

沿岸防災技術研究所の活動について (平成 25 年度)

高山 知司

(一財) 沿岸技術研究センター 参与
沿岸防災技術研究所長

沿岸技術研究センターは沿岸防災技術研究所を平成 17 年 12 月に設立した。沿岸防災技術研究所では総合的な沿岸防災技術について、調査研究を進めるとともに、セミナーやワークショップを開催するなど沿岸防災に係わる新しい情報の発信に取り組んできている。本稿では平成 25 年度における沿岸防災研究所の取り組みを紹介する。

キーワード：海岸法の改正，粘り強さ，緑の防潮堤，第 1 回日韓沿岸技術研究ワークショップ，第 3 回日本・チリ津波防災シンポジウム，書籍「TSUNAMI」，絵本「津波は怖い！」

1. はじめに

2010 年 2 月における M=8.8 の地震によるチリでの津波災害に続いて、2011 年 3 月には M=9.0 の地震による東日本大震災が発生している。そして、2012 年 10 月にはハリケーン・サンディ (Hurricane Sandy) がニュージャージー州南部に上陸し、ニューヨーク州とニュージャージー州を中心にして高潮・高波による大きな災害をもたらした。さらに、2013 年 11 月には台風 1330 号(現地名：台風 Yolanda)がフィリピンのレイテ島やセブ島を直撃し、大きな高潮災害を起こした。この台風 1330 号は中心気圧が 895hpa まで低下した巨大台風であった。

巨大な津波災害の後はハリケーンや台風による高潮災害である。特に、ハリケーン・サンディは米国の北に位置する大都市ニューヨーク市(岩手県の緯度に対応)を襲って高潮災害を起こし、高速道路トンネルや地下鉄といった高度に利用されている地下空間を浸水させて、都市機能を麻痺させた。図-1 は高速道路トンネルの浸水を示している。台風 1330 は中心気圧が 900hpa を切るような巨大台風で、最近 50 年間で最大の規模であった。



図-1 ハリケーン・サンディによるマンハッタンへ向かう Underpass の浸水

2004 年のインド洋大津波の時には、このような大きな津波を起こす地震が日本近海で発生するとはほとんど誰もが考えていなかった。しかし、インド洋大津波から 10 年も経たないうちに東日本大震災が発生した。このことを考えると、ニューヨーク市やフィリピンでの高潮災害を教訓にして、このような高潮に対する対応を考えておくことが重要と思われる。

東日本大震災以降、最大クラスの津波については検討が行われているが、津波と同様に最大クラスの高潮についての検討が必要なのではないかと思われる。これまでは、高潮に対しては、わが国で最大の高潮災害を起こした伊勢湾台風を設計台風として検討されてきたが、今後は、今までのままでよいのか、新たな基準を設けるのかについて検討が必要と考える。

前回の改正から 15 年経過した、本年(2014 年)に海岸法が改正された。この改正は、東日本大震災における津波災害の教訓と老朽化が激しくなっている海岸保全施設の現状を考慮して行われたものである。そこで、本報告では、海岸法の制定から今回を含め過去 2 回の改正の経緯について述べるとともに、沿岸防災技術研究所の平成 25 年度において取り組んだ調査等について紹介する。

2. 海岸法の改正

2.1 海岸法の制定

戦後の荒廃した国土に巨大な台風が来襲して、多くの生命と貴重な財産が失われてきた。1953 年の台風 13 号によって起こされた大災害を契機として、海岸防護を基本とする海岸法が制定された。この海岸法の下で高潮や高波、津波に対する海岸防災事業が実施されてきた。

1959 年の伊勢湾台風による伊勢湾沿岸における未曾有の高潮大災害や 2 年後の 1961 年における第 2 室

戸台風による大阪湾沿岸における大きな高潮災害を契機として、恒久的な高潮防護計画が経済的に重要な三大湾（東京湾、伊勢湾、大阪湾）に対して立てられ、防潮堤や水門の整備が実施されてきた。1960年代から1990年代までは比較的静穏な時期で、大きな高潮災害が発生しておらず、高潮による直接の死者は出ていなかった。しかしながら、1999年になって、台風18号による高潮によって八代海沿岸の不知火町では12人が溺死した。さらに、2004年には、わが国に10個という異常な数の台風が来襲し、瀬戸内海や周防灘において大きな高潮災害を発生させ、それによる死者も出た。近年におけるこのような台風の巨大化は地球温暖化の影響ではないかと言われているが、正確にはまだわかっていない。図-2は台風0418号による広島廿日市埋立護岸の崩壊状況を示している。



図-2 台風0418号による広島廿日市埋立護岸の崩壊

津波災害については、1960年にはチリ地震津波によって太平洋に面する東北や四国の沿岸で大きな災害を被った。津波防災のために防潮堤の整備とともに、湾口津波防波堤の計画もなされた。そして、大船渡湾の湾口部には津波防波堤が建設され、その防護効果については1968年の十勝沖地震津波によって検証された。津波災害は、その多くが太平洋沿岸で起きていたが、1963年の新潟地震津波、1983年の日本海中部地震津波、1993年の北海道南西沖地震津波といったように、東北日本海沿岸でも津波災害が発生した。北海道南西沖地震津波では、地震発生後数分で津波が来襲しており、迅速な津波警報の発令が要望された。また、日本海中部地震津波後に建設された防潮堤が北海道南西沖地震津波で破壊されたこともあり、避難を考えたソフト対策の重要性が再認識された。

図-3は北海道南西沖地震津波で被災した奥尻島青苗地区の状況を示している。この地区は日本海中部地震において高さ4mの津波で被災したために、天端高4mの防潮堤が建設されたが、北海道南西沖地震では

高さ10m津波で防潮堤は破壊され、青苗地区の多くの家屋が流出した。



図-3 1993年北海道南西沖地震津波による奥尻島青苗地区の被災

2.2 海岸法の第1回目の改正

海岸は古くから地引き網や潮干狩り、魚釣り、海水浴、といった生活と憩いの場として市民生活に密着していたが、わが国の経済成長とともにそれは失われていった。この原因としては、砂浜や浅場の喪失に加えて、防護のために海岸線に建設された天端の高い防潮堤がある。砂浜喪失は、洪水制御や水資源確保のために建設されたダムによる海岸への砂の供給量の急激な低下に伴う汀線の後退や円滑な物流の確保のために建設された港湾による沿岸漂砂の遮断に伴う海浜の異常な前進と後退が原因となっている。また、浅場の喪失は、工業用地確保のための埋立に起因している。さらに、災害から市民を守るために海岸線に建設された高い防潮壁は市民を海岸から遠ざけた。海浜のこのような急激な変化は、海浜の景観を悪化させるとともに、砂浜や干潟による水質浄化機能を失わせ、貧しい生態系へと変貌させていった。

このような状況のなかから防護方式においても、海岸線における防潮堤でだけで護る線的防護から複数の施設を空間的に配置して護る面的防護方式へと、景観や利用を考えた防護方式に変わっていった。このような変化を背景にして、防護を主体とする海岸法から海岸の環境や市民の利用をも図る海岸法へと1999年に改定された。防護は、まれにしか起きない災害から市民の生命や財産を護ろうとする非日常的行為であるのに対して、環境や利用は毎日の生活の中で市民が享受する日常的行為である。海岸法の改正によって海岸事業は、非日常的行為から日常的行為までできるだけ満足させることが要求されることになった。図-4は、親水海岸として養浜された和歌山県の白浜海岸である。

オーストラリアからの珊瑚の白砂で養浜し、ヘッドランドで養浜砂を制御するようにしている。



図-4 ヘッドランドによって護られた養浜白砂の白浜海岸

2.3 海岸法の第2回目の改正

2011年3月11日に発生した東日本大震災はM=9.0の地震とそれに伴う大津波によって起こされた大災害である。特に、津波によって2万人近くの人が犠牲になった。このような大災害の原因としては、再現期間が1,000年といわれるような非常に大きな津波が発生したことであるが、このような巨大な津波によって防潮堤や海岸堤防、防波堤等が倒壊したことが災害を大きくしている。

東日本大震災における稀な巨大津波に対して構造物で防御することは非常に困難であることから、津波を発生頻度の高い津波（レベル1津波）と最大クラスの津波（レベル2津波）の2つに分けて考えることになった。レベル1津波は従来の設計で対象にしていたような再現期間が100年程度の津波であり、このような津波に対しては構造物で防御し、人命と財産を防護するとした。そして、レベル2津波は構造物で防護することは諦め、避難というソフト対策で対応することになった。津波が防護施設を越流することは許容するが、施設が倒壊すると巨大災害に結びつくことになるために施設に粘り強さを付加して、容易な崩壊は避けることになった。つまり、レベル1津波は防御で、レベル2津波は減災で対応することになった。

東日本大震災の教訓のもとに、海岸法の改正では、海岸堤防の背後に防護林を配置した「緑の防潮堤」と呼ばれる付帯施設や越流津波による洗掘防止のための根固め工なども海岸保全施設として明確な位置づけがなされた。これは施設の粘り強さによって、浸水したとしても避難時間を稼ぐことができ、また、浸水量を低減する効果を期待したものである。図-5は「緑の防潮堤」のイメージ図を示したものである。海岸堤防の背後斜面を植林し、越流津波を減勢するとともに、防潮堤を粘り強い構造に改造したものである。

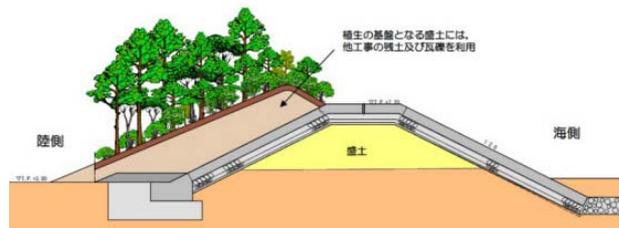


図-5 緑の防潮堤のイメージ

東日本大震災では、多くの消防団員が水門の閉鎖のために犠牲になっている。そこで、海岸法の改正では、海岸管理者に対して水門や陸閘等の操作を伴う施設の操作規則の制定と、必要と認める場合、開口部の閉鎖等の措置を行うことを明記している。

伊勢湾台風後の高潮対策施設やチリ地震津波後の防潮施設は建設後50年以上経過するようになってきている。その結果、一部の施設については老朽化が目立ってきており、予防保全の観点から維持管理が必要となってきた。そこで、海岸法の改正では堤防や護岸の防護機能を保持するために、海岸管理者に対して維持・修繕を義務づけた。図-6は建設後50年近くの経過によって老朽化した大阪港沿岸の防潮堤である。この防潮堤の前面には新たな防潮堤の計画がある。



図-6 大阪港における老朽化した防潮堤

2.4 残された技術的課題

2.3で述べたように今回の海岸法の改正は、東日本大震災の教訓に基づく大きな改正である。しかしながら、海岸法の改正で基本的な考えとして導入された「粘り強さ」については解決しなければならない技術的課題が残されている。これについて、ここで述べる。

被災した施設の多くは大きな津波力によって破壊されていたが、津波力に対しては耐えることができたことと推測された施設も被災していた。この原因としては、これらの施設の設計では津波が天端を超えないことを前提に設計していたために、津波の越流に伴う現象については検討していなかったことによる。被災

施設の調査や模型実験による再現^{1), 2)}では、越流による背後地盤の洗掘や渦による水圧の低減が施設の耐力を低下させたことがわかってきた。さらに、堤体前後の水位差による捨石マウンド内の浸透流による圧力勾配も堤体の不安定性に影響することがわかってきた³⁾(図-7)。

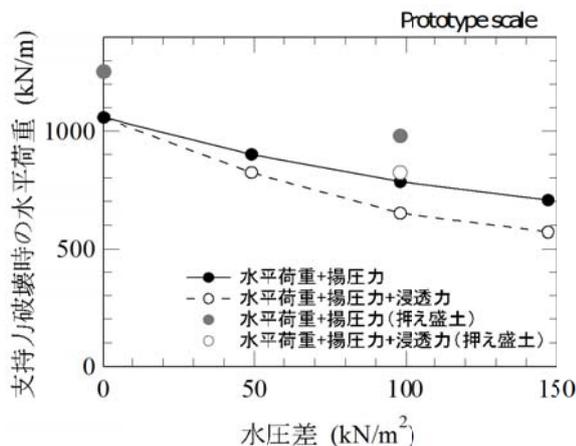


図-7 防波堤前後の水位差と支持力の関係

このように堤体の不安定性に影響する要素がある程度分かっているが、これらの要素が堤体の不安定性にどの程度影響するのか、その定量化については明確になっていない。

その結果として、粘り強さを付加するための対策をしたとしても、どの程度粘り強くなったのか、それを照査する手法がまだない。粘り強さに対する対策はいくつか提案されている(例えば図-8)が、その強さを照査するためには模型実験しかないのが現状である。条件が変わる毎に実験することもできず、今後は、数値シミュレーションや模型実験に基づく経験公式を用いる照査手法の開発が望まれる。

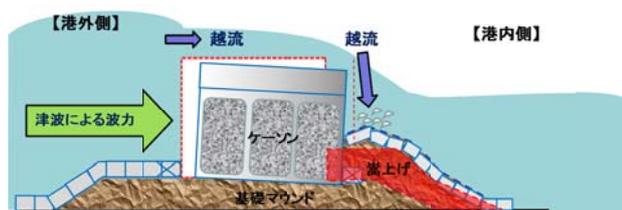


図-8 裏込め石の設置による防波堤の粘り強さの付加

3. 沿岸防災技術研究所の業務

沿岸防災技術研究所の業務は、以下の業務について取り組んでいる。

- ①沿岸防災技術に関する情報の収集・整理
- ②沿岸防災技術に関する調査研究の実施
- ③沿岸防災技術に関する政策提言
- ④沿岸防災技術に関する技術の普及
- ⑤大規模災害に関する調査研究

4. シンポジウム等の開催

沿岸防災の重要性についての啓発や防災技術の情報交換のため当センターでは国内外でシンポジウムやセミナー等を開催しており、ここでは沿岸防災関連のものについてのみ紹介する。

4.1 コースタル・テクノロジー2013 における防災関連論文の発表

2013年11月3日、海運クラブ2階ホールにおいて「コースタル・テクノロジー2013」を開催し、15編の論文を発表しているが、その内、防災関連については以下のような5編の論文発表を行っている。論文の詳細については、「沿岸技術研究センター論文集No.13(2013)」を参照してほしい。

1) 近畿地方の港湾における地震・津波対策について

- 調査部 調査役 福間 正
- 調査部 主任研究員 青田 徹
- 近畿地方整備局 港湾空港部 危機管理課
- 課長補佐 宮本武則
- 同上課 保安情報係長 松下清幸

近畿地方整備局では、平成15年以降、東南海・南海地震に伴う津波対策を推し進めてきたが、平成23年の東日本大震災を契機にその大幅な見直しを行ってきている。近畿地方の港湾における地震・津波対策の基本方針をとりまとめるにあたっての検討課題や今後の対策検討の留意点等について検討した。

2) フラップ式陸閘の技術的課題と対応

- 調査部 研究員 伊藤義将
- 審議役 八尋明彦
- 四国地方整備局 高松港湾空港技術調査事務所
- 調査課 調査課長 小泉勝彦
- 同上課 調査係長 高木裕子

東日本大震災では、陸閘を閉鎖しようとして津波によって命を落とすケースが発生したため、大型の閘門については閉鎖を無人・無動力化することが求められている。本報告では、浮力によって無人・無動力で自動閉鎖できるフラップ式陸閘を撫養港海岸に設置する際の適用性及び技術的課題と解決方針について述べている。

3) 室戸岬沖におけるGPS波浪計の検討について

- 調査部 研究員 合田和弘
- 調査部 調査役 菊地洋二
- 四国地方整備局 高知港湾・空港整備事務所
- 港湾施設分析評価官 岡崎 裕
- 同上事務所 沿岸防災調査官 芝 清久

室戸岬に設置予定のGPS波浪計について、それを構成する各種機器およびブイ並びに陸上局の設置場所を

検討するとともに、東日本大震災におけるGPS波浪計の課題を踏まえたシステムの改善についても検討した。

4) 三池港における防災拠点および地震対策の検討

調査部 主任研究員 山本隆信
 調査部 調査役 金正富雄
 日本海洋コンサルタント(株) 安野経治
 九州地方整備局 博多港湾・空港事務所
 第一工務課 課長 前田俊明
 同上課 第二公務係長 栗田健太郎

本報告では、三池港が果たすべき緊急時の広域的な防災拠点としての役割や地域経済活動における役割について検討した。そして、福岡県南西部における大規模地震を想定し、地震動および液状化が各港湾施設に及ぼす影響を把握し、震災対策を検討している。

5) 四国臨海部の液状化対策について

調査部 主任研究員 大川大一
 調査部 調査役 福岡 正
 四国地方整備局 港湾空港部 港湾物流調査室
 課長補佐 高尾俊輝
 同上室 係長 小椋卓実

本報告は、港湾管理者が施設の液状化対策を実施する上での方針をまとめ、更に対策を検討する上での個別施設の優先度の考え方をフロー形式で示している。ただし、液状化対策を実施する個別施設の優先度については液状化の被害程度や施設の重要度等に応じて個別に判断が必要である。

4.2 第3回日本・チリ津波防災シンポジウム

チリ共和国は南アメリカ大陸の太平洋沿岸に位置し、南北に約4,000kmの長さを有する国である。その沖合にはペルー・チリ海溝があり、日本と同様に海溝型地震と津波の高いリスクがある。2010年2月27日にはM=8.8の巨大地震とそれに伴う津波が発生し、死者数は547名に達している。その内の125名は津波による犠牲者であると言われている。このように世界の中でも津波のリスクが高いチリと日本が協力して、「津波に強い地域づくり技術の向上」に関する共同研究プロジェクトを2012年1月から実施している。プロジェクトの目標は、チリ、日本およびその他の国において津波に強い地域を作り、人を育成するための技術を開発することある。日本・チリ津波防災シンポジウムは第1回および第2回をチリの首都サンティアゴ市において開催してきた。

開会式に続いて、「津波に強い地域づくり技術の向上」と題する共同研究プロジェクトの紹介が行われた。その後、「震災ビッグデータの活用」と「粘り強い対津波構造物—東日本大震災から学んだ教訓—」と題する2つの特別講演が日本側から行われた。それに引き続いて4つのセッションが行われた。

セッション1は「津波被害推定モデル」と題して、また、セッション2は「津波被害推定手法」と題してチリ側から2名、日本側から1名のそれぞれ3名の発表があった。セッション3は「津波警報手法」と題して、チリ側と日本側それぞれ1名の発表が行われた。セッション4では「津波避難・防災教育・BCP手法」と題してチリ側から1名と日本側2名の発表があった。

図-9は特別講演の発表の様子であり、図-10は活発な討論の様子を示している。



図-9 特別講演の状況



図-10 活発な討論の様子

4.3 第1回日韓沿岸技術研究ワークショップ

本ワークショップは今回が第1回であるが、元は、2009年10月7日に当沿岸技術研究センターと韓国海洋研究院(KORDI: Korean Ocean Research & Development Institute)との間で研究交流に関する協定書を調印したこともあって、隔年ごとにそれぞれの国で開催することにしてきたものである。韓国海洋研究院は2012年6月1日に韓国海洋科学技術院(KIOST: Korean Institute of Ocean Science and Technology)として名称変更することによって新たな歴史を開始している。研究協力協定の調印を記念して釜山で第1回沿岸防災ワークショップを開催した。そ

して、沿岸技術研究センターとKIOSTとの共同沿岸防災ワークショップは4回行われたが、(一財)みなと総合研究所(WAVE)が2012年にKIOSTと「沿岸技術分野の協力覚書」を締結したこともあって、従前からKIOSTと研究協力を行っている(独)港湾空港技術研究所(PARI)も含めて、新たに日韓沿岸技術研究ワークショップが始まった。今回が新しくなったワークショップの第1回である。

本ワークショップは2013年9月5日にK-Seoul Hotelで開催され、海洋水産部港湾局長を始めとし、関連協会の会長、大学関係、建設会社等の産業界から130名の参加者があった。

最初に、KIOSTの姜正極(カン・ジョング)院長によって「KIOSTのビジョンおよび役割について」と題する基調講演が行われた。この講演では、海洋沿岸分野における研究開発に対する韓国の取り組みなどが述べられた。引き続きワークショップが4つのテーマで開始された。

最初の「沿岸防災」では、津波や防波堤に関する技術や油濁対策などが発表された。「沿岸管理」と「沿岸環境」では、生態系などの海域環境や海浜変形、ブルーカーボンの研究成果が発表された。また、「技術開発・普及」では、サクシオンバケット基礎やフラップ式陸閘の研究等について発表があった。各テーマについては、活発な議論が展開された。

図-11はワークショップ関係者一同の記念写真である。



図-11 ワークショップ関係者一同

翌日、9月6日にKIOSTの技術研究所や始華湖潮力発電所(Sihwa-Lake Tidal Power Plant)、京仁運河(ARA運河)を見学した。

始華湖潮力発電所は、ソウルから約40km南西に位置する始華湖の湾口に建設されている。図-12の発電所模型が示すように湾口部の左側から満潮期の海水を取り入れ、干潮期に右側から排出するときに発電を行っている。ここでの潮位差は大潮時で9.16mもあり、年間発電量は552.7GWhになる。潮位差が生じて発電す

るときには図-13のように外側の西海海面に渦が生じ、壮観である。

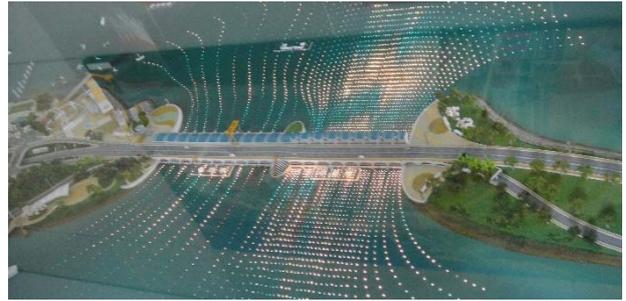


図-12 発電所模型



図-13 発電時における海面の状況

京仁運河事業は、既存の放水路を運河として活用することによって、洪水の防止と物流コストの削減、交通渋滞の解消、文化・観光・レジャーの活性化、地域経済の発展を図るために、韓国水資源公社によって実施された事業である。事業期間は2009年から2011年まで、総事業費は2兆2,500億ウォンである。図-14に京仁運河全体の鳥瞰図を示す。また、図-15に仁川側における京仁運河入口での閘門と運河外側のコンテナターミナルを示している。

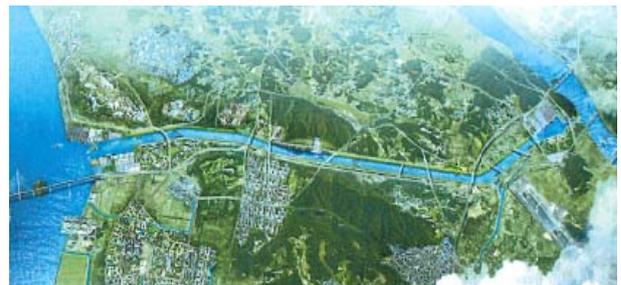


図-14 京仁運河全体の鳥瞰図



図-15 仁川側の運河閘門とコンテナターミナル

5. 調査研究の実施

5.1 調査研究

沿岸研究センターにおいて受託・共同・自主研究を合わせて、82件の調査研究を昨年度に行っている。そのうち防災関連の研究が30件で、37%の占有率で、普段の年とほぼ同じである。南海トラフ沿いの最大クラスの津波に対する対策のために近畿地方整備局や四国地方整備局、九州地方整備局では津波防災関連の調査の割合が大きい。

これらの調査業務を災害の予測、被害想定、減災対策、新技術に関する研究に分けて、その主なものを示す。

- ① 災害の予測技術に関する研究
 - ・ 偶発波浪の検討
 - ・ 海象観測データの活用
 - ・ 埋没対策の高度化
- ② 被害想定に関する研究
 - ・ 地震・津波安全性評価手法の検討
- ③ 減災対策に関する研究
 - ・ 効率的・効果的な地震・津波対策
 - ・ 港内埋没対策
 - ・ 長周期は対策
 - ・ 海岸安定化の検討
- ④ 新技術に関する研究
 - ・ 津波防波堤等の技術検討
 - ・ フラップ式陸閘の開発

6. 出版物の刊行

わが国は津波の常襲地域であり、津波に対する知見や経験が豊富である。津波に関するわが国の技術的知見を広く世界に情報発信することは当センターの業務の一つとして考えられることから、津波災害の危険性が高い国内外諸地域における人的被害軽減に貢献することを目的とし、津波に関する被害、現象、予警報及び被害軽減策等の技術的知見を紹介する書籍「TSUNAMI」と絵本「津波は怖い！」を出版してきた。

6.1 書籍「TSUNAMI」

書籍「TSUNAMI」は、津波に襲われたときに生き延びるために必要な知識を伝えることを主たる目的とし、数式等はほとんど使わないで、できるだけ読みやすい平易な本にした。このTSUNAMI本は、日本語版(2008年11月)で最初に出版され、引き続いて、インドネシア語版(2009年6月)、英語版(2009年10月)、韓国語版(2009年12月)を出版している。英語版については2011年3月11日に発生した東日本大震災を踏まえて、表紙の写真とまえがきを書き直し

ている。英語版とインドネシア語版については平成21年度土木学会出版文化賞を受賞した。2011年3月11日にM=9.0という大地震とそれによる大津波で東日本大震災が起こった。この災害による教訓を取り入れた改訂版を現在校正中である。

6.2 絵本「津波は怖い！」

小学生や中学生でも簡単に読め、尚且つ、正確な津波知識が身に付く簡易本として「津波は怖い！」と題する絵本を出版してきた。難しい漢字には読み仮名を付けるとともに、写真や挿絵、漫画をできるだけ取り入れて、わかり易くすることを心がけた。このようにすることによっても、津波記述の正確さが落ちないように心がけている。

「津波は怖い！」と題する絵本は、日本語版を2010年4月、インドネシア語版を2010年10月に出版した。2010年2月27日にM=8.8のチリ沖地震が発生し、その災害調査団員として派遣した職員によって本簡易本がチリ側に提供され、スペイン語に翻訳された。2011年の東日本大震災が起こったこともあって、この津波災害から得られた教訓や写真画像を採用して、絵本「津波は怖い！」を大改訂した。この絵本には津波や災害の実像、更には現在の津波研究の一端を映像として示すDVDも添付している。

7. その他

これまでに紹介した取り組みのほか、当センターが実施している「沿岸気象海象情報発信システム(COMEINS)」の運用など、沿岸防災に関連する情報提供、港湾・空港の土木施設やその他の土木施設の耐震性能の評価に必要な技術の普及も実施している。これらも、沿岸域における防災対策に関する検討にとっても不可欠なもので、今後も充実を図るつもりである。

参考文献

- 1) 佐々真志他：津波越流—浸透連成遠心実験システムの開発とマウンド洗掘への適用，土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol. 69, No. 3, 2013.
- 2) 有川太郎ら：釜石湾口防波堤の津波による被災メカニズムの検討—水理特性を中心とした第一報—，港湾空港技術研究所資料，p. 52, 2012.
- 3) 高橋英紀他：津波による浸透作用下の防波堤基礎マウンドの支持力発現特性，土木学会論文集 B3, Vol. 69 No. 3, 2013.