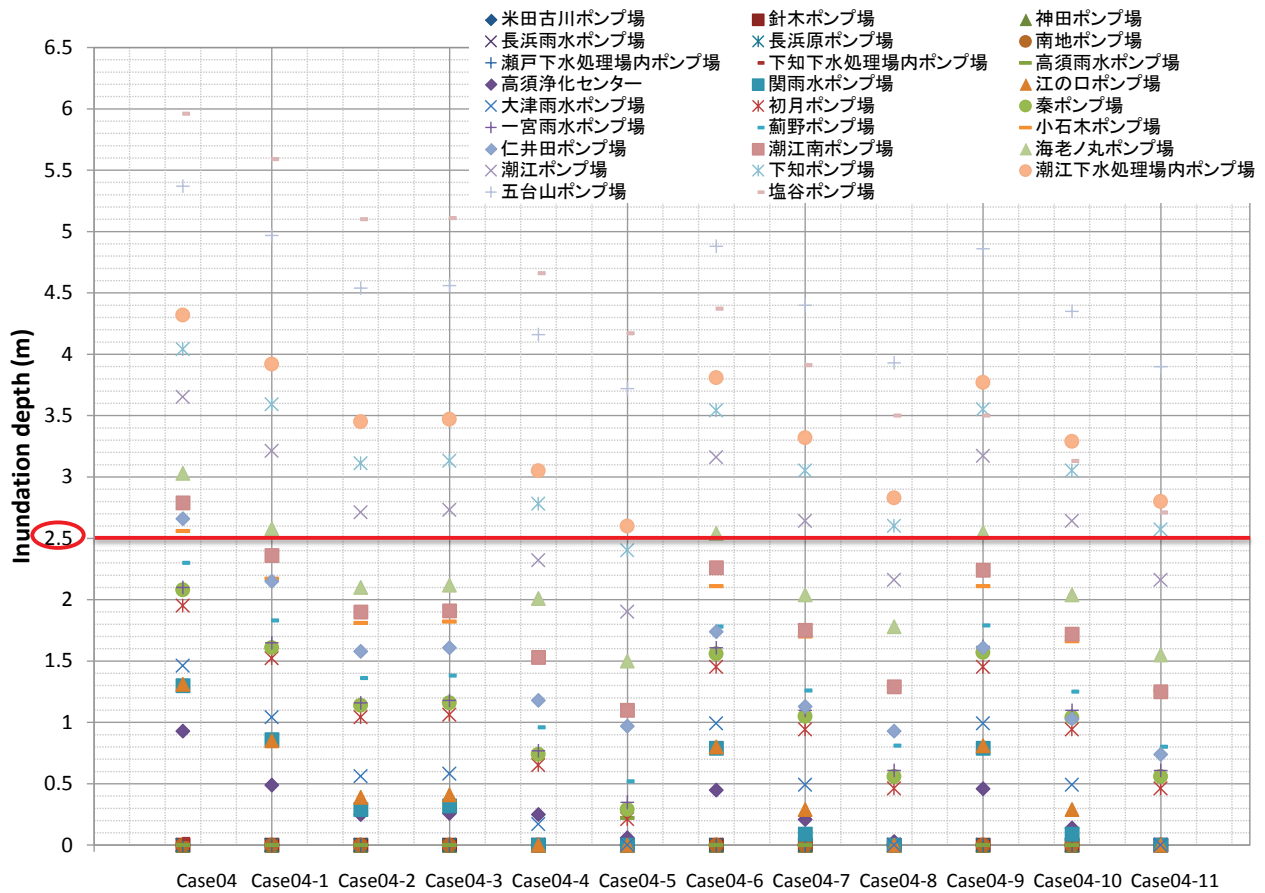


図-3 排水機場のケース別の浸水深 (ケース4ベースモデル)

表-1 排水機場の優先順位付けの結果

ポンプ場名	江の口	関雨水	大津雨水	初月	秦	一宮雨水	薊野	小石木	潮江南
0.5以下の浸水回数	15	14	11	5	2	1	0	0	0
0.5以下の浸水割合	0.45	0.42	0.33	0.15	0.06	0.03	0	0	0
排水能力(m ³ /m)	768	401	444	940	1059	1055	830	770	406
排水能力×浸水割合	349.09	170.11	148.00	142.43	64.18	31.97	0	0	0

数を調べる。方法としては、排水能力に0.5m以下の浸水の割合 (0.0m以下の浸水のケース数/全ケース) をかけた値と比較する。表-1にその結果を示す。排水能力が大きい江ノ口ポンプ場、関雨水ポンプ場、大津雨水ポンプ場が上位3位となった。これらのポンプ場の総排水量は1613m³/分となり、南海トラフ巨大地震の際に使用すると想定しているポンプ車の50倍以上の排水量となる。排水量が大きい秦ポンプ場、一宮雨水ポンプ場、初月ポンプ場の総排水量の半分であるが、もし稼働できれば湛水期間の短縮に繋げることができる。また、他の検討対象ポンプ場よりも比較的軽度の浸水になる可能性は高く、災害時の稼働が期待できる。長期湛水時には、排水量が多いポンプ場を使用する方が早期の復旧が見込めるが、災害時に被災してしまっ稼働できなければ意味がない。そのため、最大クラスの津波に対しては、浸水するリスクにあまり差がないので、能力の高いポンプ場に優先的

な対策を講じる戦略も良いが、来襲頻度の高い津波群を考えた場合は、浸水のリスクが低いポンプ場に対策を施すことで、災害に対する強靱化となることも考えられる。

以上のような結果を踏まえ、施設管理者が方針決定を行う上での根拠となる資料を取りまとめる上では、費用対効果も重要な要素となることも踏まえ、最大クラスの津波想定だけでなく、想定に幅を持たせて外力が小さいケースも検討することで、最大クラスの津波想定のみでは考えられていなかった問題や対策が見えるようになる。例えば、①各ケースの浸水範囲を設定し、②地域ごとの対策の検討を行い、③経済性やエンドユーザーの意見の反映を踏まえて地域として最も有効な対策を決定していく等、様々なシチュエーションにおける優先順位の設定を今後行っていくための根拠として有用となる。

(5) 水循環ネットワーク確保対策の検討

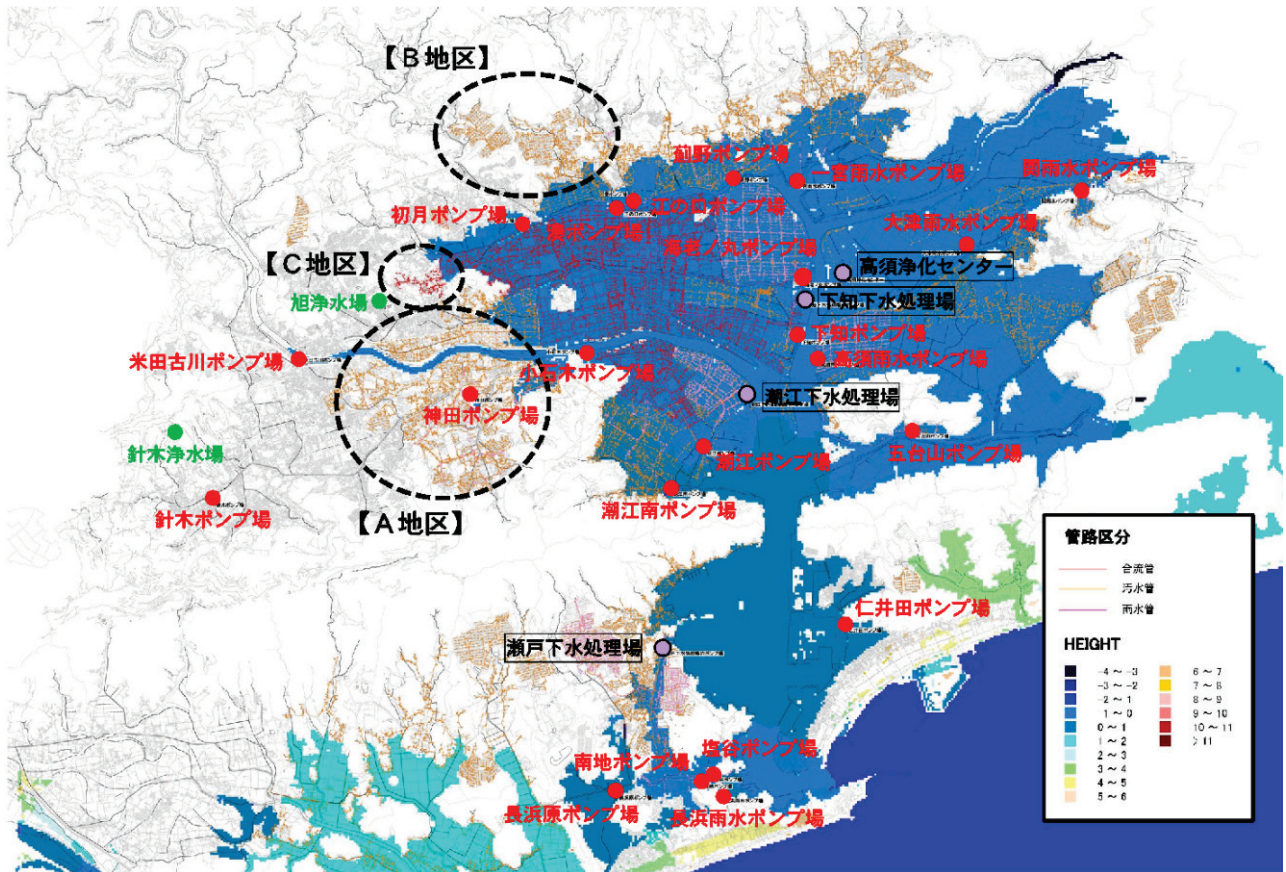


図-4 想定モデル CASE04-3 の高知市における 6 時間後の浸水深想定区域図

上記(3)の津波想定において検討された津波シミュレーション検討ケースモデルのうち、想定モデルCase 04-3の津波発生6時間後の浸水深を、水循環ネットワーク対策を検討するモデルケースとして設定した。高知市より提供されたGIS下水道台帳システムに登録されている下水道管路網データを重ね合わせ、津波発生後の下水道管路網の被害想定範囲を検証した結果を図-4に示す。その結果、高知市内中心部は広範囲で浸水被害の影響を受け、管路網についても、湛水、土砂堆積等によって管路機能が完全に遮断されてしまう結果が予想でき、復旧には多大な期間、費用が発生することが懸念される。このことは、人命や環境への影響が多大となることとの関連性が高く、極力その被害の軽減策を検討する必要がある。以上のような結果を受けて、本研究では、高知市BCPとは一線を画した学術的見地から、既存施設の活用を軸に以下の2ケースのネットワーク施設対策検討(案)を提案する。

1) ケース 1: バイパス放流施設の検討(案)

水循環ネットワーク確保のための対策を検討するに際し、他の対策も含めた複数の検討を比較案として提示し、検討項目や検討手順を論じながら最適対策を決定していくこととなるが、ここでは、一例として、バイパス放流施設の検討例及び着目点を示す。図-4に示すA地

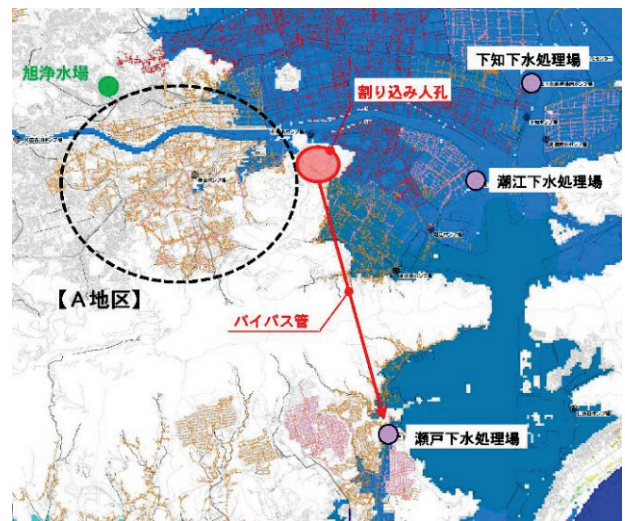


図-5 バイパス放流施設検討図

区は被害想定区域外となり、被災時における上水道供給可能地区となることから、下水の排出先である下流側の下水道管路の長期機能不全により、下水排水が不可能となることが想定される。そのため、高知市BCPで示されている簡易放流は有効な手段と考えられるが、A地区での被害軽減対策確保の観点から、排出先である潮江下水処理場への幹線管路途中に分水施設を設置し、図-5のように、瀬戸下水処理場へのネットワークによる災害時の下水処理対策も代替検討案として考えられる。ただし、

本検討案については、定性的には以下のような検討すべき課題が存在し、他のネットワーク対策の確保及び住民コンセンサスの観点より詳細な比較検討を実施する必要がある。

- ①放流先である瀬戸処理場の被災時の処理能力の検証や補強対策の現実性及び費用負担が過大となる可能性があること。
- ②バイパス管路建設のために必要となる、用地確保や建設費用負担が、過大となり、対策完了までの長期間のリスク負担が発生すること。
- ③対策における効果の検証が必要であること。
 - ・住民生活の維持レベル
 - ・環境への影響等
 - ・時間軸（建設に要する期間、効果の検証）

2) ケース2：トイレ対策（案）

本検討案は、図-4に示す高知市内に点在する浸水被害想定区域外（B, C地区）を検討の対象とし、対策地区が点在することにより、下水道施設の補強対策等のハード対策の効果が、費用対効果の観点からは極めて低い地域と捉えられると判断し、ソフト対策が効果的と考える。したがって、本ケースでは、水道の供給が可能となるタイミングで、下水道施設そのものの使用制限を行政的な手段として実施する対策、およびその対策がなされた以降の代替対策として、トイレ対策の有効性の検証が必要となる。このような観点から、これまで広く活用されてきた一般的な仮設トイレの過去の被災地における課題も踏まえて、今後はトイレのメンテナンスや調達に関する優位性も比較検証すべきと考え、本研究では図-6に示すポータブルし尿分離トイレ⁴⁾を当該地区に設置することを提案する。利用者が有効活用するための今後の検討の細部にわたる検証の必要性（災害時であれ、自らし尿処理等を行う等）への理解を深めるために、以下にその特徴を詳述する。

- ①トイレユニットは組立式で保管スペースの確保が容易。
- ②し尿はその排泄時にポータブル型トイレユニットにより分離する。
- ③し尿を分離することにより、大便を乾燥状態で確実に封じ込めることができ、その後の衛生化も容易となる。
- ④大便には消石灰（土のグラントの白線用）を添加してほぼ無臭状態で回収・貯留し、病原菌の無害化促進を図る。
- ⑤大便から分離され病原菌をほぼ含まない尿は、予め消石灰を入れた容器（例えばペットボトル等）に回収して、リンと窒素を沈殿として集める。なお、震災発生直後の非常時には、尿は土壌浸透処理することもできる。
- ⑥無害化された大便は土に戻すことが可能である。尿は



図-6 ポータブルし尿分離トイレ

元々病原菌がほとんど入っておらず、大部分のリンと窒素が除去されることから、水質汚濁への影響を抑制することが可能である。尿から回収される沈殿は肥料として農業利用することもできる。

7. 主要な結果と今後の課題

本研究では、上下水道施設を捉えた水循環ネットワーク確保のための現状の課題や、今後の耐震対策のために検討すべき論点を、解析技術、環境評価等のテーマを設定し、基礎研究として今後の検討すべき方向性を示した。

また、上記の検討すべき項目のうち、解析技術の高度化という観点より、高知市をフィールドに、津波被害規模を段階的に変化させたシミュレーション結果をその一例として示し、その結果を反映した水循環ネットワーク確保のためのハード対策、ソフト対策の例を示し、有効と考えられる施策についての検討課題の整理や、評価項目等の評価手法導入の重要性について提案した。11ケースの異なる外力規模による被害シミュレーションを行い、その結果として高知市の地形や所管する現状のポンプ施設の配置条件に対し、地震時の対応における様々な施設

機能の有効性の検証が可能と判断できた。これにより、今回のシミュレーションの手法が、環境負荷の低減等も踏まえた、施設対策の優先度の評価基準を策定することへのツールとしての有効性を検証できた。また、GISシステムとの連携により、被害想定各ケースにおけるハード及びソフト対策の検討を緻密に再現できること等、経済性も踏まえた様々な比較検討のためのツールを構築できたことは、今後の説明責任に対応する上でも有効であるといえる。しかし、施策を実現するには、より緻密な評価と検証が不可欠であり、人命最優先との命題を実現するには、その施策の有効性の説明と理解を得られることについて、対策の効果における市民の理解度、満足度のレベルが対策効果に大きく寄与するといった理念的インセンティブを踏まえることが最も重要であり、そのため市民目線にも踏み込んだ説明が不可欠と考えている。そのため、ポータブルトイレの導入等に関しては、市民生活に直結するものであり、エンドユーザーの視点での評価、環境負荷に対する評価等も踏まえた戦略的な対策の実現を目指すことが最も重要と考えている。

謝辞：本研究を実施するにあたって、2回にわたり訪問させていただいた高知市上下水道局の担当者各位には、多くの貴重な情報を御提供頂き、また浄化センターや浄

水場をご案内いただくとともに、現状抱えている問題等について議論させていただきました。本研究は、土木学会地震工学委員会「水循環ネットワーク施設災害軽減対策研究小委員会（小委員長：金沢大学・宮島昌克教授）」の活動として実施したもので、小委員長はじめ委員各位には多くの助言をいただきました。ここに記して謝意を表します。本研究の端緒において、故藤間功司防衛大学校教授から貴重なご助言をいただきました。先生のご冥福を心よりお祈り申し上げます。

参考文献

- 1) 高知市都市建設部: 高知市下水道 BCP 平成 25 年 8 月, 2013.
- 2) 内閣府: 南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)(平成 24 年 8 月 29 日発表), 2012.
- 3) 安田誠宏, 溝端祐哉, 奥村与志弘, 間瀬 肇, 森 信人, 島田広昭: 和歌山県における想定を超えた津波に対する浸水危険度の変化に関する研究, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68, No.2, p.I_156-I_161, 2012.
- 4) 清水芳久: 無水尿尿分離トイレの導入による被災地の衛生対策と災害に強い都市基盤の整備, 社会技術研究開発センター研究開発成果実装支援プログラム, 緊急実装視線プロジェクト終了報告書, 17p., 2012.

(2014.11.6 受付, 2015.3.2 修正, 2015.3.6 受理)

FUNDAMENTAL STUDY ON STRATEGY FOR ENSURING WATER CYCLE NETWORK

Tomohiro YASUDA, Akihiko YAMANAKA, Naoki MIYAZATO, Masakatsu MIYAJIMA, Ryoko IKEMOTO, Yoshihisa SHIMIZU, Naohiro TAKAHASHI, Yasuhiko KONISHI, Hiroshi MORISAKI and Takahiro ARIYOSHI

Many issues have been discussed how to reflect the lessons learned from the Great East Japan Earthquake disaster to future earthquake and tsunami disaster prevention measures. Especially ensuring the water cycle network in the macro perspective at disasters and improving water facilities are essential. Realistic policy decisions are required with considering regional requirements, timeline, end-user perspective of water and sewerage services. Thus, municipalities who manage the lifeline of water and sewerage should prepare adjustable disaster response plans considering financial and human resources to ensure quality and quantity of the proper water cycle. This study proposes “strategy for ensuring water cycle network” and discusses matter of concerns which to be considered. A case study targeting Kochi city is conducted and several countermeasures are proposed in this report.