

## 2005年米国ハリケーン・カトリーナ災害の特徴

佐藤照子\*・中須 正\*・水谷武司\*・坪川博彰\*  
原口弥生\*・大楽浩司\*・加藤 敦\*・池田三郎\*

### Characteristics of the 2005 Hurricane Katrina Disasters

Teruko SATO, Tadashi NAKASU, Takeshi MIZUTANI, Hiroaki TSUBOKAWA,  
Yayoi HARAGUCHI, Koji DAIRAKU, Atsushi KATO, and Saburo IKEDA

*National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan*

#### Abstract

The Hurricane Katrina disaster which struck the southern United States in August 2005 caused catastrophic damage extending over a broad area in the southern part of this advanced nation. The characteristics of the flood disaster caused by Hurricane Katrina, especially in New Orleans, are summarized below.

#### 1) Low Probability but High Consequences (LPHC) type disaster

This disaster was of LPHC type, and it affected a broad area of the southern United States, including Louisiana, Mississippi, Alabama, and Florida. In particular, the central part of New Orleans, a large city with high damage potential, experienced a LPHC hazard due to levee rupture, with massive damage from flooding in 80% of the urban area.

A storm surge caused by the high winds of Hurricane Katrina acted as an external force, rupturing the levees of three canals. Levee rupture occurred not only in places where the storm surge exceeded external forces which the levees were designed to withstand, but also with smaller external forces than the design level.

#### 2) Vulnerable land environment and increased potential for damage

New Orleans, a large city with a population of 480,000, was developed through urbanization on the wetlands of the Delta region. As a result, 80% of the city's area was built under the sea level, making it vulnerable to flooding. With its concentration of population and assets, the city had a high damage potential with regard to flooding. By means of levees surrounding the city and submerged pumps, the land was just barely managing to avoid going under the water. It had the potential for massive damage from the large-scale hazard of levee rupture. The region's vulnerability to flooding was worsened by the disappearance of wetlands and ground subsidence due to human activities such as development.

#### 3) Advance preparations by government and residents for LPHC type disasters

Although the government did possess the knowledge concerning the possibility of a LPHC type flooding disaster in the New Orleans metropolitan area, it had not taken realistic measures. Meanwhile, although the residents were prepared for high winds and hurricane damage of the type that occurs more frequently, they apparently had not anticipated the type of flooding that actually ensued in the city.

#### 4) Diversity of damage

Information systems and electric power were crippled immediately after this disaster within the advanced information environment of the United States, leading to a situation in which communication within and among organizations such as disaster agencies was practically impossible. The disaster produced many types of damage, including many fatalities, a wide range of human suffering, environmental pollution, and lengthy evacuations. The situation is extremely severe as little progress is occurring in the return of residents, which is the most vital element in the restoration process.

#### 5) Response immediately after the disaster

Although one of the government's most important roles for residents after a disaster is to provide emergency support, this was not accomplished smoothly after the Hurricane Katrina disaster. This seems to be the result of several factors, including lack of preparedness for a LPHC type disaster; the flooding of New Orleans; failure of information systems and electric power immediately following the disaster; and inadequate functioning of crisis management organizations.

**Key words** : Hurricane Katrina, New Orleans, Delta, Storm surge, Levee rupture, LPHC: Low Probability but High Consequences type disaster

## 1. はじめに

2005年8月、ハリケーン・カトリーナはアメリカ南部、メキシコ湾岸沿いのルイジアナ、ミシシッピ、アラバマ州など、28万km<sup>2</sup>という広い範囲に被害を発生させ、被害額は960億ドルとアメリカ史上最大の災害となった(表1)。死者は1,330人、被災家屋数は292,885軒、被災人数は744,293人に達した。

最も被害が大きかったのが人口約48万人のニューオーリンズであった。市内で、デルタ地帯に発達した都市の生命線である堤防が破壊し、中心地の80%が水没した。また、強風と浸水による情報化社会アメリカの高度な情報システムや電力供給の停止は、初動対応の遅れに拍車をかけ、社会は大混乱に陥った。災害直後から、連邦政府、連邦緊急事態管理局(FEMA: Federal Emergency Management Agency)、地方自治体等の行政機関の初動対応の拙さは社会的議論となった。さらに、電気等の社会インフラの復旧等が長引き、住民が自宅に戻れない状態が続き、避難は長期化している。

ハリケーン・カトリーナのように、発生は稀でも大規模被害に結びつくタイプの災害は、低頻度大規模災害(LPHC: Low Probability but High Consequences type disaster)と呼ばれる。しかも、今回は被災範囲が広域にわたった。大河川下流部のデルタに発達した大都市の水没という事態は他人事ではなく、わが国やアジア地域の大都市にもこのLPHCタイプの災害発生の可能性が存在する。

治水構造物崩壊によるLPHCタイプの水害時に発生する被害の構造や事前・事後の被害軽減対応の課題を明らかにし、今後の日本や開発が進むアジア地域などの水災害の被害軽減への課題を明らかにするため、独立行政法人防災科学技術研究所では、防災研究フォーラムの支援を得て、緊急現地調査を行った。その調査概要を帰国直後に現地調査速報としてホームページ(<http://www.bosai.go.jp/Library>)で公開したが、本報告書はその詳細版である。

なお、本編は調査全体の総括の役割をもち、第2編以下が調査の各論となる。本編では、2~7編までの各論とWeb版調査速報(防災科研, 2005)の成果を用い、ハリケーン・カトリーナ災害の特徴を描き出す。第2編では、被災地の気候・水文・土地環境、第3編ではハザードである高潮氾濫、第4編では環境災害、第5編では人的被害の拡大過程、第6編では行政の災害対応、第7編では洪水保険に焦点をあてて報告する。なお、末尾には、現地調査にご協力いただいた方々とのインタビューの要約を付録としてとりまとめた。

## 2. 調査概要

災害調査では、多様な側面をもつハリケーン・カトリーナ災害の概要をできるだけ多面的に把握できるよう、学際的な調査チーム編成をとり、自然外力(ハザード)から、災害発生場の災害脆弱性、被害、災害軽減対応までを幅広くとらえるため、被害現場調査、関係行政機関・

被災住民からの聞き取り調査と収集資料の解析に重点を置いた。具体的には、高潮による浸水状況、被災地の水害土地環境・社会環境等、人的被害、環境被害、事前対応、行政の緊急対応、二次被害軽減のための洪水保険という切り口で調査した。

なお、ここでは、ハリケーン災害のうち、特に大規模な被害をもたらしたハザードである高潮による水災害に焦点を当てた。また、本災害の被災地は、ルイジアナ、ミシシッピ、アラバマ州など広域にわたったが、本報告では、ニューオーリンズの災害を中心に報告する。

### 2.1 調査チーム

ハリケーン・カトリーナ災害調査チームのメンバーと専門分野は次の通りである。このうち、現地調査を4人が担当し、4人は国内調査班とした。調査で用いた資料は、現地調査で収集した情報・資料に加え、行政機関・関係学会・NPO等から発信された資料、ニューオーリンズ地元紙The Times-Picayune, Timesをはじめとするアメリカのメディアから発信された情報、関連書籍、及びウェブ上の情報、例えば“wikipedia”( [http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane\\_Katrina](http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Katrina))等々である。これらの資料から、Timelineを作成するなどし、情報の分析を行った。なお、今回の災害では、災害直後から膨大な量の災害関連情報がWeb上で公開され、現在でも発信され続けている。

#### (現地調査班)

佐藤照子	災害地理学	自然災害情報室、災害に強い社会システムに関する実証的研究プロジェクトメンバー
中須 正	環境社会学	自然災害情報室
大柴浩司	気象水文学	気候変動プロジェクトメンバー
加藤 敦	水工学	風水害予測支援プロジェクトメンバー

#### (国内調査班)

水谷武司	災害学	客員研究員
坪川博彰	災害金融工学	客員研究員
原口弥生	環境社会学	客員研究員、茨城大学講師
池田三郎	環境リスク論	客員研究員

### 2.2 現地調査

現地調査は、下に示すように、2005年11月30日から12月8日までの9日間に行った。図1に示す、ルイジアナ州のニューオーリンズ都市圏とメキシコ湾岸のミシシッピ州ピロキシ、ガルフポートにて被災状況を調査した。

#### 【ニューオーリンズとその都市圏】

ニューオーリンズは人口48万人のルイジアナ州最大の都市であり、行政区分ではオリンズ郡(パリッシュ)と同義である。そして、ニューオーリンズ都市圏とは、オリンズ郡とその周辺の7つの郡、すなわちジェファーソン(Jefferson)、プラクミン(Plaquemines)、セントバーナード(ST. Bernard)、セントチャールズ(ST. Charles)、セン

トジェームス (ST.James) , セントジョン (ST.John) , セントタマニー (ST.Tammany) を含む地域を指し、約 120 万人の人口を擁する (図 1 参照)。

現地では、米国陸軍工兵隊 (USACE : US Army Corps of Engineers) の協力による被災現場調査、地域の防災関係組織や被災者、ボランティアからの聞き取り調査、Tulane 大学や Louisiana 州立大学の研究者からの聞き取りと討論を行った。なお、依然として、一部立入規制が敷かれていたが、陸軍工兵隊の協力で現地に入ることができた。

### < 調査日程 >

2005 年

- 11 月 30 日 東京出発、ニューオリンズ到着
- 12 月 01 日 AMDA ボランティアにヒアリング; US Army Corps of Engineers の案内によりニューオリンズ市内の IHNC: Inner Harbor Navigation Canal 破堤現場と被災地調査; 現地邦人から被災体験をヒアリング
- 12 月 02 日 The Port of New Orleans で聞き取り調査; Regional Planning Commission で聞き取り調査
- 12 月 03 日 ポンチャートレイン (Pontchartrain) 湖北東岸のセントタマニー郡の Slidell, メキシコ湾沿岸のミシシッピ州ピロキシ, ガルフポート等の現地調査
- 12 月 04 日 ニューオリンズ市内調査: London Avenue Cannel および 17th Street Canal の破堤現場調査, 被災者宅調査, 被災者の体験聞き取り調査, セントバーナード郡の被災現場調査
- 12 月 05 日 Tulane 大学のハリケーン・カトリーナ災害研究者から説明を受けた後, 討論. ミシシッピ川最下流左岸側 (プラクミン郡) の現場調査
- 12 月 06 日 Louisiana 州立大学で, ハリケーン災害の研究者 2 人, 環境汚染研究者 1 人, 夜は邦人教授から聞き取り調査
- 12 月 07 日 ミシシッピ最下流部 プラクミン郡被災地調査, 日本領事館表敬訪問
- 12 月 08 日 ニューオリンズ出発
- 12 月 09 日 日本帰国

## 3. ニューオリンズ周辺の災害脆弱性とその変化

### 3.1 ニューオリンズ周辺の災害脆弱性

水災害に対する脆弱性は、地域の気候環境、災害発生場の水文・土地環境に大きく影響をうける。第 2 編で、ニューオリンズ周辺の気候・水文・土地環境について詳細に述べているので、ここでは概要を述べておく。

ハリケーン・カトリーナの被災地であるニューオリンズ都市圏は、閩東平野の 3 倍以上もの面積をもつ広大なミシシッピ川のデルタ上に展開する。川沿いには自然堤防 (微高地) が発達しているが、その背後は広大な Swamp (樹木がある湿地) や Marsh (草だけの湿地) と呼ばれる湿地帯や、埋め残された水面が広がっている低

湿な地域である (図 2, 写真 1.1-1.2)。

その中心地が大都市ニューオリンズである。街は 18 世紀初頭にミシシッピ河畔の自然堤防上に建設され、ポンプ排水技術の進歩とともに、ミシシッピ川とポンチャートレイン湖との間の凹状低地へと拡大していった。その結果、現在、図 3 に示すように市街地の 70% が海面下にある。すなわち、市街地を取り囲む堤防と排水ポンプの常時運転が、街を水没から守っているのである。

ここには内水氾濫、ミシシッピ川の氾濫の危険がある。それに加え、ハリケーンの常襲地帯 (表 2) であるため、第 2 編で述べているように、ハリケーンによる風害や高潮災害が繰り返し発生している。そして、今回のハリケーン・カトリーナによる災害は、メキシコ湾やポンチャートレイン湖で発生した高潮によりもたらされたものである。後述するように、前者の高潮はプラクミン郡の東海岸で約 2.4-5.4m、後者はニューオリンズ市で 3.6m の高さとなった。

なお、海岸はニューオリンズ市街地の東方 20km にあるので、メキシコ湾で発生した高潮が、市街地を直撃することはない。しかし、後述するように市内の INHC とメキシコ湾を結ぶ人工運河 MRGO: Mississippi River Gulf Outlet (図 1) を遡上した高潮は、INHC Canal の堤防を破堤させたり、ニューオリンズ市の東隣のセントバーナード郡では数カ所で堤防を破堤させたりしている。

### 3.2 災害脆弱性の変化

本報告第 2 編では、人為的な影響によって、デルタ地域の地盤沈下の進行や湿地帯の消失が進み、災害脆弱性が高まりつつあることを次のように報告している。

現在の速度で地盤沈下が進むと、現在 -1.5 ~ -3m であるニューオリンズと周辺地域の標高が、2100 年までに -2.5 ~ -4m になると予測されている。また、ルイジアナ南部の湿地帯は、地盤沈下、海面上昇、波浪等の影響で 1930 年代から 1990 年代にかけて 4,860km<sup>2</sup> が失われ、現在でも 65-90 km<sup>2</sup>/year の速度で消失し水面に戻っている。これは高潮の緩衝地帯の減少を意味し、同じ規模の高潮がメキシコ湾で発生すればより大きな高潮に襲われることになる。

これらの要因として、湿地の開発に伴う排水による有機土壌の圧密や、治水整備にともなうミシシッピ川が運ぶ土砂供給量の減少、上述の MRGO の開発、メキシコ湾沿海部における石油やガス探査や採掘用の人工運河ネットワークの開削、石油採掘、毛皮をとるために移入され増殖した Rodent nutria によるマーシュの草の減少、海面上昇等が考えられている。

一方で、地球温暖化と異常気象との因果関係は未だ科学的に明らかにされていないものの、気候変動にともなう大規模な暴風雨の変化や海面上昇が、ハザードを大規模化させる懸念は存在する。

このように、本来水災害に対して高い脆弱性があるこの地域は、現在さらなる水災害リスクの増大という事態に直面している。



図1 ハリケーン・カトリーナ災害現地調査地域図 (Rand McNally 社(2004)を編集)  
 Fig. 1 Field survey map on the Hurricane Katrina.



写真 1.1 ミシシッピデルタの湿地帯  
 Photo 1.1 Wetland of the Mississippi River Delta.



写真 1.2 ミシシッピデルタの湿地帯  
 Photo 1.2 Wetland of the Mississippi River Delta.

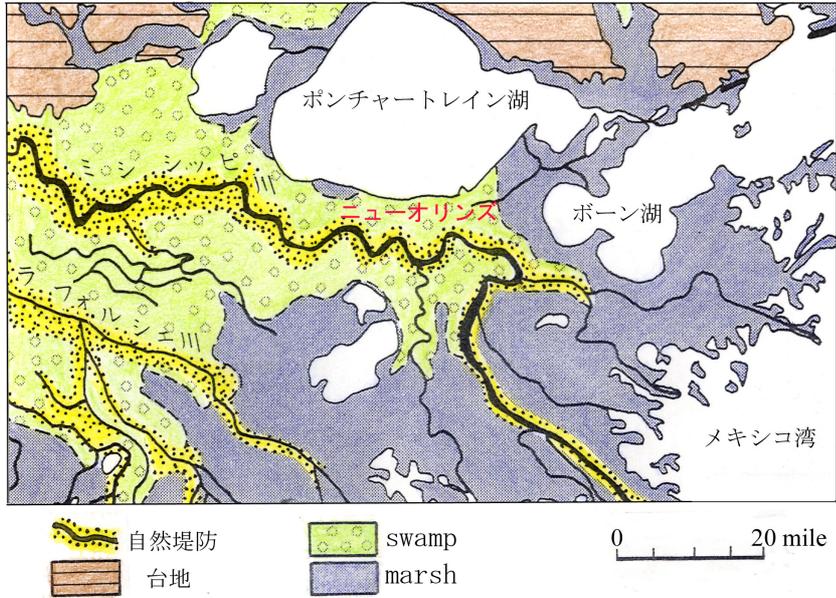


図2 ミシシッピ三角州の地形 (水谷武司作成; 防災科研, 2005)

Fig.2 Land form classification map in New Orleans district.

典型的な bird foot delta (鳥跡状デルタ) であり、河道沿いに比高 10 feet を超える自然堤防を延々と連ね、その間には広大な低湿地が広がっている。ポンチャートレイン湖は bird foot の分枝が浅海を閉ざして作った非常に浅い潟湖である。規模の大きい自然堤防が発達することが他の一般的三角州と異なる特徴で、この自然堤防上に都市・集落が線状に分布する。

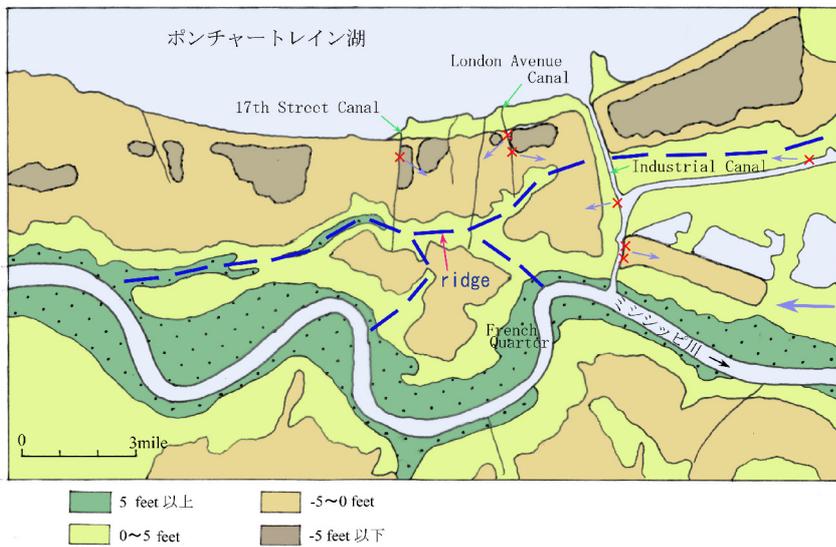


図3 ニューオーリンズ地域の地盤高分布と高潮氾濫 (水谷武司作成; 防災科研, 2005)

Fig.3 Geomorphology map of the New Orleans City.

ハリケーン・カトリーナ災害時に発生した破堤 (×印) の多くは堤内地盤高がより低いところで生じており、堤体基盤を通した漏水が破堤の一要因になっていることを暗示している。Inner Harbor Navigation Canal 西岸の破堤箇所は明らかな水衝部である。図中央部(中心市街域)では、浸水域の限界は 5 feet 等高線にほぼ一致した。17th Street Canal の西方では、湖岸に接する地域が湖水の越流により水深 2 feet 程度に浸水した。右上方の海面下の土地(東ニューオーリンズ)は、1965 年のハリケーン Betsy 襲来時にはまだ開発利用されていなかった。大きい矢印はボーン湖からの高潮の流入を示す。青破線は ridge とよばれる線状微高地。

表1 1900-2005年 米国における主要な自然災害(9.11テロを含む)(Whitehouse, 2006)  
**Table1** Worst Natural Disasters in the United States, 1900-2005, with September 11th Terrorist Attacks, Damage in Third Quarters.

Top Disasters	Estimated deaths	Estimated damage
Galveston Hurricane (1900)	8,000	<\$1 billion
San Francisco Earthquake and Fire (1906)	5,000	\$6 billion
Atlantic-Gulf Hurricane (1919)	600	<\$1 billion
Mississippi Floods (1927)	246	\$2 billion
Hurricane San Felipe and the Okeechobee Flood (1928)	2,750	<\$1 billion
New England Hurricane (1938)	600	\$4 billion
Northeast Hurricane (1944)	390	<\$1 billion
Hurricane Diane (1955)	184	\$5 billion
Hurricane Audrey (1957)	390	<\$1 billion
Hurricane Betsy (1965)	75	\$7 billion
Hurricane Camille (1969)	335	\$6 billion
Hurricane Agnes (1972)	122	\$8 billion
Hurricane Hugo (1989)	86	\$11 billion
Hurricane Andrew (1992)	61	\$33 billion
East Coast Blizzard (1993)	270	\$4 billion
September 11, 2001	2,981	\$18 billion
Major 2004 Hurricanes (Charley, Frances, Ivan, Jeanne)	167	\$46 billion
Hurricane Katrina (2005)	1,330	\$96 billion

年 月	ハリケーン名 (TS)は熱帯性暴風	主な被災地域	死者数(米国以外の死者も含む)
1900年9月	Galveston	TX	8000 (6000-12000)
1919年9月	Atlantic Gulf	Caribbean, Florida Keys, Gulf, TX	600+ (600-900)
1926年9月	Great Miami	FL, AL, MS	370+
1928年9月	San Felipe - Okeechobee	southern FL	2500+
1935年8月	Florida Keys Labor Day	Caribbean, southeastern U.S.	400+
1938年9月	New England	Long Island, NY; New England	600
1944年9月	Great Atlantic	NC, VA	400+
1954年8月	Carol	Northwestern U.S.	68
1954年10月	Hazel	Eastern Canada, U.S.; Haiti	347
1955年8月	Connie	NC, SC, VA, MD	43
1955年8月	Diane	eastern U.S.	400
1957年7月	Audrey	TX to AL	390
1960年9月	Donna	Caribbean, eastern U.S.	148
1969年8月	Camille	MS, LA	256
1972年6月	Agnes	FL to NY	118
1988年9月	Gilbert	Caribbean, Gulf of Mexico	260
1989年9月	Hugo	Caribbean, southeastern U.S.	504
1992年8月	Andrew	southern FL, LA	58
1995年10月	Opal	south Mexico, FL, LA	59
1998年10月	Mitch	Honduras, Nicaragua, Guatemala, El Salvador	10,866+
1999年9月	Floyd	Baha., eastern seaboard U.S.	69+
2001年9月	Allison (TS)	southeastern U.S.	47
2001年10月	Iris	Belize	22
2003年9月	Isabel	NC, VA, MD, eastern seaboard U.S.	40+
2004年8月	Charley	FL, SC	36
2004年9月	Frances	Barbados, Florida	35
2004年9月	Ivan	Barbados, Grenada, Jamaica, Cuba, U.S. Gulf Coast	115
2004年9月	Jeanne	Dom. Rep., Haiti, FL	1500+
2005年7月	Dennis	Jamaica, Haiti, Cuba, FL	60+
2005年8月	Katrina	LA, MS, FL, AL, GA	1200+
2005年9月	Rita	TX, LA	100

The World Almanac 2006 および National Hurricane Center : Hurricane History より作成

表2 米国に被害を与えた主なハリケーン  
(坪川博彰作成)

**Table2** Worst Hurricane disasters in the U.S..

## 4. 事前の災害軽減対応

### 4.1 自然外力（ハザード）のコントロール

#### 4.1.1 堤防の建設

水災害においては、被害軽減策として堤防などの大規模治水構造物によって自然現象の性質の強いハザードを効果的にコントロールしている。ニューオーリンズ市を守る堤防の総延長は590kmに達し、ミシシッピ川の下流から市街地を守る堤防と、高潮の侵入を阻止する運河やポンチャートレイン湖沿いの堤防がある。ハリケーン・カトリーナ災害では、後者の堤防が破堤した。まず、ミシシッピ川の下流の堤防であるが、1927年にミシシッピ川は大洪水により氾濫し、デルタ域はニューオーリンズを含め全面的に浸水した。この時の洪水水位に基づき、洪水流量生起確率1/500に相当する海拔高6.9mの高さの堤防が現在建造されている。1973年には最高水位5.7mという1927年とほぼ同規模の出水があったが、氾濫は生じなかった。一方、高潮災害に備えて、ポンチャートレイン湖岸には砂州上と、湖に排水される内水排水路（Canal）沿いに、標高5.3mの堤防が建造されている。これは1/200の確率規模のハリケーン（カテゴリー3）による高潮に対応するものである（玉光ら、1991）。

写真2.1～2.4に、この地域の堤防の写真を示しておく。

#### 4.1.2 治水施設管理の状況

堤防は水災害のハザードの規模や発生頻度をコントロールし、都市を守る重要な生命線であり、築堤後の管理が重要である。しかし、ニューオーリンズ周辺では水管理の主体が複数にわたるために、組織間の調整が必ずしも上手くいっていない状況が、現地調査での聞き取りや行政資料から分かった。

堤防の建設や破堤した堤防の修復や外水氾濫水の堤内地からの排水・修復は陸軍工兵隊が行い、その堤防の管理責任は地域の levee board が行っている。そして内水排水路については、地域の Sewage and Water Board が負っている。そのため、分担境界部分の治水施設については、関係機関の調整が必要となる。例えば、内水排水路（Canal）のポンチャートレイン湖出口の水門建設は、両者の協議が必要となる。今回破堤した 17th Street Canal や London Avenue Canal の湖出口の水門も、陸軍工兵隊は建設を主張したが、Sewage and Water Board の反対により建設されなかった経緯があるとの話を現地調査で聞いた。また、堤防の見回り、破堤時の警報発令、住民への広報の責任は地域が負っているため、非常に多くの地域の組織が関わることになり、責任の所在がはっきりしていない状態である。Levee board, Water and Swear board はパッチワークのように地域ごとにある。そして、国の規制では、洪水氾濫危険時には堤防などの治水構造物を見回ることが決まっているが、ハリケーンの強風などにより担当者も避難し、堤防見回りは実際上不可である。また、破堤時の警報システムもなかった（USHR, 2006）。そして、ニューオーリンズの Sewage and Water Board の歴史は古く、排水ポンプの老朽化が進んでいるとのことであった。さ

らに、災害前に今回破堤した運河沿いの堤防からの漏水が指摘されていたとの報道もある。第2編で述べているように、堤内地の地盤高が低いために高水位が長時間続くと、堤防基盤を通じて浸透水が湧出する可能性があるため、破堤前の漏水の可能性は否定できない。

### 4.2 被害の軽減策：洪水保険

米国の水害被害軽減対策の一つに、被災者の生活復興を支援する制度、すなわち、FEMA が運営する国家洪水保険制度（NFIP：National Flood Insurance Program）がある。ハリケーン・カトリーナは、低頻度大規模災害発生時の、NFIP のあり方に一石を投じるとともに、米国の住宅保険制度に関しても多くの問題を提起する出来事となった。本報告書第7編にもとづき、概要を述べる。

ハリケーン・カトリーナ災害被災者の生活復興支援に対して、この制度が十分に機能したとは言い難い状況があった。それは、水災害への脆弱性が非常に高い地域であるにもかかわらず、NFIP の加入率は決して高くはなかったこと、また、深刻な被害を受けている被災者には低所得者層が多く、洪水保険はもとより住宅の保険にすら加入していない世帯が少なくないことなどによる。その結果、被災者が多い割には NFIP の保険金支給は低調と予想されている。ここには、格差の大きな社会での災害復興に保険が十分な役割を果たせない実態が見えた。

また、NFIP に加入していたとしても、NFIP の保険金だけでは住宅の再建が難しいことや、NFIP では臨時生計費などが補償されないこと、一時に大量の被災物件が生じたことや、冠水が長引いたことで、当初は被災物件の確認に時間を要したことなど、被災者の生活復興支援に速やか、かつ十分に役立ったとは言い難い状況もあった。

新聞報道によると、今回の低頻度大規模災害に直面して、クリントン政権時代に FEMA 長官を務めていた James Lee Witt 氏は、ルイジアナ州政府に自然災害基金を構築することを提案している。また11月には全米各州の保険長官が一堂に会する機会があり、そこでも連邦の自然災害基金を創設することについて議論が行われた。公的支援（公助）、保険制度（自助）だけでは支えられない大規模災害時の第3の選択肢として何らかのスキームが現実に導入されれば、日本の自然災害補償のあり方に影響を与える可能性もある。さらに、FEMA の水害ハザードマップが、LPHC タイプの水害に対する住民のリスク認知に負の影響を与えたのではないかと議論も噴出した。



写真 2.1 ポンチャートレイン湖岸堤防  
Photo 2.1 Levee along Lake Pontchartrain.



写真 2.2 17th Street Canal の堤防 (右下が破堤地点)  
Photo 2.2 Levee along 17th Street Canal.



写真 2.3 London Avenue Canal の堤防  
上：左岸側 下：右岸側  
Photo 2.3 Levee along London Avenue Canal.



写真 2.4 上：セントバーナード郡付近の堤防  
左：排水ポンプ場 右：ポンプ場の管理者が  
Levee board であることを示す掲示板

Photo 2.4 up : Levee in the ST.Bernard Parish.  
left : Drainage Pumping Stations in the ST.Bernard Parish.  
right : Sign board showing the Levee board controlled area.

### 4.3 低頻度大規模災害への対応

#### 4.3.1 LPHC タイプ災害の警告

堤外地と堤内地を分け、堤内地の水災害の規模や発生頻度をコントロールする堤防であるが、計画規模以上の外力等によりこの大規模治水構造物が破壊すると、大量の外水が一気に堤内地に流れ込み大規模化したハザードが市街地を襲い、大被害に結びつくことになる。前述のように市街地の70%以上が海拔0m地帯にあり、堤防と排水ポンプにより水没を免れているニューオーリンズ市では、街を守る堤防が壊れれば、巨大なハザードが発生する可能性がある。

しかも、ニューオーリンズは人口資産が集中する大都市であり、破堤により発生する大規模ハザードが大被害をもたらすことは容易に想像できる。実際、本報告書6編で坪川が指摘しているように、数年前より一部専門誌や一般紙などにもニューオーリンズの水害の特集記事が生まれ、同市が海面下にあるという特性から再三警鐘が鳴らされてきた。例えば、ナショナル・ジオグラフィック(2004年11月号)、Popular Mechanics(2001年9月)、Scientific American(2001年10月)、Civil Engineering Magazine(2001年6月)、Natural Hazard Observer(2004年11月)、American Prospect(2005年5月)などの雑誌で取り上げられ、またHouston Chronicle(2001年12月)、Times Picayune(2002年6月)などの一般紙でも特集記事を載せていた。

#### 4.3.2 低頻度大規模災害への認識と事前対応

ハリケーン・カトリーナ災害では、大規模災害発生可能性が顕在化し、前例の無いニューオーリンズの80%が長期間水没という事態に、行政や住民はとまどったり、混乱したりした。しばしば来襲するハリケーンに対しては、速やかに対応したが、発生頻度の低い破堤による水害に対しては、住民は予想外の事態としてとらえ、行政も、このような事態が現実のものとなるとは真剣に考えていなかったことが、現地調査において垣間見えた。以下に、現地調査で得た具体的な聞き取り等の事例を示す。

1)ニューオーリンズでは、ハリケーン来襲時に会社や学校が休みになり、市外へと数日避難し、ハリケーンが去ると自宅へ戻るといったことがしばしばあった。この際、避難先のホテルは最も近い州都のバトンルージュ、そして、ヒューストンの順に埋まり、宿が見つからなければ、さらに遠い場所が避難先となっていた。今回も、住民はいつものように、数日で帰宅するつもりで避難したが、今回は町が水没し、3か月経っても自宅に帰れない状況が続くことになった。なお、いつもの避難のように避難用以外の車を浸水被害から守るため、センターグランド(幅が広い中央分離帯で、周囲より約20~30cm位高い)に上げておいたが、その車も水没した。

また、今回、建物の1階部分まで水没したLake View地区に長く住む住民は、いままで家の床が浸水するような被災経験は無いし、今回のような水害は予想もしていなかったと話していた。

2)聞き取りをした行政機関関係者も、破堤による浸水と

いうシナリオは考えられなくはないが、現実には考えていなかったと話していた。

3)現地で入手したルイジアナ州政府発行のLouisiana Citizen Awareness & Disaster Evacuation Guideでは、州南部を危険度で3地域に分け、その地域の脆弱性について説明し、ハリケーンが襲来するどの位前に避難すればよいか指示している。そして、ハリケーンの大きさを示すカテゴリー毎に、発生する可能性のある高潮の大きさも記されている。しかし、破堤というような事態が発生する可能性についての説明はみられない。

4)また、FEMAの洪水保険で、危険度をゾーニングした地図においても、100年に一度程度発生するタイプの洪水氾濫の危険度を示しているが、今回のような破堤によるLPHCタイプの氾濫については触れていない。

5)ハリケーン・カトリーナのルイジアナ上陸2日前に、国立ハリケーンセンター(NHC: National Hurricane Center)の担当官がブッシュ大統領へ、ニューオーリンズで破堤という事態が起こる可能性があることを報告したことが伝えられたが、これが災害直後の対応に直接役立つことはなかった。

6)なお、上記のルイジアナ州のマニュアルには避難をスムーズに行うためのContra-flow evacuation planの説明がある。これは、前年のハリケーン・アイヴァンでは、避難の車で道路が渋滞し、避難者が真夏の日差しの中で30時間も道路上で過ごすという事態が発生した事実を受けたものである。今回のハリケーン・カトリーナでは、その教訓を活かし、交通規制範囲を拡大し、さらに全車線を一方通行にするなどのContra-flow evacuation planが実施されたため、避難はスムーズに進んだ。

実際、災害後にルイジアナ州知事は被災可能性のある1.2百万人のうち92%の人がハリケーン・カトリーナ来襲前に避難していたと発表した(Whitehouse, 2006)。

このように、しばしば経験しているハリケーンによる風災害等のハザードへの対応については計画通り対応が進んだが、破堤による町の水没という大規模災害への対応計画は不十分であった。実際、ハリケーン来襲時の避難では、約10%の人が避難しないのが常態化していた(USHR, 2006)。本災害においても、災害後にルイジアナ州知事は数万人の人が最も危険な地域に残っていたと発表した。しかし、ルイジアナ州、ニューオーリンズ市の避難計画に、ハリケーン上陸後の避難については書かれていなかった(Whitehouse, 2006)。

今回の災害には間に合わなかったが、低頻度大規模災害への対応の検討が始まっていた。それは、FEMAによるルイジアナ南部における大規模災害への対応改善のためのプロジェクト”Southeast Louisiana Catastrophic Hurricane Planning Project”である。2004年7月に、国から市町村まで様々なレベルの行政担当者や政策決定者、米国赤十字者等約300人が集まり、ハリケーンPamという仮定の大規模ハリケーンのシナリオを用いて、大規模ハリケーンにルイジアナ南西部が襲われたときに考えられる非常に複雑な災害対応を抽出、分析し、明らかにす

るためのワークショップが行われた。しかし、再び招集されたのはハリケーン・カトリーナ上陸のほんの数週間前の2005年7月下旬であった(Whitehouse, 2006)。

## 5. ハザード概要

### 5.1 高潮の状況

大被害をもたらしたハリケーン・カトリーナであるが、その規模は日本に5,000人以上の人的被害をもたらした昭和34(1959)年の伊勢湾台風に匹敵するものであった。本報告書第2編の表1に諸元が示されているが、例えば、最低気圧ではカトリーナ902hPa、伊勢湾894hPa、暴風域半径ではカトリーナ180km、伊勢湾350kmと後者が大きかったが、上陸時気圧ではカトリーナ902hPa、伊勢湾929hPaと前者が強かった。

ハリケーン・カトリーナと高潮の観測状況等については第3編で詳細に報告しているため、本章ではハリケーン・カトリーナと高潮の概要を述べておく。ハリケーン・カトリーナは2005年8月23日NHCによって熱帯性低気圧12号と発表された。その2日後、フロリダ半島のフォートローダーデールをカテゴリー1で通過した時点では、NHCによる予想進路はかなり東寄りであり、ハリケーン・カトリーナはフロリダ州北西部に再上陸すると見られていた。しかし、26日の午後になると、予想進路はミシシッピ州とルイジアナ州の州境付近に再上陸するコースに改められた。加えてメキシコ湾の高い海水温のために、ハリケーンの勢力は拡大の兆しを見せていた。

ルイジアナ州のブランコ知事はハリケーン・カトリーナの予測進路にルイジアナ州が入ったことから、州の専門家およびNHCスタッフからの助言を受けつつ監視体制に入った。既に通過したフロリダ州では、24日に州の緊急事態宣言が出されていたが、これに続いてルイジアナ州でも26日に緊急事態宣言が発表された。ルイジアナ上陸3日前のことである。27日には海岸に近い郡で避難命令がだされ、28日早朝勢力はカテゴリー5(風速が時速249km以上)住民に避難命令を出した。翌29日早朝、ハリケーン・カトリーナはルイジアナ州プラス付近に上陸したが、勢力はカテゴリー3に弱っていた(図4)。

ハリケーン・カトリーナの強風は、メキシコ湾とポンチャートレイン湖に1.2~9.6mの高潮を発生させている。ルイジアナ州立大学の推定によると(図5)ミシシッピ州のメキシコ湾岸で7.8m、プラクミン郡の東海岸で2.4~5.4m、ボーン湖西南部で4.8m、ポンチャートレイン湖南岸で3.6mに達している(LAGIC, 2005)。

なお、図4に示すように、最大風速が大きく、台風の進路では強風による被害が発生した。風害の様子を写真3.1~3.3に示しておく。また、ハリケーン・カトリーナがもたらした総雨量は304~406mmにのぼった(LAGIC, 2005)が、多雨域はミシシッピ川流域とほとんど重なることはなく、ミシシッピ川本川大洪水の誘因とはならなかった(図6)。

### 5.2 破堤によるハザードの大規模化と浸水状況

第3編で、高潮の氾濫による被害について、建物の被害に焦点をあてて記述しているため、ここでは、ニューオリンズ都市圏全体の高潮被害の概要を整理しておく。

図7に陸軍工兵隊によるニューオリンズ大都市圏の被災状況図を、図8にニューオリンズ市内被災状況図を示す。ミシシッピ最下流のデルタ地域は全域にわたり高潮の被害を受けた。特に、大規模被害に結びついたのが、ミシシッピ川左岸、ポンチャートレイン湖との間の低湿地に広がるニューオリンズ中心市街地の浸水である。ここで、都市の生命線である堤防が、3つのCanalの4地点で破堤し、堤内地に高潮が侵入した。その結果、図11に示すように、市域の80%が水没し、最大浸水深6m以上という大規模な浸水となった。破堤の原因についての最終結論はまだ出ていないが、ASCE(2006)の文献等の得られた資料から破堤にいたる状況を示す。

ニューオリンズ大都市圏を襲った高潮は2種類あった。一つは、メキシコ湾とボーン湾で発生した高潮である。

1)この高潮がニューオリンズ東側の沿岸地帯を襲った。図7に示すように、ミシシッピ川最下流部のプラクミン郡やMRGOに沿ったセントバーナード郡が高潮の被害を受けた。写真4.1はプラクミン郡の被災の様子である。集落の建物が高潮により破壊されたり流されたりしている。また、写真4.2では、東から押し寄せた高潮に流され家屋がミシシッピ川の堤防に押し上げられている。写真4.3は、図7の右上方にあたるスライデルの被災状況である。

2)また、この高潮はMRGOを通りIHNC:Inner Harbor Navigation Canal(図8右に赤丸印)に流入した。この高潮の流入により、IHNCの水位が堤防高を越え、広範囲にわたり堤防からの越流が発生し、破堤に到った(図9)。ここでは、破堤地点からの氾濫流の激しい流体力が多数の家屋の流失、倒壊を発生させた(写真5)。

もう一つは、ポンチャートレイン湖で発達した高潮で、一部はメキシコ湾からの流れ込みもあるが、これがニューオリンズ市中心部の湖岸を襲うとともに、防潮水門がない運河に逆流したものの、その水位は湖岸堤防や運河の堤防壁を越えるものではなかった。しかし、図8中の緑丸で囲まれた地点、17th St. Canal 1箇所と中央やや東のLondon Av. Canal 2か所で堤防が破堤した。前者については写真6.1~6.3に、後者については写真7に被災状況を示した。

以上のように、ニューオリンズ市内では、(1)計画規模以上の外力による破堤と、(2)計画規模以下の外力による破堤があった。前者についてはMRGOという人工運河が高潮の遡上を推進する役割をしたことが報告され、後者については事前に堤防からの水漏れ等が指摘されていたとの報道もあった。

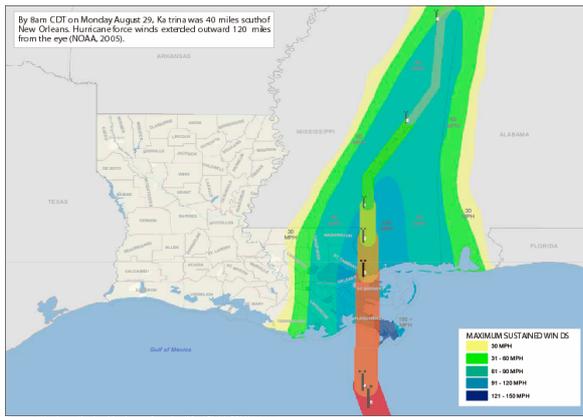


Figure 4: Hurricane Katrina Maximum Sustained Wind Field (FEMA, 2005)

図4 ハリケーン・ハリケーン・カトリーナの経路と最大風速分布図 (FEMA, 2005)

Fig.4 Hurricane Katrina Maximum sustained wind field.

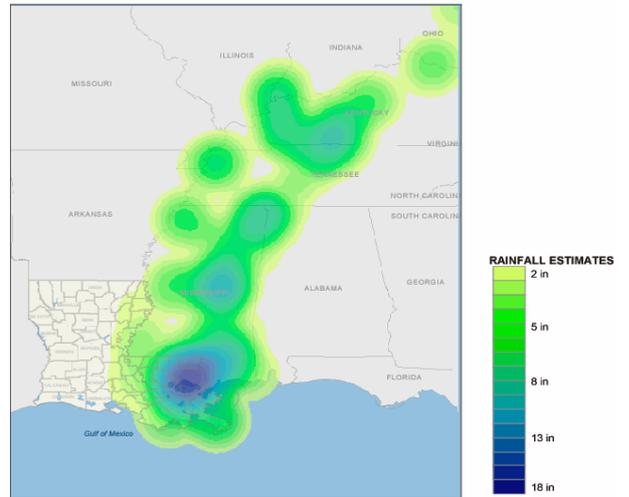


Figure 6: Hurricane Katrina Rainfall Estimates (NOAA, 2005)

図6 ハリケーン・カトリーナ総雨量図 (NOAA, 2005)

Fig.6 Hurricane Katrina rainfall estimate.

ESTIMATED STORM SURGE

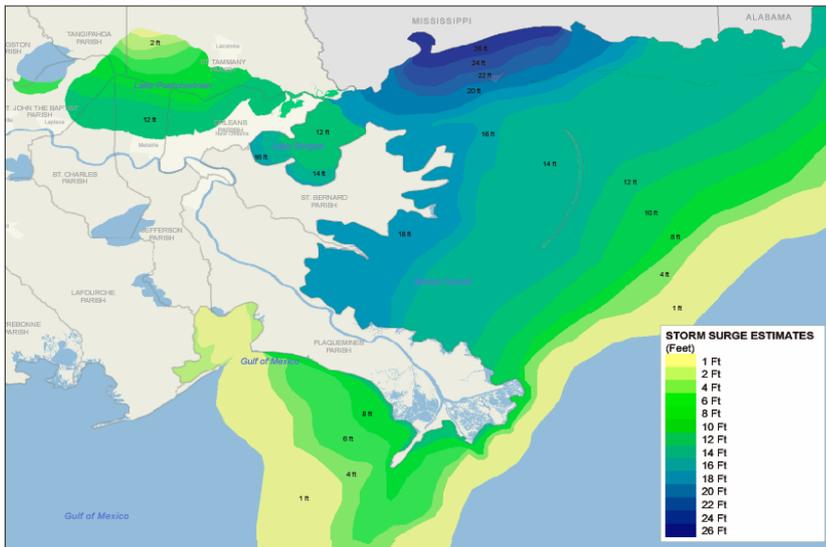


Figure 7: Hurricane Katrina Estimated Storm Surge (LSU - A HEF, 2005)

図5 ハリケーン・カトリーナによる高潮推定図 (LSU, 2005)

Fig.5 Hurricane Katrina estimated storm surge.

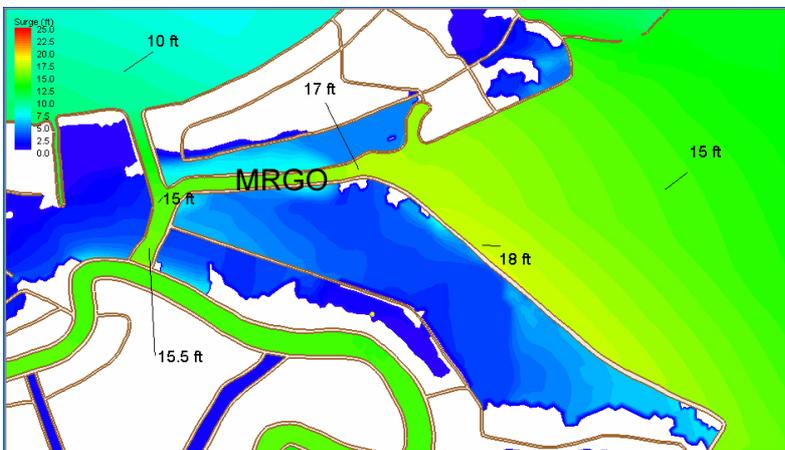


図9 MRGO と INHC における高潮の推定高さ (LSU, 2005)

Fig.9 Storm surge in MRGO & INHC.

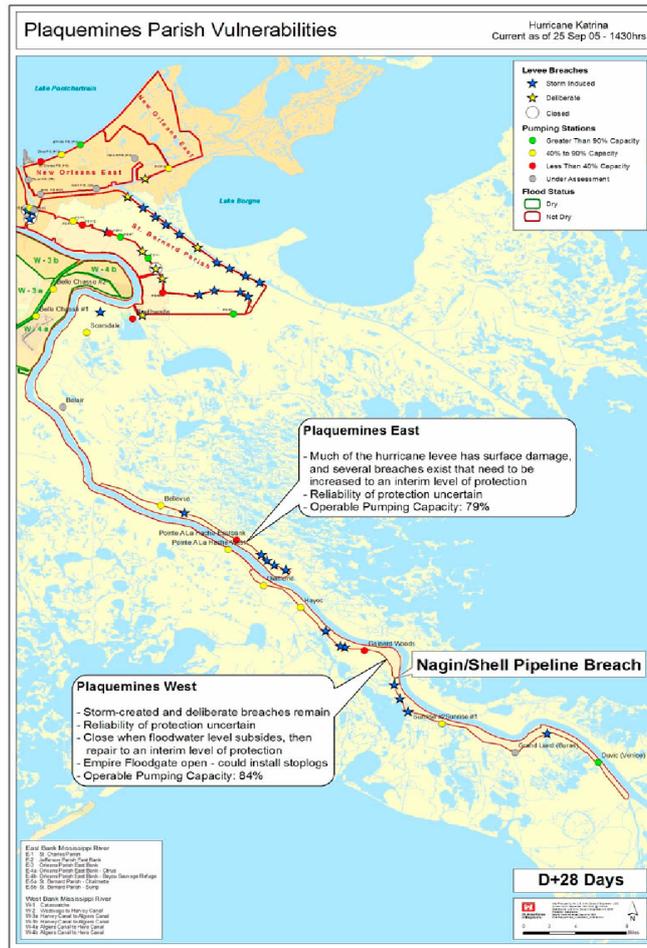


図7 ハリケーン・カトリーナによるニューオーリンズ大都市圏被災状況図 (USACE,2005)  
 Fig. 7 Levee breaches in New Orleans Metropolitan area.

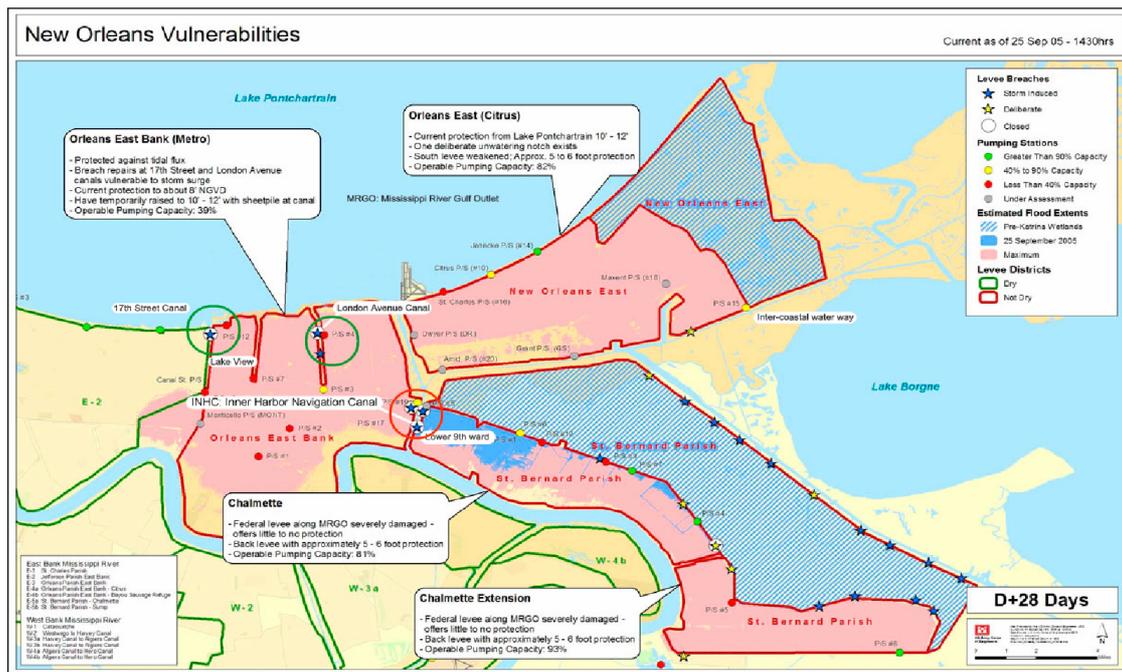


図8 ハリケーン・カトリーナによるニューオーリンズ市被災状況図 (USACE,2005)  
 Fig. 8 Levee breaches along canals in New Orleans.

**Hurricane Katrina Damage Overview - Imagery Derived Assessment  
Affected Population as of 09/08/2005 at 18:00:00 EDT**

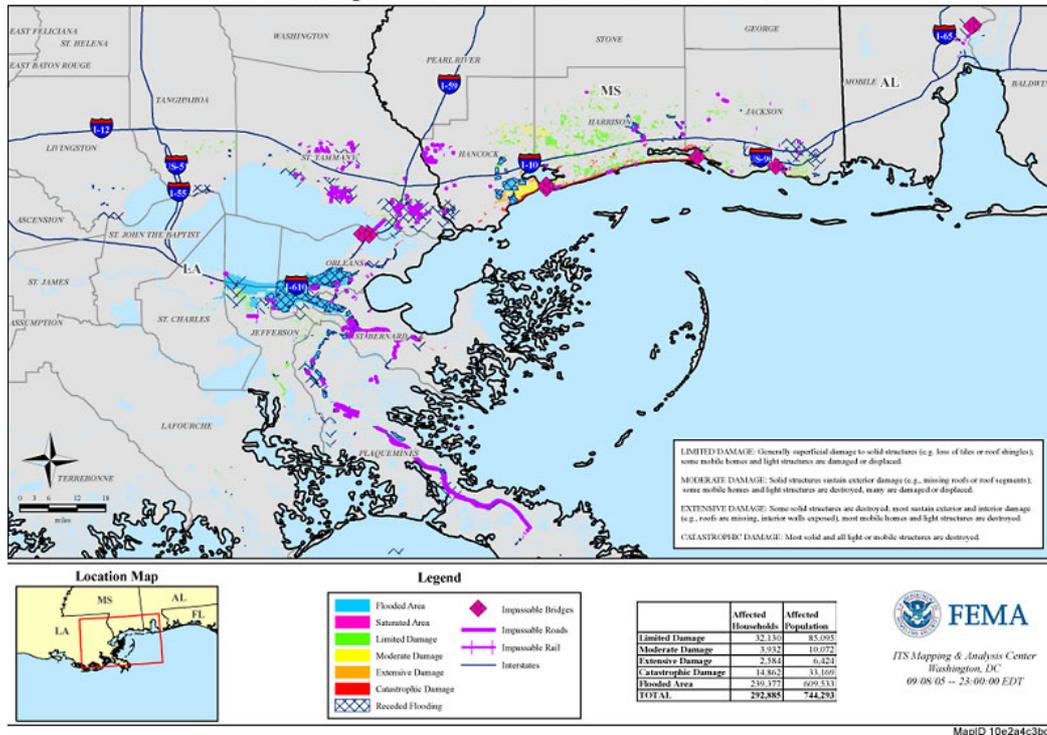


図 10 ハリケーン・カトリーナによる被災状況図 (FEMA, 2005)  
Fig.10 Hurricane Damage Image.

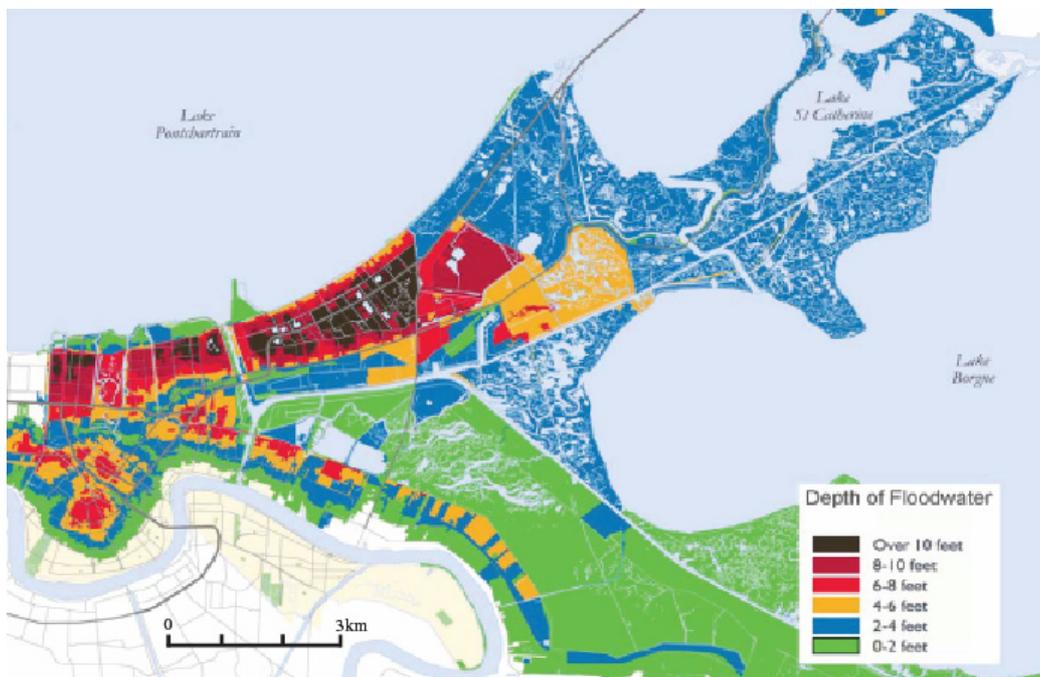


図 11 ハリケーン・カトリーナによるニューオーリンズ市内浸水深図 (BNBC, 2006)  
Fig. 11 Hurricane Katrina Inundation depth in New Orleans.



写真 3.1 風害：住宅の屋根被害  
Photo 3.1 Damages by Wind hazard.



写真 3.2 風害：高層ビルの窓ガラス被害  
Photo 3.2 Damages by Wind hazard.



写真 3.3 風害：住宅の被害  
Photo 3.3 Damages by Wind.



写真 4.1 プラクミン地区；高潮により破壊されたり流されたりした建物  
Photo 4.1 Damages by storm surge in Plaquemine Parish.



写真 4.2 プラクミン地区：高潮に流されミシシッピ川の堤防に押し上げられた住宅  
Photo 4.2 Damages by storm surge in Plaquemine Parish.



写真 4.3 ポンチャートレイン湖北東岸のスライデル市の高潮被害  
Photo 4.3 Damages by storm surge in Slidell area.



写真 5 IHNC の破堤により被災した Lower Ninth Ward.  
Photo 5 Damage by the breach of IHNC in Lower Ninth



写真 6.1 17th St. Canal 堤防の破堤地点の被害  
Photo 6.1 Damage by the breach of 17th St. Canal at the breach site.



写真 6.2 17th St. Canal 堤防破堤地点の被害  
Photo 6.2 Damage by the breach of 17th St. Canal at the breach site.



写真 6.3 17th St. Canal の破堤により浸水したレイクビュー地区 (M.Rohbok 氏提供)  
Photo 6.3 Lake View area in the flooded water by the breach of 17th St. Canal.



写真 7 London Avenue Canal の破堤地点付近の被害状況  
Photo 7 Damage by the breach of London Avenue Canal.



写真 8 ニューオーリンズ市内の災害ごみの集積場  
Photo 8 Debris produced by the Hurricane Katrina.

## 6. 被害

### 6.1 被害概要

ハリケーン・カトリーナによる被災額は、史上最大の被害をもたらしたハリケーン・アンドリューの437億ドルを大きく更新し、960億ドルに達するとみられている。被災域であるが、米国南部のフロリダ、ルイジアナ、ミシシッピ、テネシ州にわたり（図10にFEMA作成の被災域図）、被災面積は約28万km<sup>2</sup>と日本の面積のほぼ3/4相当、被災世帯は250万世帯、家を失った人527,000人（ルイジアナ州では288,700人）、失業者はルイジアナ州で40万人以上に達し、被害額は960億ドルと見積もられている。電力停止は2か月に及び、その影響は500万人に及んだ。また、ニューオリンズの大部分は11月まで電力が回復しなかった（LAGIC, 2005）。

### 6.2 ニューオリンズ大都市圏の被害

ニューオリンズ大都市圏では、8月29日までに100万人の住民がハリケーンを避けるために避難し、15万人が街に残った。8月30日の早朝にはIHNCが破堤し、17th Street CanalとLondon Avenue Canalの破堤も確認された。この破堤によって引き起こされた大規模ハザードは、ニューオリンズ市中心部の70%を、水没させた。図11に示したように、浸水深が6m以上に及んだ地域も広い。さらに、後続のハリケーン・リタによる再浸水で浸水期間が長期化した（LAGIC, 2005）。なお、自然堤防上の旧市街地は浸水しなかった。

予想外のニューオリンズ市水没という事態に、行政による災害直後の対応は混乱し、それが、ニューオリンズ市の社会的背景と相まって、避難所や市内の治安悪化という状況が生まれた。浸水した町に取り残された住民は避難所に集まるなどし、9月2日まで市内に留まることになった。なお、残留者の大部分が貧困層か身障者であるとされている（LAGIC, 2005）。この残留者のうちニューオリンズのスーパードームに避難した人々は、その後テキサス州ヒューストンのアストロドームに移動した。追跡調査では、その後、避難者は全州に拡がっていること

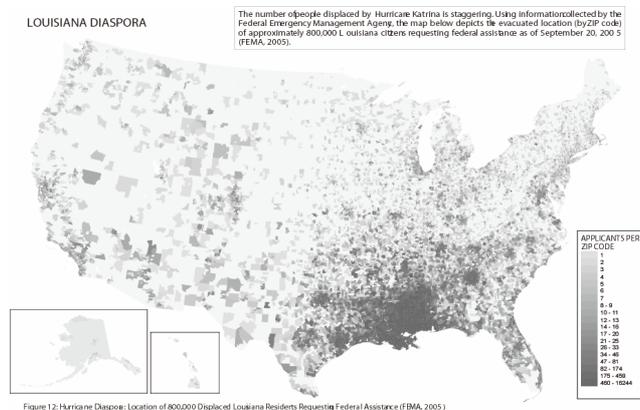


図12 全米に広がったハリケーン・カトリーナ災害の避難者 (FEMA, 2005)

Fig.12 Hurricane Katrina Diaspora.

が報告されている（図12）。

また、3か月経っても、電気等の社会インフラが復旧せず、住民が自宅に戻れない状態が続くなど避難が長期化した。これは、被災者の生活不安定化など、現在でも住民の被害を拡大させている。さらに、大勢の避難者が移住した都市においては、避難者による教育、医療、及び治安問題が生じ、当初の市民や行政の歓迎ムードから変わり、早期の撤退を求めるような状況もあらわれている。

破堤した17th St. Canalからの氾濫により浸水したLake View地区に住む老夫婦に自宅インタビューした。同夫妻は、自宅の庭に設置した真新しいトレーラーハウスを拠点に、自宅の復旧作業をしていた。自宅は、一階の浸水した部分に、悲惨な状況が残されていたものの、二階はきれいに掃除されていた。それは、家を清掃しても、その地区の家屋が取り壊しになる可能性もあることを承知の上のことであった。彼らは、多くの問題、例えば、保険金支払いの問題、帰還住民がほとんどいない現状、そしてインフラ復旧への不安などを抱えていた。なかでも、一番辛いことは何かとの質問に、「思い出がなくなったことだ。」と答えた。

#### 6.2.1 避難の長期化

16歳以上の避難者は110万人に及んだが、そのうち50万人は12月下旬までに家に帰っていない（Whitehouse, 2006）。特に市街地の8割が水没したニューオリンズ市では復興に最も必要な住民の帰還が進まず、市の再建に関する将来像が見えないという厳しい現実と直面している。12月6日の報道によれば、被災前に約48万人だったニューオリンズの人口は6万人に激減したままである。

我々が現地調査をした12月初旬は、すでに8月下旬のハリケーン・カトリーナ、リタ災害から約3か月が過ぎていたが、ニューオリンズでは、Lower ninth wardのように、特別なパスがないと立ち入りできない、倒壊した住宅が並ぶ地域もあった。また、高級住宅地であるLake Viewなどでは、住民の帰還が許可されているものの、電気が復旧せず、帰還している住民はごくわずかであった。現地で復興活動を行っていた米陸軍工兵隊W氏は、現在ニューオリンズ市では、住宅地のインフラ整備が進行しないため、住民が帰れない、もしくは、住民が帰らないため、インフラ整備が進まないといった「鶏が先か、卵が先か」といったジレンマに陥っている状態との言い方で現状を説明した。

実際、2006年1月までにニューオリンズ市内の公立学校のうち85%はまだ閉校したままで、ニューオリンズ都市圏の食料小売店の約2/3、バスルートの半分、大きな病院の半数は閉まったままである（Whitehouse, 2006）。

#### 6.2.2 人的被害

ハリケーン・カトリーナによる死者1,330人のうち80%はニューオリンズ都市圏で発生した。死者の多くは老人と体の弱い人々だった。ルイジアナ州では、死者の71%が60才以上で、47%が75才以上であった。少なくとも

68人が介護施設で発見、そのうちの何人かは介護者により見捨てられたとされている。まだ200人の遺体が確認されていない状況が報告されている(Whitehouse, 2006)。

近年、アメリカの自然災害の傾向は、人的被害から物的、経済的被害へと変わってきていた。ところがこのハリケーン・カトリーナのニューオリンズにおける被害は、時代を逆行するような形で、多大の人的被害を生じさせた。そこで、本報告書第5編で、住民被害を取り上げ、人的被害がどのように拡大したかを時系列で分析し、その過程を明らかにしながら、社会的背景及び災害対応の視点から分析した結果について詳しく報告している。ここでは省略する。

### 6.2.3 経済被害

ハリケーン・カトリーナの経済被害の全容はまだ把握されていない。しかし、アメリカにおける自然・人為災害における被害記録を更新し、資産被害だけで960億ドルに達するとされる。その内訳は、家屋被害670億ドル、耐久消費財被害70億ドル、事業資産被害200億ドル、公共資産被害30億ドルである。また、経済被害で大きかったものの一つに、ルイジアナやミシシッピ州などの被災地で8-9月の間に、失業率が6%から12%に上がったことがあげられる(Whitehouse, 2006)。

ハリケーン・カトリーナ災害調査速報で、ニューオリンズ周辺の経済被害について坪川(防災科研, 2005)が次のように報告している。ニューオリンズでは、ハリケーン・カトリーナ災害の避難者の雇用・所得の消失・消費の制約、ニューオリンズ港の物流被害、石油生産・配送システム被害、天然ガス生産能力の低下等々による経済被害が発生した。水産業と観光業はニューオリンズの2大産業であるが、前者については漁礁の荒廃や漁船の被害などで、向こう一年間で約11億ドルという被害見込額がルイジアナ州から発表されている。観光業についてはホテルや商業施設の営業停止による収入減が市や州の財政にも大きく響くと思われる。中小企業庁(SBA)は12月に中小企業の定義の見直しを行い、被災地の企業の復興を支援する施策も試みられ始めた。観光名所であるフレンチクォーターでは、被災から約4か月後に名物の路面電車の運行が一部再開された。2006年2月には市の最大の観光事業であるマルディグラが計画されているものの、全米各地に広がった被災者が戻る日がいつになるかは誰にも予測できない。

メキシコ湾岸は米国の石油生産を支える重要な地域であり、今回のハリケーン災害では原油の世界的な高騰とも重なり、その被害が懸念された。暴風雨の来襲はメキシコ湾岸における大部分の原油、天然ガス生産を一時的に停止させた。そして、ガソリン価格はハリケーン・カトリーナ直後に全国で急上昇した。また、ハリケーン・カトリーナに続いてハリケーン・リタが、9月24日にテキサスとルイジアナ州境に上陸し、両者の影響で、8月26日から2006年の1月11日までの間、114百万バレル(メキシコ湾岸の年間生産量の1/5相当)の石油生産能

力が停止した(Whitehouse, 2006)。なお日本も参加した国際エネルギー機関(IEA)によるハリケーン対応の戦略石油備蓄放出プログラムは12月下旬正式に完了した。

### 6.2.4 環境被害

本災害時に、メキシコ湾岸では、少なくとも10か所で石油が流出し、その量はアメリカで最悪の石油流出事故と同じくらいの量となったとされる。そして、ルイジアナ州の報告によると、大きな事故では少なくとも100,000ガロン以上が6か所で流出し、4つの普通規模の事故では10,000ガロンが流れ出した。メキシコ湾岸の運河に流入した総量は7,400,000ガロンに達し、それはアメリカ最大のアラスカ沖のタンカー流出事故の2/3以上に相当した。また、高潮は危険な化学物質を扱う466施設、31の危険な廃棄物場、16か所のSuperfund有毒廃棄物場toxic waste sitesのうち3か所で浸水した。さらに、高潮は170の上水施設、数十の汚水処理施設を破壊した(Whitehouse, 2006)。

そして、工場や石油関連施設からの漏洩した化学物質や石油、自動車に残っていたガソリン、各家庭の農薬・薬品類、工場や石油関連施設からの漏洩した化学物質や石油が、人口が集中している市街地へ流入し、汚水からの直接暴露や汚染物質が残存する土壌や大気への暴露による住民の健康への影響が懸念された。さらには、湿地帯の無計画な開発が進んでいるところへの大型ハリケーンの襲来から波浪による侵食が進み生態系への影響が憂慮されている。これらの環境汚染に対して、ハリケーン・カトリーナ通過直後から、行政等の関係機関は環境評価のための調査に着手し、現在のところ、マーフィー石油からの石油漏洩汚染を除いては、水質、沈殿残土、魚介類、大気への影響は許容範囲内であり、常識的な注意を払っていれば、住民の健康へ悪影響を及ぼす状態ではないという見解を出した。これらの環境被害については、本報告書第4編で原口が詳細に述べる。

また、ハリケーン・カトリーナの暴風雨は、多数の家屋や建物、森、緑地等を破壊し、908万 $m^3$ にのぼる膨大な災害ゴミを出した。これはハリケーン・アンドリュー災害によるゴミの約6倍にあたる(Whitehouse, 2006)。ニューオリンズ市内の災害ゴミ置き場の様子を写真9に示す。現地調査では、計画されている災害ゴミの湿地帯へ埋め立て処分が環境汚染につながるとの懸念が聞かれた。

### 6.2.5 情報システムの被害

ハリケーン・カトリーナによる強風と高潮による浸水被害は、地域の情報システム会社の施設(電話等)、電力システム等に大打撃(ニューオリンズでは復旧に16週間かかる)を与えた。ルイジアナ、ミシシッピ、アラバマ州で、電力停止の影響を受けた人は約2.5百万人に達すると報告されている。また、38か所の911(救急)call centerが停止し、ルイジアナ、ミシシッピ、アラバマ州では、300万以上顧客の電線が被害を受けた。50%のラジオ局、44%のテレビ局が被害にあった(Whitehouse, 2006)。

表3 2005 米国ハリケーン災害の時間経過概要 (坪川博彰作成, (坪川,2006)を編集)  
 Table3 Timelines of disaster Process in New Orleans.

日付	主な出来事
8月23日	バハマ諸島付近で、熱帯低気圧12号が発生。
8月24日	熱帯性暴風に成長し、カトリーナと命名される。
8月25日	ハリケーンに成長し、フロリダ半島フォート・ローダーデルに上陸。
8月26日	メキシコ湾に抜け一旦勢力を弱めたが、徐々に成長。ルイジアナ州が緊急事態宣言。
8月27日	ブッシュ大統領が大規模災害宣言。ニューオーリンズ市民に避難勧告。
8月28日	カテゴリー5のハリケーンに成長。ニューオーリンズ市に強制退去命令。
8月29日	早朝、ルイジアナ州とミシシッピ州の境界付近に再上陸。ニューオーリンズ市内80%が冠水。
8月30日	勢力が次第に衰え、熱帯低気圧になる。各地で救出活動が展開される。
8月31日	死者が数千人に達するのではないかと観測が出される。
9月1日	ニューオーリンズ市内で、略奪行為などが発生していると報道される。
9月2日	州兵がニューオーリンズに到着し、水や食料、医薬品が届く。ブッシュ大統領初の視察。
9月3日	スーパードームとコンベンションセンターの避難民約2万5千人を、ヒューストンなどへ移送完了。
9月5日	遺体捜索、収容作業が始まる。連邦政府がEU、NATOに正式に救援要請。
9月6日	陸軍工兵隊による排水作業が始まる。大統領2度目の現地視察。
9月12日	疾病対策センターが、避難者に細菌による集団汚染の恐れがあると発表。
9月16日	FEMAのマイケル・ブラウン局長が引責辞任。ニューオーリンズの病院で、高齢者47人の遺体発見。
9月19日	ニューオーリンズで市民の帰還計画が発表される。
9月23日	低気圧発達への懸念から、ニューオーリンズ市民帰宅の一時中止を指示。
9月24日	熱帯低気圧リタがハリケーンに成長。テキサス州周辺に上陸の可能性が高まる。
9月26日	ヒューストンで高齢者を避難移送中のバスが渋滞中に炎上し、死者発生。ニューオーリンズで再浸水。
10月3日	リタがルイジアナ州とテキサス州の境界付近に上陸。陸軍工兵隊が排水作業を再開。
10月17日	ニューオーリンズで一般市民の帰宅が再開。
10月18日	遺体捜索作業がほぼ完了。身元特定が困難なケースが多いと伝えられる。
10月21日	陸軍工兵隊による排水作業がほぼ完了。
10月24日	ルイジアナ州が復興のための委員会(LRA: Louisiana Recovery Authority)を設置。
10月31日	カリブ海でウィルマがハリケーンに発達。
11月4日	ウィルマがユカタン半島に上陸。観光地カンクンなどで多数の避難者。
11月15日	ウィルマがフロリダ半島に再上陸。カテゴリー3。フロリダ州250万世帯で停電。
11月23日	カトリーナによる死者総数が1,300人を突破。
11月30日	英チャールズ皇太子夫妻が被災地を訪問。
2006年	FEMAがホテルなどの仮住まいをしている被災者に、12月1日で退去を勧告(後に延長)。
1月30日	ニューオーリンズ市が2006年のマルディグラ(謝肉祭)開催を発表。
2月15日	NYロックフェラーセンターのクリスマスツリーが、避難者の子供たちにより点灯される。
2月20日	
2月23日	国連防災戦略がカトリーナによる被害見込み額を1,250億ドルと発表。 連邦議会の調査特別委員会による報告書「A Failure of Initiative」が公開される。
2月28日	ルイジアナ州復興委員会による住宅再建プランが発表される。
3月1日	FEMAが被災者のホテル利用を3月15日まで再延長。



写真9 浸水家屋の捜索結果を示す表示  
 Photo 9 Signs indicate the results of flooded houses searching.

このため、通信機能が崩壊し、行政機関、住民ともにコミュニケーションに重大な障害が発生した。すなわち、被災地で何が起きているかが、地元自治体にも、バトンルーージュに本部を置いた州政府の災害対策本部にも、そして支援を要請された連邦政府にも、正確に把握されていなかった。ニューオリンズ中心部の水没という異常な事態に加え、この通信機能の不能は、初動対応を混乱させる要因の一つとなった。

我々の現地調査でインタビューをした Port of New Orleans の担当者からもコミュニケーション不能が、災害時の初動対応を効率悪く難しくした点について具体的な様子が聞けた。この組織は、各警察と連携しながらミシシッピ川沿いの貿易、クルーズ船やその他同河川の交通設備及びセキュリティの管理をしている。そのセキュリティ担当で、ミシシッピ川沿岸のセキュリティを管理し、ハリケーン・カトリーナ上陸時には、事務所に残り、緊急要請により船を用意するなど、緊急対応にあたった S 氏も、今回の災害における課題として、コミュニケーションの問題を強調した。助けが求められない、水もなく、電気もなくなった場所に人を送ることもできない、警察どうしのコミュニケーションがうまくいかないなどコミュニケーションシステムの停止が多くの問題を引き起こす元凶となったことが指摘された。

ニューオリンズでは、緊急時にニューチュラルエイドという中間的なオペレーターが、緊急事態の報告者と担当者を結びつけるというシステムの整備計画があったが、今回のハリケーン・カトリーナではまったく機能しなかった。通信システムに関する予算が7億ドル用意されていたが、皮肉にも、それが実現される前にハリケーン・カトリーナが来襲してしまった。このコミュニケーションと関連して、大きな問題となったのが風評であった。誤情報でも、それを確認するための人員を派遣しなければならず、緊急活動の大きな足かせになったと話した。

## 7. 行政の災害対応

破堤によるニューオリンズ水没、電力や情報システムの停止という中で、ハリケーン・カトリーナ災害直後の行政による災害初動対応は混乱を極めた。写真 10 は被災家屋に書かれた被災者検索結果を表示するサインである。表 3 に災害経過の概要を示す。第 6 編で坪川がハリケーン・カトリーナ災害の経過をニューオリンズ中心に、報道記事、行政の公開情報などを用いて約 3 か月間にわたり追跡し、タイムラインを作成するとともに行政対応の課題を整理している。表 3 はこのタイムラインの要約である。

災害対応については、第 6 編で坪川が詳述しているので、ここでは具体的に災害対応で特に問題となった事態についてのみ記しておく。

1) 多数の避難者が集まったニューオリンズのスーパードームに州兵による水や食料、医薬品などの緊急支援物資が届いたのは、8月28日にハリケーン・カトリーナが上陸してから4日が経過した9月2日のことであった。この

致命的な支援の遅れは、被災者の多くから厳しい評価を与えられる最も大きな原因となった。

2) また、被災者に自由に使える資金を給付するためのデビットカードの問題がある。9月7日に配布を発表したが、被災者が多数押し寄せたために2日後には中止を余儀なくされた。

3) さらに、海外からの支援受け入れにも不手際があった。NATO や EU からの支援物資すら被災地に届けられず放置されたことが伝えられている。唯一カナダのレスキュー隊だけが被災地で活躍したと伝えられている。

このような行政による災害初動対応の混乱が発生した要因として、1)ハリケーン災害に関して事前に科学的被害想定やさまざまな警告がなされていたにもかかわらず、予防や軽減対策が十分になされなかったこと。2)災害直後のコミュニケーション機能の低下により、被災地の現状が的確に把握されず、地元自治体、州政府、連邦政府の救援、支援が後手に回り、被害を拡大させてしまったこと。さらに、3)緊急事態に対応するための組織である FEMA が機能しなかったこと、4)米国の自治制度の特徴である州と連邦の権限の綱引きがあだとなり、大統領が連邦陸軍に支援を命じたのは、被災から4日が経過した時点であったことなどが上げられる。

## 8. まとめと低頻度大規模災害低減への課題

2005年8月に米国南部で発生したハリケーン・カトリーナがもたらした高潮災害の特徴を、被害の大きかったニューオリンズを中心にまとめ、続いて、今後の被害軽減に資する教訓や研究すべき課題等について整理した。この大規模災害は様々な側面を持つので、全体を把握することには容易ではなく、時間を要する作業である。しかし、今回の調査は短期間であったが、災害を全体として捉えようとした。その中から LPHC タイプの水害の被害軽減への課題を探った。

### 8.1 災害の特徴

ハリケーン・カトリーナは先進国アメリカ南部の広い地域に大被害をもたらした米国において史上最大の災害となった。災害の特徴について述べてきたが、まとめる次のようになる。

#### 1) 低頻度大規模災害

本災害は低頻度大規模タイプの災害であり、しかも被災範囲は米国南部のルイジアナ州、ミシシッピ州、アラバマ州、フロリダ州と広域にわたった。その中でも大災害となったのが、大都市ニューオリンズ中心部で、破堤による大規模ハザードが市街地の80%を水没させ、大規模な被害をもたらした。

ニューオリンズでは、ハリケーン・カトリーナの強風によって引き起こされた高潮が外力となり、3つの運河の堤防を破堤させた。破堤は、高潮が外力計画規模以上の外力にだけでなく、計画規模以下の外力でも発生した。

#### 2) 脆弱な土地環境と被害ポテンシャルの増大

デルタ地帯に発展する人口48万人の大都市ニューオ

リンズは湿地帯を開発し、市街地化することにより発展してきた。その結果、市街地の80%は海拔0m地帯という水災害に対して脆弱な地域となり、そこに人口や資産が集中したため水災害に対しての被害ポテンシャルがさらに増大した。市街地は周囲を取り囲む堤防と排水ポンプによりかろうじて水没を免れている地域であり、破堤による大規模ハザードが大都市で発生し、巨大な被害を発生させる可能性がある地域でもある。さらに、この水災害に対する脆弱性が、開発等の人間活動を要因とする地盤沈下や湿地帯消失によって、悪化しつつある。

### 3) 低頻度大規模災害への事前対応

ニューオリンズ大都市圏のLPHCタイプの水害発生可能性については、行政の中にも知識としては存在し、計画策定への準備も始まっていたが、現実にはこの最悪のシナリオへの災害対応はできていなかった。また、住民についても発生頻度の高いハリケーン災害の強風への対応には慣れていたが、ニューオリンズ水没というような最悪の事態は予想もしなかったことが伺えた。

事前の対応計画が無いまま、大規模水災害に襲われたことが、災害直後の対応の混乱に拍車をかけた要因の一つとなっていた。

### 4) 多様で大規模な被害

大規模ハザードは多様な被害を発生させた。その一つが、情報先進国アメリカで、災害直後に情報システムと電力が停止し、災害関係機関等の組織内、あるいは組織間のコミュニケーションがほとんどできない状況が生まれたことである。そして、多くの死者、多様な人的被害、環境汚染、避難の長期化等々、様々な被害が生じた。さらに、復興過程に一番肝心の住民の帰還が進まないというきわめて厳しい状況にある。また、住民の被害は形を変えて、住民に影響を与え続けている。

### 5) 災害直後の対応

災害直後の大規模な浸水に伴う捜索・救援活動や多量の避難民への支援などが必要とされたが、これらの対応は必ずしもスムーズに運ばなかった。これは、大規模災害への対応計画が無かったこと、上述のように災害直後の情報システムや電力等の停止によるコミュニケーション不能状態をもたらされたこと、大規模な緊急対応には、地元自治体、州政府、連邦政府の協力が不可欠であるが、それらの連携が上手く行かなかったことや、先進国の中では最も優れた危機管理対応能力があるといわれたFEMAが機能不全とも言うべき事態に陥っていたことなどが要因と考えられている。

## 8.2 ハリケーン・カトリナ災害の経験から学ぶ

日本の沖積平野デルタ地帯は、河川の洪水氾濫、高潮、津波などの水災害に対して脆弱な土地環境をもつ。そこには高密度に土地利用された大都市が発達し、社会資本（高層インテリジェントビル、地下街、地下鉄網、情報ネットワーク等々）が高度に集中している。そして、大規模な治水構造物がこれらの都市を守っている。それが崩壊したときに発生する大規模ハザードが、被害ポテン

シャルの大きい大都市でどのような被害をもたらすのか、また、それへの備えが事前に無いと、大規模な社会的混乱が発生する可能性があることを今回のハリケーン・カトリナのニューオリンズにおける災害は示した。

日本においても、2000年東海水害、2004年の新潟・福井豪雨災害ならびに台風23号による災害で、破堤によるハザードの大規模化がみられたが、大都市の80%が水没するというようなハザードは経験していない。ハリケーン・カトリナの経験から我々は何を学んだらよいのだろうか。

### 1) LPHCタイプの災害発生の可能性を理解する

大規模治水構造物によって守られている沖積低地のデルタ地域においては、その破壊による大規模災害発生の可能性が存在する。まず、低頻度大規模災害発生の可能性を真摯に受け止めることから被害軽減は始まるのではないか。住民に対しても、居住地の水災害に対する脆弱性と、低頻度大規模災害発生可能性とそれへの備えを分かり易く伝える、すなわち、一層のリスク情報の開示と、それに基づくリスク・コミュニケーション推進の必要性がある。

### 2) LPHCタイプの災害へ備える

低頻度大規模災害発生の可能性を真摯に受け止め、被害軽減戦略を地域防災計画に取り込むことが重要であろう。特に、大規模かつ長距離の人口・資産等の避難や移動が緊急に必要なような、諸条件（すなわち、大規模構造物の決壊や機能不全を引き起こすリスク・シナリオ）を事前に策定し、そのようなLPHC型の危機管理のリスク対応が円滑に行えるような制度的な要件等（避難勧告、警報、現在のハザードマップや避難計画の再検討）の検討が必要となってくるであろう。

住民も、自ら低頻度大規模災害発生時のシナリオを描き、緊急事態にはどう行動するか、日頃からどう備えるかを考えるよう、リスク・コミュニケーションを通じて、住民の防災行動を喚起することも必要であろう。

### 3) 大規模被害発生を防ぐ

大規模災害の時に発生する様々な被害とその発生要因とそれへの対処の成功、失敗例を詳細に調べ、被害軽減に役立てることが肝要である。例えば、a)大規模災害発生直後の情報システムダウンによる組織間あるいは住民と組織の間のコミュニケーションの途絶、b)様々な産業・工業施設被害による環境汚染の発生、c)深い湛水深となることが予想される地域の平屋建ての禁止と緊急避難場所の設置、d)広域湛水時の救助・救援作業、e)大規模浸水時の大規模避難・避難の広域化・長期化への備えなどである。

また、都市が水没するような事態となったときの、災害弱者の避難についての考え方や、被害の補填（保険制度）等についても同時に検討する必要がある。

### 4) ハザードの大規模化を防ぐ

大都市では、土地環境の性質を理解し、水災害ハザードを大規模化させないような対策をとることが重要である。特に、計画規模以下では治水構造物が崩壊しないよ

うな、地域全体での統合的なハザード管理体制が重要である。また、今回 MRGO がハザードの大規模化の一つの要因とされているが、ハザード大規模化を引き起こさないような、利水、治水構造物の統合的なシステム管理が必要となろう。また、万が一破堤した場合でも二線堤によりハザードの範囲を狭める等々が軽減されるような策を地域住民も含め実施するなどのハザードの分散化という視点も重要となる。さらに、流域の開発が水災害に対する土地環境の脆弱性を高め、ハザード大規模化の要因とならないように、長期的な視点からの流域環境のマネジメントという視点も重要となる。

米国では、下院の調査委員会における災害時の対応の問題点についての報告書が出されるなど、ハリケーン・カトリーナ災害についての調査が進んでいる。わが国でも低頻度大規模災害対応や備えについては十分といえない状況である。今回の災害を教訓とし、一刻も早く、低頻度大規模災害の日本における課題を検討し、それを克服するための検討や研究の推進が必要である。

#### 謝辞

現地調査にあたっては、立入規制が敷かれていた被災地での視察等にご協力いただいた米国陸軍工兵隊 Dr. H. S. Winner をはじめ、米国行政関係機関 The Port of New Orleans の Ms. Cynthia, Regional Planning Committee の Mr. J. W. Roesel 氏, Tulane 大学の Prof. J. A. McLachlan, Prof. C. E. Allen, Prof. R. Campanella, Louisiana 州立大学の Prof. P. Templet, Prof. H. J. Walker, Prof. J. C. Pine, Prof. C. E. Colten 等の研究者の方々、AMDA 保志門澄江氏にはお忙しい中、我々の調査に対応をいただいた。Miki Rohbok 氏には現地ガイドをしていただき、効率よく現地調査ができました。また、日本国ニューオーリンズ領事館 蒔苗美則副領事、ルイジアナ州立大学加茂義昌先生、名工大秀島栄三先生には、現地調査のために有益な情報をいただきました。そして、川井麻子氏には、図表の作成、編集をしていただきました。なお、現地調査にあたっては防災研究フォーラムのご支援をいただきました。ここに記し、心より感謝を致します。

最後に、被災地と被災者の方々の一日も早い復興を祈るとともに、南部の良さを残すジャズの町ニューオーリンズが、一日も早く再建されることを願う次第です。

#### 参考文献

- 1) ASCE: American Society of Civil Engineers:  
“Why Did the Levee Fail?”. <<http://www.asce.org/>>

- 2) BNBC: Bring New Orleans Back Commission (2006) :  
Action Plan for New Orleans: The New American City,  
Jan. 11.
- 3) FEMA: Federal Emergency Management Agency:  
NFIP: National Flood Insurance Program.  
<<http://www.fema.gov/nfip/>>
- 4) FEMA <<http://www.fema.gov/>>
- 5) LSU: Louisiana States University.  
<<http://www.lsu.edu/>>
- 6) LAGIC: Louisiana Geographic Information Center  
(2005): “2005 Louisiana Hurricane Impact Atlas”.
- 7) NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration.  
<<http://www.noaa.gov/>>
- 8) NHC : National Hurricane Center.  
<<http://www.nhc.noaa.gov/>>
- 9) Richard Campanella (2002) : Time and Place in New  
Orleans, Pelican Publishing Company.
- 10) Rand McNally (2004) : ルイジアナ州地図.
- 11) USGS: US Geological Survey. <<http://www.usgs.gov/>>  
V.R. Burkett *et al* (2005) : Sea-Level rise and Subsidence:  
Implications for flooding in New Orleans, Louisiana,  
USGS online report. <<http://www.nwrc.usgs.gov/>>
- 12) USACE: US Army Corps of Engineers.  
<<http://www.usace.army.mil/>>
- 13) USHR: U.S. House of Representatives (2006) : A  
Failure of Initiative: Final Report of the Selected  
Bipartisan Committee to Investigate the Preparation for  
an Response to Hurricane Katrina, 435.
- 14) Whitehouse (2006) : The Federal Response to  
Hurricane Katrina Lessons Learned, 217.
- 15) World Almanac and book of facts (2006) : The World  
Almanac Education, 1008p.
- 16) 防災科研：防災科学技術研究所ハリケーン・カトリーナ災害調査チーム (2005) : ハリケーン・カトリーナ災害調査速報 <<http://www.bosai.go.jp/library/katrina>>
- 17) 坪川博彰 (2006) 「ハリケーンカトリーナ災害における行政の対応」, 防災科学技術研究所主要災害調査, 41, 71-108.
- 18) 玉光・中島・定道・藤井 (1991) 「堤防の設計と施工－海外の事例を中心として」, 新体系土木工学, 74, 土木学会

(原稿受理：2006年3月10日)

## 要 旨

本報告では2005年8月に米国南部で発生したハリケーン・カトリーナがもたらした高潮災害の特徴を、ニューオーリンズを中心にまとめるとともに、今後の被害軽減に資する教訓や研究すべき課題等について整理した。その概要は次のとおりである。

### 1) 低頻度大規模災害

本災害は低頻度大規模タイプの災害であり、しかも被災範囲は米国南部のルイジアナ州、ミシシッピ州、アラバマ州、フロリダ州と広域にわたった。その中でも、被害ポテンシャルの大きい大都市ニューオーリンズ中心部で、破堤による低頻度大規模ハザードが発生し、市街地の80%を水没させたことにより被害が大規模化した。

ハリケーン・カトリーナの強風によって引き起こされた高潮が外力となり、3つの運河の堤防を破堤させた。破堤は、高潮が外力計画規模以上の外力にだけでなく、計画規模以下の外力でも発生した。

### 2) 脆弱な土地環境と被害ポテンシャルの増大

デルタ地帯に発展する人口50万人の大都市ニューオーリンズは湿地帯を開発し、市街地化することにより発展してきた。その結果、市域の80%は海拔0m地帯という水災害に対して脆弱な地域となり、そこに人口や資産が集中する水災害に対する被害ポテンシャルが増大した。市街地は、周囲を取り囲む堤防と水中ポンプによりかろうじて水没を免れている地域であり、破堤による大規模ハザードが大都市で発生し、巨大な被害を発生させる可能性がある地域でもある。さらに、この水災害に対する脆弱性が、開発等の人間活動を要因とする地盤沈下や湿地帯消失によって、悪化しつつある。

### 3) 行政と住民の低頻度大規模災害への事前対応

ニューオーリンズ大都市圏のLPHCタイプの水害発生可能性については、行政の中にも知識としては存在していたが、現実の対応にはなっていなかったし、住民についても発生頻度の高いハリケーン災害の強風への対応にはなれていたが、ニューオーリンズ水没というような事態は予想もしなかったことらしいことが伺えた。

### 4) 多様な被害

情報先進国アメリカで、災害直後に情報システムと電力が停止し、災害関係機関等々の、組織内、あるいは組織間のコミュニケーションがほとんどできない状況が生まれた。そして、多くの死者、多様な人的被害、環境汚染、避難の長期化等々、様々な被害が生じた。そして、復興過程に一番肝心の住民の帰還が進まないというきわめて厳しい状況にある。

### 5) 災害直後の対応

本災害は、行政が住民になすべき最も大切な役割の一つである緊急時の支援がスムーズにできなかった。また、先進国の中では最も優れた危機管理対応能力があるといわれたFEMA：連邦緊急事態管理局の組織が機能不全とも言うべき事態に陥った。

**キーワード：**ハリケーン・カトリーナ災害、ニューオーリンズ、デルタ、高潮、破堤、低頻度大規模災害