

## 7. Panel Discussion

### @Coordinator and Panelist

Coordinator:	Dr. Shigeo Takahashi, PARI
Panelist :	Mr. Naota Ikeda, MLIT
	Professor T. Takayama, Kyoto U.
	Professor M. Isobe, U. Tokyo
	Professor Billy L. Edge, Texas A&M University
	Professor Robert A. Dalrymple, Johns Hopkins University
	Professor Peter G. Nicholson, University of Hawaii
	Dr. Jeffrey A. Melby, U.S. Army Corps of Engineers

### @ Theme of the Panel Discussion :

Future prevention of storm surge disasters ; “Preparedness for the worst case.”

Hurricane Katrina became the most destructive natural disaster in American history. Comprehensive surveys and reviews of the Hurricane Katrina disaster were made in the United States. One of the major lessons learned from the disaster is that we have to prepare for the worst case and that the scenarios for the worst case are essentially important to mitigate such devastating disaster.

The coastal areas in Japan have been attacked by typhoons and suffer from many storm surge disasters. The design system of the coastal defenses in Japan was developed and used after the Isewan Typhoon disaster in 1959, which is relatively simple based on the possible worst case as the design storm surge and the design storm wave. However a worse case than the worst case may happen. Especially, the current design level in Japan is not sufficient for the worst case.

In the panel discussion we like to discuss the coastal disaster prevention in the future focusing on “preparedness for the worst case.” The worst case defined here is a worse case than the current design level by one rank, for example, with the return period of more than one thousand years. The worst case causes devastating results as the Hurricane Katrina Disaster including the failures of the coastal defenses. Although it may be almost impossible to prevent the disaster with structural countermeasures against such the worst case, we can mitigate it with non-structural countermeasures considering the possible scenario of the worst case disaster.

The following subjects will be discussed to consider the preparedness for worst case.

1. What is the worst case?
2. Is the Katrina disaster the worst case?
3. How to prepare for the worst case?
4. Present situation in the U.S.
5. Present situation in Japan.
6. What is the problem for actual use of the worst case scenario?
7. What should be studied further?

# パネル討議

## @コーディネーターとパネリスト

コーディネーター：	港湾空港技術研究所	高橋重雄
パネリスト：	国土交通省	池田直太
	京都大学教授	高山知司
	東京大学教授	磯部雅彦
	テキサス A&M 大学教授	Billy L. Edge
	ジョンホプキンス大学教授	Robert A. Dalrymple
	ハワイ大学教授	Peter G. Nicholson
	米国陸軍工兵隊技術研究開発センター	Jeffrey A. Melby

## @パネル討議のテーマ： 将来の沿岸防災：ワーストケースへの備え

ハリケーンカトリーナは米国の自然災害史上最悪であった。米国ではハリケーンカトリーナの災害について総合的な調査が行われている。この災害で学ぶべき重要なことの一つは、カトリーナの災害のようなワーストケースに備えることが不可欠であり、そうした非常に厳しい災害を防ぐには、こうしたワーストケースに対してその災害を具体的に想定したシナリオが必要であることである。

日本の沿岸域は毎年台風に襲われ、これまで多くの高潮・高波災害を経験している。日本の沿岸域の高潮防災施設の設計体系は、1959年の伊勢湾台風以降整備され今日まで使われている。それは比較的簡潔なもので、ワーストケースの高潮や高波を想定しそれを設計高潮・高波として、それに対して防災施設の設計を行うものである。しかしながら、そのワーストケースより更に厳しいケースも起こりうる。特に日本の設計レベルはワーストケースとしては不十分なのかもしれない。

今回のパネル討議では、将来の沿岸防災を考えるため、「ワーストケースへの備え」について討議したい。ここでワーストケースというのは、現在の設計レベルより一段と厳しいもので、例えば再現期間が1000年程度のものを考えている。ワーストケースとは、ハリケーンカトリーナのような甚大な災害をもたらすケースであり、こうしたケースでは防災施設の被災とそれによる災害の拡大も考える必要がある。防災施設などハードによってこうしたワーストケースの災害を防ぐことはできないが、ワーストケースのシナリオ（ワーストケースの時の災害の具体的な状況を示すシナリオ）を考えることによって、ソフト的な対応が可能となり、災害を低減することができる。

パネル討議では、パネリストによって以下のテーマについて議論することにより、ワーストケースに備えることについて考える。

1. ワーストケースの定義は？
2. カトリーナはワーストケースであったか？
3. どのようにワーストケースに備えるのか？
4. 米国の現状
5. 日本の現状
6. ワーストケースやワーストケースのシナリオの実用化の問題点
7. 更に研究すべき課題

## PANEL DISCUSSION

Theme of the Panel Discussion:

Coastal disaster prevention in the future;

“Preparedness for the **worst case**”

将来の高潮防災; **ワーストケース**に備える

Coordinator and Panelists

Coordinator: Dr. Shigeo Takahashi, PARI

Panelists: Mr. Naota Ikeda, MLIT

Professor T. Takayama, Kyoto University

Professor M. Isobe, University of Tokyo

Professor Billy L. Edge, Texas A&M University

Professor Robert A. Dalrymple, Johns Hopkins University

Professor Peter G. Nicholson, University of Hawaii

Dr. Jeffrey A. Melby, U.S. Army Corps of Engineers

【高橋】 それでは時間になりましたので、本セミナーの最後のプログラムであります、パネルディスカッションを行いたいと思います。私の隣りに座っているのは港空研の河合です。パネリストの皆さんは、既に発表されている日本側の2名と米国側の4名の先生です。よろしくお願いします。これらの先生方については既にご講演の時にご紹介させていただいておりますので、ここではご紹介を省かせていただきます。さらにもう1人、国土交通省の池田直太さんにもパネルディスカッションに参加していただいております。池田さん、自己紹介をお願いします。

【池田】 国土交通省港湾局海岸・防災課の課長補佐をしております、池田でございます。本日はこのような場にお招きいただきまして、有り難うございます。皆様、よろしくお願いします。

【高橋】 それでは、パネルディスカッションに入りたいと思いますが、スクリーンに表示してありますように、本日のパネルディスカッションのテーマは「将来の沿岸防災について」で、副題が「ワーストケースに備える」です。カトリーナでは多くのことを学びました。今日は色々なお話を聞かせていただきました。この教訓を生かして、将来の沿岸防災のあり方について考えていきたいと思っております。このテーマの説明は、概要集の最後の方に趣旨などを書いております。それを見ていただくと分かると思いますが、簡単に説明させていただきます。

本日のご発表、特に米国の皆様からカトリーナの災害についてお聞きしていると、ニューオーリンズのような高潮災害を我々は絶対防がなければならないと思いました。日本の防災については、高山先生や磯部先生からお話がありましたように、かなり高いレベルにあり、安全性は高いと思います。特に、設計高潮位としてはかなり高いレベルを考えていると思います。ただし、それを超えるケースもあり、それに備える必要もあるのではないかと思います。

私どもは、これまでの設計レベルより一段厳しい高潮のレベルを考え、それに対してハードではなくソフト的な対応をすることが必要であると主張してきました。私どもはこれまでより一段厳しいケースを「ワーストケース」と呼んでいます。このワーストケースで実際にどのような災害が発生するかを予測し、それに対してはハードだけでなくソフト的な対応を構築する必要があると思っています。しかし残念ながら、ワーストケースを合理的に設定することは、実際には

なかなか難しいと考えています。また、特に防災施設の破壊やそれによって拡大する災害の状況を予測することは、非常に困難なことだと思います。

さて、パネルディスカッションは全体で1時間しかありません。パネリストの皆様から5分ずつ意見をいただいて、その後、討議に移りたいと思います。パネリストの皆様から、カトリーナの災害の経験を踏まえて、将来の沿岸防災のあり方について色々ご意見をいただければと思っています。特に「ワーストケースに備える」ということについてもご意見を賜れば幸いです。その他にも是非付け加えたいこと、講演で言いそびれたことがあれば、それも話していただければ幸いです。皆様に5分ずつお願いします。

それではまず、国土交通省の池田さんをお願いしたいと思います。

【池田】 それでは、5分程度、行政担当の者として幾つかコメントさせていただきます。その前に、本日はアメリカから4名の世界的な権威の方々に来ていただきまして、かつ、生々しく

### “Worst case”

The disaster level more severe than the design tidal level for present storm surge barriers

【既存施設の計画水準を上回る規模の高潮による災害水準】

### Essential areas below sea level in Japan

The biggest 3 urban areas are located along “3 Major Bays”, Tokyo-Bay, Ise-Bay, and Osaka-bay.

4Mil people lives in the areas below sea level along these bays.

【東京湾、伊勢湾、大阪湾のゼロメートル地帯には人口が集中し、約400万人が住んでいる】



### Present prevention measures along “3 major bays”

【既存の災害対策】

Disaster should be prevented by the facilities.

【施設(ハード)による防護が前提】



“Worst case” is not assumed.

【“Worst case”は想定していない】

興味深い被災調査の結果をお見せいただきまして、誠に有り難うございました。本日初めて見るデータもあって、「非常に感動している」と言う用語がありますが、「なるほど、こういうことがあるのか」という、技術者としてのある種の感動を覚えております。改めてワーストケースというものが実感できたと思っています。今までの防災、特に高潮防災については、ハードウェアで守ることに取り組んできて、計画水準はかなり高いと思って来たわけですが、計画水準を上回るような災害水準も考えなければならなかった次第です。

さきほど、チェアマンからワーストケースをテーマにしたいというお話がありましたが、この言葉を直訳すると、最悪の事態ということになってしまいます。それでは趣旨に合わなくなってしまうと思いますので、そのまま英語でワーストケースという言葉はこの発表の中で使いたいと思います。すなわち、既存の施設の計画水準を上回る規模の高潮による災害水準という意味です。

先ほど高山先生からもご紹介があったように、日本では伊勢湾、東京湾、大阪湾という3つの湾に上位3都市が存在し、特にゼロメートル地帯には400万人が住んでいて、高潮の危険にさらされています。今までの日本の防災の考え方では、ハードで防護することを前提しており、

## - Main Topics -

1. Policy issues under “Worst case ”  
(in term of my personal opinion)

【 “Worst case ”を考慮した場合に  
行政上想定される課題】

2. Drills against a similar situation to  
“Worst case ”.  
【 “Worst case ”と類似の状況を想  
定した訓練の事例】

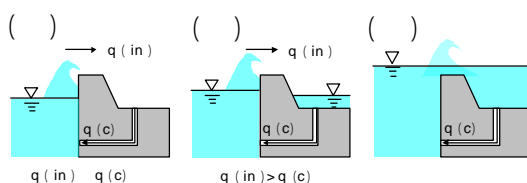
Issue1: To establish the concept of  
“Worst case ”.

【課題1: “Worst Case”の概念の確立】

- the purpose and effects  
【目的と効果】
- the difference from the present concept  
of disaster prevention  
【現在の防災の概念との違い】
- the framework of essential measures  
【必要な対策の全体像】
- the method to determine each disaster  
prevention measure  
【個別対策を立てる手法】

Issue2: How to identify the scenario  
concept for “Worst case ”?

【課題2: “Worst Case”のための事態  
想定をどのように設定するか】



ワーストケースは想定して来なかったわけです。

その中で、本日、私の方からお話したいことは、大きく言って2つあります。1つ目は、ワーストケースというものを考えた場合に行政上どんな課題があるのか、ということでございます。2つ目は、これまであまりワーストケースというものを考えて来なかったわけですが、それと類似した訓練を最近始めておりますので、簡単にご紹介させていただきたいと思います。

まず課題の1つ目ですが、これまでワーストケースというものを考えて来なかったので、この概念を確立する必要があるだろう、ということです。特に、市民に対しどう説明していくかが行政の担当者として大きな問題でありまして、市民に説明するときどういう目的と効果があるのか、それから、今までの防災の概念とどう違うのか、という説明が問題になります。また、実際に実務としてやっていく上においては、どんな全体像になるのかを設定しないといけません。それから、個々の対策をどう立てていくのかという手法を明らかにしていく必要があります。

課題の2つ目として、先ほど米国の4人の方々からの説明でも非常に悩ましい問題としてご紹介がありましたが、ワーストケースとしてどのような状態を想定するかが問題になるかと思います。例えば、この図に示すのケースは、現在の防護のケースでございますが、海岸護岸に波が押し寄せても越波した波による越波流量が排水流量よりも下回る、すなわち排水能力の方が高い、という場合です。この場合には陸地は浸水しないことになります。計画水位よりさらに水位が高くなると、排水能力より越波流量が多くなるので、陸地で浸水が始まります。になると、完全に護岸が水没してしまいます。陸地が水没するだけでなく、陸地に波が直接入ってくる状態になって、先ほどニューオーリンズの写真の例にもあったように、波が直接入っ

Issue3:How to determine the necessary performance of facilities for countermeasures?  
 【課題3:対策のために必要な施設の能力をどのように設定するか】

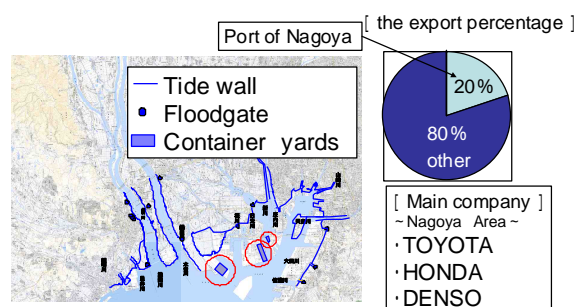
- evacuation routes
- shelter(location, space, height, stores of foods and water etc)

Issue4:How to inform citizens of their refuges and how to lead them?  
 【課題4:避難場所を住民にどのように知らせるか、またどのように誘導するか】

Issue5:How to keep requested social and economic functions?  
 【課題5:社会的、経済的に必要な機能をどのように継続するか】

- Electric power supply
- Tele communications
- Water supply
- Administrative service
- Logistics through shipping service

Logistics through shipping service  
 【海上物流】



て来ることで陸上の構造物が次々と壊されていく状態になります。このような状態のどれを想定していくか、あるいは、それぞれがどれくらいの確率であるのか、ということを考えないといけないと思います。その他、台風の数というか、水位が上昇するスピードも問題になると思います。例えばどのぐらいで水位が上昇し、という状態に変わっていくのかを把握しておかないと、避難警報のタイミング、情報伝達、住民の避難誘導をどのぐらいの段階でやらなければならないかといった問題は解決されないと思います。

3 番目ですが、ワーストケースを想定する場合、ハードでは守り切れないから避難するわけですが、避難ルートをどうするのか、それから、避難所そのものにも問題があります。避難場所の位置、どれくらいの広さが必要か、どのぐらいの高さに設定するか、あるいは、食料や水をどのくらい備蓄しておくのかといったことです。

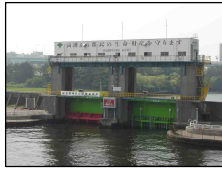
4 番目の課題としては、避難勧告を住民にどう通知して、どう誘導していくのか、ということがあります。

5 番目は、社会的、経済的に必要な機能をどう保つかということで、電力、通信、水、行政サービスなどについて考える必要があるかと思いますが。特に日本では、先ほど申し上げたように、上位三大都市が全て危険な地帯にあります。ここにある日本の経済、行政の中核機能が破壊されてしまうと、我が国全体の社会・経済的な被害に結びつく可能性があるということです。例えば、海上物流機能というのをも考えないといけないと思います。この図は伊勢湾を示したものでございますが、伊勢湾の海上コンテナターミナルは赤丸で示す場所にあり、高潮のリスクが非常に高い場所にあります。この地域は我が国の港湾からの輸出の中でも、金額で言えば No.1 で、全国の 20%を受け持っています。この周りにはトヨタとか、ホンダとか、我が国



Ex.1 Storm surge drill by Tokyo  
Metropolitan government

【例1：東京都総合高潮防災訓練】



Ex.2 Drill against the combination of an  
earthquake and storm surges  
held by Chubu Regional Bureau

【例2：中部地方整備局：  
複合型災害を想定した防災訓練】



の非常に重要な代表的な企業があって、これが長期間ストップすることになると、大きな経済的なダメージを受けることになります。これをいかに長期間閉塞しないようにするかといった問題があると思います。以上がとりあえず、私が今日の発表を伺って、個人的に考えた問題点でございます。

最後に、2つほど実例として、「ハードで守ることが前提ではありますが、最近ではこういった訓練もやっていますよ。」ということをご紹介させていただきたいと思います。

東京の場合も護岸はほとんどできていて、ほぼハードで守れることになっていますが、こういった訓練は行っており、その他にも、住民とか、場合によっては子供たちも参加していただいて、高潮が起こるリスクがあることを住民に伝えるような努力をしているところです。

次に、これは先月、名古屋で国土交通省が行った訓練でございますが、地震と高潮がほぼ同時期に来ることを想定したものです。日本では地震がございますので、地震で護岸が壊れたところに高潮が来るというリスクもあります。先ほど磯部先生からご紹介があったように、高潮施設の耐震強化を進めているところではあるのですが、それが終わらないうちに被災する可能性もありますので、こういった訓練もしているのでございます。

以上、雑駁ですけれども、行政担当の者として色々な課題を考えていかなければならないと、まさに実感したところでございます。是非、皆様から色々なご示唆をいただければ有り難いと思つた次第でございます。

【高橋】 どうも有り難うございます。最初に発表いただいた順番で、先生方に少しずつお話しいただければありがたいと思います。まず高山先生からお願いします。

【高山】 私も伊勢湾台風の話をしたのですが、伊勢湾台風が今も日本の三大湾において防災の基準になっています。それぞれの湾で、台風が過去に大きな高潮を起こしたコースに伊勢湾台風を走らせ、それに対して推算された高潮や波に対して守るように構造物を設計してきたわけです。その中でも、特に大阪湾では伊勢湾でやった場合に比べて再現確率が小さく、200年に1回と言われており、東京湾はもっと小さいと言われております。こういった構造物で守っているのですが、最近ではかなり老朽化し、過去に造ったものがかなり弱くなっている可能性もあります。

それから、先ほど私の発表の時にもお話ししましたが、震度0.2で設計しています。最近では0.25に変えなければいけないという方針で新しい構造物を造るようになっているわけですが、このような構造物がどこまでもつかということが一番重要だと思っております。

それで、今までの海岸災害を色々と調べたのですが、構造物がそのまま残っていて越波するく

らいであれば、それほど大きな被害になっていないのです。ただし、構造物が壊れてしまうと、越波量はワンオーダー大きくなって、10 倍とか 20 倍近くになります。そうすると、ものすごく大きな災害になるわけです。ですから、ワーストケースというものを考える場合に、守るべき構造物が壊れるという状態を予測することは、先ほどもニコルソン先生が言われましたけど、難しいと思います。特に壊れたものについては色々と理由づけできますが、壊れなかったものをなぜ壊れなかったかと説明するのは非常に難しいことです。守るべき構造物が壊れた時はものすごく大きな災害をもたらす、構造物が壊れなければ高潮の少しくらい大きいものが来ても被害はそれほど大きくなるのではないかと、ということが我々の過去に経験したことだと思っています。私の発表の時に、広島の被災を紹介したのですが、構造物が壊れたことによって越波流量が 10 倍になったということです。つまり、護岸の天端が下がってしまうと、護岸の能力が急激に低下し、一遍に越波量が増えてくるので、護岸が大きな高潮に壊れずにもちこたえた場合より大きな災害になる可能性があります。

ですから、予測は非常に難しいのですが、構造物が壊れるということが 1 つのワーストケースかな、と思います。そういう状況になるような外力条件の時が 1 つのワーストケースになるのではないかと、と思っています。現在各地域を防護している構造物がどこまでもつかについて、ある程度は把握しておかないといけないだろう。そうでないと、避難とか、色々な問題につなげていけないのではないかと、と思っています。できるだけ正確に判定する技術確立することは重要なのですが、今ある技術でもある程度の判定はできるのではないかと、と思っています。そして、壊れたときに何が起きるのかということも、ある程度推定できる技術を持っているのではないかと、と思っています。伊勢湾台風、あるいはそれ以上のものが来たときにどういうことが起きるのかということは、きちんと押さえておく。そして、構造物が壊れる状態で急激に被害が大きくなる状態がワーストケースではないかと、私自身は思っています。

まだ、技術的な課題はあるのですが、どういう状況になった時にどういうことが起きるかをきちんと評価できる技術をこれからしっかりと開発していかなければいけないし、今ある技術でもかなり評価できるのではないかと、と思っています。そういう方向で進んでいく必要があるのかな、というのが私の意見ですけれども。

【高橋】 どうも有り難うございます。「ワーストケースとして、構造物が破壊すると状況を考えよう」ということだったと思います。それでは続きまして、磯部先生からお願いします。

【磯部】 私も高山先生と同じ結論になるのかも知れませんが、恐らく皆さんも感じておられることは、ワーストケースというものが本当にあるのかということだと思います。要するに、ワーストケースよりもワースなケースがあり得るので、何を考えてもそれ以上というものはあるわけです。実際、私たちは場所は違うわけですが、伊勢湾台風で「まあいいだろう」と考えてずっとやってきたものが、カトリナを見てみると、上陸時の中心気圧にしても、伊勢湾台風が 929 hPa であるのに対しカトリナが 920 hPa というように、ワーストだと考えていた伊勢湾台風よりワースなカトリナがあったので、なかなかワーストケースの決め方は難しいと思います。

ただ、実は地震についてはご存知のようにレベル 2 という考え方があるわけであって、理論的に最大である、これ以上はあり得ない、という考え方があるわけです。台風についても海水温が決まっているとか、気象条件が決まっている、という条件の下で理論的な最大値を想定できないことはない



と私は思っています。ただし、問題は、それをやってしまうと、非常に大きな台風になってしまうので、なかなか实际的ではありません。もし本当にそれに対して対策を行うと決意しても、今日、ニコルソン先生からお話があったように、実際の構造物の破壊形式を考えてみると、色々な形式があります。外力レベルのワーストケースが設定できたとしても、それに対する応答の方もワーストケースがきちっと定義できるのか、決められるのかという問題が残ります。

このようなことを考えていくと、文字通りの意味でのワーストケースというものは設定できなくて、私たちが通常の設計レベルとして考える外力に対し、それを超えた場合、あるいは構造物についても、信頼性の問題で考えているような性能を発揮しない場合とか、色々な組み合わせを考えて通常の設計の条件を超えるような場合を想定し、それぞれの結果と言いますか、出てくる現象をしっかり把握していくことが、このワーストケースに備えることのように思えます。

先ほど、構造物の破壊については越波とかパイピングとか、色々なことがあるというお話がありましたし、私たちの身近で言いますと、今、高潮堤防の設計では朔望平均満潮位に高潮偏差、波の打上高を加えて設計しているだけで、実は河川の洪水のことは入っていないのです。これに洪水が加わると、河口からの遡上によって陸に向かって水位が上がることもあるのに、それは入っていない。逆に、河川の方から言いますと、洪水の時の水位は朔望平均満潮位を河口の水位として水位を計算していくので、洪水は考えているけど高潮は考えてない。こういう状況なわけですから、両方組合わさったらどうなるのかを考える必要があります。特に台風は雨をもたらしますので、高潮と洪水が同時に起こることが全くないとは言い切れないのです。

その他に、地震によって海岸構造物が破壊し、その後に高潮が起きたら、という話も出ました。先ほど私が図面でお見せしたように、実は高潮堤防が壊れると、その後に高潮が来なくても、朔望平均満潮位だけでも相当な浸水が発生し得るわけで、このようなことは可能性としても十分あり得ることなのです。

こういったことを含めて色々な可能性を探り、どんな問題が起きるのかということをきちんと把握した上で、さらに対応をとっていくことが当然必要になってくるわけで、それがワーストケースに備えるということではないかと思います。

さらに言いますと、そういうことをやると、海岸工学という1つの分野に限ってもまだやらなくてはならないこと、逆に言えば技術開発に余地のあることが明らかになってくるように思います。例えば、先ほどの講演のときも述べましたが、現状では伊勢湾台風に対して海岸線で高潮を防げば良いということであったわけですが、ワーストケースに備えるということからすれば、海岸線で防げないときに海に何かを設けてあまりひどい災害にはならないようにするとか、あるいは陸に引いた格好で災害を抑えられないかを考える必要があります。波の打上高も高潮防災では考慮されていますが、これは水位そのものが上がるわけではなくて、波がやって来たときに周期的に水位が上がるというだけの話ですから、陸に引いてやることによってその影響は消え、防災はしやすいということもあるわけです。こういったことを含めてワーストケースを考え、ワーストケースに対してどんな技術開発があり得るのかということを考えていくことが、今後の課題として非常に大事なことではないかと思っています。

【高橋】 どうも有り難うございます。ワーストケースを決めるのはなかなか難しいですが、合理的に決めるための重要な示唆をいただきました。それでは次に、エッジ先生、お願いいたし

## Panel Discussion

Billy Edge, Texas A&M University

- Is Katrina the maximum hurricane?
- Location, location, location
- Resilience
- Consequences
- Hurricane intensity
- What is the maximum?

ます。

【エッジ】 ありがとうございます。昨日、私は仲間と一緒に東京港の防災システムを拝見し、とても感心いたしました。構造物、メンテナンスの方法についても印象深く拝見いたしました。

疑問がございます。ハリケーンカトリーナが最悪のケースというご意見が出ていますが、私は違うと思います。なぜ違うかと言いますと、

ハリケーンカトリーナはある一つのコースを通り、ある一つのハリケーンに過ぎません。すなわち、恐らく二度と来ないハリケーンだと思います。ハリケーンカトリーナがなぜ注目されたかと言いますと、メキシコ湾に原因があります。当時の水温はどのくらいだったでしょうか。これほど被害が大きくなったのは、ミシシッピ、ルイジアナ州沿岸の地形の影響で、海水の動きが妨げられていたからです。つまり、場所によるわけですね。カトリーナが 10 km 西を通ったら、もっと被害が大きかったでしょう。その他のシナリオをシミュレーションしておりませんので、これが最悪のケースではないかも知れません。このようにコースが大切です。

もう 1 つは、ハリケーンの寿命そのものが大きな違いを生み出すということです。カテゴリー 1 から 2, 3, 4, 5, 4, 3 と変化して上陸したわけです。4 から 3 へと変化するだけでもハリケーンの勢力は大きく変わります。上陸したときにカテゴリー 3 だったということは、必ずしも高潮がカテゴリー 3 であって、他のハリケーンのカテゴリー 3 と同じというわけではありません。カテゴリー 5 だったものが、4 になって、3 になって、勢力が変わったのです。

一方、堤防についてですが、陸側からの浸水があった場合にも対応できるか、ゲートをしっかりと閉鎖できるか、ということが重要になります。これらを実行するためには排水機場のメンテナンスをしっかりとやる必要があります。そして、排水機場の位置を浸水レベルに対して適切に配置することです。

それから、ハリケーンの強さが今後どのようなパターンで増えて行くかということです。日本、アメリカ、その他様々なところで調査や研究が行われており、ハリケーンの強度は年々増加しているということです。30 年後に現在より海面が上がっても現在の堤防が残っているか、ということも考えなければなりません。

もう一つですけれども、「What is the maximum?」という最後のところですが、私の考えるワーストケースは、再現年数で規定されるものではなく、ハリケーン自体のパラメータがどういう結果をもたらすかでもないと思います。どんな被害が生じ、どれだけの死傷者が出て、経済の損失がどれくらになるのか、これこそがワーストが何かを規定するパラメータだと思います。

【高橋】 数多くのことを考えて行かなければならないと思います。特にワーストケースかどうかは被害によって決まる、ということが重要な指摘かと思います。では、ダーリンプル先生、お願いします。

【ダーリンプル】 前にも申し上げましたが、私はカトリーナの災害が発生してからニューオーリンズに初めて入った調査隊の一員です。日本からは田中先生もいらっしゃいました。オラン

## Panel Discussion

Robert Dalrymple, Johns Hopkins University

- Poor civil engineering led to the disaster

- Worst Case
- Design for Failure

ダのバッチェスさんも参加して下さったわけですが、バッチェス先生は海岸工学の権威です。皆様もご存知の通り、オランダという国はほとんど全ての地域がゼロメートル地帯で、そのためにオランダでは国家を守るために堤防を建設し続けてきたわけであります。

バッチェス先生がニューオーリンズを視察しているときに、色々なものを見たわけですが、高さの違う2つの堤防を見て「何でこんな設計をしたのか」というコメントをしました。ニューオーリンズでは、100年に1回のハリケーンに対して設計していますが、オランダでは1万年に1回の強さの低気圧に対して設計しているわけです。そして、視察を続けると、堤防も防潮堤も管轄している役所がバラバラということを知ったのです。連邦政府だったり、州だったり、市だったり、郡だったりしたのです。そして、水門が閉まっているものもあれば、開いたままのものもあったのです。そして、技術レベルが低いことを彼に説明するしかなかったわけです。

4日目になって先生に「何で今日はそんなに静かなのですか？」と尋ねたところ、「オランダでは1万年に1回の出来事に対して設計し、築造している。だから、オランダは安全である。だが、実際問題そうではないかも知れないと気がついた。我々は、堤防が決壊した場合にどうなるかという設計まではしていないし、対策も

とっていない、ということに気がついた。堤防の決壊箇所を修復する部隊が待機しているわけでもない。もし人為的なミスで水門を開けてしまったときに、そこで何らかの対策がとれるようにはなっていない。何らかの構造物や機械が壊れた場合にも、それに対応できる態勢になっていない。」と、先生は大変寡黙になりました。

これこそがカトリナの大災害から得られた教訓ではないかと思います。ニューオーリンズを訪れて、どこかが決壊する、何かが破綻する、と想定した設計をしなければならないことに気がついたわけであります。もちろん、ハリケーン防災システムのプロジェクトに対して予算が十分になかった、あるいは予算が色々なところからとられてきたために、あまり天端の高い堤防を造ることができなかったわけです。その結果、堤防は決められた高さで整備され、高潮はそれを上回ることはない、という前提に立っているのです。ところが、このような前提こそが判断の過ちだ

- Technology Systems
  - Intended Consequences
  - Unintended Circumstances
  - Unintended Consequences

ったと思います。経済的な問題あるいは予算の制約がこのような結果を招いたのです。

土木工学の専門家のおごりに対し、自ら反省をしなければいけないと思うわけであります。何かを設計して、建設して、これで絶対決壊しないと思い込んではいけません。設計値を上回るような大きなハリケーンが来襲するかも知れない。人為的なミス、事故、あるいはニューオーリンズでは列車が壊した水門があって、

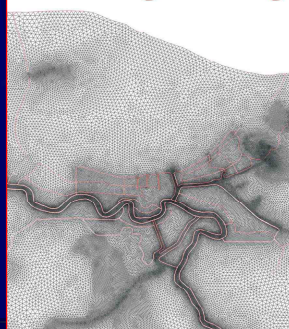
ハリケーンが襲来する前に修理することができなかったということもありました。このような人為的なミスもあるわけです。そして、思いもよらないような結果をもたらすこともあるわけです。ミシシッピ川の堤防についてですが、ミシシッピ川では洪水が毎年発生するため、農耕地が洪水にさらされないようにするために堤防を造りました。ところが、湿地帯に堆積物が供給されなくなってしまい、ニューオーリンズでは自然な堤防、自然な防御施設というものが徐々に消えていってしまったのです。このように、我々技術者が土木工学の専門家として目指していたものと、意図していなかった副産物あるいは影響とがあるわけです。副作用もあるという意識を持たなければいけないと思います。

以上で私のコメントを終わらせていただきたいと思います。非常に興味深いお話をバッチェス先生からお話しいただきましたが、バッチェス先生には私がこのような話をしたということをお話しないでください。

### Panel Discussion: Hurricane Katrina & The "Worst Case" Scenario

Peter G. Nicholson  
University of Hawaii, Manoa

### Civil Engineering



"... If a lingering category 3 storm – or a stronger storm, say category 4 or 5 – were to hit the city, much of New Orleans could find itself under more than 20 ft (6 m) of water. ..."

【高橋】 防災施設が壊れること、堤防が決壊することに対して備えをしておくことは重要だと思います。それでは、ニコルソン先生にお願いしたいと思います。

【ニコルソン】 私の講演でも説明したように、私は幾つかのかなり重要な欠陥を指摘したつもりです。ハリケーンの防護システムが設計され築造されるにあたっては、当然技術的なことが考慮されていたわけですが、色々と欠陥があったのです。さらに悪いことに、その欠陥がニューオーリンズのシステムだけでなく、他の地域の防護システムにもあるかも知れないのです。

こちらのスライドを1つ出してお話をしたいと思います。こういった種類の災害はニューオーリンズにおいて予測され、長年にわたって言われてきたわけであります。これは6月号ですが、こういった洪水があり得ることを予測した



### Questions

- How best to insure safety in rebuilding New Orleans?
- What lessons were learned to help prevent disasters elsewhere?
- Why did the failures occur where they did? (issue of adjacent and "non-failed" sections)
- What was the nature of water/levee/floodwall interaction?
- Why did some heavily scoured walls not fail?
- Should the levees be built to a higher protection level?

ものです。さすがに堤防の決壊までは予測していませんでしたが、洪水が起きることは予測していたわけです。つまり、カトリナがワーストケースではないと言えます。堤防が決壊しなくてもこのような災害が予測されるということは、さらに大きなハリケーンが来ると、もっと大きな被害になることもあり得るということなのです。非常に大きなハリケーンかも知れないし、違うコースかも知れない。カテゴリ

ー5 のまま直撃することもあり得るのです。

ニューオーリンズの一部の地域で私どもが気づいたことは、風速も高潮も設計値より低かったことです。そして、設計値の再現期間は 100 年となっていたわけですが、1,000 年などもっと長い再現期間の値を設計値に用いることが必要であると思います。そして、ワーストケースのハリケーンに対してどれだけの備えが必要かを考えるわけですが、そのワーストケースのハリケーンを最大の洪水を予測したり最大の地震を推定するのと同じ方法を用いて外挿で予測するときには、メルビー先生がおっしゃられたように確率論的に言って多くのデータが必要になるわけですが、まだデータは限られています。大型のハリケーンに関しては、特にメキシコ湾において、まだまだデータの蓄積が不足しております。北大西洋でもデータが限られています。しかしながら、これらのデータを外挿してより大型のハリケーンを推定し、それを設計に用いることはできます。そうすれば、カテゴリー5 にも耐える強固な防護システムを設計することはできるでしょう。

しかし、ワーストケースとは何なのかという話に戻りますが、いくら大型のハリケーンに備える設計をしたとしても、また、工学的に決壊しないと考えられる堤防を設計したとしても、さらに大型のハリケーンというものがあり得るわけです。カトリナによる災害は最悪の事態ではないかも知れません。より大きな破壊、さらに多くの人命が失われる可能性があったかも知れません。このような観点からすると、経済的には妥当ではないかも知れませんが、最悪の事態、ワーストケース、可能最大のハリケーンを想定してシステムを構築する必要があります。もちろん、経済的な妥当性も忘れてはなりません。

カトリナの場合にはリードタイムというものがありました。つまり、地震と違ってある程度の予測がついていた。何日間という余裕があったわけです。津波もほんの少しですがリードタイムがあります。地震は突発的なのでリードタイムはありません。このように、ハリケーンの場合には避難する時間の余裕がある、また、準備して対応する時間の余裕もあるのです。それ以外の災害では時間の余裕はないというわけです。したがって、我々は時間の余裕もあるのだから、その間に最大限の色々な準備をする体制が必要なのだと思います。

昨日見学させていただいた東京湾の防災システムは素晴らしく、非常に感心しました。保守もよくなされているし、バックアップもしっかりできています。俊敏性もよく、モニタリングのシステムもよくできています。防潮壁、水門の監視システムもよくできており、遠隔で操作もできるということですから、最大級の災害があっても日本は耐え得るでしょう。もちろんワーストケース、さらにその上を考えなければならないわけですが、カトリナから我々が学んだ教訓を生



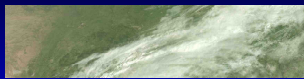
かしてこのような意見交換をするということは、大変意味のあることであると思います。今後ともさらなる対策をしていくためにも意見交換は必要だと思います。

【高橋】 カトリーナは設計条件としてはワーストケースではないこと、さらに設計条件を超えたケースを考えることが重要である、とのご指摘だと思います。次はメルビー先生、お願いします。


【メルビー】 私は最後に話すのが嫌いなのですが、仕方ないですね。私どもの立場から申し上げ

**Risk Analysis of Coastal Structures**

**Simulating Future Wave and Water Level Climate**



Jeffrey A. Melby, PhD




US Army Corps of Engineers

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC


上げることは、構造物の設計をしなければならない、破壊も考えなければいけない、これからどういう対策をとるかも考えていかなければならない、ということです。最後に発言させていただくのちょうど良いかも知れませんが、最後はなかなか難しいです。

問題は、波にも潮位にもあります。また、構

**Camille vs Katrina**



	Cat 5 Camille (1969)	Cat 3 Katrina (2005)
Wind Speed	> 317 kph	212 kph
Min Central Pressure	~90.9 kPa	92.0 kPa
Radius Max Winds	~20 km	40 - 50 km
Extent of Winds	~183 km	333 km




US Army Corps of Engineers

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC


造物のリスクも考えなければなりません。私どもの研究所では資金が不足しています。両方の研究を行っていますが、研究資金が不足しているのです。ですから、こういった課題ではお互いに協力し、情報を集約すべきだと思っています。

それから、構造物と外力の作用時間についてですけれど、越波があった場合にこういった堤防がどのように変形するかは分かっておりません。潮位と波の両方を組合せた定式化は、私の知る限り、ありません。堤防以外の構造物についても言えることだと思います。

**Camille vs Katrina**



	Camille (1969)	Katrina (2005)
Maximum High Water Mark	7.3 - 7.6 m along Mississippi Coast	8.5 - 9.1 m along Mississippi Coast
Max Observed Significant Wave Height	13.4 m	16.8 m

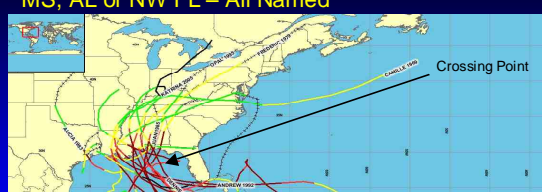



US Army Corps of Engineers

Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC

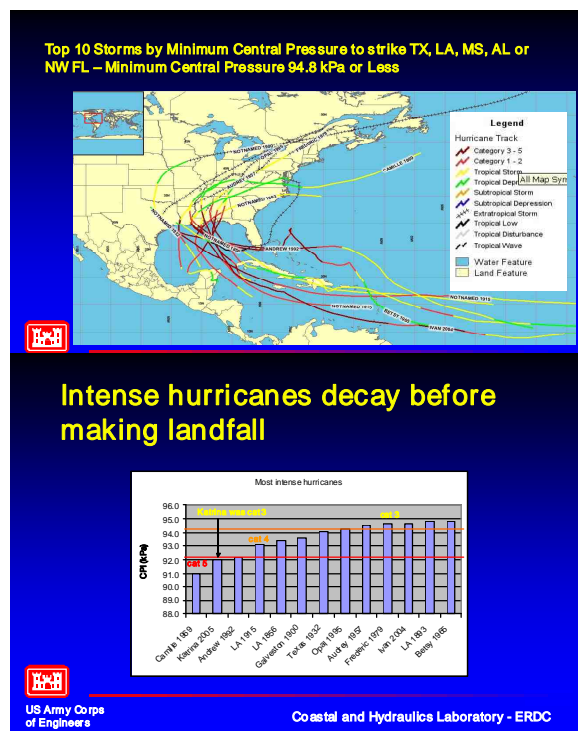
波や潮位の出現確率を評価する際の課題について申し上げたいと思います。このスライドは前にもお見せしましたが、カテゴリー5のカミールとカテゴリー3のカトリーナを比較しております。これら2つのハリケーンは、ルイジアナで上陸したハリケーンです。カテゴリー5はカミールだけです。カミールの規模は小さかったけれど、進行速度は速かったのです。ハリケーンの強さの上限はどれだけか、再現確率がどれだけかということは、なかなか分かりません。これが高潮の分布です。こうして見ると、カミールは最悪ではなく、カトリーナが最悪だとい

**Top 15 Storms by Damage to strike TX, LA, MS, AL or NW FL - All Named**

US Army Corps of Engineers

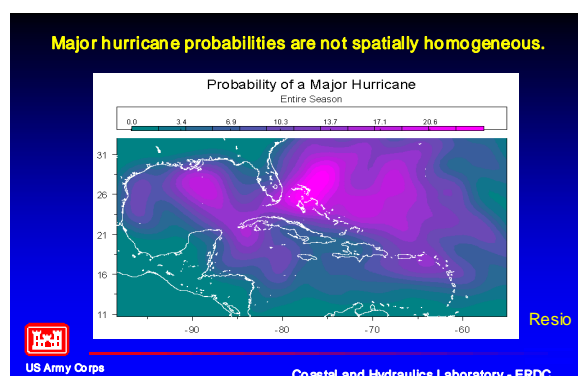
Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC



うことが分かります。カトリーナが上陸する前には、カミールが我々にとって最強のハリケーンだと思われていました。今ではカトリーナが最強のハリケーンとなり、カミールは大したことがないと思われています。

これが被害で 15 位までのハリケーンです。これらのハリケーンは、アメリカのメキシコ湾沿岸に上陸したもので、暖流の循環流の上で停滞しています。均一な分布にはなっていません。極値分布を描き、1 万年に 1 回なのか、どのくらいの確率なのかも考えて設計します。結合分布を考えることもあります。これではあまりにも単純で、だめなのです。もっと精緻で、もっと複雑な定義になるはず。リスクの定義は何なのか、潮位のレベルをどうすべきか、波のレベルをどうすべきか、もっと精緻にしなければなりません。

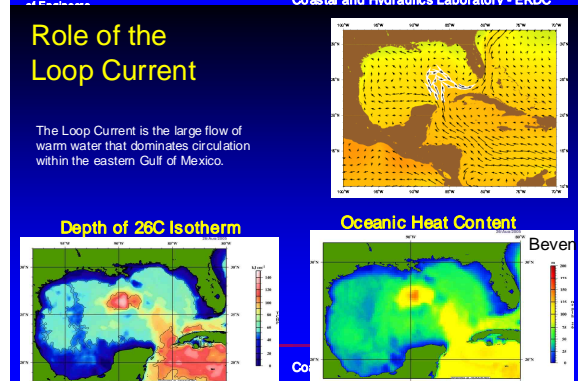
空間的にどのような違いがあるのかは分かっていません。分かっていることは、



リスクがあり、ハリケーンの強度が影響する、ということだけです。それだけです。

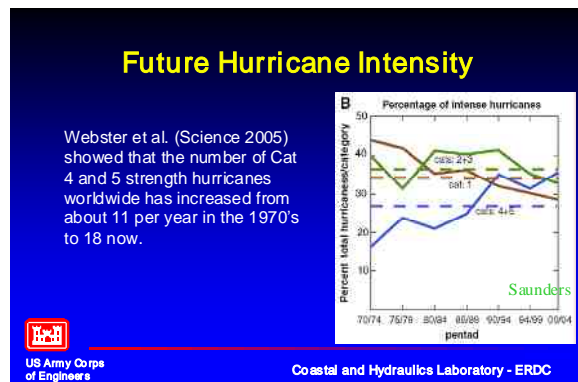
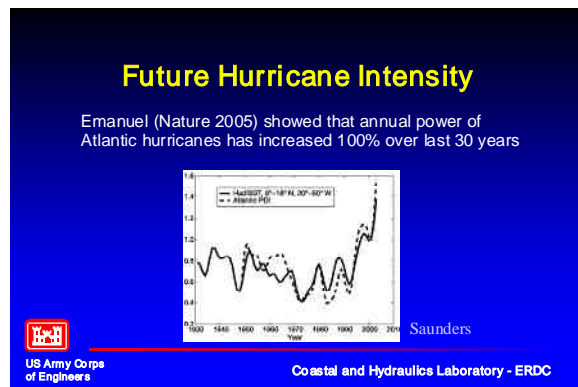
これも中心気圧から見た 10 位までのハリケーンです。

これは先ほどお話しした、超過確率分布の図であり、ハリケーンの遭遇確率を示したものであります。ピンクが一番高い確率、グレーが一番低い確率です。ルイジアナで強いハリケーンの出現確率の高いことが分かります。それに加えて、様々な確率を変化させる要因があり、元々確率が低くても様々な要因で高くなってしまいうわけです。しかし、こういった情報は手元に十分にはありませんので、研究しなければなりません。他の地域についても同じことが言えます。フロリダ沖合についても、同じことについて検討する必要があります。これが循環流です。

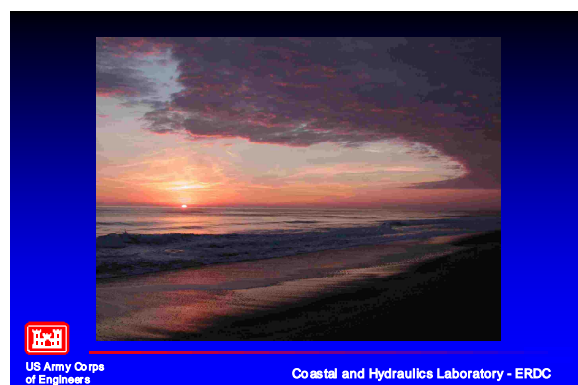


エッジ教授が詳しくご説明下さいました。暖流がカリブ海から北上して、カーブして、ルイジアナ沿岸を通り、大西洋に流れる。そうすることで、ルイジアナ沿岸には暖流が流れることとなります。このような条件で、強いハリケーンの発生する可能性がより高まってまいります。

次に、将来についてです。これについては未だ全くリスク解析がなされておられません。やっていると言うなら、それは口先だけであります。技術者がこういったものを検討するような手法は



- ### Potential Discussion Topics
- Prediction of future wave climate is difficult – distributions of extremes not resolved
  - Extreme hurricanes have unique physics and upper maxima
  - Hurricane intensity has local 'hotspots' and potential future increase
  - What is role of sea level rise and how should we include this in the design process?
  - Significant research required
- US Army Corps of Engineers Coastal and Hydraulics Laboratory - ERDC



まだ持ち合わせておりません．それを考え出さなければならぬのです．現在，米国では設計に考慮する方法を検討しつつありますが，皆様方も同じ状況かと思えます．ここ 30 年間で大西洋のハリケーンの勢力は 100% 増加しております．1970 年代に強いハリケーンは年 1 個でしたが，今では 18 個です．これははっきりしたトレンドなのでしょうか．米国では強いハリケーンが 1950 年代にありましたが，その後は少なくなり，そして最近はまだ増えています．これが単なる繰り返しなのか，それとも長期的なトレンドなのか，分かりません．私も分かりませんし，気象の専門家の方たちも分からないという状況です．

このような状況を踏まえて申し上げたいことがあります．極値分布については今も検討をしているのですが，強いハリケーンには特異的な物理特性があると思うのです．それを定義しなければなりません．その頻度は現に増えているわけですが，それが永久に増え続けることはないと思います．ハリケーンの強さには，現在ようやく検討を始めたばかりですが，ホットスポットの強さに上限があるからです．そして，海面上昇の影響については，少なくとも米国では設計にまだ取り入れておりません．リスク解析にどう盛り込んでいくかについては，まだ明確には定められておりません．また，様々な重要な調査が行われていますので，その結果を結集していく必要があると思います．

【高橋】 有り難うございました．メルビーさんからは，ワーストケースのハリケーンやそれによる波浪や潮位を確率的に考えることについて，コメントをいただきました．また，技術者としてさらに研究や調査を進めなければならぬこと，そして，幅広く色々な学術的な調査を行い，お互いに協力していかなければいけない，というご指摘であったと思います．

それでは，先生方から今色々発表していただいたことについて，付け加えるようなことがあれ

ば、是非追加して下さい。これから10分か15分ぐらい議論したいと思います。パネリストの先生からご意見があればお願いします。

【磯部】 パネリスト全員に共通だったことは、皆さんがワーストケースに備えることの必要性を感じており、それに関係するお話をされたということだと思います。専門家の立場から、ハリケーンカトリナにせよ、伊勢湾台風にせよ、ワーストケースとは言えないということから出発しています。

専門家の立場を離れ、市民として高潮に対し自分の住んでいるところが安全なのかということを考えてみると、日本語の「安全」と「安心」は少し違う使われ方をされているように思います。客観的に安全性が確保されていても、感覚的に安心であることが必要で、特に見かけ上だけではなく本当に安心して暮らしているという感覚が、住民の方には必要なのだと思います。そういう立場からすると、ワーストケースに備えるということは、海岸に高潮堤防ができていて、それに守られているのだけれど、万が一それが機能しなかった場合でも、次善の策として他の手だても考えられている。そして、陸側、海側も含めて色々な構造物を造って、二重にも三重にも守られている。さらに、その守りが破られたときでも、きちんと危険だという情報が伝わり、そこに住んでいる人たちが避難できることなのだと思います。そういう意味で、社会に対する説明責任と言われていることが今大事になって来ているわけで、専門的な立場からワーストケースに備えることは、住民の立場からみても安心を実感できることにつながっていくのではないかと感じました。

【高橋】 住民の安心につながるワーストケースとその対策に関する非常に重要なご指摘であると思います。有り難うございます。

【エッジ】 私は壇上に専門家、科学者という立場で座っているのでしょう。メルビー先生が最後におっしゃったように、調査や研究がもっと必要なわけです。自己満足のためだけに、我田引水のために、やっているではありません。米国政府では研究予算を削減しております。しかし、ある意味では、カトリナというハリケーンが来襲したことによって、この分野における研究に対する関心や興味が高まったわけです。そして、気象学全体に対する関心も高まりました。

ただし、もちろん、そのような関心は徐々に覚めてきているわけであります。ですから、一般の方々に対してもメッセージを発信しなければなりません。一般の方々には、どれくらいこの分野において研究が行われているのかということについて、是非関心を持っていただきたいと思います。多くの研究が、オランダであれ、日本であれ、米国であれ、連邦政府、中央政府が予算を確保して進められているわけです。最大の台風やハリケーンに対して研究を進める。気象学、土木、あるいは社会学といった、色々な側面から研究を進める必要があるわけです。物理学の観点から、そして社会的な影響がどんなものかということについても、研究が進められる必要性があるかと思います。

【高橋】 さらにコメント、意見は、ございませんでしょうか。

【ニコルソン】 最後のコメントです。やはり議論を進めなければいけないと思います。壇上の全ての講演者は意見が一致していると思います。そして、皆様方から大変素晴らしい有意義なコメントを頂戴したと思います。互いに多くのことを学ぶことができました。今回の会議に参加することによって色々なことを学んだと思います。

最後のお二方のコメントに対してですけれども、技術者でない方々、市民の方々に對し、啓蒙活動をしなければならないと思います。例えば、ニューオーリンズの市民は堤防の裏に住んでいれば安全だと思い込んでいたわけです。本当のリスクがどれくらいあるのか、決壊する可能性、危険性があるって、決壊したらどんな被害が生じるのかについて、伝えるべきだったと思います。そして、そのような啓蒙は教育活動を通じて、どの程度の防護性能があるのか、その防護はどういう意味合いを持つのか、ということ伝えなければなりません。そして、エッジ先生がおっしゃった通り、継続的な研究調査が一般市民の合意の下に進められるべきであると思います。

【高橋】 まさにこれが論点だと思います。日本では現状の実際の防災レベルがどの程度かを評価することについても議論が進められています。他にいかがですか。フロアからご意見いただければ有り難いのですが、よろしいですか。高山先生、何かありますか。

【高山】 1つは、2004年の台風18号で被災したところに行ったのですが、立派な護岸ができたなら非常に近くまで人家ができていますね。そのため、護岸が壊れるとすぐに家も壊れてしまう。つまり、先ほどもお話があったように、我々は住民に対して、どれだけ危険な情報というか、「こういうふうになったら、こういうことが起きますよ」という情報をあまり伝えてないのではないかと思います。構造物ができたなら守られているような見かけ上の感覚を市民に与えて、それがどの程度のもので、「こういう状態になったら、こんなことが起きますよ」という危険度を明確に説明していないというか、出していないのではないかという気がするのです。最近、ハザードマップを描くようになって来てはいますが、例えば、「この程度、伊勢湾台風を超えるようなものが来たら、高潮でこんなことが起きますよ。だから、こういうところは危険ですよ。」という情報を、なかなかきちんとは出せていないのかなと感じています。

先ほども安全、安心という話がありましたが、安心というのは、多分市民の側からすると、自分たちは守られているという意識だと思うのです。ところが、実際には守られていないという可能性もあって、見かけ上だけ守られていたということが多いのではないかと思います。それだけ我々は、色々な情報を市民に出していかないといけないのではないのでしょうか。それによって、市民からこうして欲しいという要望が出てくるのではないかと思います。これから我々の技術レベルなり、その辺りのことをきちっと明らかにして、市民にも知らせていくというのが一番重要だし、こういう状態の守られ方だと困るという意見が出てくれば、我々もまたそれに応じていかなければならないのかなと感じているのですが。

【高橋】 どうも有り難うございます。時間が少し過ぎてしまったのですが、最後に堀川先生から少しコメントをいただければ有り難いのですが。

【堀川】 ご指名でございますから、感想を若干申し上げようかと思います。私は第一線を退いた人間であるため、あまり色々な情報には触れておりませんでした。今回このシンポジウムを開催するというご案内をいただき、大変有り難く思っております。皆さん方のお話をお聞きして、昔のことを色々と思い出したりいたしました。

それは、再三話に出ております、日本では昭和34年、1959年の伊勢湾台風であります。その直後、私は災害の状況を視察しまして、惨たんたるものであるということが身にしみたわけですが、昨年のカトリーナの被災状況がテレビで放映され、まことに大きな影響を及ぼした災害であるということを知りました。そこで防災について色々な問題も論議されているよ



うにお聞きました。日本では伊勢湾台風の災害を思い浮かべ、その対応に努めてきたわけですが、今回、米国でカトリナ被害があり、調査や研究が進められ、これまでの防災のどこに欠陥があったかを色々と考えておられると思いますが、両者の経験をこのような場で交換し合っ  
て、お互いに学ぶことができたということは、大変有意義なことであったと思っております。

確かに話題に出ておりましたワーストケースというものは、とらえることが大変難しいと思  
っておりますが、要は市民に対して安全をいかに確保するかということになると思います。最後に  
高山教授からお話が出ましたが、市民はえてして何らかの防災の施設を造ってもらうと、そ  
れによって自分たちは安全になっていると錯覚する可能性があります。そのため、いよいよ土壇  
場になるまで避難せず、大きな災害になったという話も聞きましたし、最近では、特に津波に関  
連してではありますが、市民は避難する前に NHK からの情報を聞いて、それによって行動をす  
るようになってきています。これは大変由々しい問題ではないかと言われております。要は、市  
民に対する防災の意識を高めることが非常に大事でありますので、多くの専門家の方々が色々と  
検討を進めておられることが大事であり、その結果を市民にいかに伝えていくかが非常に重要な  
問題かなと思っているわけでございます。

感想を申し上げましたけれども、皆様方の熱心なご討議に対して大変うれしく、敬意を表する  
次第でございます。

【高橋】 先生、どうも有り難うございます。まさにワーストケースを考え、それによって予  
測される災害、すなわちワーストケースのシナリオを考えることが非常に重要であり、さらにそ  
れを市民に適切に伝えることが重要ではないかと思っております。非常に短い時間でしたが、本  
当に有意義なパネル討議となりました。パネル討議の結論としてサマリーを一応まとめて来たの  
ですが、私の準備してきたサマリーでは不十分であり、この会議のプロシーディングを作らせて  
いただいて、そこに皆さんの意見をまとめさせていただきたいと思っております。

本日は皆さん、どうも有り難うございました。これでパネル討議を終わります。

## [Summary of Panel Discussion パネル討議のサマリー]

Hurricane Katrina became the most destructive natural disaster in American history. In the panel discussion we explored future coastal disaster mitigation focusing on “preparedness for the worst case.” The worst case defined here is a case worse than the current design level and anticipated consequences considering huge disasters like the one by Hurricane Katrina.

By making worst-case scenarios we should be able to predict the actual disaster including failures of coastal defenses, the necessary evacuation and rescue, and the way to restore the affected areas and resources. Governments and citizens should work together to establish resilient disaster prevention measures by embracing the worst-case scenarios.

The technologies to determine rationally the worst case and to make the scenarios should be developed further by collaboration of all engineers and researchers in the world.

ハリケーンカトリーナは米国史上最悪の自然災害をもたらした。パネル討議では、「ワーストケースに備える」というサブタイトルのもとに将来の沿岸防災について議論した。ここで定義するワーストケースは、カトリーナの災害のように巨大な災害でこれまでの設計レベルをワン・ランク超えるものである。

ワーストケースのシナリオを考えることによって、防災施設の被災を含めた実際の災害の様子や、必要とされる避難や救助、復旧方法などを予測することになる。市民や行政は、このワーストケースのシナリオを共有することによって協力して粘り強く回復力の高い防災を確立する必要がある。

合理的なワーストケースを決める方法やシナリオの作成技術については、世界の技術者・研究者が協力してさらに発展させる必要がある。

## [解説]

ニューオーリンズの災害のような大都市の高潮災害が将来発生することはぜひ防ぐべきであり、巨大な台風・ハリケーンなどの発生や、防災施設の崩壊などワーストケースを想定した対策が必要である。

そのためにはまず、合理的な「ワーストケースの外力条件の設定方法」が必要である。ここで設定する台風あるいは高潮の条件は、現在ある堤防や護岸などのハード対策で想定するレベルより一段高いものであり、これらの施設が破壊して後背地に大きな被害が及ぶものとすべきである。このレベルを設定するにあたっては、気象学的見地から台風・ハリケーンの理論的な発達限界や地球温暖化に伴う将来のトレンドを究明する一方で、大地震の後に発生する高潮や高潮と河川洪水の重畳など、これまで想定して来なかった複合外力にも目を向けていく必要があるだろう。

次に、この外力によって具体的にどのような災害が発生し、どのように避難し、発生した災害

からどのように復旧・復興する必要があるのか、ということ予測する「災害シナリオの作成技術」の確立も不可欠である。このシナリオをリアルに描くためには、老朽化した既存構造物の耐力診断はもちろん、高潮や高波の超過外力や人為的ミスなどこれまで想定しなかった原因による、構造物の破壊や後背地の浸水を予測する必要がある。そのためには、構造物の変形を照査する技術に磨きをかけていかなければならない。また、被害拡大、特に人的損失を防ぐためには、粘りの強い構造物、フェイルセーフを考えた二重・三重のソフトとハードの防災対策、早急な復旧・復興のため基本インフラの確保なども有効であり、具体的な手法やこれらを防災計画に生かす方法について検討する必要がある。

ただし、専門家や行政担当者が適切なワーストケースのシナリオを描いたとしても、それが市民に理解されなければ、シナリオを描いた意味は半減してしまう。専門家や行政担当者は常日頃から積極的に、自然現象としての台風や高潮の性質、ワーストケースにおいて予測される災害の具体的な状況をシナリオに基づいて市民に啓蒙する機会を設けるべきである。また、復旧・復興のシナリオをあらかじめ考えておき、それを市民と行政担当者が共有しておくことも重要である。そうしたことから、行政的に何をすべきかを市民と話し合うことも可能になる。

なお、ワーストケースの選定やそれによる災害の予測などには、技術的に困難な課題が多い。日本と米国だけでなく世界の技術者や研究者の協力が必要になっている。さらに、技術者・研究者だけでなく行政や市民も協力して、防災のための具体的な手段を確立していく必要がある。