

水循環ネットワーク災害軽減対策研究小委員会 活動報告

小委員会事務局¹

¹連絡先 小西康彦 (株) 日水コン (〒163-1122 東京都新宿区西新宿6-22-1)
E-mail:konisi_y@nissuicon.co.jp

東日本大震災および阪神大震災において、水の高度利用が進んでいる現代社会では終末処理機能の停止が水利用に多大な影響を及ぼすことを学んだ。この災害は、ある一定の線引きをした以上の災害が発生した場合、自然の持つ潜在災害対応力によるソフトランディングが困難であるばかりか、疫病の発生や富栄養化に伴う自然の汚染など新たな2次災害を引き起こすリスクがあることを、我々に問題提起した。本小委員会では、沿岸域浄化センターの合理的な地震・津波対策と共に、効率的で自然災害に強い水循環ネットワークの形成について研究し、残余のリスク軽減の為のあり方を対象地方を含め広く提案することを目的としている。

Key Words : water cycle network, sewage plant, unintended disaster, earthquake and tsunami

1. 設立の主旨と平成24年度の活動

(1) 設立の主旨

水循環ネットワーク(NW)災害軽減対策研究小委員会は、次に示す二項目を中心に地域の方々と共同で調査検討を進める予定で、平成23年度に2回の準備会を経て、平成24年4月に正式に発足した。

- ① 経済的に地震・津波に強い(共存しうる)沿岸域浄化センター(地下化・半地下覆蓋化を想定)のあり方の提案(例:終末処理場間共有汚泥プール空間の確保等)。地上・地下連絡施設(ポンプ室、ブローア一室)は津波衝撃圧対応構造、オープンスペース(事務室、展示室等)は津波通り抜け構造を想定。
- ② 災害対応力に優れる地域自立型閉鎖ネットワークと、対応力には弱点があるが効率に優れる巨大都市型広域ネットワークの共存・融合のあり方及び施設の青写真(中流域自然共存型小規模処理場の充実と活用)ならびに具体的な地域を対象に広域液状化対策を提示。

準備会では、海外を含めて過去の巨大地震・津波の被害状況を改めて確認すると共に、東日本大震災における上下水道施設の被害状況の報告を行いながら、今後の小委員会としての研究の進め方について意見交換を行なった。その結果として、歴史地震・津波の再来、あるいは

人為的対応を上回る地震・津波の来襲を受けた時、水循環NW施設の望ましいあり方について研究・提案を行う、という方向性が固まった。この為に必要不可欠な研究を行う3つの基礎研究WGと特徴ある地域を代表する3つの具体的検討チームを設置した。地震の想定としては、過去の歴史地震に学びつつも、継続時間60秒以上、2秒~3秒の長周期を含む地震動を想定、津波は歴史津波若しくは東日本太平洋岸大津波級を想定する。

1) WG1: 効率的耐地震・津波構造について

① 津波災害査定的一般化: 津波来襲時の入力条件として海岸防波堤は継続時間の長い地震動を受け、十分に液状化し数mの破壊沈降を想定する。津波第1波~2波で崩壊すると判断されるものについては、防波堤はないものとして扱う。

② 耐津波構造の提案: ポンプ室やブローア一室の様に地上との中継が必要な施設の為に、耐波構造を提案する。この場合、東日本大震災の時に見られた押し抜きせん断破壊的なものは衝撃性のものなのかを検証し、もし、せん断が卓越するようなら、配筋上の提案も追加する。更に、免震構造・免波構造も考えられるところから、これらの考案・提案も追加する。

2) WG2: 広域液状化対策について

① 広域液状化査定の一般化：地盤の液状化に対し、統一した試験法を定め、各自治体において然るべき試料採取と液状化試験を実施していただき、各地の地盤の液状化特性を把握する。この結果に基づきマンホールの浮上量、地下パイプラインの浮上量等を算定する。これと並行して簡易的な側方流動に対する査定法の一般化を試みる。

② 流域健全度査定の一般化：広域液状化による機能不全、中規模中流域水循環施設の健全度、沿岸域終末処理場の機能喪失、電力の供給不可を想定した場合の健全度の表示の仕方等を提案する。

3) WG3：望ましい水循環NWのあり方

① 環境影響査定の一般化：災害時の公共用水域の水質悪化による一次災害（飲料水やトイレ揚水の確保）や二次災害（感染症など）等、環境への影響を把握する手法やその対策を検討する。

② 自治体の財政面や市民コンセンサス査定の一般化：災害時の使用制限に対するトイレ対策や代替水源の確保等の方針決定やハード及びソフト対策のルール化を検討する。

4) WG4：釧路チーム

釧路地方の地震・津波災害予測、対策提案を実施する際、次の点を特に検討・提案する。

① 河川への津波遡上の問題：ミレニアム級の新想定津波が釧路川と新釧路川を遡上する問題をシミュレーションし、上水道・下水道の被害想定と対策を検討する。ここでの対策では、最大浸水想定範囲に10万人の人口を抱えていることから、避難と代替措置、復旧を主体に検討を行う。

② 釧路市との連携による対策の具体化：1/500の地形図を用いて、上記シミュレーション結果から上水道・下水道施設の被害想定を行い、具体的なハード・ソフト対策やBCPなどを釧路市と連携して検討する。

5) WG5：静岡チーム

静岡地方の地震・津波災害予測、対策提案を実施する際、次の点を特に検討・提案する。

① 耐津波構造の応用：WG1の研究進展と併行しながら実務面から改良点を提案する。地震から津波来襲まで数分間しかないことから、各浄化センターの放流渠などの逆流防止の自動化は当然のこととして、管廊などへの浸水防止を提案する必要がある。場合によっては沈澱池、反応槽の覆蓋化なども提案対象となる。将来的には、ブローア室、ポンプ室の耐波構造化、処理施設の地下空間の有効利用などが提案事項となりえる（大阪市下水処理

場等参考）。

② 地震・津波ダブルパンチ対策：当該地域は液状化対策の必要性が十分に認識されていない時期に建設された防波堤および河川堤防が多い。これらの基本性能に関して国、県、自治体で十分な情報の共有が進んでいない場合には、被害予測を大きく損なうことがあり得る。まして、現段階では、地震と津波のダブルパンチはまるで考慮されていないに等しい。これらの効能に対して提言を行う。その他、施設自体の液状化と浸水による浮力に対する検討も必要となる。

6) WG6：高知チーム

高知地方の地震・津波災害予測、対策提案を実施する際、次の点を特に検討・提案する。

① 地盤沈下とNWの健全性確保：東海・南海地震の置き土産として広範囲な地域における後背地の地盤沈下が発生するとされている。市街地の相当部分が浸水することは勿論であるが、中越沖地震でもやや顕在化したように下水の流下機能不全が大きな社会問題となることが予測される。常時の段階から排水機能の増強を念頭に置いた施設の配置など備えに対して提案していくことも必要である（排水対策がその都市の重要な公共対策であることが多い。高知市もそのような都市なのでであろうか）。

② 閉鎖湾域における2次汚染防止：東日本大震災で被災した仙台湾沿岸は、海流の影響もあって深刻な2次汚染には発展しなかったようであるが、浦戸湾・須崎港などは明らかな閉鎖水域を形成しており、2次汚染の影響が心配される地形である。これに対して有効な提案を行う。

(2) 平成24年度の活動

本小委員会の平成24年度の活動計画を表-1に示す。9月末現在で第1回主査・幹事会、設立総会、第2回主査・幹事会、全国大会研究討論会が予定通り終了している。このうち、全国大会の研究討論会には同時間に多くの研究討論会が開催されていたにもかかわらず、約60名の参加者を得て、活発な討論が行われた。

今後、第2回小委員会が10月16日に土木学会で開催予定であり、また第32回地震工学研究発表会での小委員会報告も予定されている。また、第1回地震・津波に関するシンポジウムが本小委員会主催、（一般社団法人）全国上下水道コンサルタント協会共催、国総研、厚労省水道課、（公益財団法人）鹿島学術振興財団、静岡県の後援により、12月20日に静岡県地震防災センターにて予定している。

表-1 平成24年度 水循環NW災害軽減対策研究小委員会活動計画

行事名	日時：場所	対象者	内 容	備 考
第 1 回主査・幹事会	2012. 04. 04 土木学会 F	主査・幹事	・ 小委員会設立の目的 ・ 6WG の設置と研究の方向 ・ 設立総会について ・ 鹿島学術振興財団助成金について	終了
設立総会 第 1 回小委員会	2012. 05. 21 土木学会 A・B	地震工学委員会及び小委員会委員，水コン協	・ 特別講演（濱田政則先生，片山恒雄先生） ・ 話題提供 ・ 各 WG の研究 ・ その他	終了
第 2 回主査・幹事会	2012. 09. 05 名古屋大	主査・幹事	・ 研究討論会について ・ 第 2 回小委員会について	終了
全国大会 研究討論会	2012. 09. 05 名古屋大	全国大会参加者	座長：竹内幹雄 話題提供：藤間功司，宮島昌克，横田敏宏，安田誠宏，鋤田泰子，熊谷和哉，堀宗朗，有川太郎，池本良子，中津川誠の各委員	終了
第 2 回小委員会	2012. 10. 16 学会 A	小委員会委員	・ 各 WG 研究の進捗状況について	
研究小委員会報告会	2012. 10. 26 東大生産研	小委員会代表者	小委員会の取り組みや成果の発表	
第 1 回地震・津波に関するシンポジウム	2012. 12. 20 静岡県地震防災センター	会 員， 自 治 体， 水コン協 他	“東海・東南海地震・津波にどう向かい合うべきか” 小長井一男地震工学委員長の基調講演。小委員会主査，静岡県，国，水コン協の話題提供。水コン協共催，静岡県，国交省，厚労省，鹿島学術振興財団の後援。	
第 1 回現場見学会	2012. 12. 21 静岡県下の津波被害想定地域	WG4 委員他希望者	浜名湖周辺，清水湾域他の津波被害地域の浄化センター見学及び液化化地域の見学を予定。	静岡県のマイクロバスを借用予定
第 3 回小委員会	2013. 03 予定 学会	小委員会委員	・ 今年度の活動報告と来年度の活動計画について	

2. 各WGの活動

これまでに活動しているWG1，WG2，WG4，WG5について以下に報告する。WG3は“人命と水環境を守るために”というキーワードで今後の研究の方向性を模索中である。WG6は地元自治体との連携を模索中である。

(1) WG1の活動

1) はじめに

下水の最終処理に当たる浄化センターは，その収集方式が自然流下であるため通常沿岸域や河川河口に立地している。これらの沿岸に位置し津波の被害を受けた浄化センターには，運転や維持管理の制約上，地下構造と

密接な連携が必要な施設がある。東日本大震災による浄化センターの津波被害事例として，仙台市南蒲生浄化センターのポンプ室，曝気槽送風機室では，柱－梁構造のみを残して壁構造は破壊され，結果として内部が浸水した。今後，この津波の衝撃力の再検討とともに，従来には無い，波力を受け流して壁の破壊を防ぎ，浸水を防ぐ柔かな構造（粘り強い構造）が必要であると考えられる。

2) 免震・免波構造の提案

これらの対策の一例として，新たな免震・免波構造を提案する。これは，図-1，2 に示すように，津波の衝突力に対して3次元的（後退，回転，ねじれ）なクッション性能で波圧を軽減すると共に，構造物外周に充填し

たアスファルト系免震材のレオロジー特性を利用して、受圧面の回転、ねじれによって、波力のエネルギーを吸収することを期待するものである。

3) 免震・免波構造の適用対象

東日本大震災の津波により被災した浄化センターの処理能力や規模、海岸からの距離を検討し、さらには、施設の重要性などを考慮した結果、免震・免波構造の適用対象を下記の通りと想定した。

- ① ポンプ室は気中ポンプのメンテナンスの必要性から内部に吹き抜け構造を持ち、浸水に対して極めて脆弱な構造物のため、免震免波構造を適用する。
- ② 施設規模は 60m×30m（地上 4 階（GL+15m）、地下 2 階（GL-12m））程度を想定する。

4) 免震・免波構造の効果の検証

2 次元の有限要素法により、アスファルト系免震材の効果を検討した結果を示す。解析モデルを図-3 に示す。入力波は橋梁等のレベル 2 地震として広く用いられている道路橋示方書 H24 の耐震検討用加速度波形を用いた。

図-4 に未対策と免震免波構造を適用した場合の時刻歴加速度応答を示す。ピーク半減しており、免震効果が確認できる。また、図-5 に示した応答スペクトルでは、構造物の免震化により、3 秒程度の長周期にピークがシフトし、変位が大きくなる結果となった。

今後は、津波の前に発生する地震動に対する有効性が検証されたため、作用する津波力を検討するとともに、その津波に対する有効性について検証する計画である。

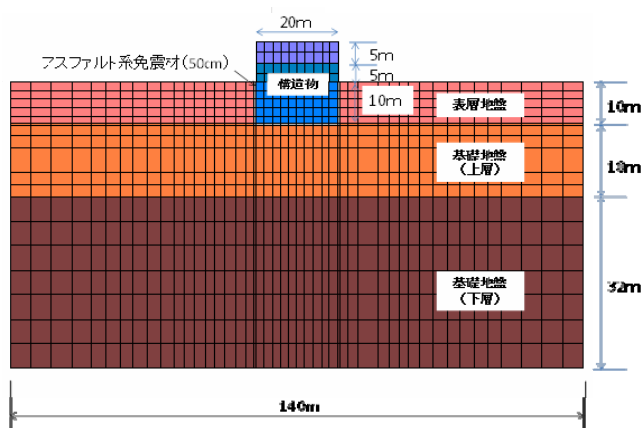


図-3 2次元解析モデル

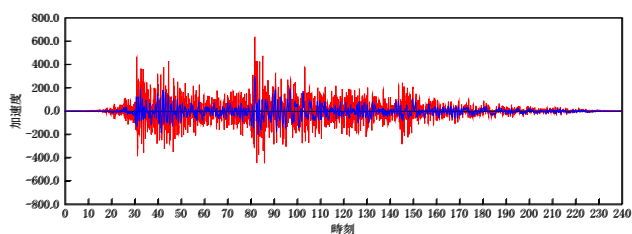


図-4 時刻歴応答加速度（赤；未対策（Max630gal）、青；免震・免波構造（Max300gal））

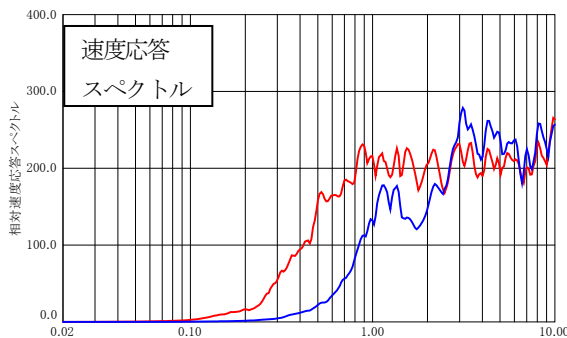
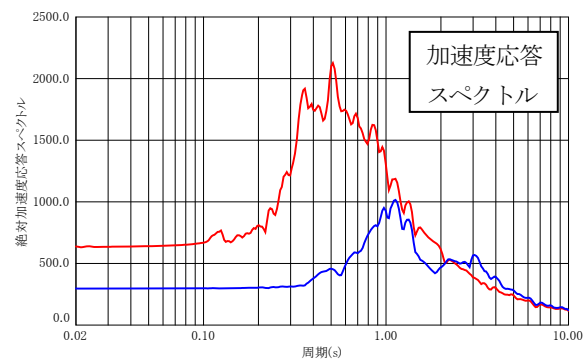


図-5 加速度応答スペクトルと速度応答スペクトル

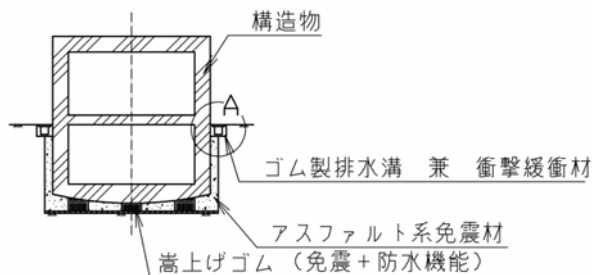


図-1 地下空間を有する構造物の免震・免波構造

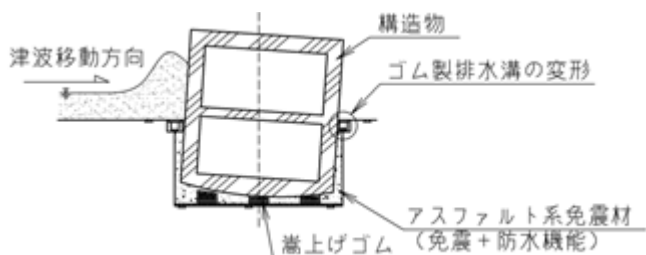


図-2 免震・免波構造の挙動イメージ

(2) WG2の活動

1) 研究目的

東北地方太平洋沖地震により液状化被害が多発したが、これらの液状化被害は、共通した地盤構造を持つ地域に局所的に発生していることが種々の調査報告で明らかになってきた。上下水道 NW の中で、河川や海岸の周辺にある池状構造物や地中埋設物、またそれらの取り付け部などの周辺地盤が液状化すれば、構造物に相当な変位が発生し、システムは長期間、機能低下に陥る。広域（例えば、浦安市：3km x 4km、潮来市日の出：1km x 1km）で液状化が発生する可能性のある場所での効果的な対策について実被害の分析や解析を通じて明らかにする。また、既存の上下水道施設の液状化による被害の予測方法とそれに適用可能な液状化対策について提案を行う。

2) 研究計画

1. 上下水道施設の液状化対策の現状と地震被害事例の収集
2. 液状化対策工法の適用事例
3. 液状化対策に関する研究事例
4. 既存施設に対する構造物被害程度予測法の開発

3) 活動状況

本年度は、上下水道施設の液状化の地震被害事例について情報収集することとした。1995 年兵庫県南部地震では、東灘下水処理場や尼崎浄水場及び猪名川浄水場が挙げられる。また、2011 年東北地方太平洋沖地震では、鰯川浄水場（茨城県）、南蒲生浄化センター（宮城県）、蛇田浄水場（宮城県）の液状化による地中構造物被害を対象として情報収集している。

これらの地震被害事例を基に、できるだけ具体的に“被害のメカニズム”“要因”“施設性能への影響”“有効な対策”などについて分析することを予定している。被害事例の中には、液状化による管路の変位量や液状化試験結果などの詳細な情報も収集できた事例もあることから、それらの情報を活用し各種解析を行うことも予定しており、現在その対象の選定を行っているところである。

また、既往の液状化対策工法についても、資料収集を始めている。例えば、神戸の沿岸域のホテルで格子状地盤改良法を用いた液状化対策が実施されており、1995 年兵庫県南部地震においては、その効果が明らかにされている。また、2011 年東北地方太平洋沖地震では、上述した鰯川浄水場において特に甚大な被害が生じたが、施設を運用しながらの施工条件下において、管路の拔出し防止には耐震管路が用いられ、共同溝の浮上・側方流

動対策には鋼矢板連続壁の設置や浸透固化処理が行われている。さらに、泥水流入対策には可とう止水継手が採用されており、実用性も踏まえたこれらの特徴について把握する。

さらに、液状化対策に関する研究事例として、既に広域地下水位低下工法や空気注入不飽和化法 (Air-Des 工法) が提案されており、これらの工法の効果についても分析していく予定である。

(3) WG4の活動

1) はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による大津波により、広範囲にわたり甚大な被害が発生した。北海道の太平洋沿岸部においても大津波警報が発令され、釧路市においては釧路川河口部両岸地域や港湾施設などに様々な被害が発生した。さらに、上下水道等ライフライン施設等において種々の問題が顕在化した。今後、釧路市を含め津波の被害が予想される地域において、大津波の襲来に備えた津波対策が求められている。

一方で、東北地方太平洋沖地震を受けて、全国的に想定する津波規模が見直された。北海道においては、過去の 500 年間隔地震被害想定を上回る津波規模及び浸水範囲が 2012 年 8 月に発表され、多くの取水場、処理場などが浸水地域に含まれることとなった。各自治体では、新しく想定された津波規模の被害状況を把握することが求められるが、財政が逼迫する近年の状況においては、防災対策が遅々として進んでいないのが現状である。本研究の目的は、無償で公開されている水理解析ソフトを用いて、河川中下流域から海域までを含めた河川津波氾濫解析を実施する手順を確立し、さらに、計算結果から上下水道等重要施設地点における河川津波来襲時の浸水深変化を明らかにすることである。

2) 河川津波による氾濫シミュレーション

無償で公開している iRIC ソフトウェアに含まれる Nays2DFlood（平面二次元氾濫解析専用）ソルバーを用い、今次津波における釧路市の浸水範囲の再現計算を行い、解析ソフトの精度検証を実施した。さらに、津波規模の変化を津波波形の振幅の変化として氾濫計算を実施し、重要施設が存在するメッシュ上での浸水深の変化を明らかにした。本研究で用いている iRIC は、高機能なインターフェイスを有しており、土木技術者であれば、マニュアルに従い簡易に数値計算を実施することが可能である。本研究では、高度に専門的な知識が無くとも津波による氾濫計算が実施できるように、プリプロセス、数値解析、ポストプロセスの一連の過程における手順を明確に示した。具体的には、国土地理院基盤地図情報サ

イトからダウンロードした DEM データ、海上保安庁海洋情報センターが公開する海洋地形データ、スペースシャトル立体地形データ (SRTM) データを iRIC で読み込める地形データに変換して使用した。

3) 解析結果

再現計算の初期条件は、釧路市内を流れる新釧路川、旧釧路川の流量をそれぞれ $30 \text{ m}^3/\text{s}$ と与え、粗度は水理公式集および既往研究等を参考に与えた。計算領域は釧路川河口沿岸部であり、釧路川河口から上流へ 4 km、海洋部は 3 km 程度、横断方向に 6.7 km を計算領域とし、計算メッシュが縦横断方向共に 50 m 程度になるようにメッシュを作成した。地形情報は iRIC プリプロセッサにより簡易に与え、粗度は航空写真を参考に、海域、湿原領域、市街地域に分けて与えた。再現計算の下流端境界条件は、3.11 地震時の釧路港に最大波高の津波が来襲した時の潮位データを抽出して与えた。iRIC による本再現計算結果は、釧路港付近の浸水範囲を概ね良好に再現することが出来た。誰にでも無償で使うことが可能なソフトを用い、地方自治体において防災計画立案の検討資料が得られることが確認された。

本計算結果を用いて、釧路市内の新釧路川河口から約 3 km 地点に位置する I 浄水場における想定津波規模別の浸水深変動を検討した。その結果、想定津波規模 5 m では最大浸水深 0 m、津波規模 10 m では 4.2 m、津波規模 15 m では 7.8 m、津波規模 20 m では 14 m という結果が得られた。

4) まとめと今後の課題

無償で公開されているソフトを用いて、防災計画立案の検討資料が得られることが確認された。また、本計算結果を用いて、重要施設地点における浸水深の変化を明らかにした。今後はライフラインへの影響や避難方法、避難経路策定の考え方を確立するため、時系列水深変化等を含めたより具体的な解析を実施する。更に解析手順をマニュアル等に取りまとめ、自治体への普及方策を検討してゆく予定である。

(4) WG5の活動

1) 活動方針

上下水道を中心とした水循環システムが、地震・津波にどのようなリスクがあるか、検討する。また地域の事情もふまえ、実行可能で効果のある対応のあり方を検討する。

本 WG では、東海・東南海地震および津波の影響を受ける駿河湾・遠州灘を取り上げる。この地域は 70 年代から東海地震対策が取られているため、地震対応は他地域より進んでいると思われる。しかし、地震・津波の複合災害までは必ずしも考慮できていない。

また、災害は地域の事情・社会状況によって顕在化する被害が異なるため、現在の駿河湾・遠州灘地域の実情にあわせて、どのようなリスクが考えられるかを議論し、施設整備も含めた対応のあり方を検討する必要がある。

2) 駿河湾・遠州灘地域の状況

- (ア) 安政東海地震・津波で大きな被害。また 70 年代には東海地震説。防災意識は高い。
- (イ) 上下水道の整備が進んでからは、大きな地震はない。

3) 活動内容

- (ウ) 報告 (5/21)
 - 横須賀市上下水道地震・津波対策について：横須賀市上下水道局 長谷川
- (エ) 施設の実態調査 (資料収集)
 - ① 各施設 (上下水施設) の位置・規模
 - ② 取水先、放流先
- (オ) サイト予定地選定 (現地を見学し、決定)
 - ① サイト設定に当たっての打合せを 7/6 に実施。
 - ② 見学は 12/21 (金) を予定
 - ③ 現場踏査場所は、WG5 で調整する。

4) その他

サイト予定地の見学に先立ち、静岡県下でシンポジウム (～東海・東南海地震・津波にどう向かい合うべきか～ 12/20) に参画予定。

参考文献

- 1) iRIC Project: i-ric.org/ja/
- 2) 国土地理院基盤地図情報サイト: www.gsi.go.jp/kiban/
- 3) 日本海洋情報センター: www.jodc.go.jp/index_j.html
- 4) SRTM: www2.jpl.nasa.gov/srtm/

(2012.9.26 受付)

ACTIVITY REPORT OF RESEARCH SUBCOMMITTEE FOR DISASTER MITIGATION OF THE WATER CYCLE NETWORK

Secretariat of the subcommittee

The Great East Japan Earthquake and the Great Hanshin Earthquake revealed that interruption of sewage treatment systems could cause significant damages to water utilization in our modern society. These disasters exposed the difficulty to depend on the potential ability of natural purification to substitute the damaged sewage networks, when a scale and an intensity of disaster exceed the intended limit. The unintended disasters, e.g. millennium tsunami disasters, may cause secondary disasters such as plague outbreaks and pollutions of the nature due to eutrophication. This subcommittee researches an efficient and disaster-resistant water cycle network as well as reasonable countermeasures for purification facilities in coastal areas against earthquake and tsunami. The final goal of our activity is to propose a strategy for decreasing the residual risks of the next inevitable disaster.