

CDIT

Coastal Development Institute of Technology

臨時増刊号

『沿岸防災技術研究所』
の設立について

ハリケーンカトリーナによる
高潮・高波災害の現地調査



Coastal Development Institute of Technology

2005.12.臨時増刊号

設立ご挨拶

財団法人 沿岸技術研究センター 理事長 沿岸防災技術研究所 所長 村田 進

特別寄稿

NHK解説委員・大妻女子大学 教授 藤吉 洋一郎

京都大学 防災研究所 教授 高山 知司

Institute of Technology for Disaster Management

『沿岸防災技術研究所』設立について

ハリケーンカトリーナによる米国メキシコ湾岸の
高潮・高波災害の現地調査

ITDM Flash News

3

4

5

6

9

19

表紙の写真：ニューオーリンズ9番地区における被災状況

設立ご挨拶



財団法人 沿岸技術研究センター 理事長
沿岸防災技術研究所 所長

村田 進

昨年は、十個にも上る台風上陸による災害の発生や、東海・東南海地震発生についての懸念の高まり、さらには昨年末の死者行方不明者約三十万人というインド洋大津波の惨事、米国ハリケーンカトリナによる高潮災害など、国の内外を問わず自然の猛威による大災害が頻発しております。このため、安全・安心の国土づくりこそが、この国に住む一人一人の切なる願いとなってきたところ です。

このような社会的ニーズに応えるべく、沿岸技術研究センターは、一九八三年の創設時より、安全・安心の国土づくりに取り組んで参りました。その活動内容は、効果的なハード面の対策から「減災」を目的としたソフト面の対策・検討に至るまで、幅広く様々な分野に及んでおります。そして、それらの実績から、国等と協働し効果的かつ具体的な方策案を提示できる専門的な機関としての役割をかねてより期待されていたところ でありますが、このほど、ようやくその環境も整いましたことから、「沿岸防災技術研究所」を設立して本格的に防災業務に取り組むことと致しました。

さて、防災施策は、昨今の頻発する大規模災害による教訓を踏まえ、如何なる理念と戦略に基づき国民の生命・財産を守るべきか？ という施策の原点に立ち返ることが必要となっていると考えます。そして、

米国におけるハリケーンカトリナの災害は、ソフトとハードの総合的な取り組みが指摘される中、ハードへの地道な取り組みの重要性を今一度思い起こさせる事例となったと言えるでしょう。私自身現場を調査し切に感じたことですが、護岸・防波堤などの高潮対策施設（ハード）が根底からその機能を失ってしまうような事態では、個人の防災への備えはもとより警察や消防または自治体機能などソフト面だけでは全く対応できないという教訓を示していると思います。健全なハードがあつてこそそのソフト施策であるということです。

私どもは、従来から「技術」を中心に、災害とそれへの対策を研究して参りました。このたびの「沿岸防災技術研究所」の設立により、「技術を活かす」とともに、より幅広い取り組みを総合的に実施することにより、災害から人と国土を守るため、わが国の防災対策・戦略の立案に貢献していければと思っております。

このたび設立された沿岸防災技術研究所が、これから本格的に活動し、その役割を充分に果たしていくためには、言うまでもなく、皆様方のご協力・ご援助が必要です。どうか今後とも、温かい目で研究所の成長を見守って頂き、ご指導を賜りますようお願い申し上げます。

安全への脅威に備える!

—沿岸防災技術研究所への大いなる期待—



NHK解説委員・大妻女子大学 教授

藤吉 洋一郎

科学技術に、黄信号が灯っている。人口爆発とか、地球温暖化とか、わかっていながら、止められないことばかりでなく、そうとは気づかずに困った事態を招いていることもある。ある目的のためには大変便利なもの、優れたものが、実は思いもかけない面でもんでもない害を及ぼすものであったという例がいくつもあった。冷蔵庫の冷媒に優れた特性を持つフロンガスが、実はオゾン層破壊の主役という、あまりにもかけ離れた局面で、地球の生命の安全を脅かす存在になっていったように。

荒波から護岸や砂浜を守るために、海岸で多用されている消波ブロックというコンクリートの固まりはどうだろうか? 景観を殺風景にしたばかりでなく、上に登ることも、取りすぎることも困難な障害物になっている。消波ブロックの多用だけではない。干潟や砂浜の埋め立てによる沿岸域の開発利用という土地利用自体が、思いもよらなかった問題を起こしてはいないだろうか?

東京湾の天然の海岸線はもはや一割にも満たないという。護岸構造の岸壁になり、自然の砂浜や干潟はほとんど見られなくな

ったばかりか、多くの場所で、海岸線に出ることも見ることも困難な場所ばかりになってしまった。浜の名残を地名に残すばかりというところが全国あちこちにある。津波警報を聞いても避難をしない人が多いというが、海を臨むことも、潮騒の音を聞くこともできなくなった人々には、沿岸に住んでいるという意識すらなくなっているのではないだろうか? いま、沿岸技術研究センターは防災という視点に特化した研究所を発足させる。インド洋の巨大津波やメキシコ湾岸の巨大ハリケーンなど、最近続いた大きな自然災害を前にして、安全を脅かすものに対して、沿岸技術はもっと正面から取り組む必要があると感じたからだと聞く。

人類がこのあとも持続可能な発展をするには、自然の作り出した海岸線を改変することが、新たな「安全への脅威」とならないかという観点からの事前のチェックが必要だ。これからの沿岸防災技術には、防災効果はもちろん、経済性だけでなく環境適合性といった面でも評価できる技術であることが求められていると思う。沿岸防災技術研究所に期待すること、きわめて大である。

沿岸防災技術研究所の設立に寄せて

—地球の温暖化による沿岸部の脆弱化を防ごう—



京都大学 防災研究所 教授

高山 知司

二〇〇三年九月十二日には、台風十四号によって発生した高潮が韓国馬山市を浸水して、多くの市民が犠牲になった。この高潮災害は都市特有の災害で、ビルの地下の浸水によって犠牲者のすべてが溺死している。また、同年九月二十六日にMⅡ八・〇の十勝沖地震が発生して、津波も起しているが、津波そのものはそれほど大きくはなく、一部浸水した程度であった。しかし、苫小牧の石油タンク群の油が地震の長周期波でスロッシングを起こし、火災が発生して、消火のためにわが国の化学消化剤のほとんどを使い尽くしてしまった。さらに二〇〇四年には、十個の台風がわが国に上陸し、その中の台風十六号では、岡山県水島市や宇野市、香川県高松市では大潮の満潮と高潮のピークが重なり、それによって浸水が起こり、犠牲者が出た。また、台風十八号では、広島湾には風速五〇m/s以上の強風が吹き荒れ、高潮と高波で護岸が倒壊し、民家が破壊された。さらに、台風二十三号では高知海岸の護岸のバラベツトが高波で破壊され、大量の越波によって数名の方が犠牲になった。二〇〇四年十二月二十六日にはスマトラ島沖でMⅡ九・〇の地震が発生し、それによる津波でインド洋沿岸の国々で多くの方が溺死し、その数は三十万人近くに達した。このように未曾有の数の死者や行方不明者は、津波の情報が伝えられない状況下で起きたものである。今年（二〇〇五年）八月二十九日にはカテゴリー四から五クラスのハリケーンカトリナによって起された高潮で、ニューオーリンズや近郊のメキシコ湾沿岸部で多くの家が壊された。特に、ニューオーリンズでは運河が破壊して、海抜以下の市街地に大量の海水が流れ込み、これによって排水ポンプが使用不能になって、浸水被害が

長期間にわたる大惨事になった。

この過去三年間の沿岸災害を拾い上げてもこのような多さになるとともに、地下空間への浸水といった都市特有の被害も顕在化してきている。近年における台風やハリケーンが巨大化しており、これは地球温暖化の影響ではないかと言われている。地球温暖化では、台風の発生個数は少なくなるが、巨大化すると推定されており、高潮や高波による被害が増大する可能性がある。また、二十一世紀半ばには、東海・東南海・南海地震の発生確率が五〇%以上になるといわれており、この地震による大津波の発生が懸念されている。地球の温暖化は台風規模を増大させるばかりではなく、海面上昇を起こす。以前にこのような海面上昇が防波堤の耐波性にどのように影響するか検討したことがあるが、それによると水深の浅い海域にあるほど、水深の増大による高波高化が大きく、波力が増えて、また、浮力の増大によって耐波性が急激に低下することがわかった。このような耐波性の低下ばかりでなく、水深の増大と天端高の低下は護岸の防波や防津波機能を低下させ、沿岸部を脆弱化させる危険がある。

このように沿岸部の脆弱化が懸念されるときに、沿岸技術研究センターの中に沿岸防災技術研究所が設立されることは時宜を得たものと考えている。できれば、将来における地球温暖化を見据え、五十年あるいは一〇〇年先の沿岸部の防災機能を考えて頂きたい。そして、安全・安心の沿岸部が創出できるような新たな技術の開発を期待します。最後に、沿岸防災技術研究所が沿岸防災技術のメッカとして、沿岸技術研究センターとともに発展されることを祈っています。

『沿岸防災技術研究所』の設立について

はじめに

我が国は、地震、津波、暴風、豪雨、高潮、火山噴火など、多様な自然災害の脅威に晒されています。昨年は観測史上最多の

台風が上陸し、今年は福岡県西方沖地震が発生しましたが、特に沿岸域は経済・社会活動が集中している地域ですので、常にそれらの自然災害に備えなければならぬ宿命にあります（図1、表1）。

一方、阪神淡路大震災以降は、地震研究及び体制・制度整備が進展し、逼迫性が高い地震に関する対策検討が鋭意進められているように、地震・津波対策の推進は喫緊の課題となっています。また、昨年末のインド洋大津波、今年八月末にメキシコ湾岸を襲ったハリケーンカトリナによる未曾有の高潮浸水被害など、海外の事例からも、沿岸域における防災対策の強化が極めて重要な課題であることが改めて明らかとなりました。



図-1 平成16年発生した災害の概要
国土交通省ホームページより（海域利用技術開発懇談会資料）

年月日 平成16年	災害名	主な被災地	死者 行方不明者	負傷者	全壊	半壊	床上浸水
6.27	佐賀県突風	佐賀	0	15	15	25	-
7.12～13	平成16年7月新潟・福島豪雨	新潟、福島	16	4	70	5,354	2,149
7.17～18	平成16年7月福井豪雨	福井	5	19	66	135	4,052
7.29～8.6	台風第10・第11号及び関連する大雨	中国、四国地方	3	19	11	22	274
8.17～20	台風第15号及び関連する大雨	東北、四国地方	10	28	16	88	400
8.27～31	台風第16号	西日本を中心とする全国	17	288	35	133	14,565
9.5	紀伊半島沖・東海沖を震源とする地震	愛知、三重、和歌山	0	47	0	0	-
9.4～8	台風第18号	中国地方を中心とする全国	45	1,365	132	1,396	1,570
9.26～30	台風第21号	西日本を中心とする全国	27	98	92	783	5,193
10.8～10	台風第22号	東日本太平洋側	9	166	135	287	1,561
10.18～21	台風第23号	近畿、四国地方を中心とする全国	98	552	893	7,762	14,289
10.23	平成16年新潟県中越地震	新潟	46	4,801	2,827	12,746	-
16年～17年冬季	雪害	北海道、東北及び北陸等	88	771	56	7	11
平成17年3.20	福岡県西方沖を震源とする地震	福岡	1	1,087	133	244	-

表-1 平成16年以降に発生した主要な災害
内閣府防災担当のホームページより（平成17年版防災白書の概要）

津波や高潮による現象を正確に把握するためには、被害予測技術等に関する研究の推進が不可欠であり、国内で発生した災害に留まらず、海外での災害も含めて、経験や教訓を今後の施策立案等に活かしていくことが極めて重要です。また、情報収集・伝達等の分野においては、新たな技術開発も必要です。一方、中央防災会議では、「新たな防災行政の視点」として、成果重視の行政運営の考え方を防災分野により明確かつ積極的に取り入れることとし、具体的な減災目標を掲げた「地震防災戦略」を策定することとしました。

このように、沿岸防災に関しては、基礎的な研究の着実な推進や新たな技術開発から戦略的な防災対策の立案まで、幅広い分野で多様な主体が関与する必要があるという特徴があるものと思われまます。

沿岸防災に係るこれまでの取り組み

人命や財産が集積する沿岸域において、「安心・安全の確保」のためには、ハード整備を効果的・効率的に進めることはもとより、被害想定手法の確立・高度化や災害時における国民的

確な行動による「減災」を目的とした沿岸防災情報の収集・伝達システムの構築、ハザードマップ作成の促進など、ソフト対策も重要な課題として指摘されておりまます。平成十七年三月に出された「津波対策検討委員会提言」では、ハード整備とソフト対策を一体的に行う総合的な減災対策へ転換した政策を、戦略的かつ強力に推進しなければならぬとされており、ハードとソフトの融合が我が国防災対策・戦略における喫緊の課題であると考えておりまます。

当沿岸センターでは、これらの課題に対し、内閣府、国土交通省をはじめとする政府の津波・高潮ハザードマップマニュアルの作成にも参画するとともに、津波・高潮研究会の設置や地方での防災シンポジウムの開催など、従前から防災対策・戦略の構築や関連技術の普及に係る業務に精力的に取り組んできておりまます。

平成十六年度の調査研究テーマ全体を概観しますと、「沿岸域の防災」に関係するテーマが三割弱を占め、防災に関するテーマの中では、地震・津波の予測・被害想定技術に係る課題、津波防護構造物に係る課題、構造物の耐震性に関する課題、高潮・高波現象の解明に係る課題、住民への情報提供・伝達に係る課題など、多岐にわたるテ

ーマを取り扱っております。このような沿岸防災に係る取り組みを、自主研究、受託研究、共同研究、その他に分けて整理すると図1-2のようになります。

沿岸防災技術研究所設立の目的

沿岸防災に係る調査研究課題に的確に対応していくためには、沿岸域の特性を踏まえて、多様な分野の知見を総合化するとともに、官民の連携による取り組みを展開できる専門的な機関が必要です。

当沿岸センターは、前述のような沿岸防災分野に関する多数の調査研究実績とともに、豊富な知見及び豊富な人的ネットワークを有しております。このため、外部の学識者の知見も活用し、新たな課題に総合的に取り組むとともに、当沿岸センターのポテンシャルをより効果的に発揮して、喫緊の課題解決に貢献していくことが求められるものと考えております。

沿岸防災技術研究所は、このような状況を踏まえて、今後とも国等と連携して体系的・効率的な取り組みを円滑に推進していくことを念頭に、国の沿岸域の防災施策・対策に適切な支援ができるよう万全の体制を確保するために設立するものです。

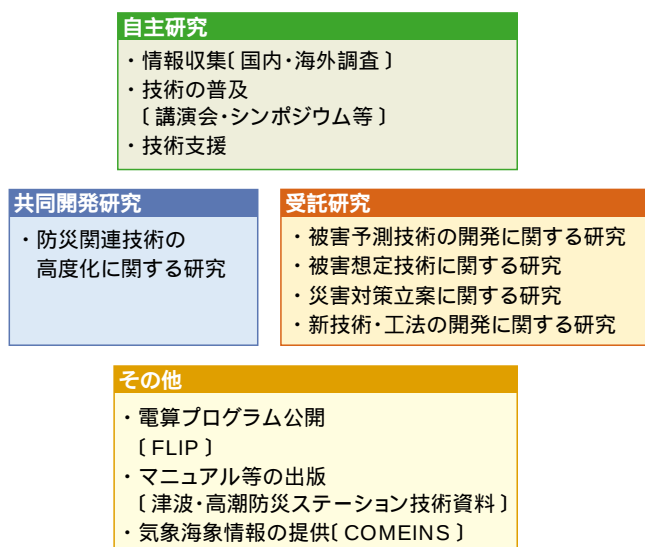


図-2 沿岸防災に係る調査研究への取組の現状

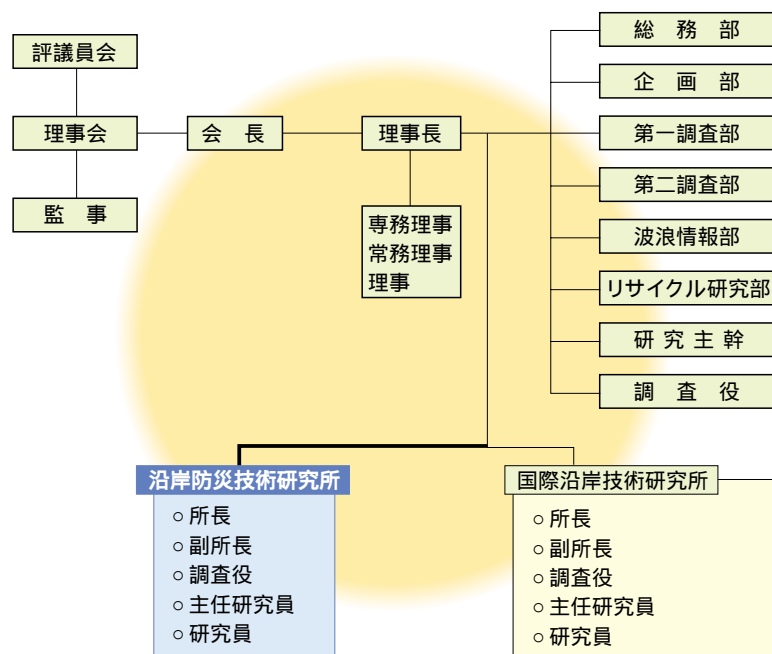


図-3 沿岸防災技術研究所の組織



写真-1 高潮災害を受けたニューオリンズのマリーナ

沿岸防災技術研究所の組織

沿岸防災技術研究所の設立は、
①一般の方々に当沿岸センターが従前から実施してきた「防災業務」をより明確に位置づけ理解しやすくすること
②従前は調査部内部で実施していた当該業務を事務局外の専門的な組織で実施することにより、「防災」という迅速な対応を要求される業務を円滑に推進するための高い独立性を確保すること

③「研究所」という組織のもと、官民合わせた適切な専門能力を有する人材を集集する機関とすること
を目標しております。

現状では、事務局内にあり、理事長以下複数の理事の下で業務を実施している状況ですが、組織としての迅速かつタイムリーな対応を図るため、機動性を要する国際業務と同様に、防災業務についても研究所を事務局外に設け、今後の適切かつ円滑な対応を期するものです。また、国や地方自治体の防災施策や防災関係機関との積極的な連携を

図るためには、事務局外に「防災」を専門に担務する研究機関を設けることにより、そういった連携が容易な環境をつくり出し、それを効果的に進めていくことが適当と考えられます。

沿岸防災技術研究所の組織を図-3に示します。

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、当沿岸センターが従前から実施している「防災」業務を受け継ぐかたちで展開するものと考えております。しかし、前述のような目的や意義を踏まえて、沿岸防災技術研究所としての業

- 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に対する支援
- ④ 沿岸防災技術に関する技術の普及
- ⑤ 沿岸防災技術ネットワークの設置・管理
- ⑥ 大規模災害に関する調査研究（インド洋津波等）

おわりに

本稿では、沿岸防災を取り巻く動向と当沿岸センターの取り組みなど、沿岸防災技術研究所設立の背景及び組織等を中心に紹介しましたが、平成十七年十月下旬には米国におけるカトリナによる被災状況調査を実施するなど（写真-1）、当沿岸センターでは沿岸防災への精力的な取り組みを継続的に展開しております。今号ではその報告も掲載されておりますが、沿岸防災技術研究所としての具体的な取り組みについては次号から紹介させていただきます。関係者の皆様には、引き続きご指導・ご鞭撻をいただきますよう、よろしくお願い申し上げます。

ハリケーンカトリナによる 米国メキシコ湾岸の高潮・高波災害の現地調査

はじめに

二〇〇五年八月二十九日、ハリケーンカトリナは、中心気圧が九一八ヘクトパスカルという猛烈な勢力を維持したまま、アメリカのミシシッピ川の河口付近に上陸した。このカトリナによる高潮と高波によって、ニューオーリンズの市街地の約八割が浸水し、メキシコ湾の沿岸では家屋が跡形もなく破壊され、アメリカ史上希にみる大規模な災害に至った。この被災状況は、台風常襲地帯である我が国の高潮・高波対策にも、多くの貴重な教訓を与えるものである。



写真右から平石、高橋、小谷野、村田、現地スタッフ2名、高山、小田、河合（敬称略）

■沿岸災害対策技術調査団
京都大学防災研究所 高山知司
港湾空港技術研究所 高橋重雄、平石哲也、河合弘泰
国土技術政策総合研究所 小田勝也
沿岸技術研究センター 村田 進、小谷野喜一

そこで、独立行政法人港湾空港技術研究所では、災害の発生直後から、現地の被災情報を収集する一方で、アメリカ土木学会ASCEや現地の大学と連絡をとった。そして、九月二十二日～二十三日に実施されたアメリカ土木学会の海岸・海洋・港湾・河川委員会COPRIによる第一次の現地調査隊に高橋重雄研究主監を派遣した。

この調査の結果も踏まえ、独立行政法人港湾空港技術研究所は、沿岸防災に関する研究を行っている京都大学防災研究所、国土技術政策総合研究所、財団法人沿岸技術研究センターに追加の現地調査を呼びかけ、これらの機関に属する研究者が「沿岸災害対策技術調査団（団長は高山知司京都大学防災研究所教授）」を結成した。そして、十月二十六日～二十九日に、アメリカの技術者や研究者と意見交換を行うつつ、図1に示すアラバマ州ガルフショアからミシシッピ州ピロキシなどを経て、ルイジアナ州ニューオーリンズ市周辺までの被災状況を調査した。その日程の詳細は、以下の通りである。

☆

- ◆十月二十五日、移動（東京→モービル→ガルフショア）。
- ◆十月二十六日、ガルフショア→ロングビーチの調査、移動（ニューオーリンズへ）。
- ◆十月二十七日、ニューオーリンズ市街地の調査。
- ◆十月二十八日、ニューオーリンズ港、Inner Harbor Navies港、

Station Canal 他 の調査。

- ◆十月二十九日、ニューオーリンズの南東部（セントバーナード郡、ブラークマインズ郡）の調査、移動（ダラスへ）。
- ◆十月三十日、移動（機中泊）。
- ◆十月三十一日、移動（東京着）。

☆

本紙では、インターネットなどから得た情報も交えながら、この現地調査の結果を報告したい。



図-1 ハリケーン カトリナのコースと現地調査の範囲

災害の発生

①カトリリーナの来襲

アメリカでは毎年六月から十一月までが、ハリケーンのシーズンである。ハリケーンが発生し発達するメカニズムは、台風と基本的には同じである。

そのハリケーンの一つであるカトリリーナは、図1で示したように、大西洋のバハマ諸島付近で発生し、フロリダ半島の南端を横断して、メキシコ湾へと進んだ。その後、中心気圧を九〇二ヘクトパスカルまで下げた。その時点においてこの中心気圧は、一九八八年のギルバートの八八八ヘクトパスカルなどに次ぐ歴代四位の記録であった。ただし、カトリリーナの後、リタが八九七ヘクトパスカル、ウィルマが八八二ヘクトパスカルを記録したため、カトリリーナの記録はその年のうちに六位まで下がった。

アメリカでは、ハリケーンの強さを一分間平均風速の最大値によって、五段階の「カテゴリー」に区分している。カトリリーナがメキシコ湾で最も発達したときには、最上位のカテゴリー五（風速が毎秒六十九メートル以上）であった。アメリカのハリケーン観測史上、カテゴリー五にランクされるハリケーンが発生したのは、カトリリーナでま

だ三回目であった。なお、日本では十分間平均風速が毎秒五十四メートル以上の台風を「猛烈な台風」と分類しており、一分間平均風速が十分間平均風速の約一・三倍であるとすれば、カテゴリー五の定義にほぼ匹敵する。北西太平洋では、中心気圧が九〇〇ヘクトパスカル以下の台風が三十個以上も発生している。

さて、メキシコ湾で勢力を増したカトリリーナは、進路を北向きに変え、九月二十九日に九一八ヘクトパスカルの勢力を維持したままミシシッピ川の河口付近に上陸した。このときの十分間平均風速の最大値は時速一四五マイルであり、十分間平均風速では毎秒四十五メートルに相当する。また、この中心気圧は、一九三五年のレイバーデーの八九二ヘクトパスカル、一九六九年のカミール九〇九ヘクトパスカルに次ぐ、アメリカ歴代三位の記録である。図2は日本の代表的な台風のコースや上陸時の中心気圧と比較したものであり、上陸時の中心気圧ではこれら日本の台風よりもカトリリー

ナの勢力が強かった。ニューオーリンズは鹿児島県の種子島くらいの緯度に位置し、メキシコ湾の海水温も高く、ハリケーンの勢力があまり減衰しないまま上陸しやすい。

②メキシコ湾沿岸の地形とカトリリーナによる潮位と波浪

アメリカ海洋・大気庁NOAAの速報によると、カトリリーナの進路の東側に位置するメキシコ湾岸では顕著な高潮が観測されている。図3はその一部を図示したものであり、例えば、



図-2 日本の代表的な台風とカトリリーナ

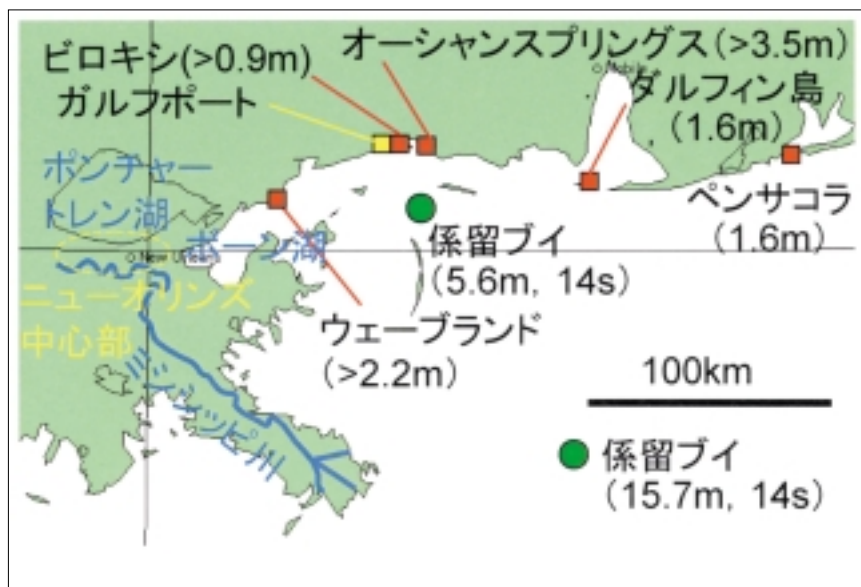


図-3 高潮偏差と有義波の観測値

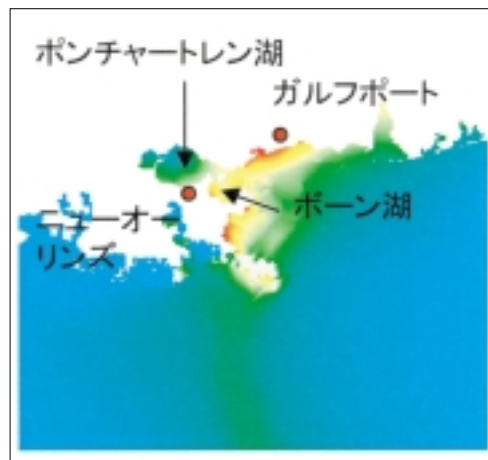


図-5 最大高潮偏差の分布

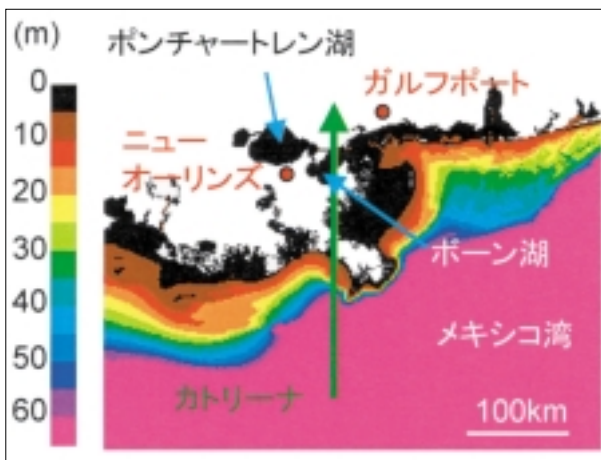


図-4 水深の分布



図-6 ニューオーリンズの地形と破堤箇所
(stormtrack.org に加筆)



図-7 ニューオーリンズの断面
(www.mvn.usace.army.mil/pao/response/NGVD.aspx に加筆)

オーシャンズプリングスでは高潮偏差が三・五メートルを超えて欠測となった。この周辺における家屋の破壊や浸水、バージの陸上への打ち上げ、橋桁の落下など被害の詳細については後述するが、これら被害の状況からもこの一帯で三・七メートルの高潮偏差が生じていたと推測

される。なお、メキシコ湾岸の天文潮差は〇・五メートル程度と小さく、潮位の上昇はほとんど高潮偏差によると考えることができる。

これほど顕著な高潮がメキシコ湾に発生したのは、カトリナの中心気圧が低く、猛烈な風が吹いたためであり、また、図4に示すように、メキシコ湾岸が日本列島周辺にはないほど大規模な遠浅地形になっているためである。カトリナの中心がミシシッピ川の河口付近に達したとき、カトリナの進路の東側では、猛烈な南風で海水が海岸に吹き寄せられた。また、この時にボーン湖では、湖口から湖奥（ニューオーリンズ側）に向かって吹き寄せが生じた。

ポンチャートレン湖は、東京湾と同じくらいの広さを有しているが、その平均水深は約四メートルと非常に浅い。メキシコ湾とつながっているが、その海峡は細い。ポンチャートレン湖はカトリナの進路の西側に位置するので、カトリナが最接近したときに、北岸からニューオーリンズ市街地のある南岸に湖水が吹き寄せられたものと考えられる。

このボーン湖の高潮と、ポンチャートレン湖の高潮の両方が、ニューオーリンズの市街地に氾濫した。ポンチャートレン湖の潮位記録はピークに達する前から欠測したが、運河堤防の破堤などの状況から、三メートル程度の高潮偏差が発生したと考えられている。

図5は、独立行政法人港湾

空港技術研究所の海洋水理・高潮研究室の数値計算モデルで試算した最大高潮偏差の速報値である。ポンチャートレン湖よりも、ミシシッピ川の河口周辺、ボーン湖、ガルフポート周辺で高潮が顕著である。

ところで、メキシコ湾の沿岸では、多くの地点でブイによる波浪観測が行われており、最大有義波として十五・四メートル、十四秒が観測された。

③ニューオーリンズ市街地の地形とカトリナによる浸水
ニューオーリンズ市（オーリンズ郡）は、ミシシッピ川の河口から約一六〇キロメートル上流に位置し、メキシコ湾に通じる港湾都市として発展してきた。ジャズの街としても世界的

に知られている。その人口は約五十万人（約七十％が黒人）であり、陸域面積は約四七〇平方キロメートルである。周辺のジェファーソン郡、セントバーナード郡などを含めたニューオーリンズ大都市圏の人口は約一三〇万人に達する。

ニューオーリンズは、これまで埋め立てによって拡張されてきた街である。その街は、**図-6**や**図-7**に示すように、ポンチャートレン湖とミシシッピ川に挟まれ、運河が張りめぐらされている。市街地の大部分はいわゆるゼロメートル地帯であり、この地形はよく「スーパ皿」にたとえられている。このゼロメートル地帯は堤防によって守

られてきたが、その堤防はカミールなど一九六〇年代のハリケーンによる浸水を契機に築造されたものである。

ところが、カトリーナによるメキシコ湾やボーン湖、ポンチャートレン湖の高潮で、運河の堤防が決壊し、ニューオーリンズの市街地の約八割が浸水した。ミシシッピ川の堤防は決壊しなかった。

カトリーナが去った後、堤防の決壊は応急処置され、住宅地を覆った海水の吐き出しも開始された。しかし、カトリーナから約一カ月後にリタが接近し、応急処置された区間の一部が再び決壊したため、この地区の復興をますます困難にした。

マスコミの報道や今回の現地調査の結果を踏まえると、この地方の高潮・高波災害の原因は、**図-8**に示すように、ポンチャートレン湖の高潮と、メキシコ湾の高潮・高波の、二つに分けて考える必要がある。ニューオーリンズ周辺では、**図-9**に示すように、ポンチャートレン湖の高潮は17th Street CanalやLondon Av. Canalの水位が上昇し、堤防が決壊した（**図中**の地点①～③）。また、ボーン湖の高潮ではInner Harbor Navigation Canalの水位が上昇し、堤防の越流や決壊に至った（**図中**の地点④～⑥）。これらの運河の堤防は、**図-10**に示すように、盛土に矢板が打ち込まれ、その上



図-8 メキシコ湾沿岸の被災状況のまとめ
(www.gis.maps.je.mg.gov/2005/graphics/ldr1603/la-ms-al_pop_090305.pdf に加筆)



図-9 ニューオーリンズの運河と浸水の原因
(www.hq.usace.army.mil/cip/katrina/pumps/pumps.html に加筆)

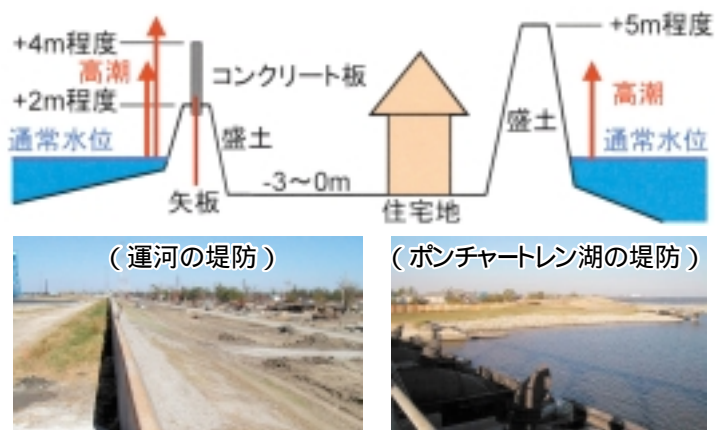


図-10 運河やポンチャートレン湖の堤防の構造

被害の状況

①二つの高潮による被害

カトリーナの高潮・高波は、アラバマ州、ミシシッピ州、ルイジアナ州などメキシコ湾の沿岸に甚大な被害をもたらした。その沖合にある石油や天然ガスの掘削施設の被害は原油価格を高騰させた。これらの被害総額は未だ定かではないが、一説によると最終的には一〇〇億ドルを超え、アメリカのハリケーン史上最悪の記録になると言われている。死者も既に約一三〇〇名を超えているが、その多くは低所得者や高齢者など避難の困難な人々である。



(a) 破堤区間と堤防の断面



(b) 氾濫による土砂の移動と家屋の破壊



(c) 破堤箇所の直背後にある住宅

(d) 応急処置された堤防からの漏水

写真-1 17th Street Canalの破堤地点(図9の地点①)の状況



(a) 外観

(b) 屋内

写真-2 17th Street Canalの破堤地点から1.2km離れた住宅の状況

に鉄筋コンクリートの板を立てた構造になっている。その他にも、堤防にバージが乗り上げたところもある(地点⑦)ただし、ミシシッピ川からの氾濫は生じていなかった。

メキシコ湾やボーン湖の高潮は、図-8に示したように、ニューオーリンズの東に隣接するセントバーナード郡やその南のプラークマインズ郡でも氾濫した。また、アラバマ州からミシシッピ州までの一〇〇キロにおよぶ非常に長い海岸でも、甚大な浸水災害が発生した。

ところで、日本では主として、ニューオーリンズの中心街や

9th Ward地区の浸水災害が報道された。しかしながら、①今回の災害は非常に広範囲に発生した災害であること、②被災のメカニズムも異なるものであること、に留意する必要がある。

②ポンチャートレン湖の高潮による運河堤防の決壊と浸水被害

ポンチャートレン湖の高潮によつて17th Street CanalやLoudon Av. Canalでは水位が上昇し、高さ四メートルほどの堤防の天端に迫ったが、天端に達する前に水圧で堤防が決壊したと考えられる。

写真-1は、17th Street Canalの破堤箇所(図-9の地点①)の状況を示す。(a)は破堤区間の様子であり、堤防の構造は、図-10に示したように、盛土に打ち込まれた矢板の上に高さ約二メートル、厚さ約二十センチのコンクリート板を立てたものである。コンクリート板の中にはゴム製の止水シートが入っている。この運河はポンプ場を介さず直接ポンチャートレン湖とつながっており、平常時の水位は盛土の天端よりも低い。

(b)は破堤した堤防から背後の住宅までの様子であり、破堤時の強い流れで堤防の盛土が流

された。(c)に示すように、家屋の壁や柱が流され、コンクリートの土台だけを残している家屋もあった。この家屋の一階に見える痕跡の高さは、運河の平常時の水位に近い。したがって、この高さは破堤時の最高水位ではなく、浸水後しばらくしてポンプによる強制排水が開始されるまでの間についたものと考えられる。今回の現地調査を行ったときに、破堤した堤防の盛土は復旧していたが、(d)に示すように漏水は続いており、漏水量を測るための堰が設けてあった。

写真-2は破堤箇所から一・二キロメートル離れた同じ運河

沿いの住宅である。この周辺では、写真―1(c)で示したような激しい流れによる壁の破壊は見られないが、写真―2(b)に示すように、二階の床上まで浸水した。一階では浸水時に冷蔵庫が浮き、水が引く際に壁に傾いた状態で着地している。

London Av. Canalでは二カ所(図―9の地点②③)で破堤した。写真―3は、それぞれの破堤箇所の状況を示したものであり、両地点とも、コンクリート壁はユニットの境目から割けて傾斜していた。堤防の背後では、木造平屋建ての家屋が浮いて流されたり、壁が破壊されているのが見られ、(b)の地点では漏水が生じていた。その状況は、

③ ボーン湖の高潮による 運河堤防の越流・決壊と浸水

ニューオーリンズの東部にあるInner Harbor Navigation Canalは、ボーン湖やメキシコ湾とつながった運河である。この運河に沿って港湾施設が配置され、工業地帯が形成されている。メキシコ湾やボーン湖の高

潮によって、この運河の水位は高さ約四メートルの堤防を越え、三箇所破堤した。写真―4は、それぞれの破堤箇所(図―9の地点④⑤⑥)の状況を示したものである。

まず、(a)では、矢板とコンクリート板からなる堤体が、堤内側に移動して倒れていた。堤体が地盤から抜けて流されたというよりは、盛土ごと動いたという印象を受けた。また、この破堤箇所の背後にある住宅地も浸水しており、その被害状況は破堤地点から近い順に、①土台だけが残っている、②壁や屋根が壊れて倒壊している、③建物自体は壊れず軽い木造家屋は浮いて移動している、④浸水した

だけ、という四段階に分かれていた。また、堤防のそばには大きなバージが漂着しており、これも高潮浸水時に家屋を破壊する一因になったと考えられる。(b)は(a)から一キロほど離れた破堤地点である。その被災状況は(a)とよく似ている。ここでは、堤内地へ流された堤体の一区間はねじれて裏返しになっている。

(c)は、(a)と(b)のほぼ対岸に位置する破堤箇所である。この写真にある堤防は、運河の水面に接した堤防の背後に二線目として設置されているものである。危うく破堤を免れた区間でも、堤体が堤内地側に傾斜し、それによって堤外側の地盤には



(a) 図9の地点②



(b) 図9の地点③

写真―3 London Av. Canalの破堤地点の状況



(a) 図9の地点④



(b) 図9の地点⑤



(b) 図9の地点⑤

写真―4 Inner Harbor Navigation Canalの破堤地点の状況



(c) 図9の地点⑥
写真-4 Inner Harbor Navigation Canalの破堤地点の状況 (続き)

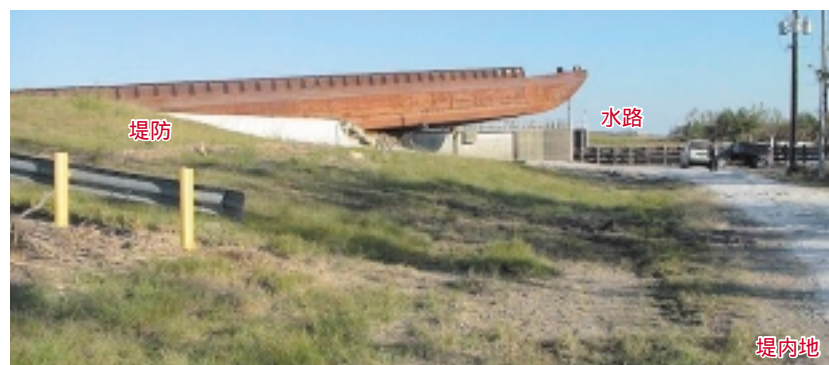


写真-5 Inner Harbor Navigation Canalの堤防 (図9の地点⑦) に乗り上げたバージ



写真-6 プラークマイズ郡の漁港周辺の状況

隙間ができて、矢板の上部が露出した状態になっている。堤外地には倉庫もあり、その壁の下半分が破れ、周りにあるフェンスの上端にはビニル袋と思われるゴミが引っかかっていた。これらは、この周辺が高潮で浸水したことを示している。ところで、この堤防の破堤原因は、高潮で大きな水圧が作用したこともあるが、堤内側の地盤にも侵食が見られたため、高潮がこの堤防を越流して地盤を侵食し、堤体の支持力が低下したことも考えられる。この堤防の背後に

は、貨物の引き込み線やコンテナ置き場があり、そのコンテナは散乱していた。

④ボーン湖やメキシコ湾の高潮によるニューオーリンズの東側や南側沿岸の浸水被害

ニューオーリンズの東側や南側には、図-8で示したように、ボーン湖やメキシコ湾がある。その高潮はセントバーナード郡やプラークマイズ郡でも海岸や運河の堤防を越流し、広範囲を浸水させた。

写真-5はInner Harbor Na-

avigation Canalの堤防 (図-9の地点⑦) に乗り上げたバージである。これほど大きなバージが、堤防に大きな損傷を与えずに乗り上げるためには、水位が天端を大きく超えていなければならぬ。このことは、この周辺で顕著な高潮が発生した証拠の一つになる。

写真-6は、プラークマイズ郡の漁港の一つである。漁港に係留されていたと思われる漁船が堤防に乗り上げ、あるいは堤防を越えて堤内地に横たわっていた。堤防上に残された漁船

には、堤防の天端から一メートル以上の高さのあるところに草が引っかかっていた。したがって、高潮によってこの付近の水位が堤防を超えていたことが分かる。なお、この堤防の背後は、奥行約二キロにわたってミシシッピ川の堤防との堤内地 (輪中のような構造) になっている。

この漁港の棧橋は木製であり、支柱に固定されたタイプである。普段から天文潮差が小さく、高波が襲うこともない場所であるゆえの構造であると思われる。ところが、この棧橋はほと

んど被害を免れていた。したがって、浸水は比較的ゆっくりした流れで生じ、もし高波が生じたとしても、そのときにはその影響を受けないほど水位が高くなっていたと思われる。

写真―7は、ミシシッピ川の堤防の状況である。堤内地にあった木造家屋は土台を残して破壊されたり、堤防に打ち上げられたりしていた。したがって、メキシコ湾で発生した顕著な高潮が、海岸の堤防を越流して陸地を浸水させ、さらにミシシッピ川の堤防を越えてミシシッピ川にまで流れ込む、という状況であったと考えられる。

なお、今回調査した範囲では、

堤防の天端が洗掘された箇所はあったものの、全面的に破堤に至った箇所は見あたらなかった。

⑤メキシコ湾岸における高潮・高波災害

図―1に示したロングビーチからガルフショアに至る海岸では、三〜七メートルと考えられる非常に大きな高潮偏差とそれに伴う高波によって、海岸線から二〇〇〜三〇〇メートルの範囲では家屋が破壊され、約一キロまで浸水した。橋桁が落ちる被害も発生した。

例えば、ロングビーチでは、写真―8に示すように、人工海

浜が続き、その緩やかな砂浜の背後に道路がある。この付近の沿岸では「海岸に堤防はなく、陸上は概ね平坦で、海岸に沿った道沿い（海を望めるくらいの範囲）にリゾート目的の民家やホテルが立ち、その背後の林の中にも民家が点在する」という土地利用形態が典型的である。道路と砂浜の間にある護岸は、静穏時の浸食を防ぐ程度の高さしかなく、ハリケーン時の高潮による浸水を防ぐことは想定したものではない。カトリーナの高潮・高波によって、海岸から一列目の家屋には、壁や屋根が流失して土台だけ残っているものも多い。その背後の家屋で全

壊を免れたものでも浸水はしている。中には、ガルフポートから漂流してきたと思われるコンテナが衝突して破壊された家屋もある。このような被災状況は、インド洋大津波が襲ったタイやインドネシアの沿岸の被災状況を思い出させる。

ロングビーチのとなりのピロキシは、アメリカでもラスベガスに次いで、カジノで有名な街である。その海岸には、写真―9に示すように、緩やかな勾配の砂浜の背後にホテルなどの建物が立ち並んでいる。ただし、州の法律によってカジノ施設を陸上に造ることができないため、海岸に係留したバージの上



写真-7 ミシシッピ川の堤防とその周辺の状況



(a) 海岸線と陸地の全景



(b) 家屋の被害やコンテナの漂着

写真-8 ロングビーチの海岸と背後の家屋の被害



写真-9 ピロキシのカジノ・バージの打ち上げと建物への衝突



写真-10 ピロキシと対岸を結ぶ橋桁の落下



写真-11 ビロキシの道路橋付近の建物の被害と漂着物



写真-12 ガルフショアの海岸の状況

に設置している。ところが、カトリナの高潮と高波によって、このバージが岸に打ち上げられ、陸上にある建物に衝突した。

写真-10は、ビロキシからオーシャンズプリングスを結ぶ、メキシコ湾の海岸に沿った橋梁である。その橋桁が陸側にずれ、各橋桁のビロキシ側の端が

落ちていた。今回の現地調査の時に海面から橋桁の底面までの高さは約三・八メートルであり、カトリナの高潮時に高波で下から衝撃的な波力が作用したものと考えられる。この橋梁の取り付け部の道路は、コンクリート床板、アスファルト層、地盤という構造になっており、地盤が洗掘されていた。写真-

11は、この道路橋のたもとの状況を示したものである。海に面した建物では一階の壁が完全に破れており、少なくともこれに近い高さまでは潮位が達していたものと考えられる。また、陸側では樹木の先にゴミがひっかかっており、その中には地盤から四メートル以上の高さのものもあった。

写真-12は、メキシコ湾に直接面したガルフショアの海岸であり、勾配の緩やかな砂浜の後方に高床式の家屋が列をなして並んでいる。その家屋の中には、カトリナの高潮・高波で破壊されたままのものもあり、既に修理が行われているものもあった。カトリナの高潮・高波で大量の砂が陸に運ばれたため、その砂を海へ戻す工事もなされたが、その一部はまだ残っていた。なお、この砂は真っ白で粒子は細かく、いわゆる「鳴き砂」であった。

カトリナへの教訓

ここまで述べてきた被災状況から、様々なことを教訓として学ぶことができる。だが、我々が学ぶべき教訓はそれだけではない。そもそも、これだけ大規模な浸水や家屋の被害が生じたにもかかわらず、死者が一一〇〇人ほどですんだのは何故だろうか。

①災害の発生前

アメリカの海岸には、日本のような堤防や護岸といった高潮対策施設がほとんどない。その代わり、ハリケーンの強さを五段階のカテゴリに分け、それぞれに対して避難勧告を発令する地域を定めている。そして、ハリケーンの被害が予想される



写真-13 浸水家屋からの廃棄物とその収集の状況

場合には、その二三日前から避難に必要な情報が発表され、市民は避難を開始する。また、ハリケーンで失われる財産は、普段から掛けている洪水保険によつてある程度は保証されることになっている。確かに、貧困層や高齢者など弱者の避難が十分にできず、洪水保険で想定していなかった運河堤防の決壊が起きるなど、反省点はあるだろう。

しかし、避難が被災に大きく役立ったことに疑う余地はない。

それに対し日本では、伊勢湾台風級の台風という一つのシナリオで、ようやくハザードマップを作ろうとしているに過ぎない。

②災害の発生直後

報道や現地の方からのヒアリングによると、ニューオーリン

ズの市民の中には、ルイジアナスーパードームに避難した人も多かった。しかし、食糧がすぐに底をつき、避難するためのバスはあってもドライバーがあまり手配できなかった。電話など通信手段も寸断したため、市民がお互いに安否を確認できず、政府機関ですら救援にあたるべき人との連絡が難しい状況に陥ったそうである。

③災害からの復旧・復興

今回の現地調査は、カトリーナの災害から約二カ月後に実施したものである。このとき既に、市街地の排水は完了しており、一部の地区では人々が戻りつつある状況にあった。写真-13は、浸水した建物から色々な廃棄物が出され、それらや壊れた建物を

を収集しているところである。水道や電気の復旧作業も行われていた。ただし、治安維持のために各所に軍隊や警官も配置されており、我々も何度か検問や職務質問を受けた。夜間に立入規制の引かれている地区も残っていた。

ところがその一方で、未だに帰宅のめどがつかず、親類や知人の家に身を寄せ、あるいは被災者に開放されたホテルやトラールハウスで生活している人も多い。救援担当者の宿泊基地も不足していた。災害の防止だけでなく、災害が発生してしまった場合にどう立ち直るのかということも非常に重要であると痛感した。

おわりに

カトリーナによる災害からは、想定を上回る高潮による災害の状況を考えておくこと、防災施設の破壊とそれに伴う災害の拡大を考慮しておくこと、災害時や災害後の防災担当者の行動がそうした災害の状況に十分対応したものになっていることの重要性など、学ぶべきことは非常に多い。

本報告は現地調査結果の概要を速報としてとりまとめたものである。今後はさらに詳細なデータの整理・解析を行うとともに、カトリーナの災害の教訓を

踏まえて、日本の沿岸防災に資するための研究をさらに推進していきたいと考えている。

今回の調査の実施に際しては、国土交通省や米国の大学や陸軍工兵隊の技術者・研究者等のお世話になった。ここに記して深甚なる感謝の意を表します。

なお、写真-14は破堤地点のそばにあったクルマの一つである。誰がいつ何の目的で落書きしたのか定かではないが、「生きている」ということは、いいことだ。神様ありがとう。」とガラスに落書きされている。被災地の早期の復興も祈るところである。



写真-14 浸水地区のクルマへの落書き

参考文献

- 港湾局海岸・防災課・港湾空港技術研究所 発表資料(二〇〇五) 米国ハリケーンカトリーナ被害に関する現地調査の結果について(速報)。
- 高橋重雄(二〇〇五)ハリケーンカトリーナ被害調査報告、米国土木学会 海岸・港湾・海洋委員会、第一次現地調査、土木技術、Vol.60 No.11, pp.58-64。
- 高橋重雄・河合弘泰・高山知司(二〇〇〇)一九九九年の台風一八号による災害と今後の高潮・高波対策について―高潮対策施設の性能調査と性能設計、土木学会誌、Vol.86,11, pp. 67-70

次号「CDIT鼎談」

平成十八年一月発行予定のCDIT第十九号では、神田真秋愛知県知事、高山知司京都大学防災研究所教授をお招きして、当沿岸センター村田理事長を司会に開催された「CDIT鼎談」の掲載を予定しています。

『大規模災害への備え―沿岸防災』をテーマに、伊勢湾台風を初めたび重なる自然災害に見舞われ、その経験をもとにインフラ整備を進めてきた愛知県。その行政の首長として地域の安全を守る大変重要な役割を担う神田知事。そして、沿岸防災の専門家として沿岸域の安全防災技術に深い知見をお持ちで、また今回のカトリナ被災状況の現地調査では調査団長を務められた高山教授をお招きして「カトリナ」を教訓に、我が国の災害防災への備え、今後進めるべき対応策、ハード・ソフト両面における沿岸域のあり方などについて、それぞれの立場から御議論いただきました。

特に昨今の集中豪雨などの異常気象の頻発、台風の規模の大型化や我が国への上陸回数が増加、また、東南海地域の大規模地震発生の可能性の高さへの危惧など、これらへの対応なども求められています。鼎談では、このような大規模災害への対策についても忌憚のないご意見をいただきました。

次号「CDIT鼎談」にご期待ください。



カトリナ現地調査より



村田 理事長



高山 京都大学防災研究所教授



神田 愛知県知事

ハリケーンカトリナ 現地調査報告会開催

平成十七年十一月一日、全共連ビルにおいて、『ハリケーンカトリナ現地調査報告会』を開催しました。

報告会では、(独)港湾空港技術研究所、京都大学防災研究所、国土技術政策総合研究所及び当沿岸センターで組織された「沿岸災害対策技術調査団」(団長・高山知司京都大学防災研究所教授)から、平成十七年八月二十九日に米国メキシコ湾岸を襲った大型ハリケーンカトリナによる被害状況の現地調査報告(速報)が行われました。

日本の調査団による現地調査は、今回が初めてということもあり、報告会には七十名もの方々の参加をいただき、報告後の質疑応答では、活発な質問・意見交換が行われ、その関心の高さが伺えました。

なお、現地調査報告(詳細)は、本誌をご覧ください。



ハリケーン カトリナ現地調査報告会

現地調査報告会 各紙の反響

『ハリケーンカトリナ現地調査報告会』で報告されたハリケーン来襲史上希にみる甚大な被害状況は、各新聞紙上において大きく報道されました。

各紙では、現地調査の概要とともに、報告より「半世紀近く経過している日本の三大都市圏の高潮防災施設の総点検の必要性」「想定を超える事態への対応案の検討の必要性」等について報道。

改めて今回の現地調査報告が各方面から高い注目を集めていることが示されました。



日刊建設工業新聞 (11月2日) より



建設通信新聞 (11月7日) より



Coastal Development Institute of Technology

発行 財団法人 沿岸技術研究センター
〒102-0092 東京都千代田区隼町3-16 住友半蔵門ビル6F
TEL. 03-3234-5861 FAX. 03-3234-5877
URL <http://www.cdit.or.jp/>
臨時増刊号 2005年12月5日発行