



米国ハリケーン・ハービー／イルマに関する 現地調査報告書（第二版）

令和2年5月

国土交通省・内閣府・防災研究者合同調査団



米国ハリケーン・ハービー／イルマに関する
現地調査報告書（第二版）

令和2年5月

国土交通省・内閣府・防災研究者合同調査団

目次

巻頭言	(河田恵昭 関西大学社会安全学部教授)	1
巻頭言	(藤田光一 国土交通省国土技術政策総合研究所所長 (調査当時))	3
1.	調査の概要	5
1.1.	目的	5
1.2.	団員名簿	6
1.3.	調査対象機関	7
1.4.	調査日程	8
1.4.1.	1月ヒアリング調査 (ワシントン DC)	8
1.4.2.	3月現地調査 (テキサス州)	8
1.4.3.	5月現地調査 (フロリダ州、ワシントン DC、フロリダ州)	9
2.	米国調査で分かった事実	10
2.1.	都市の発展経緯、基礎耐力とハリケーン外力 Physical capacity and hazard	10
2.1.1.	テキサス州ヒューストンとハリケーン・ハービーの概要	10
2.1.2.	ハリケーン・ハービーのインパクトと被害	19
2.1.3.	フロリダ州ジャクソンビルの概要と発展経緯	26
2.1.4.	ハリケーン・イルマのインパクトと被害	30
2.2.	防災責任者の積極的な意思決定 Emergency decision making	36
2.2.1.	役割分担の明確化	36
2.2.2.	発災時の対応	37
2.2.3.	復旧・復興段階	40
2.3.	計画と情報に基づいた避難行動 Information-assisted Evacuation	45
2.3.1.	ゾーニングによる避難計画	45
2.3.2.	避難所要時間の算出 (避難所要時間予測ソフト)	48
2.3.3.	気象状況等に応じた避難情報の選択 (避難命令の発令判断 or 発令しない判断)	49
2.3.4.	被災地状況と気象・水象の観測・予測情報のリアルタイム把握を同所で行う体制	50
2.3.5.	防災情報や災害報道に基づいた住民の避難行動	51
2.3.6.	避難場所の設置、要援護者の支援	51
2.3.7.	要援護者の登録制度と搬送先調整の仕組み	52
2.4.	自らの判断による防災行動 Motivation-driven Action	56
2.4.1.	企業としての意思決定 (体制準備、資産の保護、危険物の処理、職員と家族の安全確保、社会貢献)	56
2.4.2.	エキスパート集団の活躍	65
2.5.	事後の対策は次への対策 ~家屋資産の浸水対策を中心として~	66
3.	調査の成果と今後の課題	71

3.1.	ハード～ソフト施策間の相乗性の最大化に向けて ～俯瞰と比較から～	
	国土交通省国土技術政策総合研究所長（調査当時） 藤田 光一	71
3.1.1.	はじめに	71
3.1.2.	災害生起、防災、災害対応、復旧・復興にわたるプロセスの俯瞰と教訓の位置づけ	71
3.1.3.	比較論考からの教訓の掘り下げ	74
3.1.4.	まとめ	78
3.2.	日本に持ち帰った教訓：アメリカにおけるハリケーン調査を終えて	
	国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課 河川計画調整室長 森本輝	79
3.2.1.	国土のリスクマネジメント	79
3.2.2.	リスク情報の社会との共有	79
3.2.3.	自然リスクも考慮した土地利用	80
3.3.	施設設計規模を超える洪水時の減災対策の計画・推進手法の確立に向けて	
	国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室長 板垣 修	83
3.3.1.	我が国における課題	83
3.3.2.	米国陸軍工兵隊の事例	84
3.3.3.	我が国において参考とすべき事項	87
3.4.	調査の成果と今後の課題	
	内閣府政策統括官（防災担当）付参事官補佐 磯部 良太	90
3.4.1.	我が国における大規模・広域避難への取り組み	90
3.4.2.	米国における避難への取り組み	90
3.4.3.	我が国における大規模・広域避難への教訓（成果）及び今後の課題	95
3.5.	ハリケーン・ハーヴィ災害の教訓	
	関西大学 特別任命教授 河田 恵昭	98
3.5.1.	序	98
3.5.2.	ハリケーン・ハーヴィ災害によって浮上した不安	98
3.5.3.	なぜ、被災地でそのような事態になったのか	99
3.5.4.	では、どうすればよかったのか	100
3.5.5.	わが国の実情	101
3.5.6.	台風 21 号による被害が起こってしまった場合、今後どうすればよいのか	101
3.5.7.	縮災に向けての新たな提案	102
3.5.8.	結 論	103
3.6.	調査の成果と今後の課題Hurricane Harvey による拡大ヒューストン地の災害からわが国が学ぶべきこと	
	防災科学技術研究所 理事長 林 春男	105

3.6.1.	ヒューストン都市圏の発展.....	105
3.6.2.	ヒューストン都市圏と災害.....	105
3.6.3.	Hurricane Harvey の特徴.....	107
3.6.4.	地元の研究者による Hurricane Harvey 災害の教訓.....	108
3.6.5.	わが国が学ぶべき Hurricane Harvey 災害の教訓.....	108
3.6.6.	水防災意識社会再構築ビジョンについて.....	109
3.6.7.	おわりに.....	111
3.7.	日本の災害応急対策への教訓 ～ 米国ハリケーン水害調査から ～	
	京都大学経営管理大学院客員教授 関 克己.. 112	
3.7.1.	はじめに.....	112
3.7.2.	意思決定に必要な災害予測・評価と専門家（組織）との連携体制.....	113
3.7.3.	意思決定の強化のためのカウントダウンタイムライン.....	115
3.7.4.	災害応急対応における民間専門家（組織）等の機能と役割.....	116
3.7.5.	まとめ.....	118
3.8.	大規模水害に対する具体的かつ実践的な備えの充実	
	東京大学大学院 工学研究科 社会基盤学専攻 教授 池内 幸司... 119	
3.8.1.	はじめに.....	119
3.8.2.	避難しない場合のリスク・避難する場合のリスクを比較衡量した上での避難判断及びそれを支えるシステムの整備.....	119
3.8.3.	災害時要援護者の実践的な避難支援システムの構築.....	120
3.8.4.	災害拠点病院などの基幹となる病院の耐水化と籠城体制の整備.....	120
3.8.5.	企業等の水害 BCP 策定の促進.....	121
3.8.6.	エキスパートのボランティア組織に対する公的位置づけの付与.....	122
3.8.7.	予備役の活用.....	122
3.8.8.	非常用電源設備の供給体制の確保.....	123
3.8.9.	地域の防災関係者が一堂に会する定期会合の開催.....	123
3.8.10.	災害発災前から国が本格的な活動を実施できる制度の整備.....	123
3.8.11.	ハリケーン・ハービー災害の印象：「巨大な内水被害」.....	124
3.8.12.	「高潮」と「洪水」に対する避難対応の大きな違い.....	124
3.8.13.	おわりに.....	124
3.9.	Joint Field Office と TEXAS Emergency Management Conference に見る災害過程における Partnership 醸成のしかけ	
	新潟大学危機管理本部 危機管理室 教授 田村 圭子... 125	
3.9.1.	Joint Field Office は複数の組織・機関が一体的に協働する仕組み.....	125
3.9.2.	Joint Field Office が実効性を持つ理由.....	126
3.9.3.	JFO における被災者の把握.....	127
3.9.4.	多様な主体の共有の場としての TEXAS Emergency Management Conference.....	129

3.9.5.	まとめ	130
3.10.	Incident Command System を活用した米国の対応 ～システムツールやシミュレーションを併用し、いかに実効性を向上させるか～	
	富山大学 都市・交通デザイン学部 准教授 井ノ口 宗成....	131
3.10.1.	米国における標準的な災害対応実現のための Incident Command System の活用.....	131
3.10.2.	NASA における災害対応事例：	132
3.10.3.	避難シミュレーションツールを活用した避難戦略.....	135
3.10.4.	トレーラーの効率的な配置と状況把握.....	137
3.10.5.	まとめ	138
3.11.	防災科学技術研究所の所見	
	国立研究開発法人 防災科学技術研究所（飯塚 聡、田口仁、酒井直樹）	139
3.11.1.	はじめに	139
3.11.2.	ハリケーン・ハービーがもたらした想定外のハザード（飯塚 聡）	139
3.11.3.	日本の防災対策、災害対応への教訓（田口仁、酒井直樹）	147
(資料)	対象別の調査記録（1月）	155
(資料)	対象別の調査記録（3月）	165
(資料)	対象別の調査記録（5月）	183

巻頭言 （河田恵昭 関西大学社会安全学部教授）

2017年8月アメリカ合衆国テキサス州に上陸したハリケーン・ハービーは、同国史上最大の1900億ドルの社会経済被害をもたらした。それまでの最大だった2005年ハリケーン・カトリーナの1250億ドルを上回る大災害である。その被害の全貌が把握できていない状態で、直後にハリケーン・イルマがフロリダ半島に上陸し、今度は大量の住民避難に関して多くの問題点を露呈した。

これらの災害直後に、私たち学識研究者は、内閣府や気象庁と共同研究をやらなければいけないと考え、直後に内閣府防災を通して、アメリカ合衆国連邦危機管理庁に現地調査をしたい旨を伝えた。防災関係省庁と共同調査研究を実施すれば、その成果はわが国の防災政策に生かされるという実績があるからだ。そして2018年1月上旬に現地調査打ち合わせのために、私たちはワシントンに行き、関係機関と協議した。この時には、全米科学アカデミー（NAS）の総裁にもお会いし、単なる表敬訪問ではなく、総裁を含む幹部会員との意見交換を行うなど、アメリカ側も誠意をもって準備に協力していただいた。そして、2月にヒューストンで開催された同災害のシンポジウムに2名派遣し、かつ3月と5月に分かれて現地調査した結果がこの報告書に記載されている。

報告書に詳しく記されているが、今回テキサス州ヒューストンを中心に降った雨は約1千億立方メートルである。ひどいところでは、累積雨量が1500mm以上を記録したから、テキサス州の1年分の雨がわずか5日間で降ったことになる。この豪雨によって、内水氾濫や外水氾濫が同時に起こっただけでなく、これまで未経験の氾濫災害がヒューストン市を中心とした地域で発生した。唯一被災しなかったのは、ヒューストンのダウンタウンにあるTMC（テキサス・メディカル・センター）とその周辺だけであった。この地域は2001年のハリケーン・アリソンの豪雨で浸水して孤立し、入院患者の食事提供にも支障が出たため、500年に一度の豪雨があっても被災しないような対策が、その後、連邦政府直轄で実施されており、これが功を奏したのである。

未曾有の社会経済被害になった理由は、水害保険の適用外の地域で浸水被害が発生したからである。アメリカ合衆国では水害保険加入は強制加入であって、100年確率の豪雨があった時に浸水するリスクのある地域ではコミュニティ単位で水害保険に加入することが義務付けられている。今回は、そのリスクがないと判断されていた地域で浸水被害が発生した。その地域では、水害保険の加入は任意となっており、そのために加入率は20%と低かった。想定されていた洪水リスクがなかったために、未加入だった被災者の多くは、リスクマップに瑕疵があったとして、連邦政府を裁判で訴えているのである。この事態は、まれにしか起こらない巨大災害では、保険のような自助・共助による被災者支援には限界があることを示している。このような事情が明らかになるにつれて、アメリカ合衆国の洪水氾濫に係る学識研究者の間で、“洪水制御（Flood control）だけでは不可能で、洪水マネジメント（Flood management）の観点が重要である”という教訓が共有されるようになってきた。地球温暖化とともに未曾有の被害をもたらす風水害が出現する現代では、災害が起こることを前提にした縮災（Disaster Resilience）の具体的対策が求められるのである。

その必要性は、わが国でも平成30年7月豪雨災害で明らかになった。7種類の氾濫災害が各地で発生し、広域災害として連瀆災害（Cascading disastersの日本語訳で、連続瀆状災害の略語である）への対処に際して、マネジメントの考え方を適用しないと、有効な被害軽減策は見いだせない

いからである。これらの 7 種類の連淹災害は、それぞれが数十年前からわが国の各地で発生した経緯があるが、今回は広域災害として、これまで経験したことがない初めての地域で、各種の氾濫災害が起こったのである。従来のような工学的視点からのハード対策だけでは大きな効果が期待できず、縮災の観点からの被害軽減が求められる。

本報告書はそれにつながる対策工法の採用に向けた第一歩としての位置づけであり、今後、災害対策の具体例が推進されることを強く期待する。

巻頭言 （藤田光一国土交通省国土技術政策総合研究所所長（調査当時））

2017年8月下旬に米国に上陸したハリケーン・ハービーは、大都市ヒューストンを襲い、テキサス州南東部を中心に甚大な被害をもたらした。被害推定額は1250億ドルに達した。翌9月には、ハリケーン・イルマがフロリダに、マリアがプエルトリコに上陸し、大きな被害を生じさせた。

3つのハリケーンによる被害推定額総計は2650億ドルで、単年のハリケーン被害として少なくとも1980年以降最大である¹⁾。2017年は米国にとって有数のハリケーン襲来の年であった。

一連のハリケーンによる極端自然事象の中でも特筆すべきは、ハービーがテキサス州南東部にもたらした豪雨のすごさである。それを、ヒューストン市を包含する、面積4604km²のハリス郡に降った雨量で見えていくと²⁾、観測地点の中で最大の24時間雨量は650mm、同じく96時間雨量は1204mm、総降雨量の郡全域平均は856mmになる。面積1万平方マイル(25889km²)のまとまった場所に120時間で降った量が最も多かったエリアで見ると、空間平均降雨量は882mmになる(体積にすると東京ドーム1万8千杯)。これは米国内で観測されたそれまでの最高値を大きく上回ると分析されている。1万平方マイルと言えば利根川と信濃川の流域面積を合わせたぐらいの広さであり、そこを遍く水深80cmで覆うほどの豪雨だった。

ハリケーン・ハービーとイルマによる直接・間接死者数の合計は、それぞれ103人と96人であり、相当数の人的被害が生じている¹⁾。他方、その規模は被害額の規模に比して大きくないとの見方もできる。加えて、特に全米第四位の689万人を擁するヒューストン都市圏(ハリス郡とそれを取り巻く8つの郡)に上述の史上空前の豪雨が作用した中で、人的被害の拡大が抑えられたとするなら、それは本調査の大事なポイントの1つとなる。

また、三つのハリケーンはわずか1か月に満たない間に立て続けに上陸した。結果として米国は、大規模で、同じハリケーンでもタイプの異なる災害への対応を、状況がめまぐるしく展開する中、複雑な相互関係を整理しながら同時に進めるという困難に直面した。こうした苛烈な挑戦に米国は、準備された災害対応の計画を土台に、次々現れる先例のない状況を迅速に掴むようつとめ、新手も繰り出しながら柔軟に応え、乗り切ったようである。

米国は、災害から学ぶこと、それを継続し積み上げ災害対策を進化させることに真剣である。2012年のハリケーン・サンディへの対応においてカトリーナ以降積み重ねた改善方策が奏功したことを、我々は2013年に行った調査を通して知った³⁾。2017年の前には、さらにサンディから学んだことが基盤に加えられていて、今、2017年の対応を総括した上での次への踏み出しが始まっている。米国と同様に災害に苦しみ、災害対策を粘り強く前進させてきた私たちは、米国のこの姿勢、それに裏付けられた災害対策の進化の重要性を真に理解する。だから私たちは、同じ真摯さでこれらを学ぶ。

我が国が、たとえばハービーがもたらしたような既往最大を超える量の降雨を広域で受けたらどうなるか？ 次の4点を考えただけでもその厳しさを予想できる。・局所的な土砂災害の多発(ヒューストンは地形が平坦)、・堤防で防御された沖積平野における破堤氾濫の発生(掘り込み河道地形が基調であるヒューストンに比べ対処がはるかに難しい)、・0m地帯で大量の氾濫水を排除するのに要する労力の大きさ(ヒューストン市街部は標高が8~22mある)、・これらの同時発生と連鎖、・ヒューストンよりもさらに高密度な都市機能(大規模な地下利用を含む)を集積させた大都市の存在、である。くしくも平成30年7月豪雨は、四国・中国地方の1万平方マイル規模のエリアに空間平均でおよそ700mmという多量の雨を降らせている。

そうした厳しい状況が起こる可能性を前に我々が進むべき道は、個々の手法の限界をあげつらうことではなく、理に適い実態に即したやり方で、使えるあらゆる手段を磨いて上手く組み合わせること、そして、関係する人々が連携して最善を尽くし、自然事象の規模がどう大きくなるうとも致命的な被害にならないよう対処する諸方策を進化させ実践することである。

今回私たちが大事にすべきと学び確認したことは次の4つに集約できる。1)災害が起こることを前提にした入念な準備、2)新しい事態が生じることを見越した臨機応変な対応力の醸成、3) 全ての方策を、致命的な被害には至らせないという目標達成に向かって徹底的に実質化すること、4)事前から事後対応に至るまでの、災害のインパクトを最小化する備えを、社会に幅広く根づかせること、である。

この学びを我が国の血肉とするために、個別的・外形的施策導入にとどめず、極端自然事象の生起～防災インフラの機能発揮と限界到達～災害生起と対応～復旧・復興にわたる全体プロセスを見据え、対象とする場の特徴・特性を客観的に理解しながら、取り込むべき施策群とその取り込み方を詰めていくことが肝要である。そこでは、情報の生成・伝達・使用の全局面で、的確な行動を誘起させることに照準を定めた施策を体系的に構築することが重要な柱の1つとなる。このことは、防災インフラに深く依存している我が国においてはとりわけ、ハード施策～ソフト施策間の“受け渡しの巧みさ”が強く求められることを意味する。であるから、上記の構築においては、ソフト施策の進展のみならず、防災インフラ全般の機能発揮と限界をなお一層統合的に深く理解した上での方策検討が必要となるのである。

私たちは、平成 27 年 9 月の関東・東北豪雨災害を受けて「水防災意識社会の再構築」に取り組んでいる。今回得た学びは、それを加速し、深化させることに直結する。

今回の調査では、近隣の救援に勇気をふるった住民の話が誇らしげに語られる場面を何度か見た。そうした草の根の災害対応と行政や専門機関との協働を米国は重視している。我が国でも、自助・共助・公助は防災の基本であり、災害のたびに、被災した住民同士の助け合いが自然体でなされる様や支援に駆けつける方々の姿が見られ、世界の人々の胸を打つことも珍しくない。そのような“国民の地力”をさらに発揮できるようにするためにも、災害対策を責務とする公的機関やそれを専門とする者の役割は重い。同時に、災害の乗り切りにおいて、被害を受ける可能性がある人々も含め皆が当事者であるという意識をさらに高め、それぞれが発揮できる力を最大限引き出し糾合する状況を持続的に発展させることが、我が国が直面する課題に立ち向かうために必須である。そのことを考える契機にもこの報告がなることを切に願う。

最後に、今回の調査に惜しみなく協力をいただいた米国の関係機関や専門家の皆様に心から御礼申し上げる。そして、私たちがこの先、米国の学びの対象になる取り組みを為すことが、本当の意味の感謝の表しであると思う。私たちは前進しなければならない。

参考文献

- 1) 2017 Hurricane Season FEMA After-Action Report, July 12, 2018.
<<https://www.fema.gov/media-library/assets/documents/167249>>
- 2) Harris County Flood Control District: Immediate Report – Final, Hurricane Harvey - Storm and Flood Information, June 4, 2018. <<https://www.hcfcfd.org/media/2678/immediate-flood-report-final-hurricane-harvey-2017.pdf>>
- 3) 国土交通省・防災関連学会合同調査団：米国ハリケーン・サンディに関する現地調査報告書（第二版）― 先進国の大都市を初めて襲ったニューヨーク都市圏大水害からの教訓―，平成 25（2013）年 7 月。

1. 調査の概要

1.1. 目的

2017年8月から9月にかけて米国南部を襲ったハリケーン（ハービー、イルマ）では、都市部の冠水、600万人を超える大規模な広域避難、化学工場爆発等による間接的な経済被害、防災インフラの機能不全など、前例のない災害があった。ハリケーン・ハービー、イルマ、マリアによる経済被害は2,650億ドル（約30兆円）に及ぶなど米国の自然災害史上に残る事態となった。米国危機管理庁（FEMA）、陸軍工兵隊（USACE）や、州政府、市役所等がそれぞれの災害対策を取ったが、その効果や反省点が報道されている。これらは日本の防災行政にとって示唆に富むものであることから、国土交通省・内閣府として今後の施策展開に有用な情報を得ることを目的として、また防災研究者としてハリケーン・ハービーの災害検証の状況を調査し、教訓とすることを目的として、国土交通省・防災研究者合同の調査団を派遣した。調査は2018年1月上旬のワシントンDCにおけるヒアリング調査、2018年3月、5月の現地調査で構成される。

1.2. 団員名簿

調査団の所属及び氏名を示す。なお所属および役職は、調査時点のものを記載した。

【国土交通省】

団長	国土技術政策総合研究所 所長	藤田 光一
団員	水管理・国土保全局 河川計画課 国際室長	松木 洋忠
〃	水管理・国土保全局 河川計画課 河川計画調整室長	森本 輝
〃	水管理・国土保全局 河川計画課 課長補佐	菅 良一
〃	水管理・国土保全局 河川計画課 課長補佐	湯原 麻子
〃	水管理・国土保全局 治水課 企画専門官	舛田 直樹
〃	国土技術政策総合研究所 水害研究室長	板垣 修

【内閣府】

団員	政策統括官（防災担当）付参事官補佐	磯部 良太
〃	政策統括官（防災担当）付参事官付主査	吉松 直貴

【防災研究者】

団長	関西大学 特別任命教授／社会安全研究センター長	河田 恵昭
団員	防災科学技術研究所 理事長	林 春男
〃	京都大学 経営管理大学院 客員教授	関 克己
〃	東京大学大学院 工学研究科 社会基盤学専攻 教授	池内 幸司
〃	新潟大学 危機管理本部 危機管理室 教授	田村 圭子
〃	富山大学 都市・交通デザイン学部 准教授	井ノ口宗成
〃	防災科学技術研究所 先端的研究施設利活用センター 戦略推進室長	酒井 直樹
〃	防災科学技術研究所 総括主任研究員	飯塚 聡
〃	防災科学技術研究所 主任研究員	田口 仁
〃	防災科学技術研究所 特別研究員	上米良秀行
〃	防災科学技術研究所 契約専門員	ジョエル・チャレンダー
〃	インターリスク総研 総合企画部 リスク計量評価グループ長	堀江 啓
〃	環境防災総合政策研究機構（CeMI） 上席研究員	松本 健一
〃	国土技術研究センター 河川政策グループ 主任研究員	岡部 真人

1.3. 調査対象機関

調査対象として訪問した機関等を以下に示す。

分類	名称	訪問・所在地
連邦政府	陸軍工兵隊 本部	ワシントン DC
	陸軍工兵隊 水資源研究所	バージニア州アレキサンドリア
	陸軍工兵隊 ガルベストーン地区	テキサス州ガルベストーン
	陸軍工兵隊 ジャクソンビル地区	フロリダ州ジャクソンビル
	連邦危機管理庁 本部	ワシントン DC
	連邦危機管理庁 オースティン統合現地事務所	テキサス州オースティン
	国立気象局	テキサス州ガルベストーン
	国土安全保障省	ワシントン DC
	米国科学技術委員会 災害削減小委員会	ワシントン DC
州政府	テキサス州水開発委員会	テキサス州オースティン
	テキサス州総合土地局	テキサス州オースティン
	フロリダ州危機管理部防災センター	フロリダ州タラハシー
地方自治体	ハリス郡危機管理センター	テキサス州ハリス郡
	ハリス郡治水局	テキサス州ハリス郡
	ガルベストーン郡危機管理センター	テキサス州ガルベストーン郡
	ヒューストン市	テキサス州ヒューストン
	ジャクソンビル市 消防・緊急事態対策課	フロリダ州ジャクソンビル
大学、学会等	テキサス州防災カンファレンス	テキサス州サンアントニオ
	テキサス大学オースティン校	テキサス州オースティン
	テキサスA&M 大学	テキサス州ヒューストン
	ライス大学	テキサス州ヒューストン
	米国科学アカデミー	ワシントン DC
民間企業等	アメリカ航空宇宙局ジョンソン宇宙センター	テキサス州ヒューストン
	テキサス医療センター	テキサス州ヒューストン
	バッファロー・バイユー アディックス貯水池等視察	テキサス州ヒューストン周辺
	バプテスト医療センター	フロリダ州ジャクソンビル
	レイオネア社 (化学)	フロリダ州ジャクソンビル
	CSX 社 (鉄道貨物)	フロリダ州ジャクソンビル
	世界銀行	ワシントン DC
	ESRI	バージニア州ヴィーナ

1.4. 調査日程

1.4.1. 1月ヒアリング調査（ワシントン DC）

日程	訪問機関等
1月8日（月）	1. 連邦緊急事態管理庁（Federal Emergency Management Agency : FEMA）本部 2. 米国科学技術委員会 災害削減小委員会（National Science & Technology Council Subcommittee on Disaster Reduction : SDR）
1月9日（火）	3. ESRI 4. 米国科学アカデミー（National Academy of Science : NAS）
1月10日（水）	5. 国土安全保障省（Department of Homeland Security : DHS） 6. 世界銀行（World Bank : WB）

1.4.2. 3月現地調査（テキサス州）

日程	訪問機関等
3月20日（火）	1. ハリス郡危機管理センター（Harris County Emergency Management）
	2. テキサスA&M大学（Texas A&M University）
	3. 陸軍工兵隊ガルベストン地区（US Army Corps of Engineers Galveston District）
3月21日（水）	4. 陸軍工兵隊ガルベストン地区
	5. 陸軍工兵隊ガルベストン地区 アディックス・バーカー公園管理所（Addicks and Barker Dams Field Office）
	6. ライス大学（Rice University）
3月22日（木）	7. ヒューストン市（City of Houston）
	8. ハリス郡治水局（Harris County Flood Control District）
	9. 国立気象局（National Weather Service : NWS）
3月23日（金）	10. 連邦緊急事態管理庁 オースティン統合現地事務所（FEMA Austin Joint Field Office : JFO）
	11. テキサス州水開発委員会（Texas Water Development Board : TWDB）
	12. テキサス州総合土地局（Texas General Land Office : GLO）
	13. テキサス大学オースティン校（The University of Texas at Austin）

1.4.3. 5月現地調査（フロリダ州、ワシントン DC、フロリダ州）

日程	訪問機関
5月17日(木)	2018年テキサス防災カンファレンス（The 2018 Texas Emergency Management Conference）（1～3、11はテキサス防災カンファレンスのセッション名） 1. 要救護者登録システム 2. 堤防安全・点検修復プログラム 3. テキサス南東地域諮問機関、ハービーの17日間 4. ガルベストン郡危機管理センター他 5. テキサス州水開発委員会 6. テキサス大学オースティン校
5月18日(金)	7. アメリカ航空宇宙局ジョンソン宇宙センター施設管理部（Nasa Johnson Space Center Center Operations） 8. テキサス医療センター（Texas Medical Center） 9. ガルベストン郡危機管理センター（Galveston County Office of Emergency Management） 10. ガルベストン海岸堤防視察 2018年テキサス防災カンファレンス 11. 広域避難、再エントリ標準プログラム NFPA1616 12. 連邦緊急事態管理庁 オースティン統合現地事務所
5月19日(土)	13. バッファロー・バイユー、アディックス貯水池等視察
5月21日(月)	14. 連邦緊急事態管理庁 本部
5月22日(火)	15. 陸軍工兵隊 本部（US Army Corps of Engineers : USACE）
5月23日(水)	16. 陸軍工兵隊 ジャクソンビル地区（US Army Corps of Engineers Jacksonville District） 17. ジャクソンビル市消防・緊急事態対策課（City of Jacksonville Emergency Preparedness Division） 18. 陸軍工兵隊 水資源研究所（US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources : IWR）
5月24日(木)	19. レイオネア社（化学） 20. CSX 社（鉄道貨物） 21. バプテスト医療センター（Baptist Medical Center） 22. フロリダ州危機管理部防災センター（Florida Division of Emergency Management）

2. 米国調査で分かった事実

2.1. 都市の発展経緯、基礎耐力とハリケーン外力 Physical capacity and hazard

災害は、自然の極端現象によるインパクトによって、人間活動に何らかのダメージを受けることで発生する。人間活動が始まる前から洪水や濁水が繰り返されており、その結果は地形や植生として表現されている。その上で、人間は幾世代にもわたって、少しでも安全で豊かな生活・生産を求めて活動を続けてきた。

2017 年のハリケーン災害は、米国南部の地形的、歴史的な特徴を背景として、未曾有の降雨や高潮によって発生した。日本の防災のための教訓を調査するにあたって、まず、対象とした都市であるテキサス州ヒューストンとフロリダ州ジャクソンビルの地形的、歴史的な特徴を整理する。

2.1.1. テキサス州ヒューストンとハリケーン・ハービーの概要

(1) ヒューストンの地形特性とハービーによる豪雨・浸水状況

ハリス郡ヒューストン市を中心とする地域は、テキサス州最大の都市圏である。米国南部のメキシコ湾岸に位置した海運、鉄道、道路、航空の結節点であり、石油化学産業や宇宙、医療といった先端技術産業が発達している。その人口は増大し続け、2017 年では 700 万人に達する全米第 4 の規模となっている。

流域の観点でみると、ヒューストン都市圏はメキシコ湾岸の広大な平原の一角に位置し、延長 85km のバッファロー・バイユー (Buffalo Bayou) の中流部にある。その流域面積は、Buffalo- San Jacinto 流域として 2806km² である。バッファロー・バイユーは、サンジャシント川に入り、メキシコ湾につながったラグーンのカルバステン湾に注いでいる。

亜熱帯気候の影響で、気温は年間を通じて高く、降水量にも恵まれていることから平野部は豊かな森林や草原の植生が発達している。ラグーン周辺は広大に湿地に、メキシコ湾岸は長い砂浜となっている。図 2.1.1 を参照されたい。

地形の特徴は、緩やかに傾斜した洪積平野の末端にあり、小河川の下刻作用を受けていることである。標高 15~20m のなだらかな平野はいくつもの溝が刻まれたようになっており、河川の運んだ土砂からなる沖積平野に連続している。図 2.1.2 を参照されたい。バッファロー・バイユーは感潮河川であり、河床の標高はヒューストン市街の中心部でも 0m 程度である。なお、表層の地質は、平地部から湾岸に至るまで、0.1mm 以下の細粒である。なお、地形的特徴については 3.1.3 でも記述しているので適宜参照されたい。

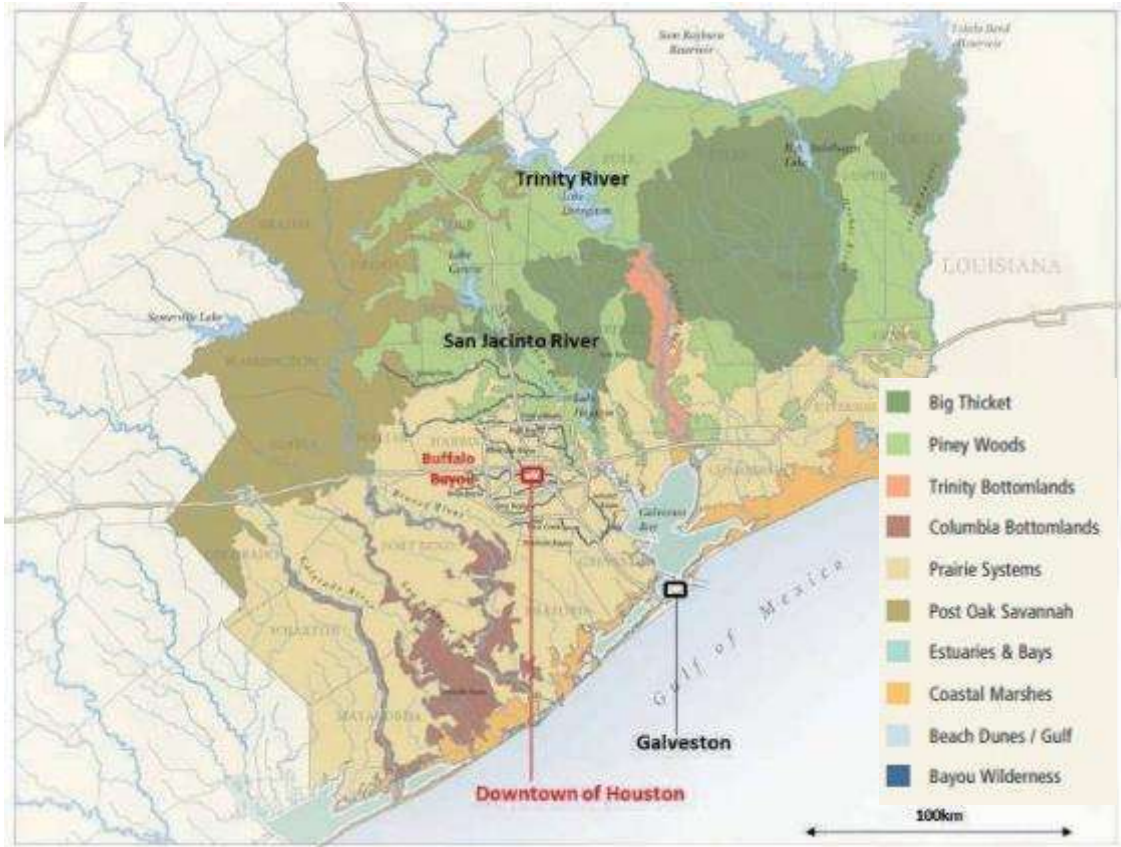


図 2.1.1 ヒューストン周辺の環境区分図

<http://houstonwilderness.org/about-ecoregions/>

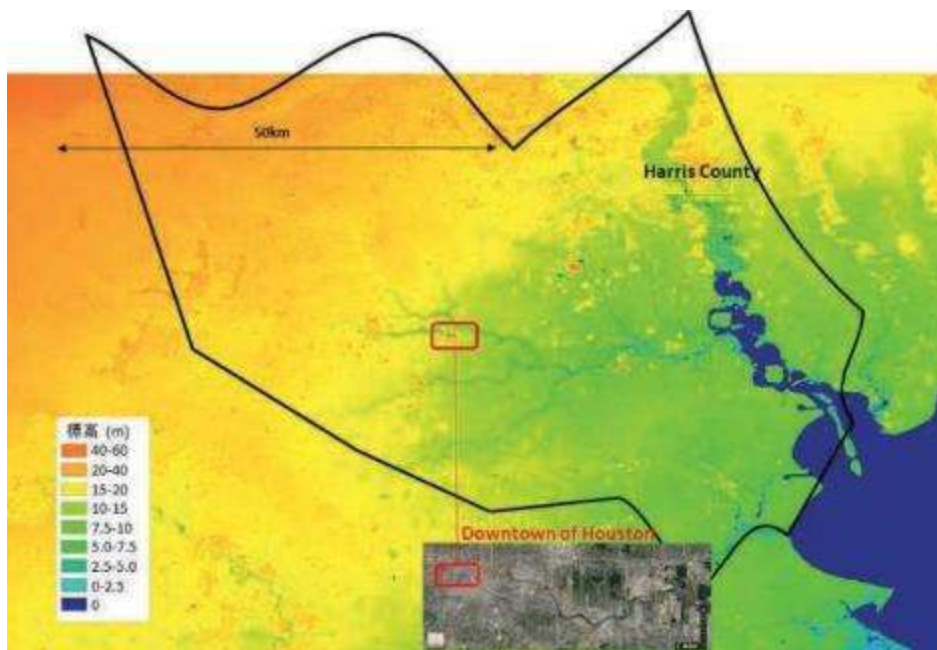


図 2.1.2 ハリス郡の標高図 ALOS 全球数値地表モデル

http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/aw3d30/index_j.htm

ハリケーン・ハービーのもたらした降雨は、図 2.1.3 に示すように、都市圏全体に大量の雨をもたらした。4 日間雨量は全域で 500mm 以上に達し、市街地南東部では 1000mm 以上を記

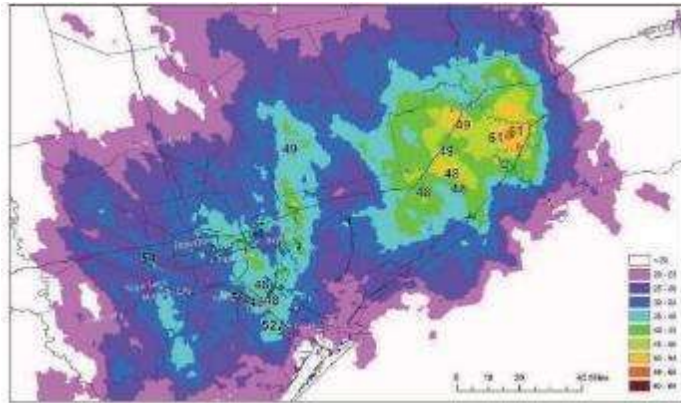


図 2.1.3 ハリケーン・ハービーによる降水量（NOAA による推定値、8月25日～9月1日）

出典：米国海洋大気庁

（NATIONAL HURRICANE CENTER TROPICAL CYCLONE REPORT HURRICANE HARVEY）

Duration	Harvey August 2017	Arlison June 2001	Tax Day April 2016	October 1994
1-hr	5.8	5.7	4.7	3.7
2-hr	11.9	9.9	7.3	4.7
3-hr	16.8	13.5	8.3	5.3
6-hr	18.9	21.2	13.9	7.2
12-hr	20.9	28.3	16.7	12.0
24-hr	25.6	28.4	17.4	20.9
2 days	34.5	28.5	17.5	23.1
4 days	47.7	38.5	N/A	28.9

図 2.1.4 ハリケーン・ハービーによる継続時間別降水量と過去の事象との比較

出典：ハリス郡治水局

（Harris County Flood Control District）

録している。短時間雨量も大きく、1時間雨量 172mm（6.8 インチ）、3時間雨量 375mm（14.8 インチ）、24時間雨量 650mm（25.6 インチ）が記録されている。24時間雨量の確率は20000年に1回の確率との分析がなされており、観測史上最大の降雨量であった。

この降雨により、市街地の大部分が冠水した。米国陸軍工兵隊（US Army Corps of Engineers：USACE。以下陸軍工兵隊という）が公開している浸水実績の時系列データによれば（図 2.1.5 参照）、8月26日は河川の中にあった水域が、27日には河道の外側の冠水と、そして遊水地であるアディックスダムとバーカーダムへの遊水が始まっている。28日には降雨の多かった市街地南東部の浸水が広がり、29日には両ダムの水位が最も高くなっている。30日以降、河道外の浸水はなくなっているが、31日に至っても両ダムの水位は低下していない。

これを見ると両ダムは、下流のバッファロー・バイユーの水位上昇を抑制し、浸水深を下げる効果があったといえる。両ダムの堤体の両端部は、数百メートルにわたって堤頂を低くした洪水吐きとなっており、29日には余水が越流して貯水位は最高値となった。降雨が終わってからは、排水ゲートからの放流を行ったが、水位低下には数日間を要している。最大の降雨量を記録した市街地南東部は隣のブレイスバイユー（Brays Bayou）の流域であり、上記2ダムの洪水調節の対象外である。

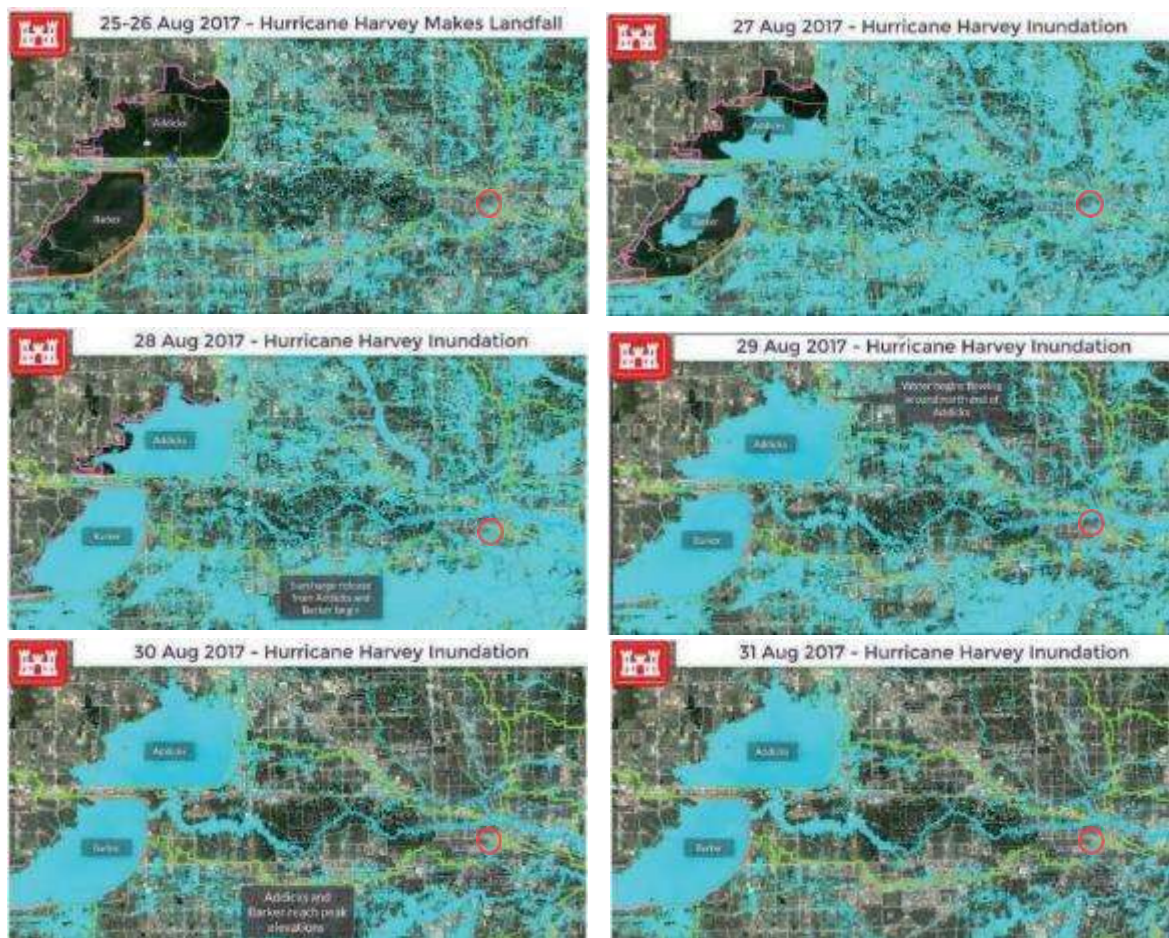


図 2.1.5 ハリケーン・ハービーによる浸水実績（陸軍工兵隊ガルベトン地区）

一方、図 2.1.6 に示すハリス郡治水局のシミュレーションによれば、河川からの氾濫水の拡大範囲は浸水実績よりも狭い。このことは、以下に説明するように、ヒューストンの地形特性と排水施設の機能を反映している。

ヒューストンの地形は、なだらかな洪積平地に小河川が掘り込み河道を形成している。河川を流れる洪水、いわゆる外水が流下能力を超える流量となれば、河道から溢れるものの、河道外では拡散して大きな水深にはならず、河川の水位低下とともに河道に戻ってくる。

ハリケーン・ハービーの場合は、数日間降り続いた降雨のため、河道の能力を超える外水氾濫が部分的に発生したとシミュレーションされている（図 2.1.6）。

このような外水氾濫については、ハリス郡治水局では図 2.1.7 に示すように、地形条件による氾濫形態の違いとして、① 谷型氾濫原（Valley Floodplain）、② 大河川氾濫原（Major River Floodplain）、③ 浅い氾濫原（Shallow Floodplain）、④ 海岸氾濫原（Coastal Floodplain）の 4 タイプに分類されている。このうち、中心市街地を含む洪積平地にある市街地は、③の浅い氾濫原とされている。

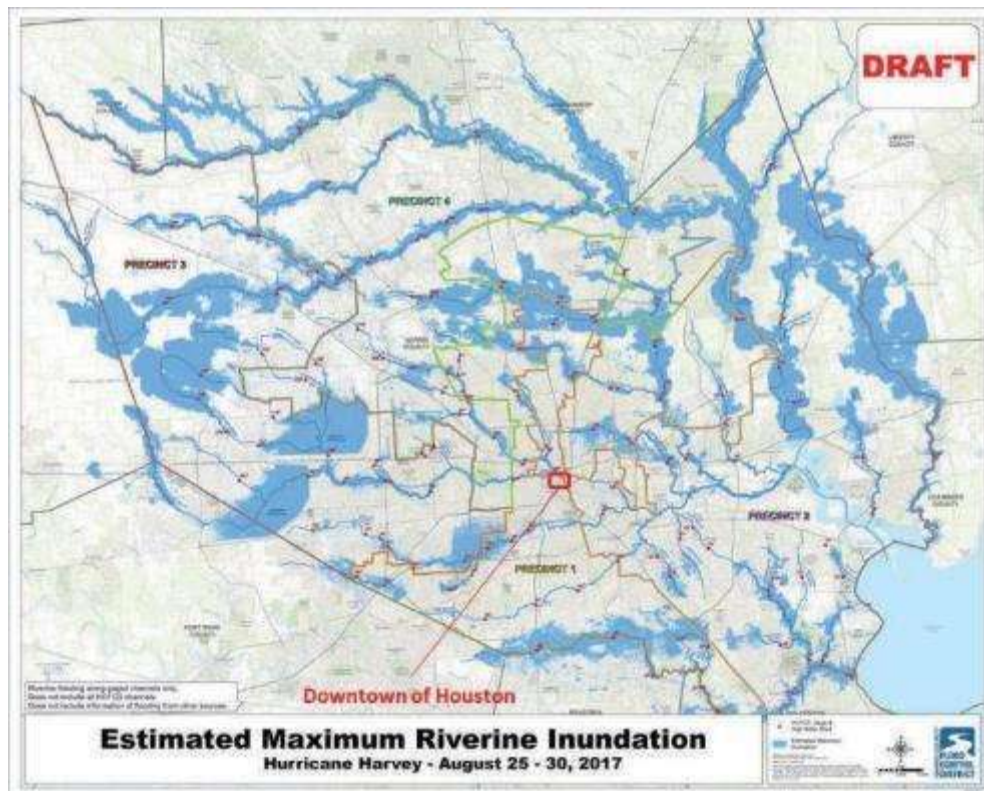


図 2.1.6 ハリケーン・ハービーによる外水氾濫の範囲

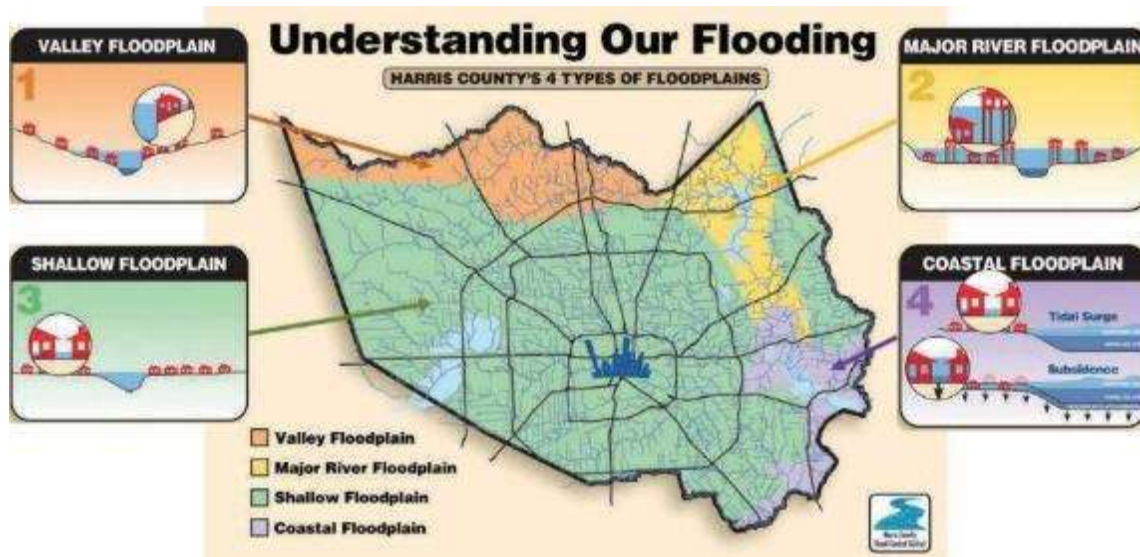


図 2.1.7 4つのタイプの外水氾濫

すなわち、ハリケーン・ハービーの氾濫は、外水氾濫起因に関しては河川沿いの一定範囲であったといえる。また、こうした外水氾濫にはダムによる洪水調整が効果を発揮する。実際、バッファロー・バイユーに近い標高 15m のヒューストン中心市街地は浸水を免れており、これには、前述の両ダムによる洪水調節が水位上昇を一定程度抑制したことが関係している。

こうした外水氾濫域よりも氾濫が広域に及んだのは、平地に降った豪雨が迅速に排水されず、地表に冠水した状態、いわゆる内水が発生したためである。長時間の降雨の影響で河川の



アディックスダム上流の公民館
—フロアが浸水し閉鎖—



洪水調節中のアディックスダム
(ハリケーン・ハービー襲来時)



アディックスダム下流の河道
—流木が放置されている—



中心市街地附近の掘り込み河道
—橋面より高い位置に市街地が発達—



掘り込み河道を渡河する高架道路
—複数の橋の橋脚が河積を阻害—



市街地の雨水が暗渠を通じて排水される箇所

図 2.1.8 ヒューストン市バッファロー・バイユー沿川の状況 (右上を除き 2018年5月)

水位が高くなっていたときに、短時間の強い降雨があり、雨水が地表の勾配や排水施設で河道に流出するのに時間を要した。

(2) ヒューストンの発展経緯

メキシコ湾は、北米大陸、ユカタン半島、カリブ諸島、キューバ島に囲まれた比較的静かな海域である。ここに流域面積 3,229,000km² におよぶミシシッピ川などが 3 億年の年月をかけて土砂を供給し、広大な沖積平野が形成されるとともに、湾岸線のほとんどが砂浜地形となっ

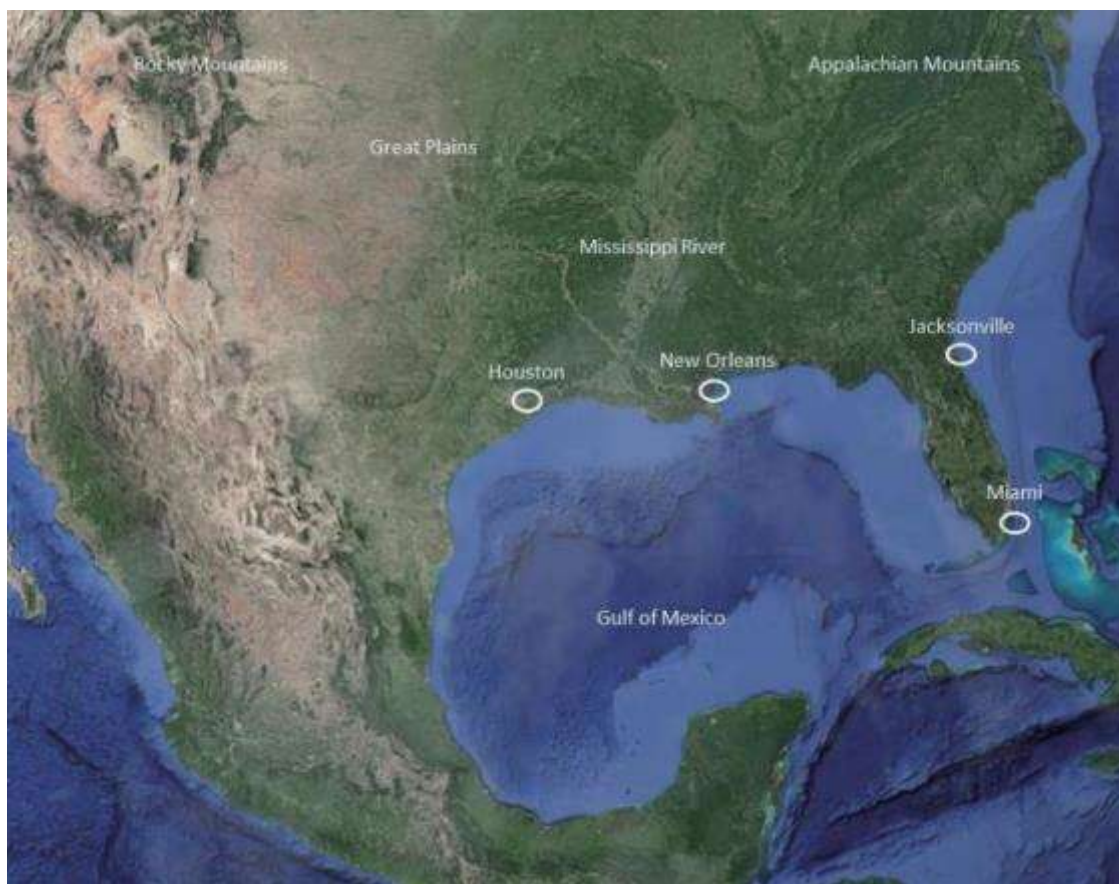


図 2.1.9 ヒューストン、ジャクソンビル、マイアミ、ニューオリンズの位置関係図

ている。そのため喫水の深い停泊地は少なく、ミシシッピ川河口のニューオリンズから西では、ガルベトン湾の開口部は大型船の入ることのできる重要な停泊地となった。ガルベトンは、19世紀からメキシコ湾岸の主要港湾であった。

ヒューストンの都市の歴史は、メキシコ領テキサスからテキサス共和国が独立した 1836 年に始まった。それはこの地が、テキサスで生産した綿花をメキシコ湾の主要港であるガルベトンへ運ぶ中継地として、バッファロー・バイユーの航行可能な最上流に位置していたからである。1845 年にテキサス共和国はアメリカ合衆国に併合され、1852 年から陸軍工兵隊が河道および湾口の航路管理を始めた。これ以降、19 世紀後半のヒューストンは綿花の積出港として、ガルベトンは物資の積み替え港として栄えた。

標高の低い砂州の先端にあるガルベトンは、高潮には脆弱である。1900 年、ガルベトンはハリケーンによる壊滅的被害を受けた。標高が 3m の砂丘上の街を高潮が襲い、6,000 人の市民が死亡した。陸軍工兵隊は、被災直後から海岸堤防の整備を始めた。(図 2.1.10 左) 堤防は標高 5m のコンクリート擁壁とその背後に 60m の幅広い盛土を行うもので、波浪防御と同時に、冠水頻度の低い港湾施設と市街地を確保することを目的としている。堤防は、1926 年までに 11.7km が完成している。(図 2.1.10 中央、右)



図 2.1.10 ガルベトン地区の海岸堤防（左：築堤時、中央：海側、右：陸側）

また、高潮による災害リスクが高いガルベトンと比較して災害リスクの低い地域への中心都市機能の移設が求められた。高潮以外のリスクが小さい沿岸の背後地域には流域面積 40,000 km²のトリニティ川や 10,000 km²のサンジャシント川の沖積平野がある（図 2.1.11）が、ここでは外水氾濫が起きた場合に被害が大きく、影響が長期化しやすい。ヒューストンは、270 km²のバッファロー・バイユーに面した洪積平地の上にある。高潮や洪水のリスクを考慮した場合、ヒューストンは、ガルベトンの中心都市機能を代替する場所として適切な場所であった。

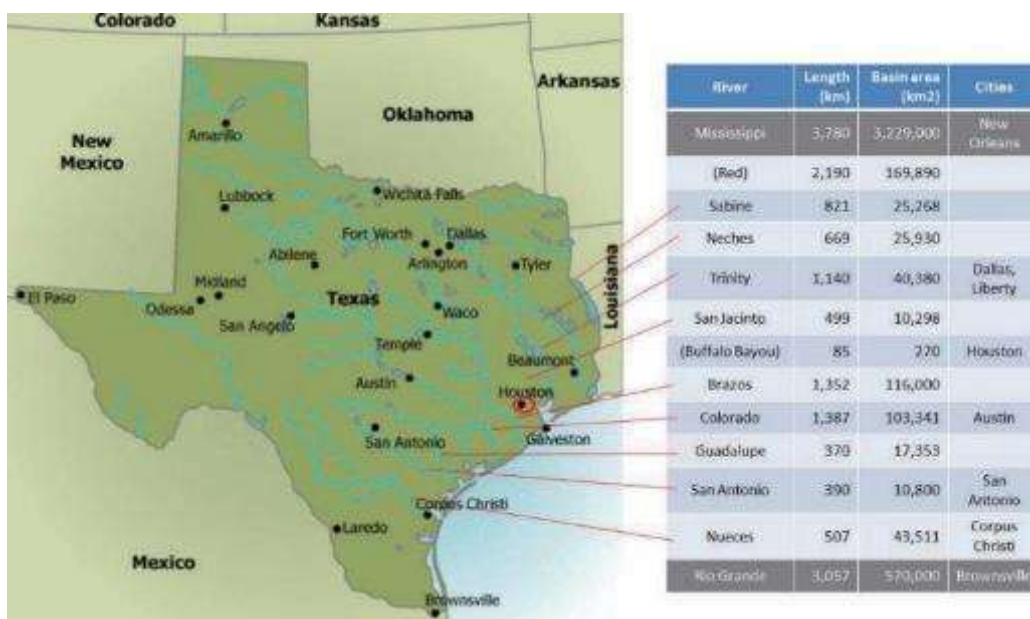


図 2.1.11 テキサス州を流れる河川延長と流域面積

（バッファロー・バイユーはテキサス中心部を流れるサンジャシント川の支川）

1900 年災害を契機として、陸軍工兵隊は、水深の浅いガルベトン湾と狭小なバッファロー・バイユーに蒸気船航行を確保する延長 48km の航路掘削を始めた。このヒューストン航路の最上流には、喫水の大きな埠頭を備えた河川港が 1914 年に開かれた（図、2.1.12 左）。20 世紀のメキシコ湾油田の発見により石油関連産業が盛んになっているが、その石油精製・石油化学工場の多くはヒューストン航路の沿岸に立地している（図 2.1.12 中央、右）。このヒューストン航路の土砂浚渫と維持管理は、現在も陸軍工兵隊の主要任務となっている。



図 2.1.12 左：ガルベトンとヒューストンの位置関係図、中央：ヒューストン市のコンテナ港、右：河川航路の上流端付近

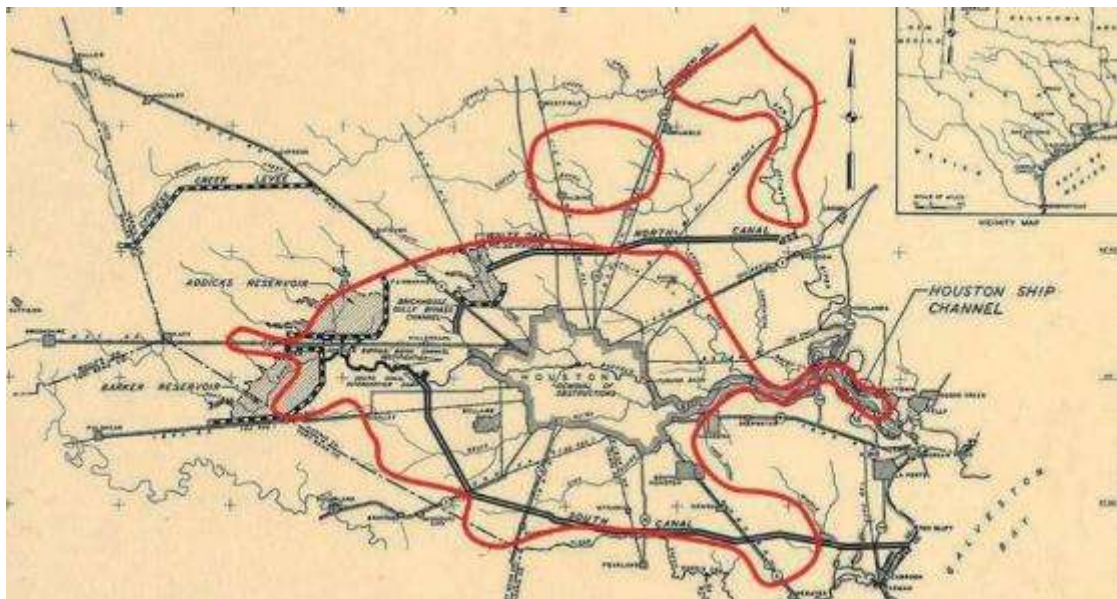


図 2.1.13 1940 年のアディックス／バーカーダム計画と 2015 年の市街地（赤線）

テキサス州の新たな中心都市となったヒューストンは、1929 年、1935 年と相次いで洪水被害に見舞われた。そのため、市街地の上流に洪水調節ダムが計画され、1948 年までに陸軍工兵隊がアディックスダムとバーカーダムを完成させた（図 2.1.13 参照）。なお、両ダムは建設当時には郊外に立地していたが、近年の市街地拡大によりすでに周辺が住宅開発されている。

上記のような災害リスクを軽減するインフラを基盤としてヒューストン都市圏は、港湾機能、綿花輸出、石油産業などの新たな産業を次々に発展させてきた。また 1945 年にテキサス医療センターが開設され、1961 年にジョンソン宇宙センターが設置された。1969 年には国際ハブ空港も開港し、ヒューストン都市圏は、知識集約型の医療産業、宇宙産業の中心地として発展し続けている。

ヒューストン都市圏では図 2.1.14 に示すように一貫して人口増加が続いている。1850 年には 27,000 人であった人口は、1900 年には 200,000 人を上回り、1950 年には 1,000,000 人を超過、2000 年には 4,600,000 人を突破している。2017 年の推計値では約 7,000,000 万人に達しようとしている。

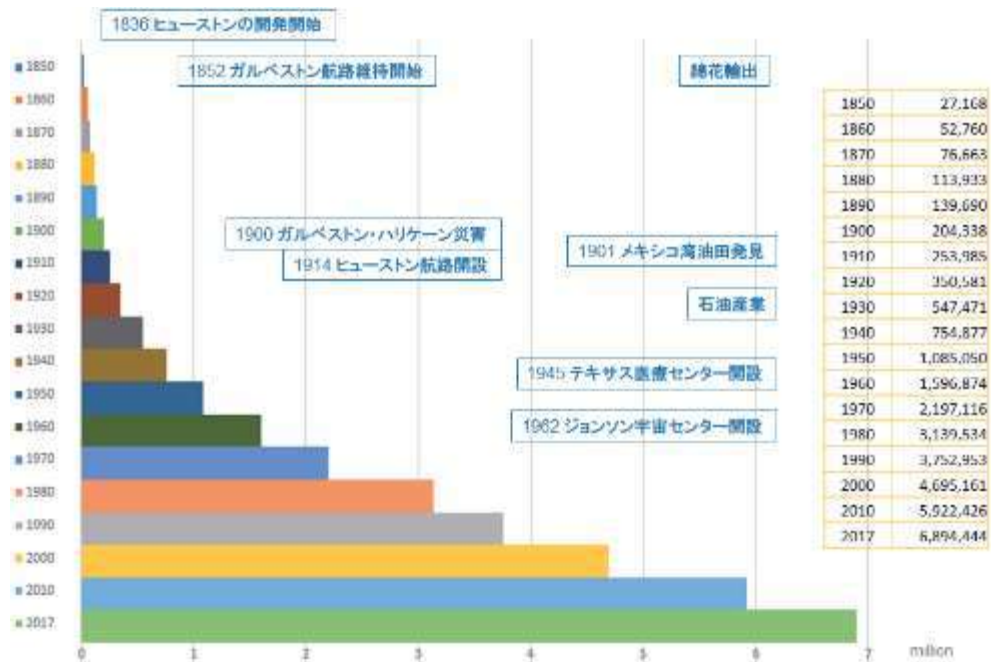


図 2.1.14 ヒューストン都市圏（9 郡）の人口推移

2.1.2. ハリケーン・ハービーのインパクトと被害

(1) 概況

ハリケーン・ハービーは中央カリブ海の小アンティル諸島（西インド諸島）付近にて 8 月の典型的な小型の熱帯暴風雨として発生した。その後カンペチェ湾（メキシコ）を通過して再形成し、中部テキサス沿岸への上陸前にはカテゴリー4 に急速に勢力を増した。ハリケーン・ハービーはテキサス沿岸の中央部付近に 4 日間滞留することとなり、その後勢力を弱めた。これによりテキサス東南にかけて降雨量が 60 インチ（1500mm）を超える場所が一部には生じるような記録的豪雨をもたらした（図 2.1.15 参照）。ハリケーンによるものとしては、米国史上カトリーナ（2005 年）に次ぐ被害額となった。テキサス州ではハリケーンによる直接被害の死者は少なくとも 68 人にのぼる。この地においては、1919 年以降の熱帯低気圧発生による死者数としては最大規模となった。

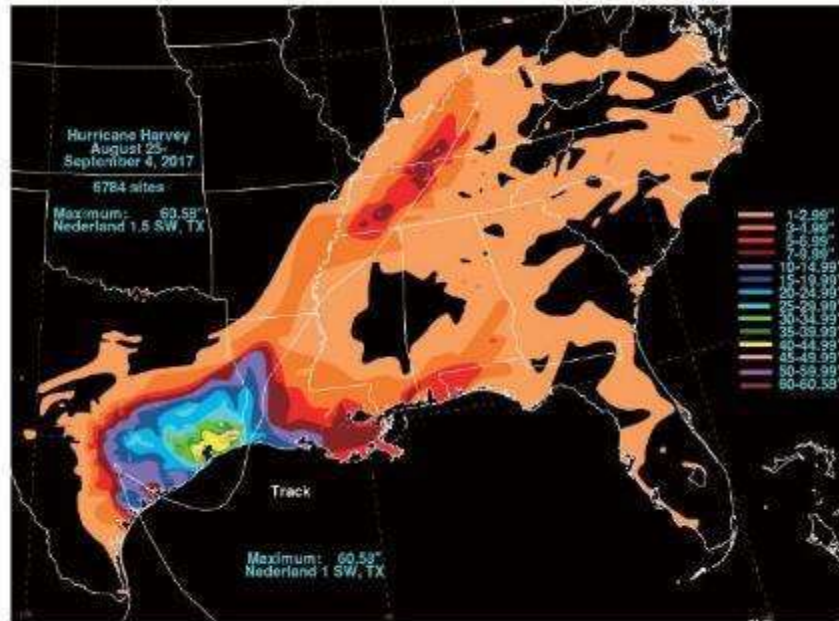


図 2.1.15 ハリケーン・ハービーによる総雨量コンター図（米国全域、単位はインチ）

(2) 軌跡

図 2.1.16 に軌跡と各時点の強度を表した図を示す。なお、この図では UTC（協定世界時）が用いられているので、以下では記述を現地時間に調整している（サマータイム期間は-5 時間）。

ハリケーン・ハービーは 8 月 23 日昼過ぎから急速に激化することとなった。24 日に入るとその勢力の発達を示す目の形成が観測されている。同日の昼過ぎにハリケーンに発達し、夜には赤外線衛星衛生画像にて明瞭な目がとらえられるようになった。24 日、25 日の 2 日間は進路を北西にとり、中央テキサス沿岸域に接近しながら 25 日の夜に入るとカテゴリー 4 に勢力を強めた（テキサス州ロックポート東部にて風速 115 ノット、最小中心気圧 937mb であったと推定されている）。この後、若干勢力を落とし、風速 105 ノット、948mb にてホリデイビーチの西コパノベイ北東沿岸域レフギオ南東に 26 日にかけての夜半に上陸した。上陸後は急速に勢力が弱まり 12 時間内には熱帯性低気圧になった。翌 2 日間は風速 35 ノット程度の勢力を維持し、26 日昼過ぎから 27 日昼過ぎにかけて左回りのループを形成しながら東南方向に向きを定め、28 日にかけてゆっくり移動して再びメキシコ湾に出た。29 日には、速度を保ったまま、若干勢力を盛り返しつつ向きを北北東に変え、30 日に再び上陸し、テキサス州ではゴールデン・トライアングルの近くを通過して内陸奥に進んだ。以上の軌跡をとる中でハリケーン・ハービーは、熱帯性低気圧になった期間も含めて、ヒューストン都市圏を取り巻くように 5 日間にわたって滞留し、特に 25 日から 29 日にかけては、ハービーがヒューストン都市圏の西ないし南西に居続け、停滞前線を伴うという後述の気圧配置とも相まって、メキシコ湾から水蒸気をそこに断続的に供給する形となったため、空前の規模の豪雨となった。

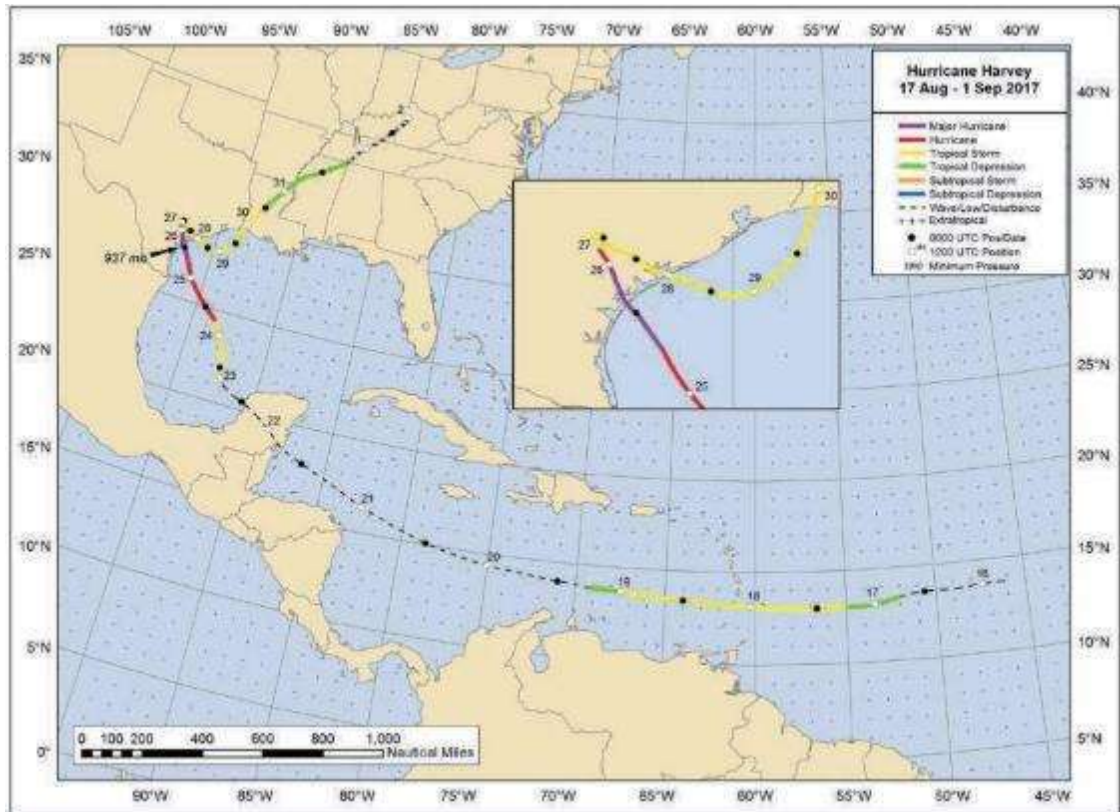


図 2.1.16 ハリケーン・ハービーの進路（時刻は UTC(協定世界時)）

(3) 降雨と洪水

ハリケーン・ハービーはその雨量、範囲、ピークの全てにおいて米国史上最大の大型熱帯低気圧であった。テキサス Nederland 付近で 60.58 インチ (1538 ミリ)、またテキサスの Groves 付近では 60.54 インチ (1537 ミリ) 等の記録はハリケーン HIKI (1950 年、ハワイ) の 52 インチ (1320 ミリ) を上回る観測史上最高値であった。ハリケーン・ハービーによる 1 週間の累積雨量を図 2.1.17 に示す。

図 2.1.18 ではテキサス南部の雨量観測所による 6 日間雨量を示している。ハリケーン・ハービーは、テキサス東南域およびヒューストン大都市圏で 36-48 インチ (914-1219 ミリ) の降雨を記録し、また 18 箇所の雨量観測所での雨量が 48 インチ (1219 ミリ) を超えたこと等によりハリスとガルベストンの両郡では降雨により大規模洪水を引き起こすこととなった。

ハリス郡の公式雨量観測所 19 箇所のうち 9 箇所 (ヒューストン市含む) が史上最高値を記録した。

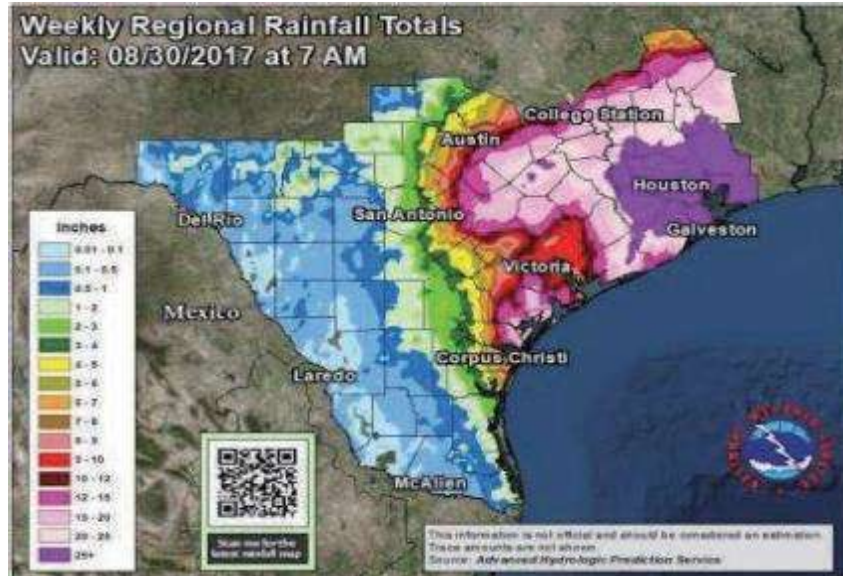


図 2.1.17 テキサス州南部の 1 週間雨量（単位：インチ）



図 2.1.18 テキサス州南部の雨量観測所で記録された 6 日雨量（単位：インチ）

(4) 潮位

テキサス上陸によりポート・アランサスとマタゴルダ間の背後に位置する湾岸域は、高潮の影響により水位が上昇した。図 2.1.19 で示されている通り 5-12 フィート（152-365 センチ）の高潮が観測されている。

具体的には高潮最大値はポート・ラブカの TCOON（テキサス沿岸海洋観測ネットワーク）施設によると 6.7 フィート（204 センチ）、また Hyres 湾沿いテキサス Austwel では 9.49 フィー



図 2.1.19 ハリケーン・ハービーで観測された高潮（黒字）と、NWS 調査による高潮（赤字）

ト（289センチ）、ラヴァッカーでは 8.82 フィート（268センチ）、そして Carachua 湾上流部では 9.17 フィート（279センチ）がそれぞれ観測された。

(5) 人的被害

ハリケーン・ハービーによる直接被害の死者数 68 名（テキサス州全体）、そのうち 36 名はヒューストン都市圏の中でも中心的位置を占めるハリス郡にて発生している。直接被害を郡別に以下に示す。内 3 名以外は洪水による死亡者である。高潮死者は出ていない。ハービーは、ハリケーンによるものとして、サンディ（2012 年）以来、最大となる直接被害の死者数を出すこととなった。間接被害による死者は 35 名（感電死、車両衝突、必要な医療を受けられなかったことに関連する死亡など）であった。

County	Direct Deaths
Harris	36
Orange	9
Jefferson	5
Galveston	3
Montgomery	3
San Jacinto	3
Ft. Bend	3
Jasper	2
Newton	2
Hardin	1
Walker	1
Total	68

図 2.1.20 ハリケーン・ハービーによる死者（直接被害）

(6) 経済被害

ハービーによる洪水被害はテキサス東南域において甚大なものとなった。浸水建物が 30 万件（ヒューストン都市圏であるハリス郡とガルベトン郡で 16 万世帯以上が浸水）、水没した車両が 50 万台、停電した世帯は 33 万 6 千に及ぶ。洪水被災者の避難は 4 万人（避難先：テキサスまたはルイジアナ）であった。図 2.1.21 には被災により移転を余儀なくされた住民の分布を示す。連邦緊急事態管理庁（Federal Emergency Management Agency：以下 FEMA という）によると水害救助隊が約 3 万人を救出した。

広域な洪水・浸水被害がヒューストン都市圏から南方の地域におよび、家屋や事業所、主要幹線含む道路が冠水し、ヒューストン都市圏では最大の被害地区が北東部の Humble から Lake Huston の範囲にわたっている。アディックスとバーカーの各貯水池に貯水したことにより、下流の水位上昇を抑制し浸水深を下げる効果があった。

広域的な降雨により洪水はガルベトン・トライアングル地域の石油精製所の操業を停止させる被害を与え、その結果ガス価格は急騰し、この 2 年で最高値となった。

Residential Movement

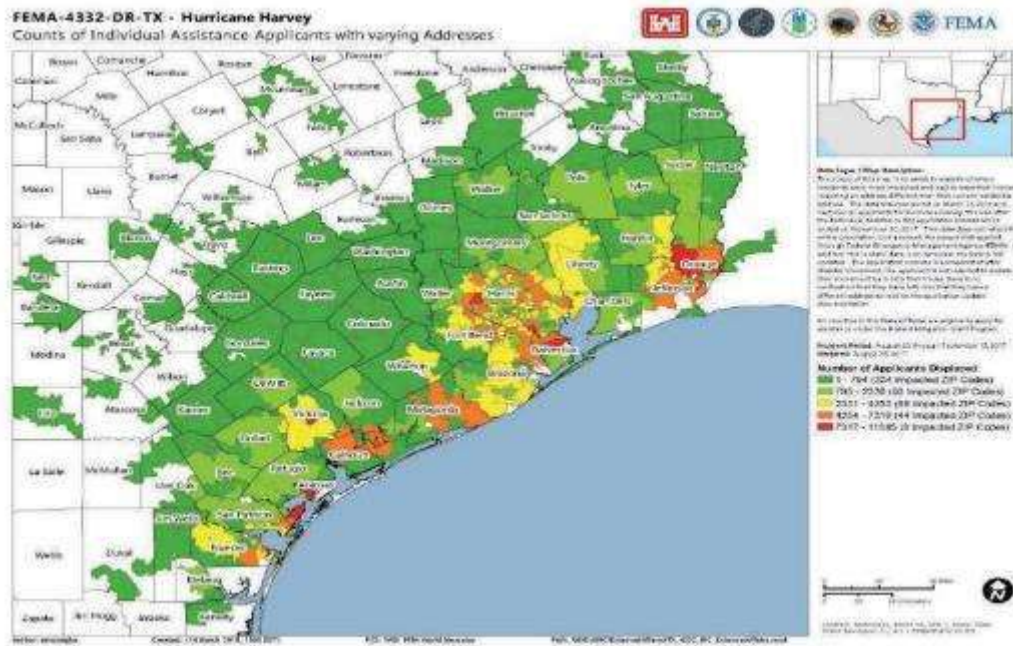


図 2.1.21 被災により移転を余儀なくされた住民分布図

(7) ハリケーンによる被害額

NOAA の最新の被害額試算ではハリケーン・ハービーによる被害額は 1250 億ドルとなり、カトリーナ（2005 年）の 1610 億ドルに次ぐ被害となった。2018 年に発生したハリケーンでは他にハリケーン・マリア 900 億ドル、ハリケーン・イルマでは 500 億ドルであった。

2.1.3. フロリダ州ジャクソンビルの概要と発展経緯

ジャクソンビルは、米国本土で最も広い市域 1,962km² を持ち、フロリダ州で最大の人口 890,000 人を擁する都市である。場所は、州の北東部でフロリダ半島のつけ根に位置し、セントジョンズ川が大西洋に注ぐ最下流付近を中心に発達している（図 2.1.22 参照）。地域の海運、内陸水運、鉄道、高速道路の結節点であり、郡行政（デュバル郡）と市行政（ジャクソンビル市）を統合して行政の効率化を図ったという歴史をもっている。

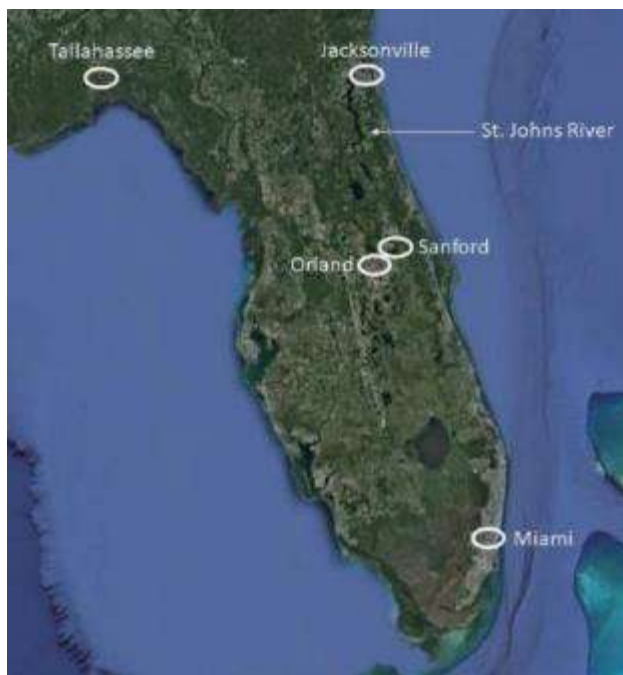


図 2.1.22 フロリダ半島の地形



図 2.1.23 セントジョンズ川の流域

セントジョンズ川は、流路延長 500km、流域面積 22,900km² の河川である（図 2.1.23 参照）。フロリダ半島中央の都市オーランドに近いサンフォードまでの 200km 区間が航路として維持管理されている。ただし、水源域の標高は 9m ほどでほとんど流路勾配がない。これは大西洋に面した砂丘の裏側の谷地形を流れるためであり、そのために、流速が小さく、水深の小さな湖沼が多数発達している。

セントジョンズ川の最下流沿いに近いジャクソンビルは、米国開拓市場の中でも最も早い時期から西欧人の入植が進んだ土地である。16 世紀にはフランス人やスペイン人が入植をはじめ、18 世紀のイギリスへの割譲、アメリカ独立戦争後の街づくりを経て、1845 年に州に昇格したフロリダ州の一都市となった。

セントジョンズ川の最下流付近という地理的条件の優位性は、大西洋航路から寄港することができることと、セントジョンズ川の内陸水運と接続することに根ざす。そのため、入植時代初期の拠点となった。また、アメリカ東海岸を縦貫するインフラの一部として、1890 年には鉄道の、1927 年には道路の橋梁が現在のジャクソンビルに建設された。19 世紀後半からのジ

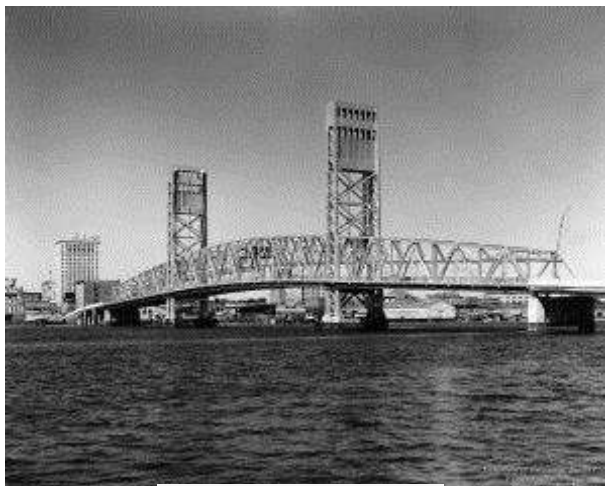
ジャクソンビルは水路と陸路の交差する商業の街として発展した（図 2.1.24）。また 1940 年代に海軍基地が建設され、軍事都市としての役割を担った。



FEC Strauss Trunnion Bascule Bridge, 1890



St. Johns River Bridge, 1923



Main Street bridge, 1941



Mathews bridge, 1953

図 2.1.24 セントジョンズ川の狭窄部にかかる橋梁群

第二次世界大戦が終結して以降、1950年代からは軍需産業の落ち込みから景気が低迷し、人口増加も停滞した。しかし、1962年にはオーランド近郊にケネディ宇宙センターが開設されるなど、宇宙産業やIT産業など先端技術を用いた新たな産業が興った。また、前述のデュバル郡とジャクソンビル市の郡市合併が1968年になり、行政サービスの向上と税率の低減で新たな企業誘致と雇用創出が促され、市の経済は好転した。1970年代以降、ジャクソンビル市には全米有数の企業が本社を置き、運輸業や金融・保険業などによって経済成長が続いている（図 2.1.27、図 2.1.28、図 2.1.29）。



図 2.1.25 舟運の波止場と鉄道旧駅の結節点（現在のMain Street bridgeを望む）



図 2.1.26 図 2.1.25 のエリアを下流側より望む（市の発展に合わせ、Acosta Bridge は 1994 年に開通）



図 2.1.27 ダウンタウンにある鉄道貨物を扱うCSX 本社ビル（写真中央）



図 2.1.28 サンタマリアにある拠点病院バプテスト病院（道路の先）

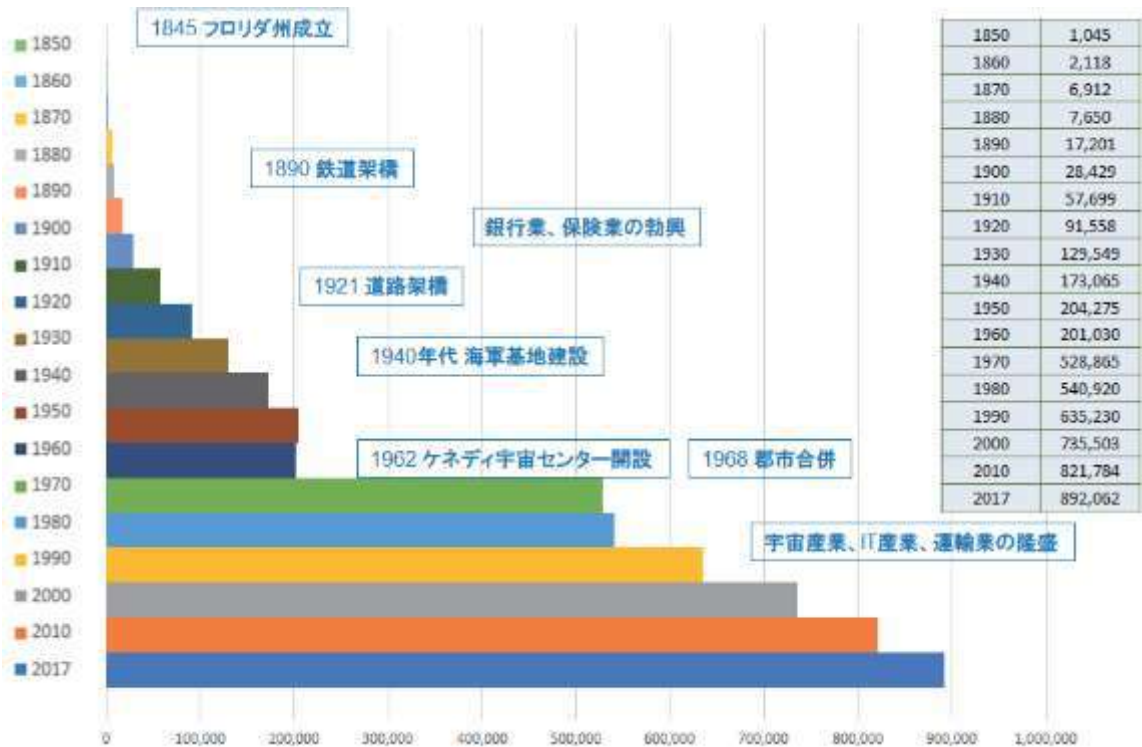


図 2.1.29 ジャクソンビル市の人口推移

現在も発展を続けるジャクソンビルであるが、セントジョーンズ川最下流に位置することから、図 2.1.30 に示すように、全体に標高が低いという地理条件がある。市域のセントジョーンズ側沿いのほとんどが標高 10m 未満となっており、とくにハリケーン来襲時などは海面高に近いラグーンやその外側の砂州では高潮災害を受けるリスクが高い。そのため、図 2.1.31 に示すように、おおむね標高 5m 未満の市域は、ジャクソンビル市防災ガイドによって避難勧告が優先的に発令されるゾーン指定がなされている。非常時には、自動車を利用して標高 10m 以上の土地まで移動することを前提としている。

避難路となる道路として、州間高速自動車道も利用する計画となっている。米国東海岸をニューヨークから下ってくる州間高速道路 95 号線と米国南部を横断してロサンゼルスに向かう州間高速道路 10 号線がこれに当たる。これらは高架構造を含めて概ね標高 5m 以上の、高潮に対して比較的安全な場所に設けられている。

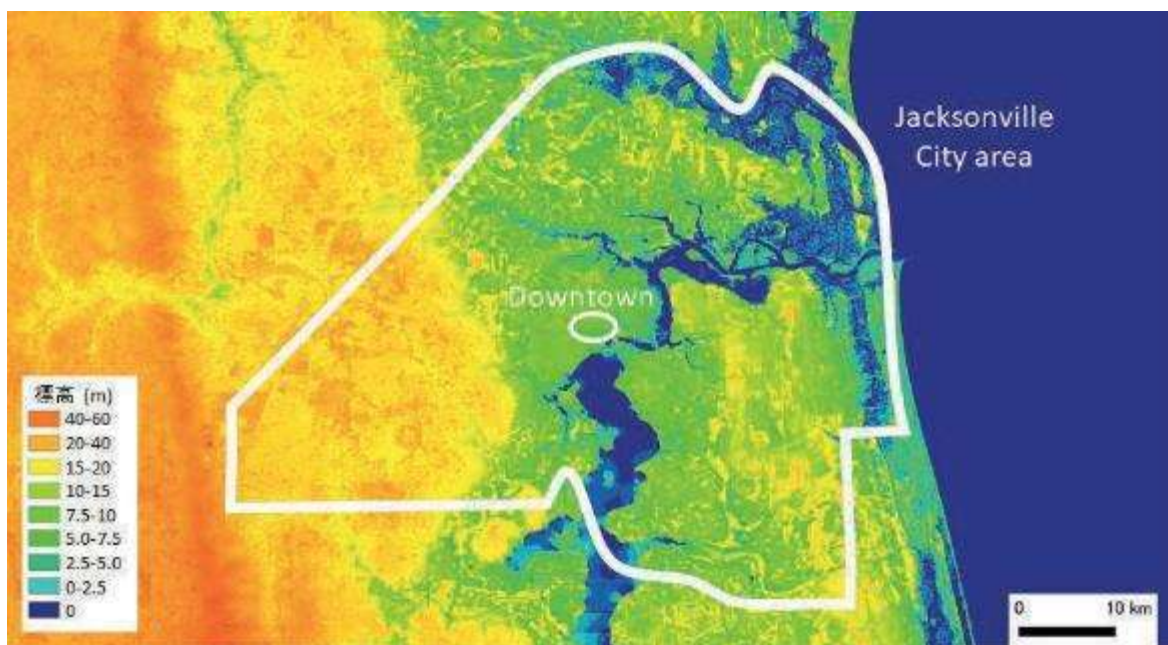


図 2.1.30 ジャクソンビル市域の標高図

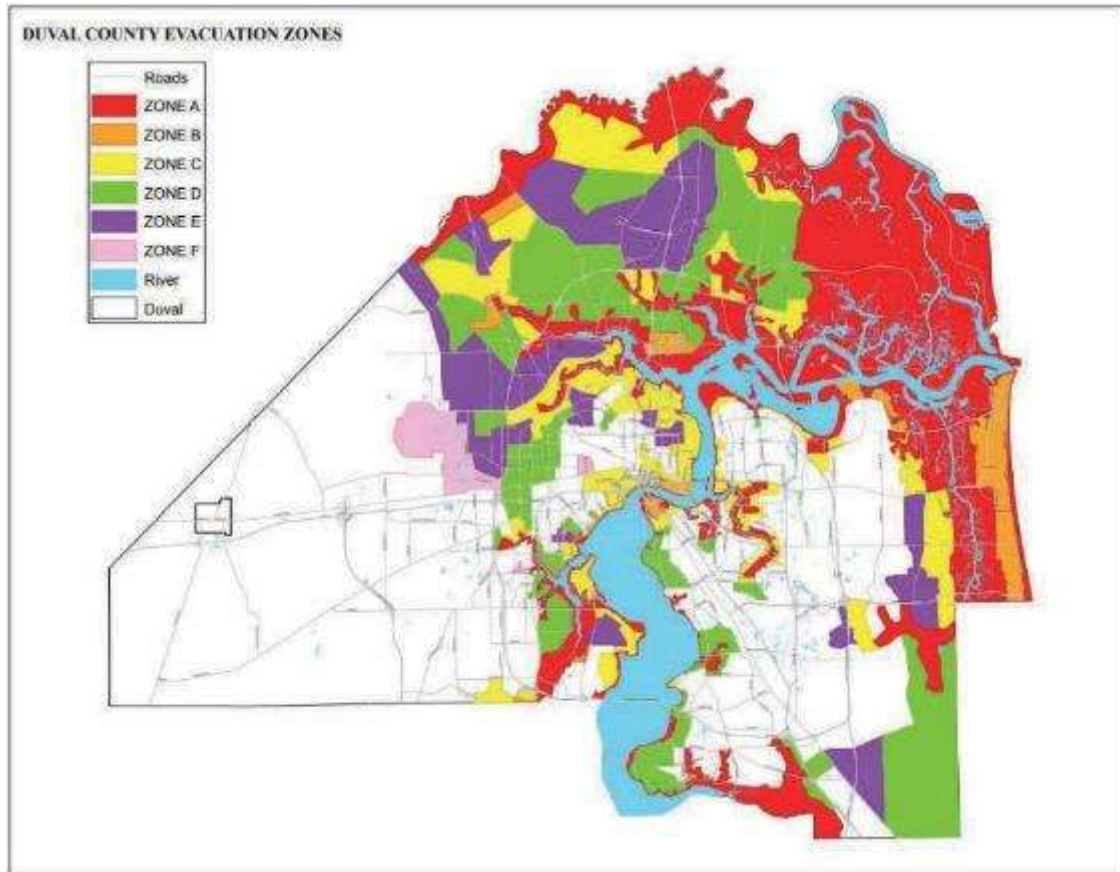


図 2.1.31 ジャクソンビル市域を含むデュバル郡の避難ゾーン区分図
(デュバル郡とジャクソンビル市は市郡合併しており、デュバル郡域のほとんどがジャクソンビル市域である)

2.1.4. ハリケーン・イルマのインパクトと被害

(1) 概況

ハリケーン・イルマはカテゴリー5 に達した、大西洋でもっとも強力なハリケーンの一つであった。イルマは7度上陸し、そのうち4回はカテゴリー5の状態でもっとも強力なハリケーンの一つであった。イルマは7度上陸し、そのうち4回はカテゴリー5の状態でもっとも強力なハリケーンの一つであった。その後イルマはフロリダキーズにカテゴリー4のハリケーンとして上陸し、カテゴリー3の勢力のままフロリダ州南西部を通過した。イルマは広範囲に大きな被害をもたらした。

(2) 軌跡

図 2.1.32 に軌跡を示す。この図では UTC (協定世界時) が用いられている (フロリダ州の現地時間にするには4時間引く)。イルマは8月31日にハリケーンとなり、9月1日には風速が100kn以上となる Major hurricane となった。カリブ諸島に接近し、9月6日にバーブーダ、セント・マーチン島、英領バージン諸島のバージン・ゴルド島に上陸し、その後、プエルトリコ、ドミニカ共和国付近を通過し、カテゴリー4の勢力でバハマ諸島のリトル/イグアナ島(9月8日)に、キューバ(9月9日)にはカテゴリー5の勢力で上陸した。その後、進路を北北西に変えてフロリダ海峡を渡り、9月10日午前フロリダ州キーズの Cudjoe Key 付近にカテゴリー4の勢力で上陸した。その後、勢力を弱め、カテゴリー3の勢力でマルコ島に上陸し、

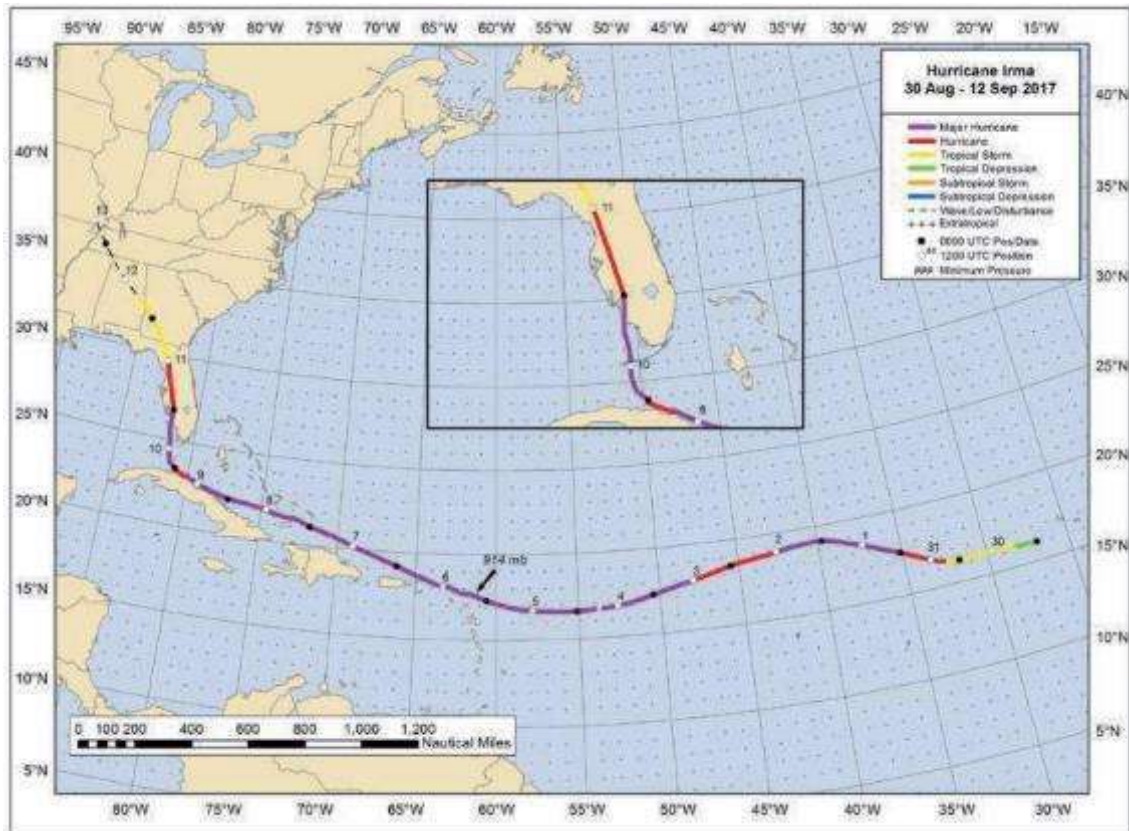


図 2.1.32 ハリケーン・イルマの進路（時刻は UTC (協定世界時)）

フロリダ半島の西側を北上した。9月11日にはカテゴリー2となり、フォートマイヤーズ付近、タンパとオーランドの間を通過し、熱帯低気圧となった。

(3) 降雨と洪水

イルマは、図 2.1.33 に示すように、フロリダ州の多くの地域に大雨をもたらし、フロリダ半島とフロリダキーズの広い範囲で 10~15 インチ (254~381mm) の総降雨量が観測された。フォートピアス付近では、9月9日から12日の間に 21.66 インチ (535mm) の降雨が観測され、これが最高値となっている。

この豪雨によって、フロリダ半島の多くの地域では道路の冠水や低地での氾濫が発生し、インディアンリバー郡やオレンジ郡では住民の救助活動が行われた。

フロリダ州北部の多くの河川（ブラッドフォード、クレイ、マリオン、フラッグラー、デュバル、パトナム、セントジョンズ、ナッソー、アラチュア郡内）で洪水が発生した。

デュバル郡を流れる前述のセントジョンズ川では記録的な高水位を観測し、ジャクソンビル都市圏で大洪水を引き起こし、数百人が救助される事態となった。記録的な高水位は他にもアリゲーター川、ハンプトン湖、サンプトン湖、ニュー川で観測された。

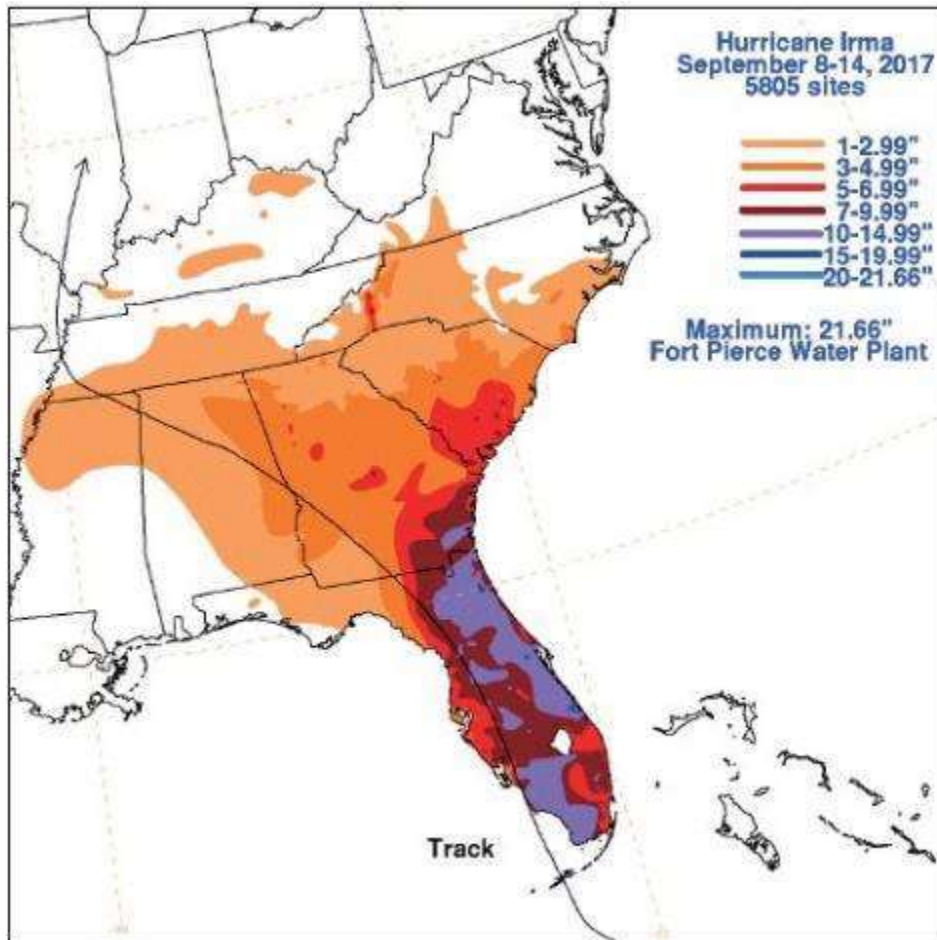


図 2.1.33 ハリケーン・イルマの軌跡と総降雨量コンター図（単位：インチ）

(4) 潮位

フロリダキーズでは、高潮と潮位の複合効果により地上 5～8 フィート（152～243 センチ）の浸水となった。フロリダ東海岸では、南東部のマイアミデイド郡のビスケーン湾に沿って地上 4～6 フィート（121～182 センチ）の浸水をもたらした。フロリダ中部西海岸では、シャーロット港からアパラシエ湾まで地上 1～2 フィート（30～60 センチ）の浸水をもたらした。（以上、図 2.1.34）

観測潮位としては、エバーグレイズ市で 8.31 フィート（253 センチ）、シャーク川で 7.01 フィート（213 センチ）、ロストマンズ川のガーフィールドベイトで 5.5 フィート（167 センチ）、Caloosahatchee 川のフォートマイヤーズでは 3.28 フィート（99 センチ）、ナポリで 5.06 フィート（154 センチ）、Delnor-Wiggings 州立公園では 3.90 フィート（118 センチ）を観測した。

マイアミのマティソンハンモック公園では 5.1 フィート（155 センチ）、バージニア・キーでは 3.7 フィート（112 センチ）を記録し、州北東部ではジャクソンビル・ビーチで 6.65 フィート（202 センチ）を記録した。また、タンパベイ近郊のマッキーベイでは 1.7 フィート（51 センチ）を記録した。

セントジョンズ川では堤防を越えて洪水が発生したが、これは高潮と河川への降雨流出の組合せによるものと考えられる。I-295 橋に設置された潮位計は 5.3 フィート（161 センチ）を記

録しており、ダウンタウンジャクソンビルの南側のリバーウォークに設置された潮汐計は 4.9
フィート（149センチ）を記録している。（図 2.1.35）

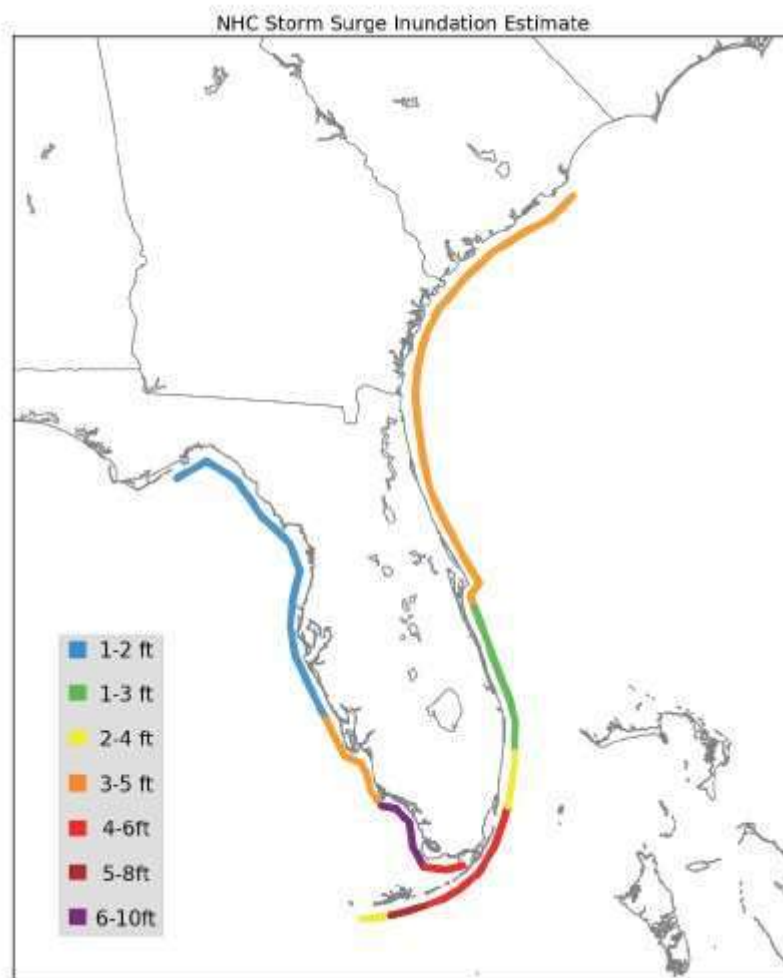


図 2.1.34 ハリケーン・イルマによる高潮浸水予測高さ（National Hurricane Center
予測）



図 2.1.35 ハリケーン・イルマによる高潮観測値（黒字数字）
（着色部分は高潮警戒区域）

(5) 人的被害

米国では、10名の直接被害による死者が発生。フロリダ州で7名、ジョージア州、サウスカロライナ州で数名、間接被害として全米で82名が死亡した。

フロリダ州の直接被害による死者のうち、3名はハリケーン・イルマ通過中の洪水により溺死。フロリダ州の間接死者は80名であり、その原因はハリケーン準備中の落下、車両事故、発電機からの一酸化炭素中毒、電気ショック等である。ブロード郡では老人ホームの停電によるエアコンの停止により14名が死亡している。

サウスカロライナ州での間接死者は2名であった。

(6) 避難

フロリダ州ではおよそ600万人が海岸域から避難した。避難状況については2.3.5で改めて詳述する。

(7) 物的被害

フロリダキーズでは、建物の 25%が破壊され、65%が大幅に損傷し、90%が損傷し、マイアミデイド郡では、被害額ベースで農業産業の約 50% (約 2.45 億ドル) が被害を受けたと FEMA は推計している。

(8) ハリケーン・イルマによる被害額

NOAA 国立環境センター (NCEI) はイルマによる被害を約 500 億ドルと推定している (90% 信頼区間で 375 億ドル~625 億ドル)。この被害額はカトリーナ (2005 年)、ハービー (2017 年)、マリア (2017 年)、サンディ (2012 年) に次ぐ規模である。

2. 2. 防災責任者の積極的な意思決定 Emergency decision making

2. 2. 1. 役割分担の明確化

(1) 発災前の準備

災害時における対応は郡 (county) や市 (City) が対応することが原則的とされているが、広域的な対応が必要となった場合は州政府が、甚大な被害が想定される場合などは州政府からの要請に基づいて連邦政府が対応しなければならないことになっている。

連邦政府レベルでは地方の災害対応を円滑に進めるため、国家災害復興枠組み (National Disaster Recovery Framework) に基づき、事前に連邦の各機関が被災時及び復興時に実施すべき事項が調整されている。具体的には、NOAA 等の気象予報機関は台風の進路や風雨の予測を、FEMA は、避難計画の策定やタイムラインの基礎となる、避難対象エリアからの必要避難時間を計算するソフト (HARVAC) や台風における浸水リスク情報図 (確率 1/100、1/500) に加えて、ICS (インシデント・コマンド・システム) による危機・命令管理システムを提供している。さらに、陸軍工兵隊が、治水対策やインフラ点検に関する基準の策定や技術的支援を行っており、これらは地方公共団体の災害対応に反映されている。また、この枠組みに基づき、連邦の各機関は州政府と日常的にも連携を深めている。



図 2. 2. 1 米国危機管理体制とインシデントコマンドシステムの位置づけ

Emergency Support Function	
#1	Transportation
#2	Communications
#3	Public Works And Engineering
#4	Firefighting
#5	Information And Planning
#6	Mass Care, Emergency Assistance, Temporary Housing, and Human Services
#7	Logistics
#8	Public Health and Medical Services
#9	Search and Rescue
#10	Oil and Hazardous Materials Response
#11	Agriculture and Natural Resources
#12	Energy
#13	Public Safety and Security
#15	External Affairs

図 2. 2. 2 緊急支援業務 (Emergency Support Function) 一覧

ICS は米国で開発された災害現場・事件現場等における標準化された危機・命令管理システムであり、消防や警察などの行政機関に加えて、危機管理に関わる様々な機関が取り入れている。NASA においても ICS が取り入れられて臨機応変な対応が行われるなど、災害対応を円滑に行われていた。また、TEXAS Health Care Center や民間機関においても事前に策定されたタイムラインに基づき浸水対策が行われ、ICS に基づき意思決定と各機関との連携が行われている。

タイムラインに基づく対応を実施する上で必要な洪水予測については、テキサス大学や南アラバマ大学など研究機関が、企業との協定に基づき予測情報の提供を行っており、公的な気象予報に加えて、様々な研究機関が個別の細かなニーズに対応している。なお、ICS を含む National Incident Management System は、2016 年に各機関から提出された意見を元に、昨年 10 月約 10 年ぶりに改定され、これまでの考え方を基本としつつ、これまでの災害対応での教訓を踏まえた見直しがなされている。

しかし、ハリケーン・ハービーやハリケーン・イルマなどをはじめとするハリケーンにおける避難は高潮のハザードに基づいて実施されており、洪水からの避難は行われていない。ヒューストン市においても、1/100 や 1/500 の浸水想定区域はあるものの、その区域に居住する住民を台風が来る前に安全に避難させることが困難であることもあり、高潮を対象とした避難計画しか策定されていない。

(2) 実際の災害対応についての情報共有・意見交換

テキサス州では、5月15日から4日間にわたって、FEMA や陸軍工兵隊、州政府、郡や市の関係者などが集まって、2018 テキサス防災カンファレンスが行われていた（会場はサンアントニオ）。本調査団はこの会議に参加し、約200もの分野に分かれて具体的な議論が行われ、互いが顔の見える関係づくりや災害対応の教訓を広く共有することなど重要な機能を発揮する会議となっていることを確認できた。会議の間では、民間企業が開発した様々な情報機器や災害対応機械も展示され、そこでは防災分野発に限らない新しい技術が積極的に活用され、民間活力の組み込みが明確になっていた。このような会議は米国内で毎年開催されている。



図 2.2.3 2018 テキサス防災カンファレンス会場風景

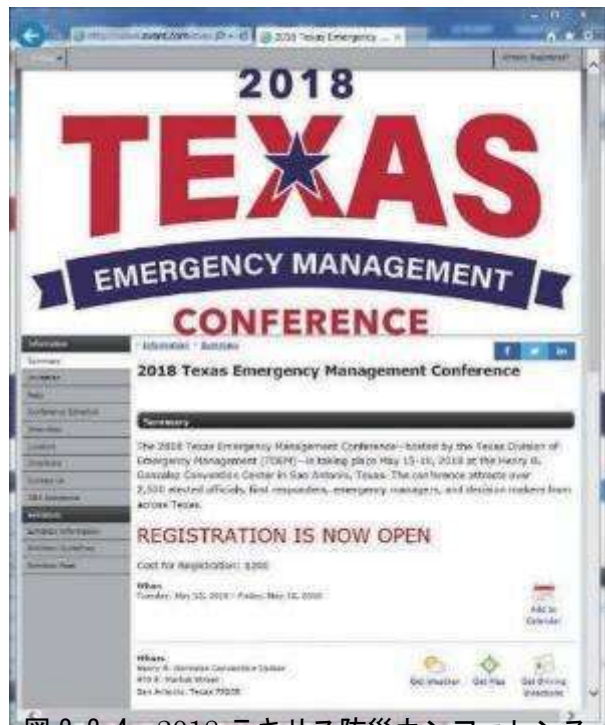


図 2.2.4 2018 テキサス防災カンファレンスの HP

2.2.2. 発災時の対応

(1) 避難リスクや復旧も見据えたリスクの最小化

被害が発生した際に多大な損害が発生し、通常の状態に回復させるために膨大な時間や労力が必要となってしまうことを避けるため、「適切なタイミングでの確な判断を行って、対応行動を事前にとらうとする考え方」が、災害対応の基本として、行政のみならず民間企業や市民に至るまで社会に広く根付いている。その判断は、その時点における科学的な予測に基づき行われているため、予測が変わることにより、その行動が変わってくる場合があり、結果的には

ベストな対応とはならない可能性もあるものの、当該危険事象の発生が予測された段階で状況に応じた様々な判断が実際に行われている。

ハリケーン・イルマのケースでも、大規模な避難行動が取られた。この中で、シャドー・エバキューションと言われる過剰な避難行動（避難の対象とならない地域の住民が避難すること）がフロリダ州の市民に見られたが、これも、台風による直接的な被害だけではなく、台風による混乱そのものから逃げようとする考え方にしがって市民が判断した結果と言え、自らの判断で事前に対応する行動が幅広く根付いていることの表れと見ることができる。

ハリケーン・ハービーのケースではイルマのそれと異なり、ヒューストン市などは洪水による浸水に対する避難勧告を出しておらず、実際大規模な広域避難行動は取られていない。ただこれも、リスクを総合的に見据えての判断に基づくという面を持っていた。すなわち、どの程度の浸水被害が生じるのか予測が元々困難だったことに加え、2.1.2(2)に記述したようにハリケーンが急発達したり動きが異例であったため、豪雨が想定された段階では、安全に避難できる猶予がなく、避難に伴って移動することによるリスクの高さを優先的に勘案したすべき状況であった（この点については 2.3.3 で詳述する）。

なお米国において、ハリケーンがもたらす高潮に対する避難に比較して、豪雨による河川洪水氾濫・浸水に対する避難を的確に行うための施策はまだ充分には整っておらず、FEMA においても、洪水からの避難は依然チャレンジングな課題で、ほとんど事例がないとのことだった

（この点については、2.3.1(3)で改めて述べる）。

(2) 関係者の意思決定を支援する関係者の情報共有システム

災害対応では、限られた時間の中で、ハザードの予測のみならず社会の状況や対策に伴うリスクなど、多くの様々な情報を把握して総合的に判断する必要がある。このため、災害対応時に意思決定者が的確に判断できるよう、危機管理センターには各関係機関から多様な主体が集まっていて情報を相互提供する仕組みが構築されている。



図 2.2.5 ハリス郡危機管理センター

これらの意思決定は相互に関係することもあるため、ハリス郡では必要に応じてハリス郡のトップを務めるJudge（郡行政長官）がヒューストン市長と連絡を取り合い、互いに齟齬のないように統一的な行動をとることとしている（地理的にはハリス郡の中にヒューストン市が位置する）。

(3) 住民のことを考えた情報提供、双方向やりとりの工夫

住民の意思決定のために各機関から提供される情報は膨大であるため、いかに分かりやすい形で情報を提供できるようにするかの工夫が行われている。ハリス郡洪水管理センター（Flood Control District）では、各河川の観測水位や水位予測情報に加えて、観測された水位データを活用した浸水予測区域を地図化して提供するソフトを開発したところであり、6月にも洪水警報システムのなかで公開する予定となっている。

行政機関が発する避難勧告等については、避難する住民に円滑に情報を届けるため、様々な媒体を活用した情報提供が行われており、SNSも積極的に活用されている。これには、図 2.2.6、図 2.2.7 のような活用も含まれる。気象台ガルベストーン予報センターでは、独自にラジオ局を設置して、情報発信が行われていた。さらにガルベストーン危機管理センターでは、SNS やツイッターを活用して情報発信を行う他、専用職員を配置して、様々な問い合わせにも対応する体制を取っていた。また、ハリス郡危機管理センターでは、災害対応時にも危機管理センターの一室にマスコミが常駐しており、定期的に情報交換をしていた。



図 2.2.6 ヒューストン市長、ハリス郡のテキサス州知事のツイートに対するツイッターでの反応



図 2.2.7 ハリス郡危機管理センターのツイッター上での偽情報に対して注意を促すツイート

(4) 民間セクターの主体的対応の誘発

災害対応は、住民のみならず、社会全体でそのハザードに備える必要がある上に、一つの対応は輻輳的に他者の活動や対策にも関連していくものである。例えば、行政の避難勧告は、その地域の民間企業等が災害対応を開始する契機ともなっている。

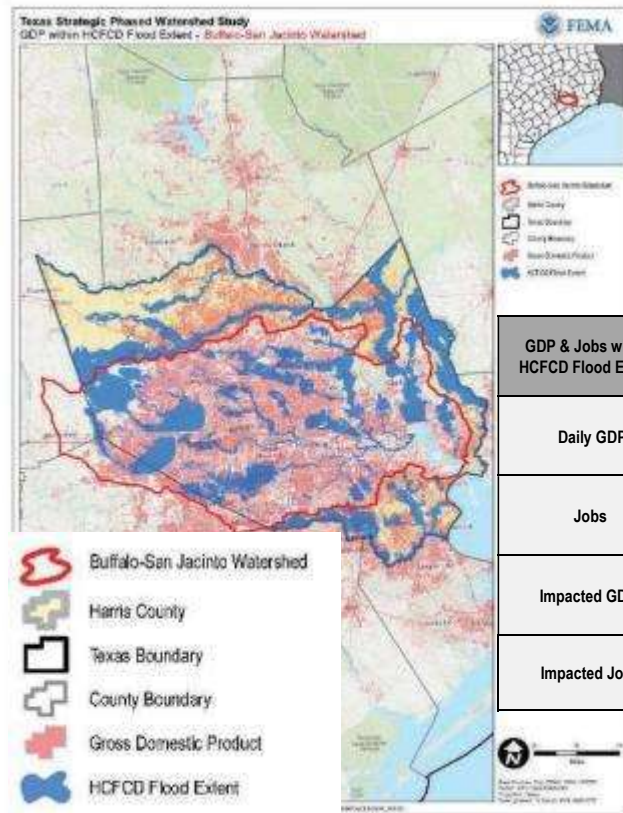
テキサス州のナッソー郡の企業では、工場の閉鎖及び従業員の避難命令の発令に当たって自らの情報収集に加え、市が当該地域に発出する避難命令も参考にしている。工場の閉鎖後も、災害対応を円滑に行うため、ナッソー郡の危機管理センターの近隣に危機管理対応を行うための部署を移動させるとともに、ナッソー群の危機管理センターにも人員を派遣している。また、アメリカの東海岸の鉄道ネットワークを有する CSX 社では、予め運行停止をする恐れがあることを事前に顧客に連絡するとともに、災害時には 24 時間の問い合わせに答えられるよう、コールセンターを設置するとのことであった。さらに、行政からの物資輸送等の要請に備え、危機管理センターにも人員を派遣している。このように官民が連携することによって、災害に社会全体で備える仕組みが構築されている。

2.2.3. 復旧・復興段階

大統領宣言には、スタンフォード法において緊急事態宣言 (Emergency Declaration) と大災害宣言 (Major Disaster Declaration) があり、州政府の要請に基づき、FEMA がレビューを行って大統領に宣言の発令が提言される。

このうち緊急事態宣言は、救命活動や財産・建物被害の保護・低減を目的としているが、大災害宣言はより支援対象が広く、個々の家屋やインフラなどの被害に対する支援も対象範囲となる。ハリケーン・ハービーにおいては、台風が最初に上陸した 8 月 25 日の段階で FEMA は大災害宣言を行っている。これはヒューストン等の大水害が発生する前の段階であったが、連邦政府は自らが責任を持って対応にあたりるとともに、地方行政や個人に対する支援をする準備があることを明らかにしたことを意味している。

また、陸軍工兵隊は、災害時における地域支援も念頭に発電機やブルーシートなどを多数保有しており、災害発生後の要請に応じて、発電機の配布やブルーシートを活用した補修作業、電力網の復旧作業、災害がれきの運搬・搬出などの実施に加え、公共建造物や被災したダム等についてリスク評価やリスク低減対策などの技術指導を行っている。これらは、自らの職員に加えて、予備役等も活用されている他、予め契約している民間企業も業務に従事している。また、これら支援は FEMA からの要請に基づくものであり、そのために必要な資金については全て FEMA から支出されている。



Buffalo-San Jacinto & Harris County GDP w/ Flood Extent

GDP & Jobs within HCFCF Flood Extent	Harris County	Buffalo-San Jacinto
Daily GDP	\$730,386,814.91	\$663,475,168.34
Jobs	2,057,337	1,827,922
Impacted GDP	\$162,046,208.20 (22.19%)	\$154,530,114.12 (23.3%)
Impacted Jobs	433,594 (21.08%)	399,195 (21.84%)

図 2.2.8 ハリス郡、バッファロー・サンジャシント沿川の 1 日あたり GDP とハリケーンにより影響を受けた GDP と労働人口

ハリケーン・ハービーでは多くの家屋等が浸水被害にあったため（図 2.2.8）、住民の生活再建を支援するため、FEMA や州政府の様々な部局を集めた合同現地事務所（Joint Field Office）が、被災直後に設置されている（図 2.2.9）。多くの組織の人員を収容するため、既存の公共施設を用いるのではなく、オースティン事務所の場合、ゴルフショップだった空き店舗を活用し、多くの職員を臨時に雇用して最大 6 千人規模になった。FEMA では、現地のニーズにきめ細かく対応するためにも、被災地で判断できる組織を構築する必要があると考えており、関係機関を一堂に集めていることも迅速な判断を可能にしている。なお、被災住民の支援のため、被災したヒューストン等の 3 地域にも出先の事務所が設置されている。



図 2.2.9 FEMA オースティン統合現地事務所 (JFO) 風景

FEMA は Sequence of Delivery と呼ばれるシステムを活用している (図 2.2.10)。これは、企業や個人の申請に基づき、連邦政府や州政府の支援制度が活用できるかどうかをチェックする仕組みで、各機関が有する様々な支援制度によって、個人の資産や自動車、育児、医療、葬儀等の幅広い分野がカバーされている。この仕組みを通じても支援が不可能な場合は、NGO 等が対応することとされている。この仕組みによって、被災者のニーズと支援のマッチングがよりスムーズに行われている。

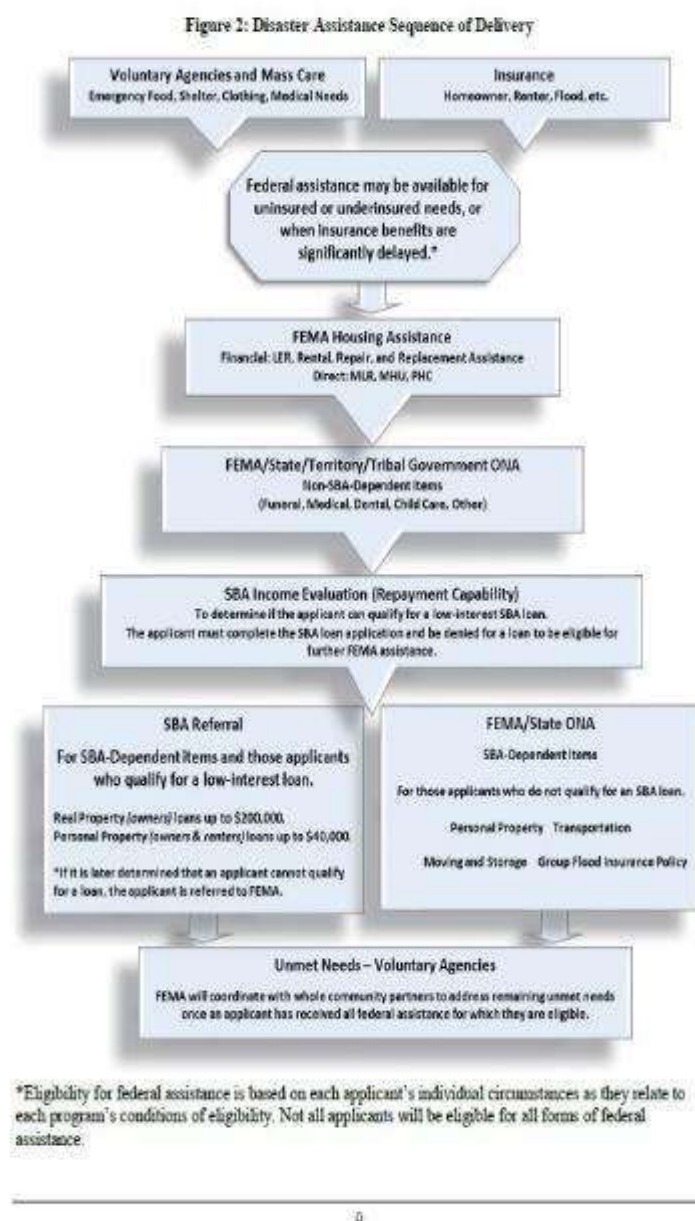


図 2.2.10 FEMA による災害援助の順序 (Disaster Assistance Sequence of Delivery)

合同現地事務所では、被災施設（住宅やインフラなど）の検査（inspection）、被災者を受け入れる仮設住宅（トレーラーハウスを含む）の提供、被災住宅の再建のための資金援助、地域の安全性確保のための調節池の整備支援などを一括して行っている。これらのデータについては各機関がそれぞれ保有しているものもあるが、FEMA が管理するシステムと互換性を有しており、日々、データが自動的に更新される仕組みが構築され、それらの情報はマップ上に落とされて容易に状況把握されるようになっている。対応が必要な機関には個人情報も共有されている他、NGO に対しても必要に応じてデータが提供される。さらに、これらの対策の状況を元に、現在の被害の影響を金銭換算して広く共有するなど、速やかな復旧のための状況把握と進捗管理が行われている。

また、FEMA がこのような進捗管理の下、プロジェクトのワークシートが 90%完了した段階で、FEMA の長期復旧事務所 (Long term recovery office) に移行することとなり、6月にはテキサス州オースティンの合同現地事務所は解散し、長期復興事務所に移行した。1年後に復旧・復興計画確定がなされることとなっている。

2.3. 計画と情報に基づいた避難行動 Information-assisted Evacuation

2.3.1. ゾーニングによる避難計画

(1) ハリケーン・ハービーのインパクトエリア

ハリケーン・ハービーに襲われたテキサス州のヒューストン市やガスベトン市などでは、図 2.3.1 のとおり高潮からのリスクに応じ郵便番号を用いて4つの避難エリア（ZIP-ZONE 1～4 及び Coastal）を設定し、内陸部への避難経路を明示した避難地図を作成し公表していた。また、ヒューストン市内への流入を抑制し一方通行にする取組もしているとのことであった。

ハリス郡からの聞き取り調査では、高潮が想定される 48～68 時間前に避難を呼びかけることにしており、ガルベトン郡からの聞き取り調査では、ガルベトン郡では、ヒューストン市が避難する前に避難させなければならないため、90～120 時間前には判断が必要だと考えていた。

このように、避難エリアや避難経路の設定を行うとともに、避難に要する時間を他の郡からの避難者による混雑も考慮して避難判断を行うこととなっているなど、具体的な避難対策が講じられていた。

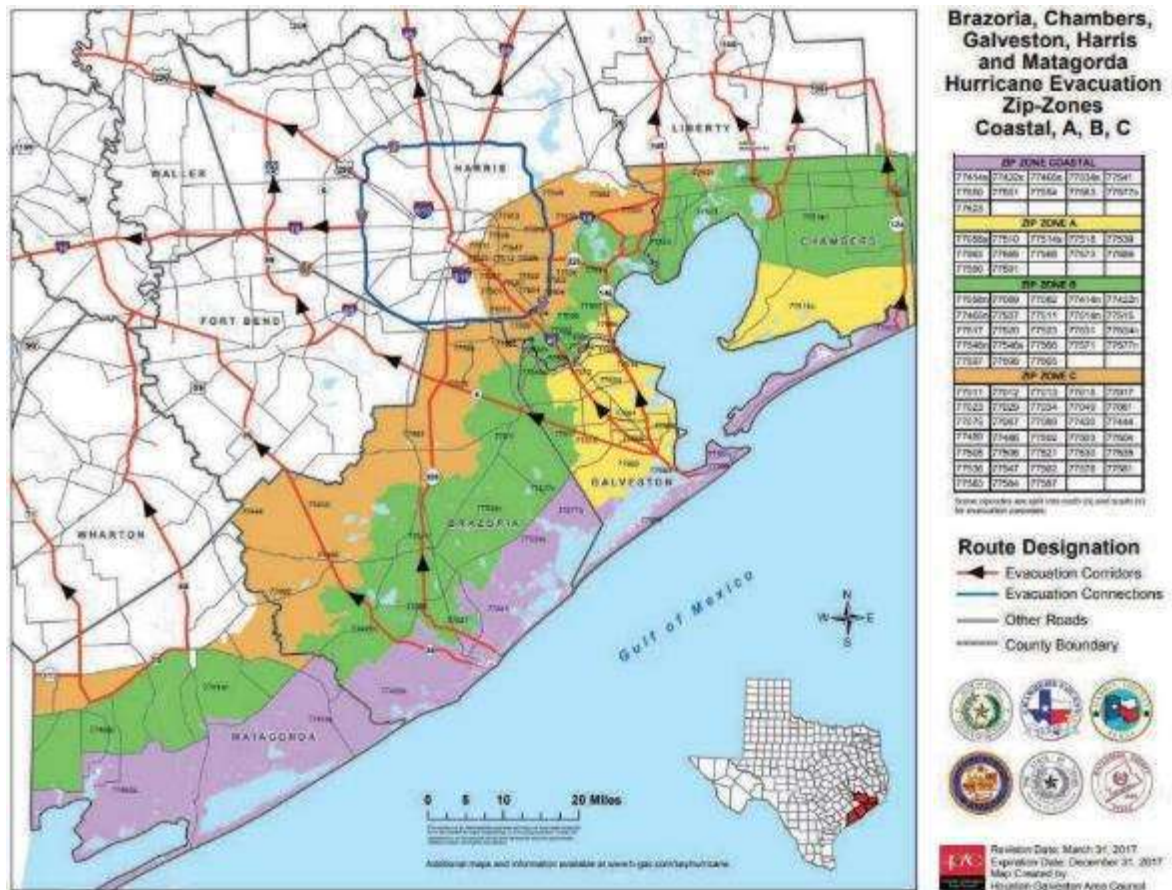


図 2.3.1 ヒューストン市等の避難地図

—沿岸地域の郵便番号毎に避難ゾーンが指定（地図中で色分け）されており、避難道路網（地図中赤線、青線）についても示されている—

(2) ハリケーン・イルマのインパクトエリア

ハリケーン・イルマに襲われたフロリダ州のジャクソンビル市などにおいても図 2.3.2 のとおり高潮など (storm surge, fresh water flooding, isolation) のリスクに応じた6つの避難エリア (A～F) や避難経路を明示した避難地図を作成し公表していた。なお、土地の低いゾーン A と海沿いのゾーンBは、いつも同時に避難命令を発令しているとのことであった。

また、ジャクソンビル市等では、避難エリアごとに避難対象人口や避難に要する時間を設定し、避難命令のタイミングを判断していた (避難時間の算出にあたって用いていたプログラム “HURREVAC” については後述する)。

ジャクソンビル市では、避難命令の発令にあたり「避難命令はタイミングが重要。風が強くなる前に避難を終えること、夜間の避難は避けること、学校を閉鎖し避難場所として整理してから開始することなどを考慮する」、「避難命令の内容は、『ゾーン A の住民は、明日夕方までに避難を完了せよ』というような内容になり、それに先立って『6時間後に避難命令を出す用意がある』という警告発表を行う」ということであり、予告情報や避難完了の目標時刻の伝達といった日本とは異なった避難情報の発信が行われていた。また、「市では、HURREVAC で算出された避難に要する時間に、橋の閉鎖などの不測の事態に備えるため 20 時間を加えており、避難ゾーンA の場合は、34.5 時間となる。」としていた。(図 2.3.3 参照)

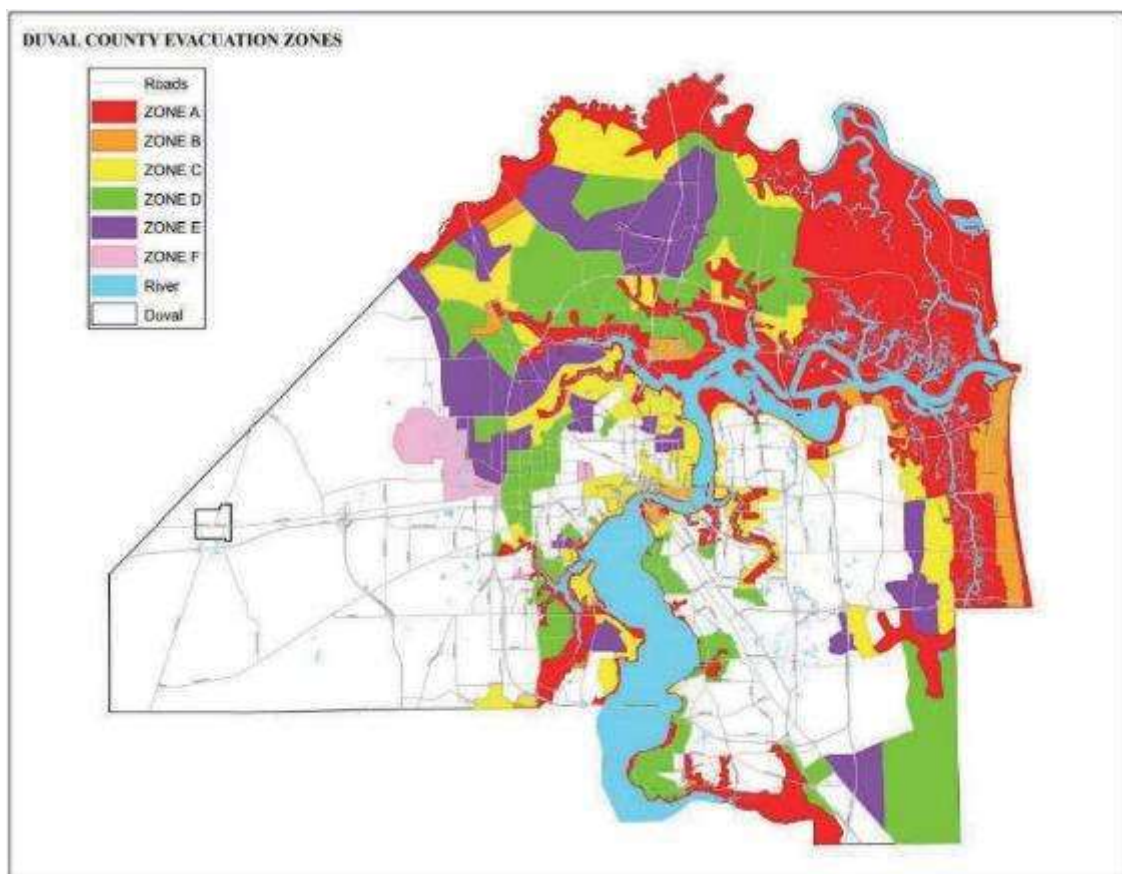


図 2.3.2 ジャクソンビル市域を含むデュバル郡の避難ゾーン区分図 (再掲)

Table 2: Evacuation Zones, Impacted Population, and Clearance Times

Evacuation Zone	Evacuation Zone Population	Total Evacuated	Duval County Clearance Time + 20 (HRS)
A	192,000	A 192,000	34.5 hours
B	72,000	A+B 264,000	35.0 hours
C	192,000	A+B+C 456,000	38.5 hours
D	165,000	A+B+C+D 621,000	44.9 hours
E	101,000	A+B+C+D+E 722,000	49.5 hours
F	11,000	Variable – Zone F evacuations can be ordered concurrent to or separate from other evacuations	Variable – Zone F areas are included or separate from evacuation
Not in Evacuation Zones	153,000	N/A	N/A

Source: 2013 Florida Statewide Hurricane Evacuation Study Program; Evacuation Transportation Analysis, page IV-73; US Census Estimate (2013)

図 2.3.3 ジャクソンビル市等の避難対象人口及び避難に要する時間

このように、ハリケーンの接近に応じた避難情報の発信が事前に明確化されており、ハリケーン・イルマへの対応でも、潮位が上昇した 9 月 11 日（月）の 4 日前の 9 月 7 日（木）から避難を開始したとのことであった*。

※ヒアリングでは、9 月 7 日（木）から避難を開始したとの発言があったが、ヒアリング時の提供資料（Hurricane Irma City of Jacksonville, Florida AFTER ACTION REPORT October 26, 2017 JAX READY）では、避難命令は 9 月 9 日（土）となっている。

このような避難情報の発信は、ジャクソンビル市のみで行われているものではなく、フロリダ州では、67 の郡のうち 44 の郡は高潮の影響を受けるため、それらの郡は高潮からの避難エリアを設定し、National Hurricane Center の予報に基づき郡が避難を決定し発令しているとのことであり、例えば、フロリダ州で最も避難が難しいキー地区では、避難に 96 時間を要することが分かっているため、3～4 日前には避難を開始することとなっていた。

(3) 豪雨による河川洪水氾濫や浸水について

両エリアについては、以上のように高潮を想定した避難計画は具体化されていたものの、豪雨による河川洪水氾濫や浸水に対する避難計画は確認できなかった。

FEMA との意見交換でも、高潮避難ではない河川による洪水に対する避難については現段階で大きな課題とされた。すなわち、ハリケーンがもたらす豪雨の予測や、それによる氾濫・浸水の予測は現段階ではまだ難しく、洪水流下がゆっくりしており事前に洪水警報を発令する大河川は別として、豪雨による比較的レスポンスの速い河川氾濫や浸水の被災想定地域を確実に

予測するのは不可能であるため、避難の指示が困難であり、そうしたハザードに対して確実性のある予測技術が開発・実装されて避難が行えるようになることを期待しているという状況であった。

2.3.2. 避難所要時間の算出（避難所要時間予測ソフト）

避難に係る意思決定のために、HURREVAC（ハーバック：Hurricane Evacuation の略）というコンピューターによる意思決定プログラム・ソフトのツールを連邦政府が州政府、地方自治体に対して利用可能としていた。

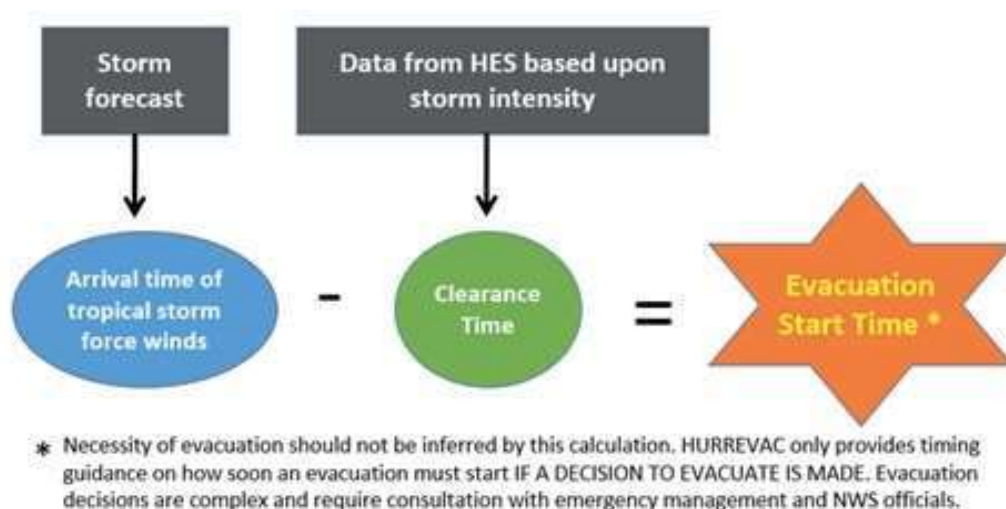


図 2.3.4 HURREVAC 避難開始時間の考え方

避難開始時刻＝熱帯性暴風の到達時間－クリアランスに必要となる時間と定義

HURREVAC は、交通量予測モデルを改良したもので、災害の進行の予測と交通状況から避難の開始と終了時間を計算するものであり、避難命令の決定者に対して避難発令のタイミングに関する判断を支援しているものである。

上述したとおり、ハリケーン・イルマへの対応にあたっては、HURREVAC によって算出された避難所要時間を踏まえ、避難開始を判断していた。

一方で、FEMA での聞き取り調査では、ハリケーン・ハービーへの対応にあたっては、ハリケーンが急激に勢力を強めたため、避難所要時間を確保することが難しく避難命令を発令しない判断であったとのことであった（2.2.2(1)に既述、2.3.3 に詳述）。このように、HURREVAC は単に、避難命令の発令判断を支援するのみならず、避難命令を出さない判断にも活用されるものとなっていた。

また、HURREVAC では、地区別に避難開始のタイミングを提供（図 2.3.5）するとともに、それぞれの地区別に避難完了の時間も提供（図 2.3.6）しており、避難開始の情報発信に加え、避難完了の目途の情報発信に必要な情報も提供するものとして活用されていた。

Map Advisory **Evac Timing All** Reports (+)

Report for Tropical Storm Isaac
Based on Advisory 26 Issued 8/27/2012 10 AM CDT (Old Advisory)

Evacuation Timing All Affected Areas In Error Cone (62 Items)

Location	Evac. Type	Evac Start	Dur.	Dark	Cat/Oc/Re	>34kt(39)	>64kt(74)	Eye	Nearest
MS Harrison	MS/AL/FL	08/27 10C(Past)	14	3	1 / M / M	08/28 00C	08/28 21C	08/29 01C	66 mi.
MS Hancock	MS/AL/FL	08/27 11C	14	4	1 / M / M	08/28 01C	08/28 23C	08/29 02C	46 mi.
MS Harrison	MS&LA	08/27 11C	13	3	1 / M / M	08/28 00C	08/28 21C	08/29 01C	66 mi.
MS Harrison	MS&LA w/cf	08/27 12C	12	3	1 / M / M	08/28 00C	08/28 21C	08/29 01C	66 mi.
MS Hancock	MS&LA	08/27 12C	13	4	1 / M / M	08/28 01C	08/28 23C	08/29 02C	46 mi.
LA Plaquemines	Fast Peak	08/27 12C	8	0	1 / M / M	08/27 20C	08/28 14C	08/28 17C	5 mi.
LA Plaquemines	Slow Peak	08/27 12C	8	0	1 / M / M	08/27 20C	08/28 14C	08/28 17C	5 mi.
MS Harrison	MS Only	08/27 12C	12	3	1 / M / M	08/28 00C	08/28 21C	08/29 01C	66 mi.
MS Hancock	MS&LA w/cf	08/27 13C	12	4	1 / M / M	08/28 01C	08/28 23C	08/29 02C	46 mi.
LA Plaquemines	Fast OFFPk	08/27 13C	7	0	1 / M / M	08/27 20C	08/28 14C	08/28 17C	5 mi.
LA Plaquemines	Slow OFFPk	08/27 13C	7	0	1 / M / M	08/27 20C	08/28 14C	08/28 17C	5 mi.

図 2.3.5 HURREVAC 避難開始時間の表示 (地区別)

Map Advisory **Evac Timing (Plaquemines, LA)** Reports (+)

Report for Tropical Storm Isaac
Based on Advisory 26 Issued 8/27/2012 10 AM CDT (Old Advisory)

Evac Timing (Assume DIRECT HIT) for LA Plaquemines Fast OFFPk

Date/Time (hr)	Possible Action	Hrs Left	to 34kt(39)	to 50kt(58)	to 64kt(74)	to Eye	Day/Night
08/27/12 10CDT	Preparation/Planning	3 to Evac	116 miles	261 miles	No 64 kt	316 miles	Daylight
08/27/12 11CDT	Preparation/Planning	2 to Evac	104 miles	247 miles	No 64 kt	304 miles	Daylight
08/27/12 12CDT	Preparation/Planning	1 to Evac	91 miles	234 miles	No 64 kt	291 miles	Daylight
08/27/12 13CDT	EVAC START TIME	7 to Hazards	78 miles	220 miles	No 64 kt	278 miles	Daylight
08/27/12 14CDT	Evacuation(if needed)	6 to Hazards	66 miles	206 miles	No 64 kt	266 miles	Daylight
08/27/12 15CDT	Evacuation(if needed)	5 to Hazards	53 miles	192 miles	No 64 kt	253 miles	Daylight
08/27/12 16CDT	Evacuation(if needed)	4 to Hazards	40 miles	178 miles	No 64 kt	241 miles	Daylight
08/27/12 17CDT	Evacuation(if needed)	3 to Hazards	28 miles	165 miles	209 miles	228 miles	Daylight
08/27/12 18CDT	Evacuation(if needed)	2 to Hazards	15 miles	151 miles	194 miles	215 miles	Daylight
08/27/12 19CDT	Evacuation(if needed)	1 to Hazards	2 miles	137 miles	180 miles	203 miles	Daylight
08/27/12 20CDT	EVAC COMPLETED	13 to 50kt(58)	0 miles	127 miles	169 miles	192 miles	Daylight
08/27/12 21CDT	Winds >34kt(39mph)	12 to 50kt(58)	0 miles	116 miles	159 miles	182 miles	DARK
08/27/12 22CDT	Winds >34kt(39mph)	11 to 50kt(58)	0 miles	106 miles	149 miles	171 miles	DARK
08/27/12 23CDT	Winds >34kt(39mph)	10 to 50kt(58)	0 miles	96 miles	139 miles	161 miles	DARK
08/28/12 00CDT	Winds >34kt(39mph)	9 to 50kt(58)	0 miles	85 miles	129 miles	151 miles	DARK
08/28/12 01CDT	Winds >34kt(39mph)	8 to 50kt(58)	0 miles	74 miles	117 miles	140 miles	DARK

SS Category: 1 Occupancy: Medium Response: Medium Timeline (OFF) Evac Options Ref

図 2.3.6 HURREVAC 避難開始・完了の表示 (時系列)

2.3.3. 気象状況等に応じた避難情報の選択 (避難命令の発令判断 or 発令しない判断)

ハリケーン・ハービー、ハリケーン・イルマともに上陸時はカテゴリー4の勢力をもったハリケーンであったが、例えば、テキサス州ヒューストン市の市民とフロリダ州ジャクソンビル市の市民では行政から発信される避難に関する情報は全く異なるものであった。

テキサス州では、避難命令は、郡又は市長が、気象予測や過去の経験、施設整備の状況を踏まえて実施することになっていた。ハリス郡では、ハリケーン・ハービーへの対応にあたり、ヒューストン市長が発信した「650万人が避難することは、ハリケーンによる被害よりも多くの被害がでる」とのメッセージに明らかなように、急速に悪化した気象状況と、避難途中に被災することが多い過去の経験（2005年ハリケーン・リタでは避難によって100人以上が熱中症などで死亡）などを踏まえ、家の中に留まる方が安全と判断し、避難命令は発令されなかった。ハリス郡では、避難命令を発令しなかったことにより被害が軽減できたと考えられており（車での移動中に被災したのは、ハリス郡の全犠牲者36名のうち6名）、ハリケーン・ハービーへの対応は概ね上手くいったという評価がなされていた。

一方、ジャクソンビル市では、潮位が上昇する4日前には避難開始となっている。猛烈な勢力を維持したハリケーン・イルマの接近に応じて、「National Hurricane Center」の予報に基づき、FEMA等が提供するHURREVACを用いて避難時間が算出され、事前に計画された避難区域に対して、避難命令が発令されていた。

このように、結果としてヒューストン市とジャクソンビル市は異なる避難行動を住民等へ促した。しかし、ヒューストン市が、「気象条件の急激な変化によって、避難時間が不足するため、避難命令を発令しない」という判断を下せたことにも、ジャクソンビル市が「ハリケーンの接近に伴い避難計画に基づきゾーンAとゾーンBに避難命令を発令する」という判断を下せたことにも、避難命令の発令者に対して“今後の気象状況の把握”、“避難に要する時間の把握”に基づく意思決定ができる情報が提供される体制が整っていたことが有効に働いていたと考えられる。

すなわち避難命令の発令者は、上述した事前の避難エリアや避難経路の設定、避難所要時間の把握に加え、発災のおそれが高まった状況において、時々刻々と変化する今後の気象状況やHURREVACが提供する避難命令の発令のタイミングなどに基づき、被害を最小に抑えるために最も適切な避難情報を住民等に対して発信することができていたと言える。

2.3.4. 被災地状況と気象・水象の観測・予測情報のリアルタイム把握を同所で行う体制

ガルベストン郡では、写真2.3.1と写真2.3.2に示すように、危機管理室と住民等からの通報を受ける通信室、高潮と河川水位の観測と予測を行っている気象台が同居・併設されており、避難命令等意思決定に必要な情報共有が円滑に実施できる体制となっていた。



写真 2.3.1 ガルベストン郡（危機管理室）



写真 2.3.2 ガルベストン郡（気象台）

2.3.5. 防災情報や災害報道に基づいた住民の避難行動

ハリケーン・ハービーのテキサス州上陸が 8 月 25 日であり、ハリケーン・イルマはその約 2 週間後の 9 月 10 日にフロリダ州に上陸した。立て続けに米国本土を襲ったハリケーンにより、特に、猛烈な勢力を維持してカリブ海の島々に甚大な被害をもたらしながら接近してきたハリケーン・イルマによって、「避難する必要のない人の避難 (shadow evacuation)」といった新たな課題も浮かび上がった。

ジャクソンビル市での聞き取りでは、避難命令の対象が避難ゾーン A 及び B の約 26 万人に対して発令されたにも関わらず、実際に避難した人数は 45 万とのことであった。また、フロリダ州危機管理部での聞き取りでは、推計約 680 万人の避難者のうち、高潮避難ゾーンに住んでいたトレーラーハウスの居住者等の避難が必要であった者が 380 万人であり、残りの 300 万人が洪水被害を受ける低平地の居住者や shadow evacuation の人たちの合算値ということであった (shadow evacuation のみの避難者数は不明)。

このようにハリケーン・イルマでは、一定数の shadow evacuation が発生したことが確認できた。

フロリダ州危機管理部での聞き取りによれば、このことには、直前のハリケーン・ハービーによる被害の状況 (災害報道) により不安を感じた人が多数いたことが関係していたと考えられている。

さらに、聞き取り調査では、ハリケーン・イルマに対する住民等の避難行動に関する課題として、shadow evacuation だけではなく、必要以上の長距離避難も上げられていた。

通常、フロリダ州では、ハリケーンに対する避難の基本は、「高潮から逃げるために少し内陸に入りなさい」というものであり、何百マイルも逃げるのではなく、数十マイル内陸側に逃げることを促しているということだった。しかし、ハリケーン・イルマは、多くのハリケーンがフロリダ州を横断するのに対し、フロリダ州の東側から近づき、フロリダ州の南を通過して西に抜けると思われた進路を急ぎ北に変え、フロリダ州の中央の“背骨”を縦断した。このため、フロリダ州の東側に住むマイアミの住民は一旦内陸側 (西側) に逃げたものの、内陸側をハリケーンが北上することが分かり、ハリケーンから逃れるように北側に避難したため、必要以上に遠方に避難することになり、それに伴う道路渋滞の発生や燃料や日用品、ホテルの不足、近隣州への影響が起こった。

このように避難者は、行政からの防災情報のみならず、災害報道など様々な情報を基に自ら避難行動を決めており、ハリケーン・イルマにおける住民等の避難行動は、住民等は必ずしも行政の予測通りの行動を取らないことを示唆している。

2.3.6. 避難場所の設置、要援護者の支援

避難命令が出された際の住民等の避難行動について、テキサス州水開発委員会での聞き取りの結果、テキサス州では、避難先は、自主的な避難 (Voluntary Evacuation) の場合は避難場所を自ら見つけることとなっており、強制的な避難 (Mandatory Evacuation) の場合は行政でも準備するということであった。

ハリケーン・ハービーでは避難命令は出されなかったものの、自ら避難した人の多くは、ホテルや家族、赤十字が開設した避難場所へ避難したとのことであった。これは、ハリケーン・イルマへの対応の聞き取りを行ったジャクソンビル市でも同様であり、避難場所は公的施設の準備もしているが、多くの住民は自ら避難場所を確保し避難しており、具体的には「ハリケーン・イルマの際、実際に避難した 45 万人」に対し「(公的な) 避難場所の利用は、4,000 人超」という状況であった (図 2.3.7 参照)。公的な避難場所を利用する者の一定数は、ホームレスのほか、避難場所に特別な設備を必要とする者であり、行政は、これらの特別な支援が必要とする者の情報を登録制度によって把握し必要な支援を行っていた (要援助者に対する登録制度は、テキサス州にも同様の仕組みがあり、2.3.7 で詳述する)。

また、ジャクソンビル市では、療養所 (Nursing house) は避難計画を作成することが義務付けられており、入居者を避難場所や病院に搬送することとなっている。病院にも避難計画があり、垂直避難や他の病院への搬送を行うこととなっていた。なお、搬送先は、郡の医療スタッフが全病院と連絡を取って調整することとなっていた。

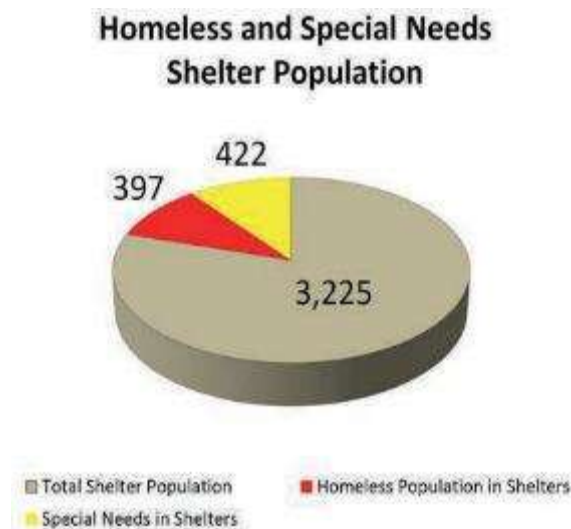


図 2.3.7 ハリケーン・イルマにおける避難場所への避難者数 (ジャクソンビル市)

2.3.7. 要援助者の登録制度と搬送先調整の仕組み

テキサス州には、地方政府が行う要援助者保護への技術的支援・能力強化を目的とした「テキサス州要援助者登録システム (The State of Texas State of Texas Emergency Assistance Registry (STEAR) Program)」がある。その概要を図 2.3.8 に示す。システムは、地方政府が避難支援を必要とする者を把握し、支援を検討するためのものであり、避難にあたって支援が必要な者が自ら登録 (氏名・住所等のみならず支援が必要な事項等も記入) することとなっており、14 の言語で登録可能となっている。システムは州政府 (テキサス州危機管理局 STEAR) が管理し、地方政府 (基礎自治体) が利用している。要援助者保護は地方政府の責務ではあるが、現実として地方政府がその能力を備えているわけではないため、州知事の判断でシステムを立ち上げたとのことであった。

ハリケーン・ハービー来襲時には 6,000 人の登録者に被害者はいなかった。未登録者を減らすことが課題となっており、登録内容は期限付きで、毎年 3 月に登録更新（依頼メールを送信）がなされている。

ハリケーン・ハービー来襲時、テキサス南東地域諮問機関では、Catastrophic Medical Operation Center (CMOC) を立上げ（図 2.3.9 参照）、25 の郡、180 の病院、1,000 以上の関係機関と連携し、病院との連絡や救急者やヘリでの搬送といった活動を実施していた（搬送患者数：1,544 人、搬送活動回数：773 回）。

また、テキサス医療センターでは、2001 年のハリケーン・アリソンの被害を受け、flood gates（浸水防止扉）や排水設備などのインフラ整備を加速し、ハードによる防災対策の推進が図られていた。浸水防止扉は、地下空間でつながった各施設の 1 つが浸水しても他に拡散しないように浸水を止めるためのものである。図 2.3.10 に flood gates の例を示す。非常に多くの雨が降った時、ライス大学で洪水のモニターをしており、それに基づいて浸水防止扉を閉める。また、燃料や食料品等は最低 10 日分もつなどの備蓄対策も講じ、さらに、備蓄が不足する場合は、州や市が、必要によっては軍用機等を使用して提供してもらうことになっているなど、地域の基幹施設として行政と連携した防災対策がとられていた。そして、小さいコミュニティの病院からも出来る限り、ヘリや州政府や市が持っているボートトラック（浸水しても使用可能な水陸両用車）で搬送することとなっていた。

患者の搬送調整の仕組みは、フロリダ州においても整えられており、避難時の患者の受け入れは、Duval Council Health Department が Interagency Coordinating Program (ICP) に基づいて搬送先を調整することとなっていた。避難場所や在宅にケアが必要な患者がいると全体に負荷がかかるため、患者の移送は出来るだけ早い方がよいとされ、病院としては受け入れるべき患者を受け入れるだけといった対応がなされており、聞き取り調査を実施した病院でも新生児や妊婦の受け入れを実施していた。

このように、避難に支援が必要とされる者に対しては、行政からの支援が受けられる仕組みが設けられ、行政と病院、関係する者の連携による支援体制が構築されていた。

STATE OF TEXAS EMERGENCY ASSISTANCE REGISTRY (STEAR)



Do you or anyone you know need some form of assistance during times of an emergency/disaster event? The state of Texas offers Texans the option to register with the STEAR program, a FREE registry that provides local emergency planners and responders with additional information on the needs in their community.

(Texas communities use the registry information in different ways. Registering yourself in the STEAR registry DOES NOT guarantee that you will receive a specific service during an emergency. Available services will vary by community. For more information on how your community will use information in the STEAR registry, contact your local emergency management office.)

Who Should Register?

- People with Disabilities
- People with access and functional needs such as:
 - People who have limited mobility
 - People who have communication barriers
 - People who require additional medical assistance during an emergency event
 - People who require transportation assistance
 - People who require personal care assistance

How to Register

- <https://STEAR.dps.texas.gov>
- Dial 2-1-1 or use your video phone relay option of choice to contact 211
- Printed or electronic forms (Contact your local government)

Required Information to Register

- Name
- Address
- Phone Number
- Primary Language

Additional questions asked to capture vital information for local emergency planners and responders

- Emergency Contact Information
- Caregiver Information
- Pets
- Transportation assistance for home evacuation
- Communication Barriers
- Disability, Functional or Medical Needs

Registration is **VOLUNTARY**.

All of the information you provide will be kept **COMPLETELY CONFIDENTIAL**.

Local Emergency Management Office

Page 10/14

図 2.3.8 STEAR の概要

誰が登録すべきで、登録はどのようにしたらよいか、登録に必要な情報等は何か、が示された STEAR の説明ペーパー（あくまで登録はボランティアであると記載あり）



図 2.3.9 Catastrophic Medical Operation Center (CMOC)の様子



図 2.3.10 Food Gates (テキサス医療センター)

2.4. 自らの判断による防災行動 Motivation-driven Action

2.4.1. 企業としての意思決定（体制準備、資産の保護、危険物の処理、職員と家族の安全確保、社会貢献）

日本でも企業による事業継続計画への関心が高まり策定が徐々に進んでいるところであるが、米国では、サービスの継続はもちろんのこと、従業員とその家族の安全確保や、被災時の企業の社会貢献などを含めて概念として、事業継続が広義に取り組みられていることがわかった。

本調査では被災すると社会・経済に与える影響が大きい業態を擁する以下の企業・病院等に対しヒアリングを行った。

- CSX 社：米国 23 州で 22,000 マイルで事業を展開している鉄道会社
- レイオネア社：化学繊維工場として多くの危険化学物質を扱う。フロリダ州東海岸沿いに工場を有し高潮被害を受けやすい。
- NASA：アメリカの航空宇宙産業を支え、災害時でも継続稼働が必要な実験施設等を有している。
- テキサスメディカルセンター（TMC）／バプテストメディカルセンター（BMC）：テキサス州、フロリダ州北部の基幹病院

これら企業・病院等の①平時における事前のハリケーン準備、②ハリケーン接近時の準備・対応、そして③ハリケーン通過後の復旧・再度災害防止対策について述べる。

なお、緊急時の対応としては、大きく分けて2通りある。ハリケーン襲来中は企業としての活動を停止するものと、襲来中も操業を継続するものである。今回のヒアリング先でいえば前者はレイオネア社、後者はそれ以外の企業・病院等である。

(1) 平時の準備

ここでは、ハリケーン来襲時に備え平時に時間をかけて行う準備について扱う。各企業・病院等は過去にも度々ハリケーン被害を受けており、それらを教訓として施設による対策、食糧・水の準備、大学や契約している保険会社からの助言を生かした対応など、様々な対策を講じている。

1) 施設による対策

施設による対策としては、嵩上げや周辺を擁壁で囲むという対策がごく一部で実施されていたが、主たるものは耐水化や地下空間の浸水対策であった。以下、代表例を示す。

- 施設の嵩上げ
BMC が存する地域での保険／医療施設の新設には、氾濫原より最低2フィート（約60cm）を上回ることをする要件が定められている。しかし当該メディカルセンターは8フィート（約240cm）以上となるよう計画している。



図 2.4.1 ハリケーン・イルマによるバプテスト医療センター浸水の様子

- 周囲堤
レイオネア社における、2016年のハリケーン・マシューと2017年のイルマ時の高潮は過去最大の1898年のときよりいずれも0.7m低く、工場周囲の土堤をかさ上げしていたこともあり冠水することはなかった。
- 排水システムの充実
テキサスメディカルセンター（TMC）内の道路の排水は速やかに行われたが、周辺の幹線道路が浸水してしまったためTMCの敷地内へ車両で入って来ることは困難であった。しかし施設自体は排水により問題なく動いていたため、ヘリ搬送の患者の受け入れは常時行っていた。
- 遊水池
NASAは遊水地として施設近郊の土地を一部購入している（写真2.4.1参照）。遊水池として機能させるための築堤は行っておらず、遊水池として購入した敷地の外周の排水路による自然排水により遊水機能を確保している。



写真 2.4.1 左：NASA が遊水地用に購入した土地 右：NASA の施設

- 施設の耐水化

TMC では 2001 年のハリケーン・アリソンで病院敷地が広く浸水し、30 億ドル以上の被害が発生した。嵐により病院の操作が継続できなかった。TMC は、それ以降防災のためのインフラ整備を加速し、**flood gates**（浸水防止扉）、発電機、ポンプ増強等を行った。これらの整備には政府の補助金（FEMA 等）を活用している（**flood gates**（浸水防止扉）については 2.3.7 参照）。

BMC では、ハリケーン・イルマ襲来の際には高潮と強風でピーク時には海拔 15 フィート（4.5m）の高さまで波が押し寄せ、5 フィート（1.5m）の護岸を越えた。土のうとベニヤによる仮締切での対処を行っていたが、土のうは流された。その結果、ベニヤ板部分からの漏水が発生した（写真 2.4.2 参照）。これを踏まえ 2018 年のハリケーンシーズン前には防水扉の設置が予定されている。



写真 2.4.2 BMC のハリケーン・イルマ襲来時の状況—設置した土のうは流され、ベニヤ板部分から漏水が発生した

- 重要機材等の上階への移動
BMC では、100 年確率の水位は海拔 6 フィート (1.8m) だが、重要機材は 12.5 フィート (3.8m) 以上に置く。イルマでは停電はなかった。また、非常用発電機は 20 フィート (6m) 以上に置いているなど、送電系統全体は水が来ない高さにある。
また、当該地域での保険／医療施設の新設には、氾濫原より最低 2 フィート (0.6m) を上回ることを要件が定められているが、同医療センターの場合は 8 フィート (2.4m) 以上となるよう計画している。
- 耐構造物の耐風性能強化
BMC では、暴風／風圧に対する建物評価にフロリダ州の格付け制度 (1985 年ハリケーン・アンドリューを受けて制度化) を適用している。この制度では、沿岸域や河川に近接する地域は厳しい格付けとなる。さらに重篤患者を抱えるような医療施設はその値に安全マージンとして 15% が課せられている。
レイオネア社では、緊急時に工場トップたちが集まる EOC は新設ホテルにあり、この建物はカテゴリー 5 のハリケーンにも耐えられる設計になっている。

2) 食糧・水の準備

食糧や水については、各社異なるものの、多くは 3 日以上ストックを有している。特に病院では水・食糧の確保状況は充実している。

TMC では、水はストックしていない。ヒューストンにおいて断水が発生する恐れはない。TECO（冷却器メーカー）による飲料水や医療上必要な水を冷却・供給するシステムが設置されている。食料品等は、10 日間は供給が無くとも耐えられるようになっている。ハービーの時は 7 日間にわたり浸水で食糧調達ができなかったが、それ以降は陸路での食糧調達が可能となった。シスコ（食品流通最大手）と契約しており、食糧やさらには必要ならば冷蔵庫も運んでくる。仮に浸水でトラック輸送ができなくても、必要となれば、州政府やヒューストン市が、ときに軍用機等も活用して、食糧・水、必要な物資の提供を行うことになっている。

BMC では、飲料水はボトルウォーターを備蓄している。また 1,200 フィート深（360m）の井戸があり、飲料水として適切か毎年水質検査を行う。これを逆浸透処理すれば人工透析にも使える水質にできる。食糧は約 8 週間分相当を蓄えている。

レイオネア社は、水の供給源としては 2 種類有している。市供給の上水と 9 つの井戸・用水である。さらに島の西部 7km にわたり井戸が散在しており、冗長性が確保されている。

3) 外部からの助言（大学・保険会社）

自らの専門分野ではない災害対策については、被害軽減や事業継続、確実な避難のため、発災時の行動や発災前の準備について、外部の大学や保険会社と契約し助言・情報提供等を受ける体制を取っている事例が見られた。全ての社において共通して質問したわけではないため、防災業務の外注というやり方が民間企業にどの程度一般的になっているかは定かでないが、日本に比べてこうした取り組みが広がっている可能性が示唆された。

レイオネア社では、事業が中断した場合に保険を提供してくれる FM グローバルという保険会社と契約しており、その実績は 20 年に及ぶ。レイオネア社は、FM グローバル社が自分たちの工場、運営、社員のことをよく知っていると認識するに至っている。FM グローバル社は保険金の支払いのみならず、工場内に入って、工場運営の仕方、機材・設備を見て、浸水による損失を最小限に抑えるための助言をしている。同社は、防災計画策定時の助言や、ハザードマップの解釈補助、早期復旧のための方策検討についても協力している。例えば最近の具体の改善策につながった提案としては、交換用電気モーターをより高い位置へ移動することがあった。

TMC では、前述のとおり、洪水時にはライス大学が浸水状況をモニタリングしており、flood gates（浸水防止扉）を閉めるタイミングを助言する。なお、この支援について TMC は、ライス大学と協力覚書を結んでいる。またライス大学には災害に関する学部があり学術の一環として行っている側面もある。

CSX 社では、ハリケーンの進路等の情報は、研究契約を結んでいる南アラバマ大学から入手している（図 2.4.1 に示すような画像の情報が送られる）。同社は、同大学がハリケーン・カトリーナの進路を正確に予測した唯一の機関としての実績を有していると評価している。

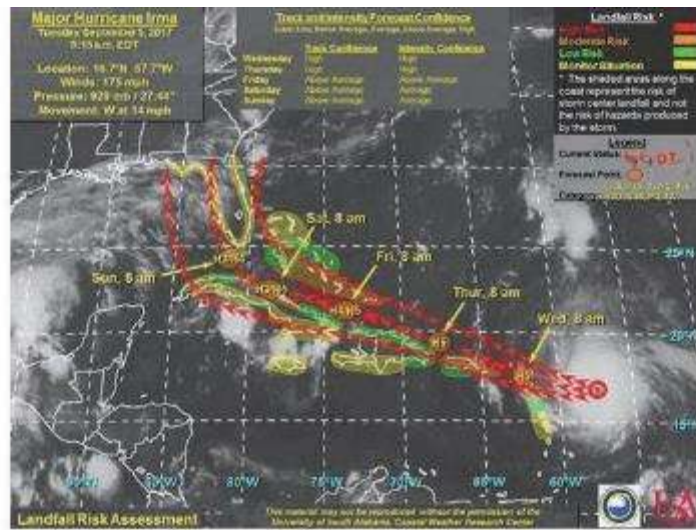


図 2.4.1 CSX 社が独自に用いているハリケーン情報
 上：ハリケーンの生成、勢力の拡大がわかるもの
 左下：接近時の進路や風速の情報を得られるもの
 右下：高潮位予測を示すもの

(2) ハリケーン接近・襲来時の準備・対応

ここでは、ハリケーンが発生して接近・上陸し、その影響が避けられないと考えられるときに、各企業・病院がおこなう準備について扱う。各機関の役割の違いからそれぞれ注力する準備内容が異なるが、大きくは事業継続のための体制確保（人員配置等）や、避難、資機材の準備や退避、災害発生時の事業継続に分類することができる。なお、これら準備内容は事前に緊急時の対応計画として計画されている。

1) 体制（災害対応の流れ等）

人命や危険物質の取り扱い、従業員の安全など、ハリケーン来襲時に各社がそれぞれ重視・優先するものを明確にしており、被害の最小化に努めている。

レイオネア社のパルプ工場では、吸引した場合に危険な物質を4つ取り扱っており（アンモニウム、二酸化硫黄、二酸化塩素、塩素）、ハリケーン緊急対応では、なるべく事前にこうした危険物質を工場外のサイトに移転させることにより安全を確保することが最優先となっている。

まず、化学物質がはいったタンクの量を可能な限り減らす。逆に、危険ではない化学物質については、できるだけタンクを満タンにし、洪水時にタンクが浮いて動いてしまうことを防ぐ。また、製品は非常に価値のあるものなので浸水可能性のない施設外に移動させる

レイオネア社は、工場から 15km 離れた幹線道路沿いにあるホテルの部屋を借り切っておき、社としての危機管理室を設置することとしている。通常はハリケーンが到着する 7~8 日前にホテルに予約して 10~12 室を確保する。さらに近傍にある郡の危機管理センターに社の危機管理責任者を派遣し、情報の収集と社への提供に努める。4 時間ごとに全従業員に最新情報を配信する。工場を閉鎖し安全措置が全て講じられたのちに、最後に電力を切る。閉鎖時には使用電力がゼロの状態になっている。

CSX では、列車の運行に影響が出る場合には安全面を考え事業を継続しない。体制に入ったのちは従業員の避難を最優先する。イルマの場合、9 月 1 日からハリケーン監視を始め、4 日には影響必至と判断し、災害対策のホテルの手配、避難準備等を始めた。6 日に社としての災害宣言を下し、11 日に上陸となったので、代替施設での操業準備には 5 日間かけることができた。被災後は 3 日で水が引いたので、郡の危機管理センターから現地に戻ってもよいという承認をもらい、復旧チームが活動を始めた。

NASA は、そのミッションコントロールを止めないことを最大の目的としているため、非常時にはオースティンのバックアップセンターに機能を切り替える。その際、ヒューストンのジョンソン宇宙センターは、最大 65 人を動員して、施設の被害最小化を行う計画となっている。ハービーの時は、その対応規模にまでは至らず、職員 7 人で雨漏り対策や継続中の実験のサポートなどを実施した。

ジョンソン宇宙センターのタイムラインは以下の通りである。

表 2.4.1 ジョンソン宇宙センターのタイムライン

L5 Awareness(6/1～11/30)	ハリケーン期間—講習や備蓄の確保等を行う
L4 Concern	到達 72 時間前まで—地下トンネル入り口を閉鎖等ハリケーンの備えを強化
L3 Preparation	到達 48 時間前まで—避難準備
L2 Closure	到達 36 時間前まで—遅くともハリケーン上陸 2 日前には閉鎖 (以前は 6 時間前だったが避難混乱を経験して 2 日に変更)
L1 Rideout	(=困難を無事乗り切るチーム：Rideout チームは Incident Command System を用いる。これは FEMA が作った仕組みで消防や警察も含め危機管理に関わる全ての機関が取り入れているシステム。)
<ハリケーン通過後>	
Assessment 6-5 people	ハリケーン通過後に建物点検を実施。完了するまで再開しない
Recovery	

BMC では、生命維持機能が最優先であり、電源・医療ガス・燃料の確保が最優先とされている。医療行動はその次で、薬剤・消毒・食糧の確保や緊急搬送を行う。次に復旧チームの確保、つまり設備業者の調達、応急復旧を行うこととする。

2) 事業継続のための電力・資機材の準備（事前輸送）

TMC においては、電源室は地下にあるが浸水しない工夫（止水）がなされており、過去に電源喪失となったことはなく、今後もないと考えている。この地下での整備はハリケーン・アリソンの時の経験を踏まえたものである。念のため、燃料用のプロパンガスタンクを最低でも 10 日間分事前に持ち込んでいる。ハリケーンの警報は 3～5 日程度事前に発令されるので、ハリケーンの影響が出る前に持ち込んでおくことにしている。TMC はセンターポイントエネルギーという電力会社と契約しており、TMC が一番のクライアントである。仮に 10 日間以上の電源喪失が起こったとしても、TMC は重要施設であるため、必要なものは外部から全て提供を受けられることになっている。ハリケーンの本中であっても、必要であればブラックボックス（軍用機）で機材等の輸送を受けるとのことである。

BMC では、ハリケーン・イルマでは停電は発生しなかった。非常用発電機を含め送電系統全体を海拔 20 フィート（6m）以上の、水が来ない高さに設置している。備蓄燃料は 96 時間分（4 日分）あり、天然ガスによる発電機を医療施設内に備えている。外部からのパイプラインにより何週間かの確保が可能となっている。燃料が不足する場合には市内の業者から届けられる契約だが、これまでに燃料が途絶えたことはない。

3) 事業継続

a) 避難受け入れ支援（病院）

TMC、BMC ともにハリケーン襲来中も事業、すなわち医療や病人の受け入れを行っていた。元々これら病院がこのように万全の態勢であったわけではなく過去のハリケーン対応を踏まえ、施設の耐水化等取り組みを積み重ね強化してきた結果として今に至っている。基幹病院としての位置づけであるため、州政府・市政府からも多様な面で支援を受けている。

TMC はアメリカ国内の中でもヘリポートの運用が一番多い病院である。また、エアケアというヘリコプターの中でも患者がクリティカルな状況でもきちんと輸血などをできるような体制を整えた。

緊急時には小さなコミュニティ病院は事業継続をできないため、そこの患者をヘリコプターで TMC に搬送する。TMC は全米で一番クリティカルな新生児の治療を行うことのできる ICU を持っており、例えば今回は 40 人のケアが必要な新生児がヘリで搬送された。

また、周辺の浸水対策をしていない病院の患者も受け入れを行った。患者受け入れは TMC ではなく、系列の病院が行った。ハリス郡では一部署が水陸両用車を保有しており、患者を TMC からその系列の病院に搬送するとともに、そのための調整を行っている。

ハリケーン・ハービーにより 15,000 人の人が家をなくしたので、赤十字社がコンベンションセンターにシェルターをつくり、そのケアを医学部の大学院生がおこなった。

BMC についても受け入れるべき優先度の高い患者を受け入れる体制を整えており、搬送は可能な限り早い方がよいとしている。これは、避難所や在宅での医療活動は病院で行う場合に比べ非常に負荷がかかるためである。患者だけでなく、新生児や妊婦も受け入れを行った。転院する場合は、ジャクソンビル南部の姉妹病院へ送った。なお患者の移送コストは BMC が負担している。小児科では、15~20 人の患者を受け入れると付き添い家族を含めて相当のスペースや電気が必要となることから、付き添い家族の扱いが課題と考えている。

ジャクソンビルが街をあげて避難所を含め医療避難所を各所に開設した。これら施設への医療関係者の派遣は、大勢の患者を受け入れることになる BMC からではなく、各地域の医療施設の要員により行っている。

b) その他（鉄道会社の例）

CSX は鉄道会社として、顧客貨物の予定通りの輸送に最大限務めるが、ハリケーンなどの緊急時に最優先するのは、従業員の安全や貨物の安全（輸送できずとも）、そしてレール等のインフラの安全の確保であるとの方針を明確にしている。例えば、イルマ経路の追跡段階では関係者方面と連絡をとり、危険物質を積載して走行している車両と、その所在位置を特定した。車両がイルマの進路区域内であれば、区域外に移動する調整をとった。

ハリケーン・イルマではフロリダ州全域が被災し、至急を要する燃料需要にも州の保有燃料が枯渇してしまった。供給輸送インフラである石油タンカーの就航できず、そのため、フロリダ州への供給措置として CSX に燃料輸送の要請が出された。

CSX では、燃料輸送への対応時の課題として、CSX の鉄道車両が燃料を積載走行する危険物運搬車両でないことや、また、車両オーナーをはじめ荷主、顧客企業の同意許可を得る

こと、加えて走行にかかる燃料の自給自足体制の確保、走行路線の安全点検、動員従業員のための仮設住宅兼車両の確保などがあったが、それらにも全て対応して無事輸送を果たした。
(燃料はジョージア州にて引き渡し、同州がトラックに積み替えフロリダ州に輸送)

発電機も搭載し、道中の各拠点にて検査が行えるようにしてノースカロライナ州までは移動しながら点検作業を行った。電力資源においても、イルマの上陸以前にハービーによるテキサス大水害により国レベルで既に欠乏していたため、CSX が発電機をオハイオ州で調達し、それをフロリダ州、ノースカロライナ州、ジョージア州へ配給するために輸送を行ったとのことである。

2.4.2. エキスパート集団の活躍

これには、テキサス州兵 (Texas State Guard) の工兵隊 (Engineer Group。ボランティア・グループであり普段は別の仕事に従事する) によるハリケーン・ハービー災害時の活動 (上水道施設等の被災状況調査など) がある。テキサス州兵の工兵隊の災害時の活動については州よりお金が支払われ、同活動時に負傷した場合などには補償される

被災時に 2,200 の公的水システム (Public Water System、以下 PWS) のうち 466 が煮沸指示 (Boil Water Notice) となった。新たなPWS (既存PWSを除く) は 100 年確率の浸水想定区域内には設置されないことになっており、新設 PWS の設置場所についてテキサス州兵は相談と助言 (コンサルテーションとアドバイス) のみ可能だが、必要に応じてテキサス州環境管理委員会 (Texas Committee of Environmental Quality) に報告して強制力を発生させることもできる。

2.5. 事後の対策は次への対策 ～家屋資産の浸水対策を中心として～

ハリケーン・ハービーによる大水害後のヒューストン市・ハリス郡の再度災害防止対策は、氾濫原の新設家屋資産の床高さの規制強化による浸水対策強化等のソフト対策が中心であり、大規模土木事業による洪水氾濫防止施設の整備については資金確保に難渋している。以下簡潔に述べる。

ハリケーン・ハービーによる災害への緊急対応が一段落しつつある 2017 年 10 月に、ハリス郡の行政長官（County Judge）である Ed Emmett は次のハリケーン・ハービー級の災害に備え何をすべきかについて以下の 15 箇条の計画を公表している¹⁾。

- ① 地域の洪水制御・水管理組織の創設
- ② FEMA（連邦危機管理庁）の洪水保険料率地図の迅速な更新
- ③ 第三の遊水地の建設
- ④ ハリス郡洪水管理区の 4 つのプロジェクトへの陸軍工兵隊による迅速な資金提供
- ⑤ ハリス郡の開発済み地区の旧氾濫原の明確化
- ⑥ 最新の洪水警報システムの整備
- ⑦ ヒューストン湖とコンロー湖（Lake Houston and Lake Conroe）への降雨調節機能付加
- ⑧ ハリス郡危機管理センター（Harris County Emergency Operations Center）の拡充
- ⑨ 既存地区組織（districts）の未利用資源の調査
- ⑩ 水難事故発生可能性のある全てのアンダーパスの明確化
- ⑪ ハリス郡内の全ての主要流域の包括的計画の策定
- ⑫ 100 年確率洪水氾濫域内の家屋の買い上げ（buyout）・かさ上げ（elevation）プログラムの実施
- ⑬ 家屋の購入・賃借者に対する洪水リスク情報開示の明確な義務化
- ⑭ 陸軍工兵隊によるアディックス・バーカー遊水地のダム堤体及び遊水地の復元・修理
- ⑮ ハリス郡が未編入地の売上税の一部を徴税できる権限を与える条例の制定

上記③で言及されている第三の遊水地とは、陸軍工兵隊の 1940 年代の「バッファロー川及び支川計画」に記載されている「White Oak Reservoir」又は別の個所に遊水地を新たに設けようとするものである（図 2.5.1、図 2.5.2 参照）。

また、上記のほかにも、2008 年のハリケーン・アイク（Ike）による災害後に構想された大規模土木プロジェクト（群）がヒューストン都市圏にあり、これらを報道されている概算予算額とともに列挙すると次のとおりである²⁾。

- ・第 3 の遊水地：5 億ドル（1 ドル 110 円として約 550 億円）
- ・6 河川（bayous）の掘削・拡幅：13 億ドル（同 1,430 億円）
- ・高潮堤（Coastal spine、Ike Dike）：60 億～100 億ドル（同 6,600 億～1 兆 1 千億円）

ハリケーン・ハービー後の復興において大規模土木プロジェクトが重要であることは認識されているようであるが、資金の確保に難航しているようである。また、ハリス郡が洪水対策費用に充てている資産税（property taxes）の削減をテキサス州政府は押し進めており、多くの洪水対策施設の整備は難しい状況にあるとハリス郡行政長官が述べている³⁾。

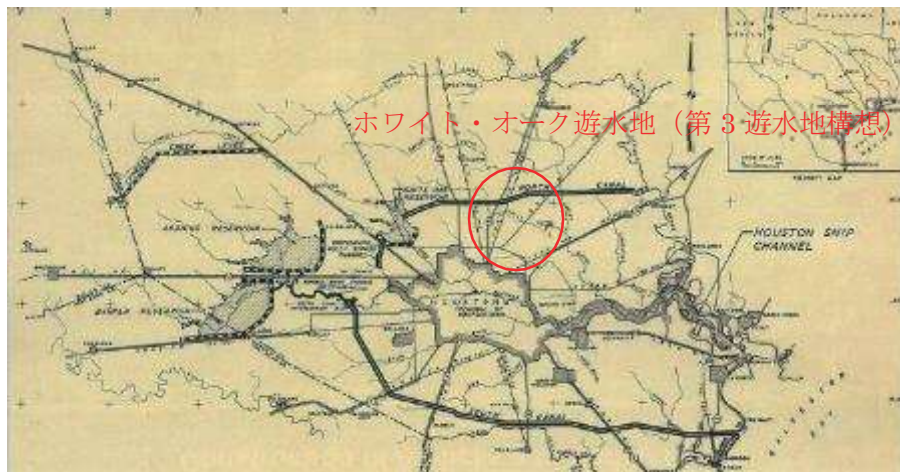
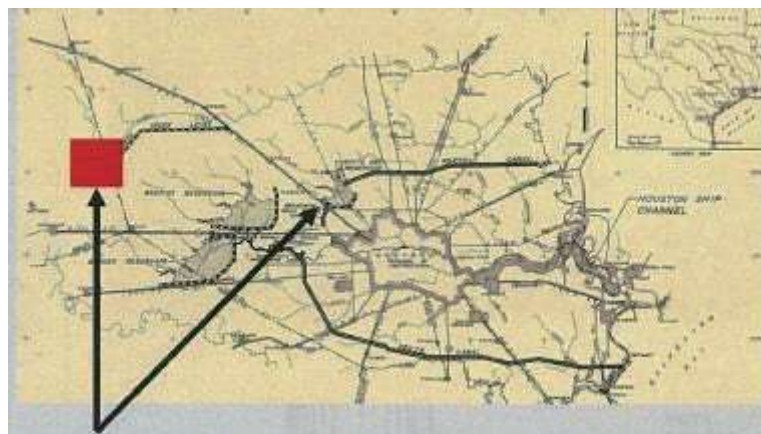


図 2.5.1 1940 年代のバッファロー川及び支川の計画 ②に※一部加筆)



第 3 の遊水地？

図 2.5.2 第 3 の遊水地構想イメージの 1 つ ②に※一部加筆)

2018 年 3 月に訪問した陸軍工兵隊ガルベストン地区の話でもハリケーン・ハービー関連の事業は既存施設の補修が中心とのことであった。2018 年 5 月に工兵隊ガルベストン地区がハリケーン・ハービー災害に関して追加示達があった予算の用途について発表しているが、既存施設の補修が中心である 4)。

第三の遊水地建設の必要性、地下放水路建設構想が報道されている 5)が、後者に関しては、ある場所の水害リスクをほかの場所に移転することの意義に議論ありとの意見も今回の訪問機関での聞き取り調査で得られているなど、合意が形成されているとは言えないようである。

上述 15 箇条の計画の⑫で言及されている洪水リスク地区内の家屋の買い上げ (buyout) については、ハリス郡洪水管理区 (Harris County Flood Control District) を 3 月に訪問した際に聞き取ったところ次の 3 条件のうち 2 つ以上を満たしている家屋の買い上げができるとのことである。

- ・ 10 年確率浸水域内である
- ・ Flood way 内である
- ・ 2 フィート (60 センチ) 以上の想定浸水深である

ただし、自発的な手法なので、家屋所有者に売る意思があるかどうかが問題とのことである。

同かさ上げ (elevation) については、2017 年 12 月 5 日にハリス郡にて新しい建築基準が採択され 2018 年 1 月 1 日発効となっている (この場合のハリス郡にはヒューストン市、Tomball・Jersey 村等は含まれない)。これは、FEMA の洪水保険料率地図上の 100 年確率洪水想定浸水域内で住宅・事務所を新設する場合には 500 年確率規模洪水時想定浸水位から 2 フィート (60 センチ) 高くしなくてはならないものである。本来、FEMA の洪水料率地図に基づき洪水の貯留・緩和は図られるべきだが、FEMA による洪水保険料率地図の改定には時間が掛かるため、予備的に建築基準の改定を行ったと郡行政長官 (county judge) が述べている⁶⁾。

また、ヒューストン市においては、2018 年 4 月 4 日に建築基準の改定案が採択され、2018 年 9 月 1 日に発効した⁷⁾。本改定では、500 年確率洪水氾濫域内 (24 時間で 17~19 インチ (431~482 ミリ) の降雨時の洪水氾濫域) における建物新築時には、最も低い階の床高さを地表面高さ又は 500 年確率洪水水位よりも 2 フィート (60 センチ) 高くすることを義務付けるものである。従来ヒューストン市では 100 年確率洪水氾濫域 (24 時間に 13~14 インチ (330~355 ミリ) の降雨時の氾濫域) を対象として、100 年確率洪水水位より同 1 フィート (30 センチ) 高くすることを義務付けており、従来の基準に比べて適用対象地区が広がるとともに、建物の床高さをより高くすることを求めるものである。市担当者によれば、新基準が適用されていれば、ハリケーン・ハービーで洪水被害を受けた家屋の 80%以上が洪水被害を免れたであろうとのことである。ヒューストン市長によれば、新基準はハリケーン・ハービーのみならず、2015 年、2016 年の水害を踏まえている⁸⁾。

ヒューストン都市圏建築業協会 (The Greater Houston Builders Association) の試算によれば、新基準の導入により平均的な家屋 1 軒当たりの建設費用が 3 万 2 千ドル (1 ドル 110 円として約 352 万円) 以上増大するとしている。一方市によれば追加費用は 1 軒当たり 1 万 1 千ドル (同 121 万円) 程度であり、洪水保険料の節約^{*1} と洪水被害に係る費用低減により埋め合わせ可能としている⁷⁾。

*1 FEMA による国家洪水保険プログラム (National Flood Insurance Program) にはコミュニティ格付けシステム (Community Rating System) という制度があり、自主的に洪水リスク低減につながる規制等を行う地域 (community) には洪水保険料率の割引がある。このため、上述の建築基準を厳しくする施策は洪水保険料率の割引につながり、保険加入者にとって平常時から保険料が安くなる直接的な利点がある。

ハリケーン・ハービーによる浸水被害を踏まえた FEMA の洪水保険料率地図の改定については、3 月調査時に今回は改定しないと述べた FEMA 職員もいたが、改定するにしても数年以上の時間がかかるようである⁶⁾。

一方、ハリケーン・イルマにより被害を受けたフロリダ州の防災施設整備についても、新規の大規模土木プロジェクトの情報はこれまでのところ得られていない。ハーバート・フーバー堤防 (Herbert Hoover Dyke) ^{*2} 補強予算 5 千万ドル (1 ドル 110 円として約 55 億円) をフロリダ州から工兵隊 (USACE) へ支出する合意についての報道⁹⁾があるが、ハリケーン・イルマ災害以前の 2001 年から実施されてきた復興計画 (rehabilitation program) (計画全体で 18 億ドル (1 ドル 110 円として約 1,980 億円) の予算見込み。これまでに 9 億 4 千万ドル (同 1,034 億円) 超をかけて延

長 21 マイル (約 34km) の堤防漏水対策、26 の水管理施設の移転又は閉鎖を実施^{9) 10)} に追加予算が付いたに過ぎず、同予算によりパーム・ビーチ郡 (Palm Beach County) のベル・グレイド (Belle Glade) 西の延長 6 マイル (約 10km) の堤防の漏水対策が実施できるとしている⁹⁾。

*2 南フロリダのオキチョビー湖 (Okeechobee Lake) を囲む全長 143 マイル (約 229km) の土堤。同堤防の漏水対策は周辺地域の人々の洪水リスク低減につながる。⁹⁾

以上のように、ハリケーン・ハービー、イルマによる大水害後の再度災害防止対策では、大規模土木事業の資金確保に難渋する中で、家屋の床高さの規制強化等のソフト対策を中心として浸水被害防止対策が進められている。このようなソフト対策は、家屋資産の分布密度が比較的低いとともに、氾濫流速・浸水深がそれほど大きくない場合などには妥当な選択肢であることがあり得ると考えられるが、利用可能な土地面積が限られ家屋資産が密集している場合などには、洪水氾濫防止施設の整備による水害対策の方がより合理的な場合があると考えられ、限られた面積の氾濫原に家屋資産が密集している我が国の大都市等においては、洪水氾濫防止施設の整備による水害対策の方が妥当である場合が多いと考えられる。

家屋の最低床高さを規制することにより地域の水害リスクを管理する方策では、洪水氾濫防止用の土木施設整備費が低減されるとともに、新規転入者が居住場所を選択する際の自己責任原則が強化されることとなろう。一方、このような方策では、家屋ごとの浸水対策費用 (例えば家屋の嵩上げ費用) が掛かり、氾濫原内の家屋戸数が多くなれば土木施設整備費の低減効果を打ち消す度合いが強まる。また、地域内の低リスクの土地面積が人口 (転入を望む潜在的人口を含む) に対して限られている場合、社会便益が土木施設整備ケースよりも低下する場合がある。

家屋の床高さの規制等による水害リスク管理方策の妥当性については、地域ごとの地形・資産分布、氾濫特性等を踏まえた研究が必要であろう。

参考文献

- 1) Berger, Eric: Harris County Judge releases 15-point plan to address Houston flooding, <https://spacecityweather.com/harris-county-judge-releases-15-point-plan-to-address-houston-flooding/>, Oct. 26, 2017.
- 2) Ciliske, Chuck: Buffalo Bayou and Tributaries Flood Control Project Addicks & Barker Dams & Reservoirs Past., Present & Future, Mar. 8, 2018.
- 3) Lozano, Juan: 7 months after Harvey, flood-control projects' fate unclear, Associated Press, Mar. 14, 2018.
- 4) USACE Galveston District: Galveston District Corps of Engineers identifies projects to benefit from additional funding, <https://www.swg.usace.army.mil/Media/News-Releases/Article/1527737/galveston-district-corps-of-engineers-identifies-projects-to-benefit-from-addit/>, May 21, 2018.
- 5) Poirier, Louise: Proposed Floodplain Changes to Raise Houston Elevations, Engineering News-Record, <https://www.enr.com/articles/44236-proposed-floodplain-changes-to-raise-houston-elevations>, Mar. 28, 2018.
- 6) Shelton, Christopher: Harris County adjusts building code for homes, businesses in 100-year floodplain after Harvey, Community Impact Newspaper, <https://communityimpact.com/houston/lake-houston->

- [humble-kingwood/city-county/2017/12/05/harris-county-building-code-homes-businesses-100-year-floodplain/](#), Dec. 5, 2017.
- 7) City of Houston: Ordinance No. 2018-258,
[https://drive.google.com/file/d/1WnTC7CsNcmLgLAM8rcD5206BoilthYif/view](#), Apr. 4, 2018.
 - 8) The Associated press: Houston approves new post-Harvey flood construction rule,
[https://wtop.com/national/2018/04/houston-approves-new-post-harvey-flood-construction-rules/](#), April. 4, 2018.
 - 9) USACE Jacksonville District: USACE to receive \$50 million from state for dike repairs,
[http://www.saj.usace.army.mil/Media/News-Releases/Article/1497566/usace-to-receive-50-million-from-state-for-dike-repairs/](#), Apr. 18, 2018.
 - 10) USACE Jacksonville District: Corps continues to daily inspections of Herbert Hoover Dike,
[http://www.sad.usace.army.mil/Media/News-Releases/Article/1348935/corps-continues-daily-inspections-of-herbert-hoover-dike/](#), Oct. 20, 2017.

3. 調査の成果と今後の課題

3.1. ハード～ソフト施策間の相乗性の最大化に向けて ～俯瞰と比較から～

国土交通省国土技術政策総合研究所長（調査当時） 藤田 光一

3.1.1. はじめに

本所見は、今回学んだことを防災の取り組みの全体像に再度落とし込んで、我が国におけるそのさらなる推進の方向性を考える材料の提示をねらう。これはいわば、著効が期待される薬とその処方箋の知見に対し、新薬の服用も含め様々な取り組みを進め、防災・災害対処に関わる総合体力をどうつけていくか？ その体力はいかなるものであるべきか？ を補完的に論じることに当たる。ただし、防災全体を扱うことは筆者の力量を超える。本所見は、豪雨による氾濫を対象にし、また今回調査という刺激を起点にしたものにとどまることをご了解願いたい。ここでは、俯瞰的視点と比較という方法論を意識して所見を述べていく。気候変動影響がおそらく有力な要因となって、防災施設の対応能力を超える外力の出現頻度と強度が今後さらに増していくであろう状況の下、減災を含む防災を目的とする政策において、標記の相乗性を高めていくことの重要性は論を俟たない。その上で、ハード～ソフト施策の融合は、もはやハイブリッドというような位置づけに収まらず、防災のための総合的な政策推進という枠組みでとらえるべきである。そのために、防災の取り組みとその実際の効果発揮の仕方と隘路の存在、なお生じる災害と災害応答から復旧・復興にわたる一連のプロセスを一つの有機体と捉え、個々の施策がどう作用してその有機体をどう変えていくかを動的に捉え見通すという思考法が求められるのではないか。その入り口となりうるのが俯瞰的視点とここでは考えている。

もう一つ、「比較」を掲げたのは、他国・他地域で起こったことから我が国の教訓を導き出す過程において“翻訳力”が重要になり、その源泉になるのが調査対象と我が国の状況との共通性と相違性への理解であるとの考えによる。本所見では、自然地理・人文地理的条件と防災インフラの位置づけに関する彼我の違いに改めて焦点を当てた比較論考を行い、米国の取り組みの、我が国の取り組みへの含意を改めて論じる。

前者（俯瞰的視点からの考察）を 3.1.2 で、後者（比較論考）を 3.1.3 で行い、3.1.4 でまとめを述べる。

3.1.2. 災害生起、防災、災害対応、復旧・復興にわたるプロセスの俯瞰と教訓の位置づけ

(1) 俯瞰図の試作

図 3.1.1 に試作した俯瞰図を示す。その内容を以下、図中の左から右に向かって説明する。まず害的な極端自然事象が起こり、流域・水系などの国土システムに作用する。そこで事象は変換され、より直接的な害的事象となって（例えば河川の洪水）、それに対抗する防御構造物あるいはシステム（例えば河川堤防）へ外力として作用する。なお上記の変換においては、害的事象を和らげる調節装置を作動させる場合も多い（ダムや遊水地による洪水調節など）。前述のように、自然現象の規模・強度が一定値を上回ると、作用外力が防災施設の対抗能力を超え、食い止め切れない危険事象がついに地域（守るべき対象）に襲来するようになる。

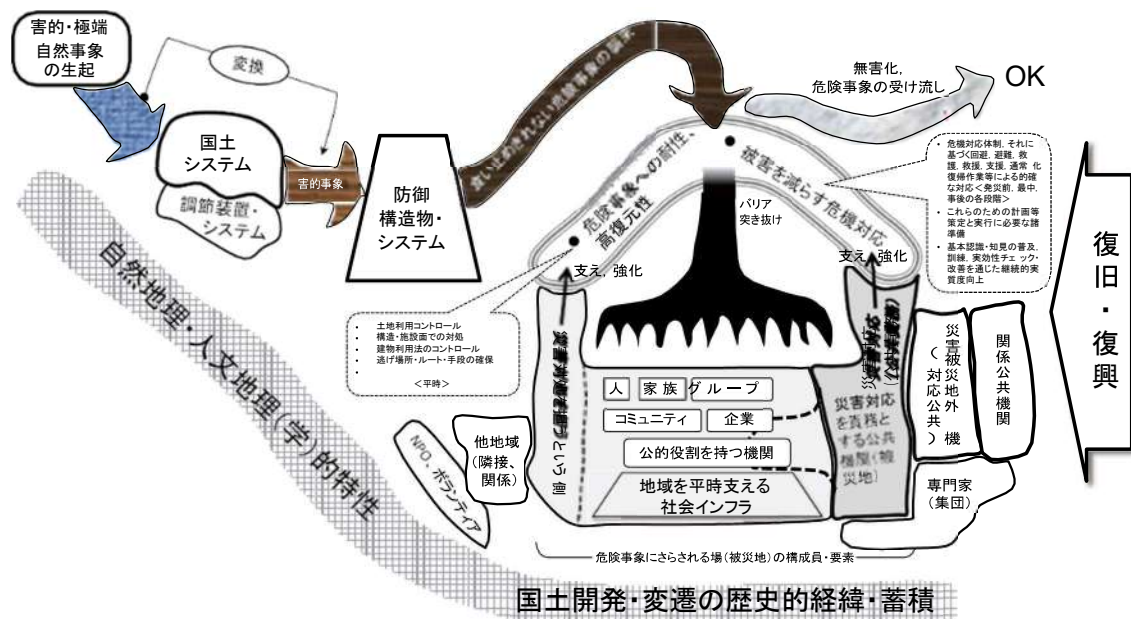


図 3.1.1 災害生起、防災、災害対応、復旧・復興を俯瞰する図の試作

その危険事象にさらされる地域は、一般に、図の中央下部にあるような様々な構成員・要素を擁し、平時には、社会インフラにも支えられながら様々な活動を展開している。そこにひとたび危険事象が来襲すると、防御構造物・システムが所定の機能を発揮した際のレベルには及ばないものの、当該地域が備える耐性と危機対応という“バリア”によって危険事象を極力受け流すようにする。そのバリアを突き抜けた危険事象は地域に災害をもたらし、災害発生を受けての危機対応、そして復旧・復興というプロセスに入る。

そのバリアは、防御構造物・システムや国土システムに装備される調節装置の場合と異なり、当該地域全体がそれを担う。そこにおいて災害対応を責務とする公共機関が重要な役割を果たすことはもちろんであるが（バリアの右の支え）、平時に地域において様々な活動を展開する構成員・要素自体がもう一方の主役となり（左の支え）、これら2つがバリアを支え、その強化を図る。すなわちこの図は、耐性と危機対応という“バリア”が、当該地域によっても支えられ、それが不可欠であるという構図を描いている。

災害の規模や重篤度が大きくなれば、被災地域だけでは対応できず、被災地外の公共機関（より上位階層の公共機関を含む）が責務を果たすことになり、また、被災地の内外を問わず専門家が果たす役割も大きくなる。さらに、隣接を含む他地域からの支援、NPO やボランティアの活動が大事な役割を持つようになる。これらが被災地の図の左右に描かれている。

以上の全体状況は、骨格は同じでも、当該地域や国の自然および人文地理的特性、また国土開発・変遷の歴史的経緯と蓄積状況によって異なりうる。そのことを図下部の帯が示している。

(2) 俯瞰図上の教訓の位置

図 3.1.2 は、第 2 章の内容から我が国への教訓につながる主要要素を筆者なりに 7 つ抽出したものである。これら [1]～[7] の要素を前述の俯瞰図上の該当する場所に重ねたのが図 3.1.3 である。

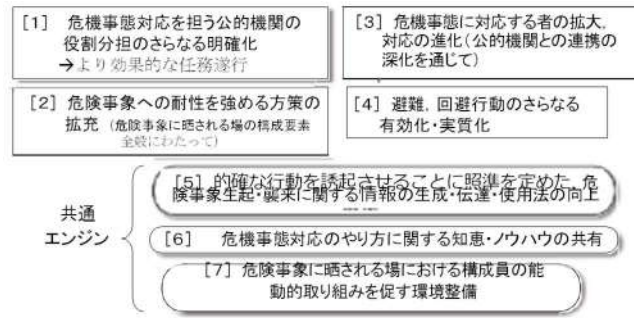


図 3.1.2 教訓につながる主要素

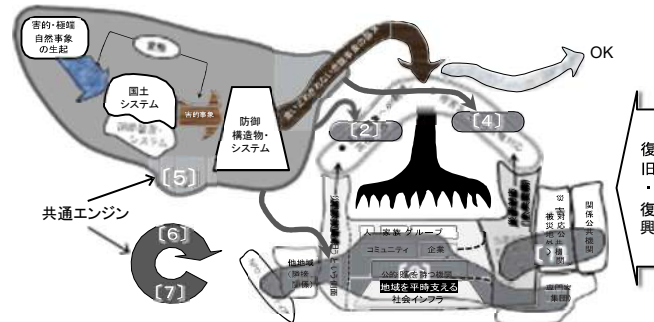


図 3.1.3 教訓につながる主要素 [1] ~ [7] の俯瞰図上の位置

まず [1] ~ [4] は、いずれも襲来する危険事象に対する地域のバリアを強くすることに関係し、[2] と [4] は直接的な強化方策、[1] と [3] はそれぞれ、バリアを支える力を災害対応行政機関の機能を高めることと、地域を中心に災害対策の裾野を広げ充実させることで増強していくことに当たる。このうち、地域に存在する様々な集団が有する潜在力を掘り起こし、それらがバリアを強くする主役の一員となって活動する状況を構築するという [3] は、[2] にも資する重要なものである。

[5] ~ [7] は、[1] ~ [4] を持続的、自律的に進捗させる共通エンジンと言える。今回の調査でも確認できたこととして、2.2.1(2)で述べているように、起こった災害の対応を関係者が一堂に会してふりかえり、知恵・ノウハウ・改善点を共有するという取り組みがなされていた ([6] の例)。また、防災関連の商品が市場に流通し、結果として防災機能向上が広がる状況、そのことが新たな研究・商品開発につながり、という自律的発展の基盤も今回の調査で見ることができた (同じく 2.2.1(2)参照)。企業がリスク情報を自ら分析して災害への対応能力を高める積極姿勢、その行動をサポートするコンサルティングが重要なビジネスとして成立していることも確認できた (2.4.1(1)3 参照)。これらは [7] に属する。そして [5] はその重要度をますます高めていく。情報を出すことではなく、「的確な行動を誘起させることに照準を定めた」施策を情報の生成・伝達・使用の全局面で統合的・体系的に構築することの重要性が、今回の調査から得た中核的な事項の 1 つである。

(3) 教訓を総合的施策推進に組み込む要諦

以上から、次の 3 点を得られた教訓を生かす上での重要ポイントとして指摘しておきたい。

第一は、総合的施策推進がさらに本格的に追求されねばならないことである。施策メニューそれぞれは、いかに高い効果を示す事例があろうとも、単独で（減災を含む）防災のレベル向上を達成できるような構図は描けず、施策の総動員、各施策間の有機的連携が必須である。各メニューの機械的な優劣比較や、ハードの限界が見えたからソフトの比重を増やすというような発想法自体が陳腐である。総合的な防災の重要性は従前より強調されている。今日求められる総合性の広がり、深さ、施策連携の太さは、いずれもさらに高いものとなっている。

第二は、そのためにも、たとえば図 3.1.1 のような全体プロセスを常に意識することである。当該施策群を適用することでそのプロセスをいかに好ましいものに変えていけるかを考え、最も高い効果を発揮する「総動員」を絶えず追求することがますます大事になっている。総合性は、多種の施策を並立させることにはではなく、目標とする全体状況を達成できる道筋となっていることにこそ意義がある。

第三は、効果発揮の（あるいはそれを阻害する）仕組みにまで立ち返って、ある施策導入の効果と限界を先回りして見通し、それを踏まえた導入法を予め用意するよう努めることである。施策実行は、全体プロセスに刺激を与えることとも言え、見込んだ効果まで出ないことも含め様々なリアクションを形成する。そうした中、極力ねらった効果発揮となるよう、当該施策の適用法、関係する他の施策群との連携の深化を織り込んでおく。上記の仕組みを根本からわかることがその鍵となる。

教訓を生かす際にも、個々の教訓を外形的に導入する段階を早く越え、防災全体のプロセスに与える影響を見据えた、実質性のさらに高い導入法を開拓することに向かいたい。

3.1.3. 比較論考からの教訓の掘り下げ

(1) 比較の方法と意味

図 3.1.1 における害的な極端自然事象を豪雨、国土システムを流域・水系、食い止めきれない危険事象を河川からの洪水氾濫あるいは内水氾濫と置き、ヒューストン市街部の大半をカバーする Buffalo-San Jacinto 流域と荒川（関東）沿いの沖積低地部を比較論考の対象とする（図 3.1.4 参照）。

両者の自然地理的特性と人文地理的特性（人口規模とその変化傾向のみ）を比較した上で、ハリケーン・ハービーが Buffalo-San Jacinto 流域にもたらしたと同規模の豪雨がもし荒川流域に生じたとした場合に起こりうる災害の様相を、ヒューストンで生じた災害と仮想的に比較することを試みる。

以上の比較は、科学的に厳密なものではない。特に、同規模の豪雨を荒川流域で想定することは、その蓋然性から、リスクを同一の土俵で比較することにはならない。また、荒川沿い低地を選定したのは、ヒューストンが全米第 4 位の大都市であり、日本の大都市が強烈な豪雨を受けたときの状況と比較してみたいという素朴な動機から、治水上重要な沖積河川が貫流する大都市部のわかりやすい代表として着目したからである。本稿、さらには本調査の目的が、リスクアセスメントではなく、我が国にとっての教訓を導くことであり、教訓を掘り下げる翻訳の道具として、こうした比較論考が一定の意義を持つと筆者は考えている・その上で、荒川で大規模豪雨の生起が差し迫っている根拠が生じているわけではないことをお断りしておく。

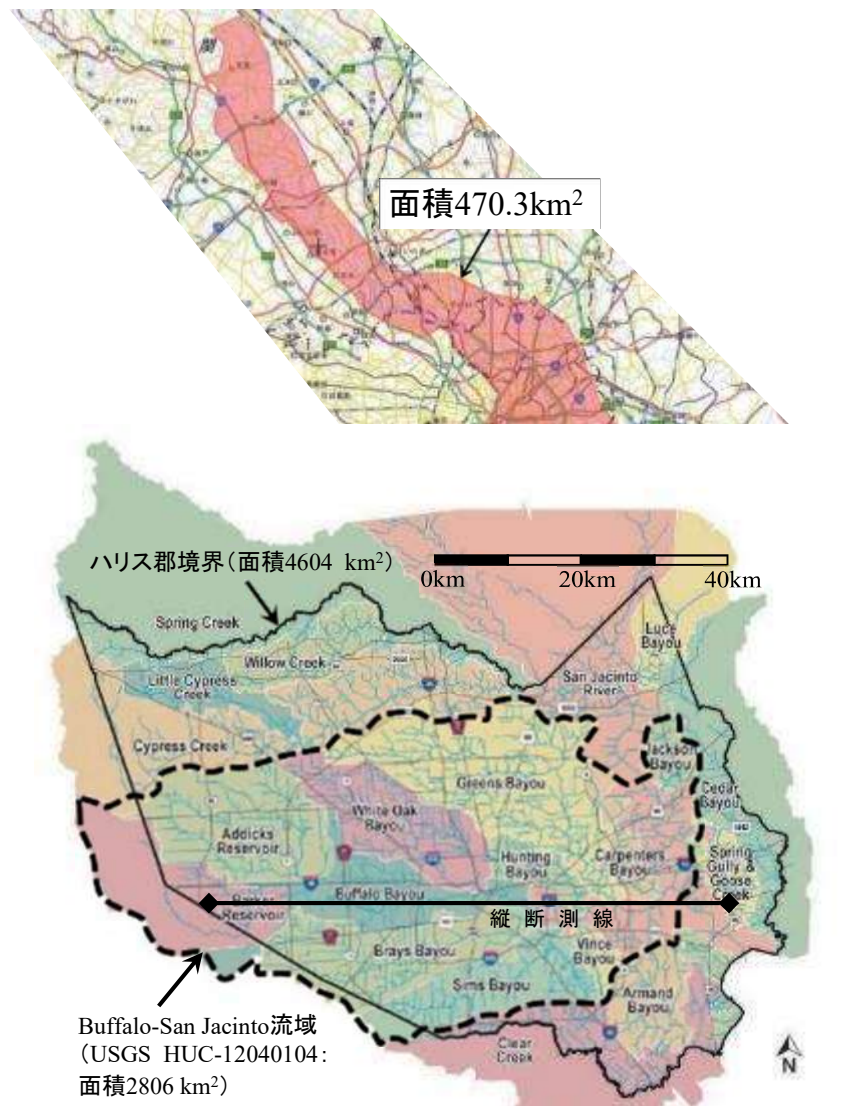


図 3.1.4 比較対象の二地域〔下：Buffalo-San Jacinto流域¹⁾／上：荒川沿い沖積低地部²⁾〕

(2) 比較論考

図 3.1.5 と図 3.1.6 に、両地域の縦断地形と横断地形を比較して示す³⁾。縦断形は、Buffalo-San Jacinto 流域については図 3.1.4 中に示した測線沿いの、荒川沿い沖積低地については荒川河道近傍の堤内地に沿ったものである。横断測線には、ともに河口付近から縦断距離 33-37km 辺りのものを選んでいる。図 3.1.5 には、市街地範囲とハリケーン・ハービーによる降雨量(8月 25～29 日の間の 96 時間最大降雨量)の縦断測線沿い分布も示してある⁴⁾。両図から以下のことがわかる。

両地域とも海に向かって緩やかに傾く総じて平坦な地形で、その大局的勾配も似ている。一方、ヒューストン市街部は標高 8～22m で、標高-2～6m の荒川沿い低地の市街部に比較し相対的にやや高位にある。さらに、荒川低地市街部標高がヒューストン市街部を貫流する Buffalo Bayou の川底の標高に、荒川の堤防天端標高がヒューストン市街部の標高に概ね対応しており、

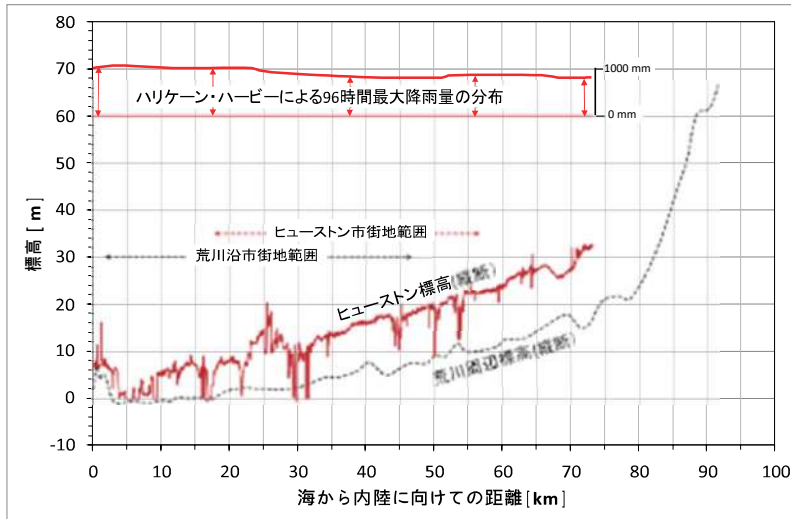


図 3.1.5 両地域の海から上流に向かっての縦断地形比較

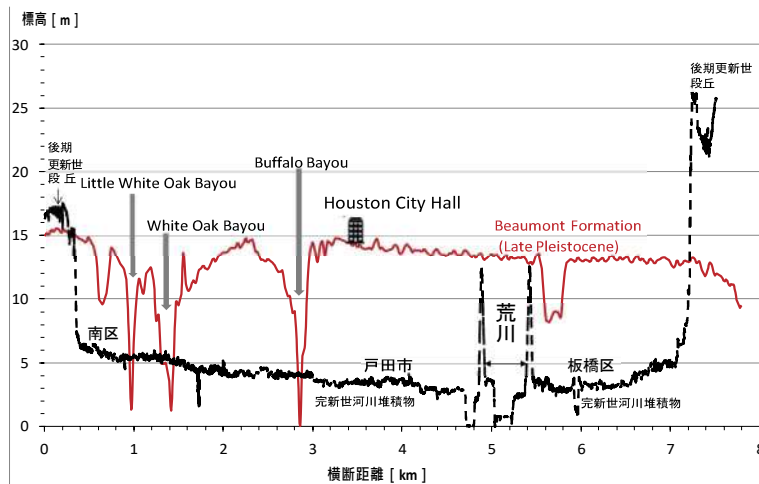


図 3.1.6 両地域の横断地形比較 (Buffalo 流域は縦断距離 37km 付近、荒川沿い沖積低地は縦断距離 33km 付近)

掘り込み河道を基調とするヒューストン市街部と、沖積低地を堤防が分画する荒川低地市街部とが河川地形として明瞭な対照をなす。

共通性と相違性が並存する中で示されるこの対照は、たまたま荒川沿い低地を比較対象としたことによるもので、科学的必然性はない。しかし、前述の比較の意味の説明で述べた“翻訳の道具”としてこの対照性が有用と捉え、以下、その含意を論じる。

図 3.1.5 に示されたような規模の豪雨が仮に荒川流域で生じると (ちなみにハリケーン・ハービーが総降雨量 750mm 以上をもたらした領域は東京、神奈川、埼玉、山梨、静岡の各都県を覆う面積規模を持つ)、主降雨域が山地流域部なら外水氾濫対応が、中下流部ならヒューストンが苦しんだと同様の大規模内水氾濫への対応が非常に厳しくなることは明らかである。まず、外水氾濫対応については、図 3.1.6 が如実に示しているように、掘り込み河道を基調とするヒューストン市街部に比して荒川沖積低地が圧倒的に厳しい状況に置かれる。内水氾濫対応についても、市街部標高と海面高との間に有意な差があり、潮位が下がれば (高潮位が継続しなければ) 重力効果で自然排水がなされる基本構造を持つヒューストン市街部に比較して、広

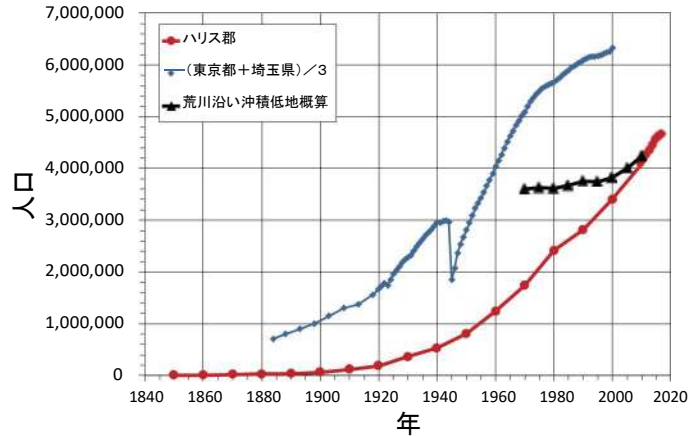


図 3.1.7 両地域の人口の推移

い 0m 地帯をかかえ、排水に機械力を要し、高潮位による排水難渋化の度合いが高い荒川低地市街部は、やはりはるかに厳しい条件を持つ。

図 3.1.7 は両地域の人口の推移を表す⁵⁾。現在の両地域の人口規模は同程度であり、市街地が展開するエリアの面積から考えて、荒川沿い沖積低地の人口集積はより高密度と言える。さらに地下利用の規模の大きさを含む高密度な都市機能集積を踏まえると、大規模氾濫への脆弱性は荒川低地の方が高いと認識すべきである⁶⁾。人口推移について見ると、荒川低地については顕著な人口増加が 1960 年代までに一通り完了したと推定され、一方ヒューストンでは 50 年代以降現在まで続いている。ただし、ヒューストンの市街地拡大は全体的には上述の掘り込み河道を基調とする平坦地で展開されており、荒川沿い低地のような水防災上厳しい地理条件を持つ場所への依存度が急速に高まる構図にはない。

以上から、ヒューストン市街部が広がる場所の諸条件は、人口増という圧力を考慮しても、荒川低地に広がった市街部のそれに比べ有利であり、仮にハリケーン・ハービー級の豪雨が荒川流域に生じれば、極めて厳しい状況が起こりうると認識すべきである。

(3) 防災インフラの機能に着目し捉え直すことの意味

図 3.1.5 と図 3.1.6 が物語るように、荒川低地は、水防災上きわめて厳しい地理的条件に対応するため、防災インフラ（堤防システム、排水システム、洪水調節装置など）によって、安全度の“高い下駄”を履かされ（整備途上ではあるが）、それにより現在のところ全体としては安寧が保たれている。それゆえ、インフラの対応能力を超える外力が襲来した際に、危険事象が人々の暮らしと活動の場に押し寄せることになる（たとえば破堤氾濫：ただし高規格堤防がある場合は別）。そして、対処の困難性は当該インフラの機能喪失状況に深く関係してくる。このことは、図 3.1.2 と図 3.1.3 にあげ、重要度がますます高まるとした「教訓への主要素 [5]」を実行する上で、防災インフラの機能発揮特性の理解が不可欠であることを示す。

限界を含めた防災インフラの機能発揮特性の理解は、防災インフラを的確・着実に整備し、またその機能維持・向上をはかる土台であるのはもちろんのこと、要素 [5] を 4.1.2(3)の内容につなげていくためにも必須なのである。さらに要素 [5] の実践は、防災インフラにとどま

らず、「害的な極端自然事象」～「国土システムと具備された事象緩和装置」～「防災インフラ」の特性全般にわたる統合的理解をも求める。

以上の考え方は、ハード施策～ソフト施策間の“受け渡しの巧みさ”の追求にもつながっていく。たとえば 3.3 で展開されている議論からも明らかなように、減災を進化させる上でハードの側にも新たな役割と発展形が出てきてもおかしくない。防災インフラに新たな技術と政策展開が求められているのである。それに応える上で、今の防災インフラの機能を見据え捉え直すことが起点になる。

3.1.4. まとめ

標題に掲げた「相乗性の最大化」に向け教訓を生かすために重要と筆者が考える点を挙げる。

- ・災害生起、防災、災害対応、復旧・復興にわたる全体プロセスを動的に捉え、見据える。
- ・対象とする場の特徴、特性、置かれた状況を客観的によく理解する。
- ・施策群を、全体プロセスの改善にどうつながるか？という観点から有機的に構成する。
- ・各施策の適用に際して、その適用が全体プロセスに与える効果・影響と効果発揮の隘路を予め見通し、それを織り込んで最初から適用法を磨いておく。その内容を適用後の改善にも持ち込む。
- ・「的確な行動を誘起させることに照準を定めた」施策を情報の生成・伝達・使用の全局面で統合的・体系的に構築する際に、「害的な極端自然事象」～「国土システムと事象緩和装置」～「防災インフラ」の特性全般にわたって統合的に深く理解し、それを的確に組み込む。
- ・ハード施策～ソフト施策間の“巧みな受け渡し”のために、防災インフラの機能・使い方・位置づけの新たな発展・展開も追求する。
- ・施策適用の結果を通じた知見の絶えざる反映、施策の自律的展開を重んじる。

【注記】

- 1) HUC は Hydrologic unit code. 図は、HCFCFD (Harris County Flood Control District) のウェブページにある Harris County Watersheds 図<https://www.hcfcfd.org/media/2349/new-watersheds_light.jpg>に筆者が加筆したもの。
- 2) 国土地理院地図 (標準地図と治水地形分類図) を用いて筆者が輪郭を引いたもの。
- 3) Buffalo-San Jacinto 流域については USGS が提供する、荒川沿い低地については国土地理院の基盤地図情報等が提供する地形データより作成。
- 4) HCFCFD による等 96 時間最大降雨量線図から読み取り。
- 5) <<http://www.txcip.org/tac/census/hist.php?FIPS=48201>>、<<http://worldpopulationreview.com/us-counties/tx/harris-county-population/>>、内閣府ウェブサイト「市区町村別人口・経済関係データ 人口関係」、国勢調査元データ、ほかより。
- 6) たとえば、中央防災会議 大規模水害対策に関する専門調査会 報告 (2010)：首都圏水没～被害軽減のために取るべき対策とは～
- 7) ヒューストンの地形データと市街地の拡大状況、降雨分布の整理は、国総研水害研究室の板垣修室長、西広樹研究官 (当時)、大山璃久研究官と共同で行った。

3.2. 日本に持ち帰った教訓：アメリカにおけるハリケーン調査を終えて

国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課 河川計画調整室長 森本輝

321 国土のリスクマネジメント

災害対応は災害が発生する前の平常時の準備と実際に発災したときの行動の二つに分けることができる。発災時は、情報をどこからどのように入手できるのか、その情報の持つ意味は何か、自分の住んでいる場所にはどのようなリスクが迫っているか、そのリスクを回避するためにどのような行動をすればいいのかなどについて、時間的余裕のないなかで判断しなければならず、ゆっくり考えていては間に合わない。そのためにも、平常時にどこまで準備ができているかが非常に重要な鍵になる。

日本においても河川を管理している区分に応じ、浸水時に特に大きな影響のある河川区間については、国や都道府県知事が浸水想定区域の指定を進めており、避難所や避難経路も記載されたハザードマップについても市町村が整備している。現在のところ、これらの情報は、日本においては避難等を目的として整備されたものである。他方、米国における浸水想定区域は、洪水等についても居住区域やその場での保険への加入を目的として整備されており、そのためにも同一基準で作成する必要もあることから、FEMA がその整備を一手に引き受けている。ハザードマップについては各地方自治体が作成しているものの、避難時間を計算するための計算ソフト（HURREVAC）が FEMA から提供され、結果的に全国同一基準において整備されていることになる。これらは、高潮からの避難について活用され、ハリケーンの強度によって避難地域が決定されている。しかし、洪水についてはまだ有効には活用されていない。これは洪水の予測が困難であるからである。

他方、日本においては、浸水想定区域はあくまで主な河川でしか整備されておらず、土地の浸水リスクとは必ずしも合致していない。この点、米国では国がリスク評価を行って地域に示している点は大いに参考にすべきであり、この施策に連動して保険制度への活用も進んでいる。日本においても最近では、中小河川についても浸水想定区域を簡素化した手法で決定する手法が提案されているものの、このような河川ごとのアプローチでは末端の小河川で実施することが困難な場合もあるため、エリア全体で一体的に、もしくは、地形の形成原因等からも浸水リスクを評価するなど、抜け落ちのない浸水リスク評価を行う必要がある。このような全国的なリスク評価のアプローチは国の事務として実施することも考えるべきである。

322 リスク情報の社会との共有

日本においてもハザードマップ情報は、常時 HP にも提供され、また整備されるたびに配布されるとともに、他地域から移動した際にも配布されることが一般的になってきている。しかし、このようなハザード情報は一度見ただけで、災害時に自らがどのような行動をすべきかを理解することは難しい。様々な機会で見に触れ、より深くその意味を理解して、常識化していくプロセスが必要である。

日本においても、例えば、住宅購入の際のリスク情報として土砂災害危険区域は説明することが義務化され、また、一部の地域では浸水想定区域も説明されるようになってきている。また、これまでも先人たちが歴史的な大浸水を後世に伝えるために各地で設置された石碑や台座

の高い地蔵に加えて、浸水深を示す印が電柱等に記載され、日常的に目に触れられるような機会も多くなっている。さらに、平成 32 年度からは小中学校の教育カリキュラムにおいて、防災の視点から土地の形成や地域の歴史を学習する、いわゆる防災教育カリキュラムも追加される予定である。

従前、災害リスクは先祖代々、地域のなかで過去の経験が伝承されることによって伝えられるものだったが、この数年間で、浸水想定区域やハザードマップなど、科学的に評価された災害リスクを目にできる機会は急速に増えている。今後さらに情報伝達ツールが多様化・高度化する中で、様々な取り組みを重層的に進めていくことにより、水害保険等にも活用している米国とはリスク情報のもつ意味の違いはあれども、住民に土地のリスクについて認識を深めていく必要があると考えている。

323 自然リスクも考慮した土地利用

水害対応を考える上で、都市が立地する災害リスクの違いの大きさを改めて認識させられた。米国ではそもそも歴史が浅い上に、広大な土地があることも重要である。

2.1.1(2)に記述したように、ヒューストンの発展の経緯は産業発展と災害、地形等の条件との関係が深い。バッファロー・バイユの下流域は石油等の重工業産業が立地しているが、これは、このエリアはもともとガルベトンを中心に発展してきたのだが、1900 年に台風による高潮により壊滅的な被害を受け、その拠点を内陸に移動させた結果である。工業についても、バイユ沿いの河口部は、日本の東京湾や伊勢湾のように沿岸から少し奥まわって高潮等のリスクを下げられる場所であることから、そこを中心に発展してきている。

都市及び産業基盤を形作るための国土としてのリスクアセスメントがどのように行われたか、また、それを誰が主導したのかは不明だが、重要なポイントとしては、高潮や外水氾濫による壊滅的な被害が発生するおそれのある氾濫原から脱却しつつ、大都市をより安全度の高い場所へ発展させてきたことは非常に興味深い。ヒューストンは日本とは異なって都市部を流れる河川や水路の多くは掘り込み河道となっていて、ハリケーン・ハービーではこれまでに経験したことのない歴史的な降雨を経験したものの、河川や水路に排水できないことによる内水被害によるものがほとんどであった。今後、気候変動等の影響もあり、更に規模の大きな降雨が発生する可能性は当然あるが、街の大部分が深刻な浸水を受けるような状況になることは考えにくい。もちろん、このような地形の中でも浸水リスクの特に高い、河川沿いのエリアや窪地状になっていて周辺からの内水の集まりやすい、周辺と比べて標高の低い場所については、ハリケーン・ハービーを受けて土地買収による宅地排除（バイ・アウト）や構造規制（高床式住居）をすべきエリアの拡大も視野に入れられている（2.5 参照）。しかし、その対象エリアは中心部にはない上に市全体からの割合で見るとほんのわずかでしかなく、ヒューストンの都市機能や競争力への影響はほとんど考えられないと思われる。

世界中それぞれの地域毎に様々な自然災害があり、それに立ち向かうための取り組みが進んでいる。オーストラリアの内陸部ではその対象は山火事であった。山火事は太陽の熱によってユーカリのもつ揮発性の油分が自然発火して燃え広がる自然現象である。ユーカリの多くは幹の外側がすぐに炭化されることによって内部まで燃え広がることを防ぐ仕組みがあり、さらには実が燃やされることによって休眠状態から目覚めて発芽できるようになる仕組みを備えている

ものもいて、長い年月の中で山火事の発生によってその地の自然が形成されている。このような場所に人間がその地に住もうから災害となるが、その土地がもつハザードをしっかりと理解し、対策を講じておく必要がある。オーストラリアでは防火帯を設けて延焼を防ぐとともに、夏場の気温の高い日には山間部への立ち入りが禁止されることもある。

日本では沖積平野に多くの人々が居住している背景として、日本の国土は、急峻な山岳地帯と河川氾濫による沖積平野にあり、稲作文化や水の入手しやすさなどとも関連して、町は台地ではなく川沿い等の水害リスクある場所にあるが、その中でも比較的リスクの低い場所を中心に発展していた。また、農家等も山際に立地され、水害から少しでも被害を少なくする工夫があった。

しかし、工業化による都市の発展により、急増する人口に対応するため、都心への利便性が優先され、水害リスク等が十分に配慮されないまま、宅地開発が進められてきた。また、新たに整備される道路網や鉄道網も、その整備の効率性から、既成市街地ではなくその周辺にある田んぼ等の未開発エリアを通ることもあり、その際、その施設そのものについては高盛土や高架構造を取るなどにより水害対策が講じたとしても、結果的に周辺の危険な地域での宅地開発等を誘導してしまった。現在でこそコンパクトシティの必要性が社会で浸透しているが、人口減少が明確に現れるまでは、産業誘致や観光振興などによって明るい未来を描いて都市の拡大を誘導するなど、各都市は過剰に競争してきたことも水害リスクを高めてしまった。しかしながら、現在、コンパクトシティによって都市を徐々に縮小しようとする際に、居住誘導区域を全て浸水想定区域から外すことができないまでも、浸水の程度のひどい場所等からの撤退も始まっており、一般的には災害リスクの少ない旧市街地を中心とするまちづくりの再編が進められつつある。居住区域の設定を一律に設定することは困難であるが、区域の設定にあたっては、利便性に加えて災害リスクについても一定の配慮がなされる仕組みが必要である。

一般論として、浸水想定区域を居住誘導区域に一律に指定しないようにと言う意見をよく聞くが、日本のみならず世界的に見てもリスクのない土地はそもそもほとんど存在しておらず、日本においては、地震や津波、台風などの自然災害と戦いながら、長い年月をかけて国土を少しずつ安全にしてきたことを考えると、そのような意見にはにわかには賛成し難い。ただ、これまでのように全国津々浦々まで広く安全性や利便性を確保しようとするのは、膨大なインフラの整備とその管理のための相当の投資力が必要であり、今後の日本社会の動向を考えると現実的ではなく、重点的に投資すべき区域の選定と集中投資は欠かせない。

これまでも全国各地の津々浦々まで人が住み続けてきたことを考えると、安易に強制的な土地利用規制を行うことは将来に禍根を残す可能性も高い。しかしながら、自然に人口減少が進む現状において、災害リスクの高い土地における新規開発する際の要件の厳格化を速やかに進めるとともに、コンパクトシティを進める際にリスクの高いところからの撤退、リスクの高いエリアで居住する場合の構造の工夫等も取り入れ、地域の特徴も活かしつつ、時間をかけて災害にも強いまちづくりを進めていくべきであろう。

例えば、災害時には災害復旧による地域再生が基本となっているが、米国ではバイアウトプログラムのように家屋移転も対策のメニューの一つと考えられていることも参考に、日本においても、特に災害リスクの高い場所では、例えば災害が発生した時を一つのきっかけと捉え、

地域が要望すれば、復旧に要する費用の範囲内で地域からの撤退へ補助することなども検討し、積極的に近隣のより安全な地域への誘導も考えるべきであろう。

水害リスクの高い土地は一般に地価が安く、不動産取得税などの税金も安くなっている。コンパクトシティを進めるにあたってはあえて地価の高い地域に住みたくないとの意見も聞かれる。土地や住宅の購入にあたって、土砂災害や水害リスクがあることはわかっていたが、実際に起きるとは思わなかったという意見も聞く。日本は住居の自由が認められ、住民個人の判断に委ねられているが、一義的に海外の事例を導入することは困難である。個人が的確に判断できるような様々な情報提供に加え、規制や誘導を組み合わせた、日本式の土地利用誘導方策が必要になる。

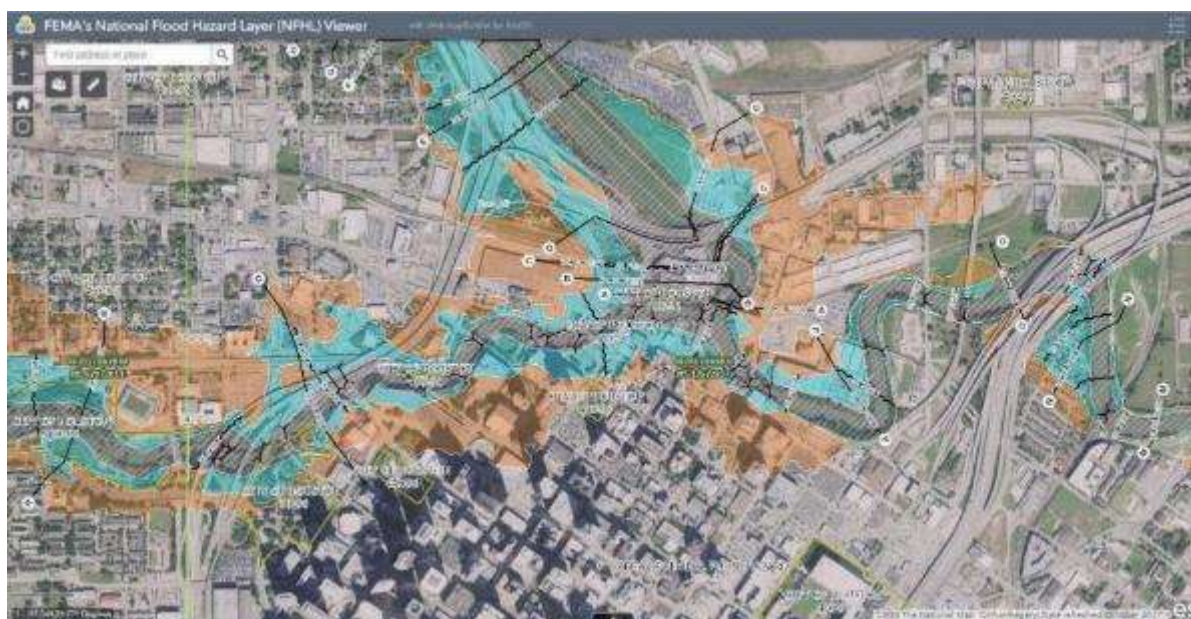


図 3.2.1 FEMA の National Flood Hazard Layer(NFHL)による Web 上でのマップ
(FIRM を GIS 上に重ね合わせたもの)

3.3. 施設設計規模を超える洪水時の減災対策の計画・推進手法の確立に向けて

国土技術政策総合研究所 河川研究部 水害研究室長 板垣 修

331. 我が国における課題

(1) 減災対策において河川管理者が関与すべき範囲の明確化

施設設計規模を上回る洪水時の減災対策について河川管理者はどこまで関与すべきであろうか。

完成堤防に HWL（設計高水位）を超える水位の洪水が来襲した場合、河川管理者はどこまで氾濫被害低減に努めるべきであろうか。HWL 以下の水位の洪水に対して、通常の流水の作用であれば破堤しないように管理する責任があることは明らかである。しかし、HWL を超える場合について、地域の人的被害・壊滅的被害防止のために河川管理者はどこまで関与すべきであろうか。近年の施設設計規模を超える洪水が頻発している状況を踏まえ、地元（水防管理者）と連携した、河川管理者による具体的な減災対策内容の確立が急がれる。

河川管理者が関与すべき減災対策内容の検討に当たっては、HWL を上回る規模の洪水に対する施設整備による減災効果発現の不確実性、施設整備に対する過大な期待（誤解）によりかえって被害を増大させてしまう可能性（例 堤内地の住民・企業等が過度に安心してしまい浸水に対し脆弱となる、避難しなくなるなど）等の観点を見落とさず、また、氾濫開始水位の明確化による、より効果的な避難行動確保の可能性等も考慮し、社会意識の変化（の可能性）も踏まえた現実的な検討を行う必要がある。

(2) 具体的な減災対策計画・効果評価手法の未確立

具体的な減災対策の計画手法及び対策効果の評価手法が未確立であると考えられる。河川管理施設における減災対策には堤防越流時に破堤までの時間を遅らせるための法尻補強等があるが、対策によりどの程度の被害低減効果が期待しうるか、費用/便益分析ができる精度の評価手法が一般に確立しているとは言えず、どこまで対策に費用を掛けることが妥当であるか判断・説明することができないと考えられる。

(3) 堤防の機能発揮特性上の課題

洪水時の危機管理・減災対策において、どの洪水水位で氾濫が始まるかを事前に明確にしておくことは、避難誘導等において重要である。しかし、堤防の基礎地盤を含めた土質等の複雑さのため、有堤区間においてどの水位で氾濫が始まるかを事前に知ることは一般に困難と言えよう。

なお、堤防の存在しない掘り込み河道（無堤区間）からの溢水においては河岸高さを超えれば氾濫が始まる（土のう等による水防活動による効果及び河岸浸食、河道横断面内の流れの不均一さ、土砂・流木の流下・堆積による影響等を除ける場合）ため、氾濫開始水位を有堤区間よりも想定しやすいと考えられる。

332 米国陸軍工兵隊の事例

3.2.1.で述べた「減災対策における河川管理者の関与」に関する米国の事例について、2018年5月23日（水）に訪問した米国陸軍工兵隊水資源研究所（バージニア州アレキサンドリア）にてリモート会議システムにより行われた同研究所水文工学センター（カリフォルニア州デビス）の Adams、Lea 女史によるプレゼン及びその後の質疑応答に基づき紹介する。

米国陸軍工兵隊では、2017年7月14日に「Managed Overtopping of Levee Systems」（堤防システムにおける管理された越水）という Guidance（手引き）が CECW-CE（Headquarters, Directorate of Civil Works, Corps of Engineers）から発出されている（2019年7月14日までの2年間の暫定）。本手引きは、1987年発出のものの改定版であり、不確実性の考慮と、工兵隊のプロセス変更の2点に対応するために改定されたとのことである。

同手引きでは、堤防天端高さの縦断形に意図的な高低差を設ける（図 3.3.1）ことにより、設計規模を超える洪水時に越水する箇所を限定し、避難時間の確保などの減災対策を行う方法について説明されている。なお、本対策は強制ではなく選択肢の1つである。

図 3.3.1 を見ると計画的越水箇所の堤防天端高さを通常よりも低くしているように見えるが、計画的越水箇所以外を通常よりも高くしているものである。なお、計画的な越水箇所を設定しない場合の堤防天端高さの縦断形の設定手法の概念図は図 3.3.2 及び図 3.3.3、堤防天端高さの概念図は図 3.3.4、計画的越水箇所の概念図は図 3.3.5 のとおりである。計画的越水箇所における計画越水深は、耐浸食構造（リップラップ等）の強さにより決まり、3フィート（約 0.9 m）等に設定される。また、法尻の浸食対策の追加（費用増）がその他考慮すべき事項として挙げ

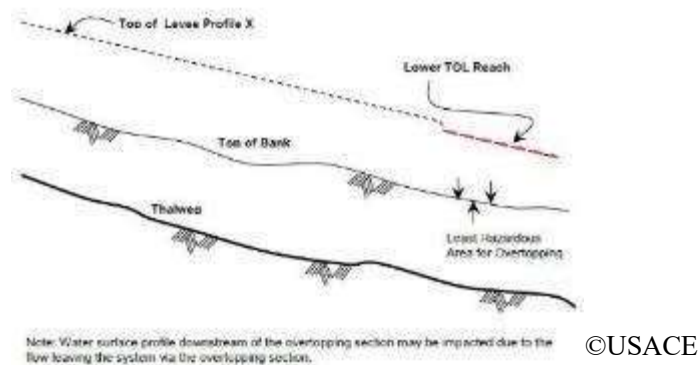


図 3.3.1 堤防高さ縦断形への越水区間追加概念図¹⁾

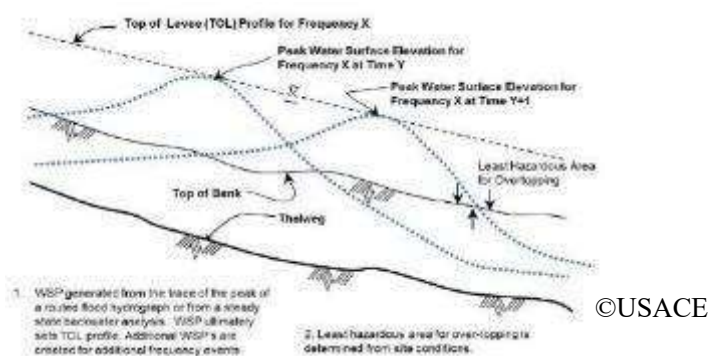


図 3.3.2 堤防高さ縦断形検討概念図¹⁾

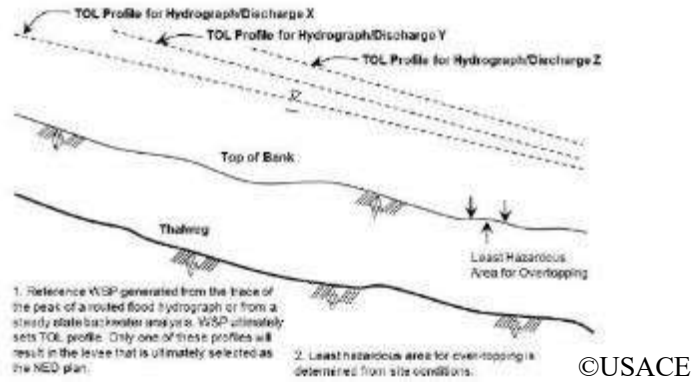


図 3.3.3 複数規模の洪水に対する堤防高さ縦断形概念図¹⁾

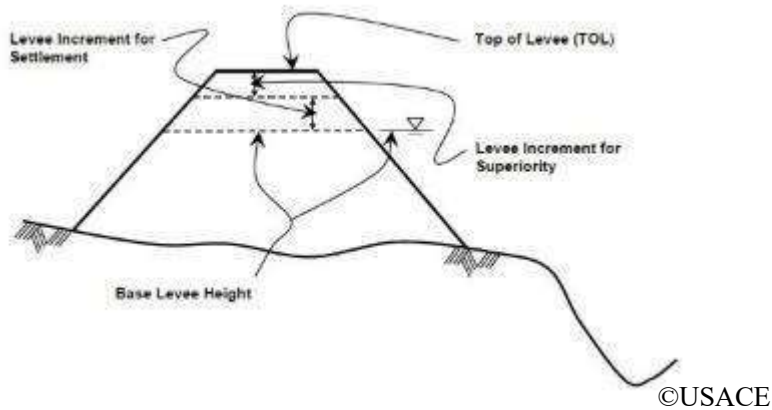


図 3.3.4 堤防天端高さ概念図¹⁾

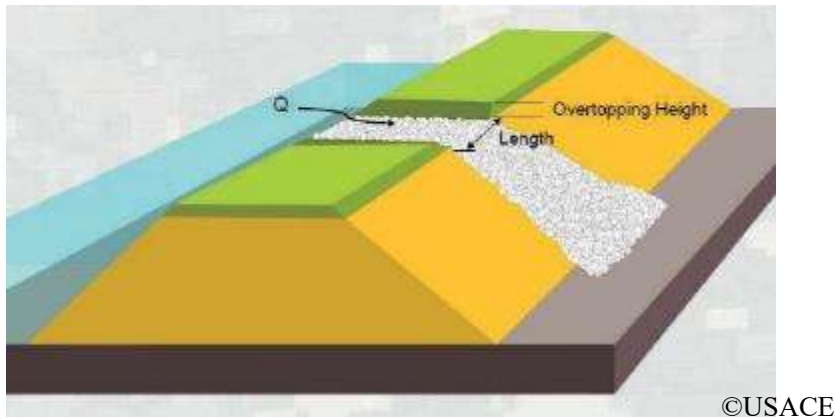


図 3.3.5 計画的越水箇所概念図²⁾

られていた。

我が国にとって重要と考えられる点は、このような計画的越水箇所の設定については、地元自治体が発案者となる点である。工兵隊も検討チームの一員になるが、地元自治体主導とのことである。なお、計画的越水箇所の設定は、同箇所以外の安全を保証するものではなく時間稼ぎであるとのことである。

カリフォルニア州のサクラメント市を流れるサクラメント川における計画的越水箇所選定例を図 3.3.6 に示す。同箇所の選定理由は、堤内地が農地・ゴルフ場であること、氾濫域の下流側である（堤内地の標高が氾濫ブロック内で相対的に低い）ため氾濫後氾濫流の広がる速さ

が相対的に小さい（氾濫に気づいてから避難する場合の利用可能な避難時間が相対的に長くなりうるとともに、氾濫流の流速が小さい方が堤内地の建物被害等が相対的に小さくなる）ことなどである。

上述のとおり計画上の越流水深が決まるので、越流幅を変えた浸水シミュレーションを行うなどして越流幅を決めるとのことである（図 3.3.7）。

その後 2018 年 12 月に上述のサクラメント川の計画的越水箇所の施工状況について米国陸軍工兵隊に確認したところ、まだ施工していないとのことであった。2019 年 1 月 18 日（金）にワシントン D.C.の米国陸軍工兵隊本部を訪問した際に米国内の計画的越水箇所施工事例を確認したところ、施工事例はまだないとのことであった。同対策が進まない理由として、地元の利害関係者の考え方が変わらないこと、土地が貴重であること、残留リスクについての理解が不足していることが挙げられた。また、堤防整備が終わった後に同対策を追加することは難しい（堤防整備が終われば住民は安心してしまいがちなため）が、堤防整備の開始時から同対策を組み込むのであれば実現可能であろうとのことであった。

なお、1996 年以降米国陸軍工兵隊では我が国と異なりいわゆる余裕高を用いていないが、既に紹介されている³⁾ためここでは繰り返さない。

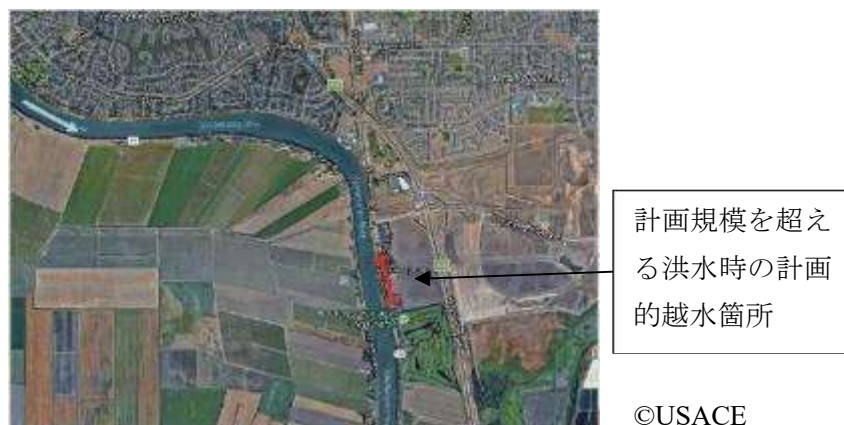


図 3.3.6 サクラメント市の事例²⁾ ※日本語加筆



©USACE

(a) 越流幅 A 案 (B 案より広い)



©USACE

(b) 越流幅 B 案 (A 案より狭い)

図 3.3.7 越流幅を変えた氾濫シミュレーション結果の比較例²⁾

333 我が国において参考とすべき事項

(1) 減災対策における河川管理者と地元との役割分担

施設設計規模を超える洪水時の被害低減（減災）対策としての施設整備は、効果発現における比較的大きな不確実性があるうえに、地域間の利害が相反する被害を配分することにもなるため、我が国の河川管理者がこれ（減災施設整備）を主体的に行おうとすることは難しいと考えられる。なお、これらは水防管理者が減災対策事業を実施する場合にも同様に直面する課題ではあるが、減災対策事業による受益者が水防管理者の側である「地元」であることから減災対策事業を実施する主体となりうるが、上下流・左右岸バランスを見ている河川管理者として許容しうるかが課題となる。この解決策の 1 つの事例が上述の米国の「堤防システムにおける管理された越水」と考えられる。

同事例では、設計規模を超える洪水時の被害低減対策については地元が要望するものであり、安全を保証するものではなく、時間稼ぎのためのものに過ぎないとしており、対策の選択は強制ではなく選択肢の 1 つである。地元の判断として効果発現に不確実性の避けられない対策を選択（要望）することは、河川部局が不確実な減災効果について責任を持つ呪縛から解き放つものと考えられ（全く責任がないのかどうかは引き続き事例調査が必要）、河川管理者による減災対策への関与における隘路を乗り越える 1 つの方策と考えられる。

ただし、我が国において減災対策用土木施設（嵩上げ盛土等）を地元自治体が 100%費用負担して実施するのは財政的に難しいと考えられることから、一定の費用補助等の支援を国等が行う必要があると考えられる。

(2) 施設設計規模を超える洪水時の減災対策の選択肢の拡充

設計上の洪水規模に対してほぼ同一の安全度（堤防高さ）を持つ長さ数 km の一連完成堤区間に設計規模を超える洪水が来襲した場合の課題の概念を図 3.3.8 に示す。この場合、当該区間のどこが破堤するかはロシアンルーレットのようなもので事前に分からない（分かっていたら弱点箇所を強化を図って平準化を図っているであろう）。このため、限られた人数の水防団・消防団で長大な堤防区間の不特定箇所の変状の前兆をとらえ、前兆に応じた応急対策を行うことは難しいと考えられる。また、破堤箇所が（偶然）家屋近傍であった場合、高速の氾濫流が家屋を襲い、より甚大な被害が発生する可能性がある。

一方、設計規模を超える洪水時に氾濫する地点を事前にある程度限定することができれば、水防団・消防団による要監視地点数が少なくなるとともに、当該地点を氾濫ブロック内で最も標高が低い点等として適切に選定することができれば、氾濫後の堤内地の氾濫水の動きが相対的に遅くなり、氾濫に気づいてから避難しようとする人が無事逃げられる可能性が高まるとともに、流体力の低下により家屋倒壊等被害の低減が図られる。さらに、堤内側に氾濫水が溜まることによりパイピング発生可能性の低減、堤防越流時の堤内側法尻の洗堀軽減など、施設被害の軽減を通じた迅速な復旧に貢献しうる。氾濫地点を事前に限定することが既存施設・地形特性等から難しい場合には、図 3.3.9 に示すように、HWL を洪水位が超えさらに大幅な洪水位上昇が予想される場合にそろそろと樋門を開け堤内に水を引き入れることにより、上述のパイピング防止等を図ることが考えられる。この場合、樋門を開けることは人為的に氾濫を引き起

こすこととなり、地域での合意が困難な可能性があるほか、利害が相反する可能性があることから、浸水被害が生じた場合の補償等について事前に調整しておく必要がある。

このように施設設計規模を超える洪水時に被害をゼロにすることはできないが壊滅的な被害を防止するとともに被災後の復興期間を短くしようとする施策は、2018年5月23日に米国陸軍工兵隊水資源研究所の Bellomo 氏より最近の工兵隊の方針として紹介された「レジリエンスの強化（災害被害をゼロには出来ないが被災からの復興を早める）」（図 3.3.10）と同様の考え方によるものである。

施設設計規模を超える洪水時の被害低減対策の現実的な推進方策の社会への導入が重要であり、米国の事例は具体的な導入方法について示唆を与えるものである。

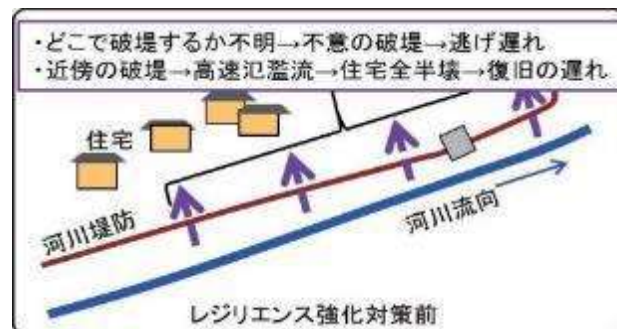


図 3.3.8 同じ安全度の連続堤で守られている地区の設計規模を超える洪水時の課題

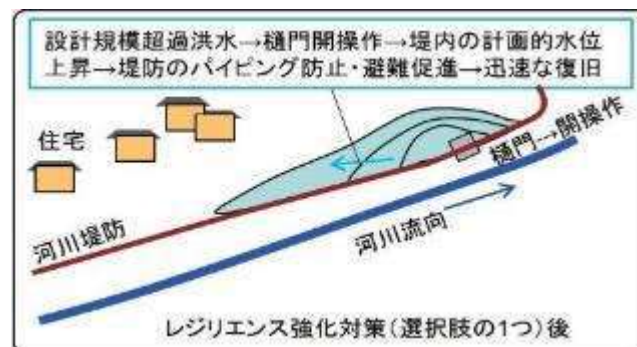
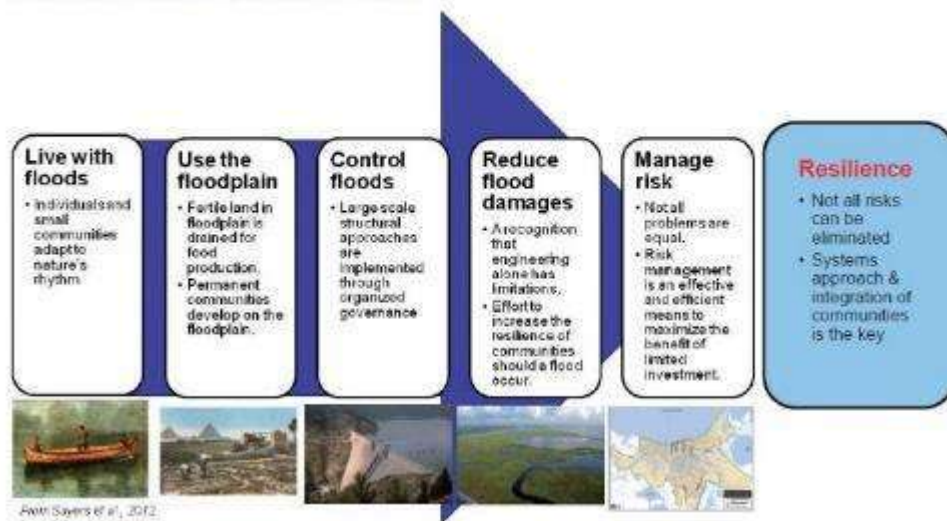


図 3.3.9 施設設計規模を超える洪水時の減災対策の選択肢の1つ

FROM ACCEPTING RISK TO MANAGING RISK AND PROMOTING RESILIENCE



©USACE

図 3.3.10 リスク受容からリスク管理、レジリエンス強化へ⁴⁾

参考資料

- 1) USACE: Managed Overtopping of Levee Systems, Guidance, Engineering and Construction Bulletin, 2017-15, Jul. 14, 2017.
- 2) Adams, Lea: Overview of ECB 2017-15 Managed Overtopping of Levee Systems, Presentation Material at Institute for Water Resources, USACE on May 23, 2018.
- 3) 板垣修・吉谷純一：米国陸軍工兵隊による洪水被害のリスク分析手法，土木技術資料,54-11,pp.28-31,2012.
- 4) Bellomo, Doug: Flood Risk Management in the US Army Corps of Engineers, Presentation Material at Institute for Water Resources, USACE on May 23, 2018.

3.4. 調査の成果と今後の課題

内閣府政策統括官（防災担当）付参事官補佐 磯部 良太

341. 我が国における大規模・広域避難への取り組み

水害等からの避難の在り方については、避難勧告等に関するガイドライン（H29.1）等を参考に、市町村が避難勧告等の発令基準や避難計画等を検討・策定することとなっている。しかし、三大都市圏をはじめ、海拔ゼロメートルのような低地帯が広がっている地域において、大河川の洪水や高潮によって氾濫が発生した場合には、浸水区域の広さ、避難対象人口の膨大さ、浸水継続時間の長さ等から、ガイドライン等のみでは通用しない事態が想定されるものの、具体的な避難計画の策定には至っていない状況である。

このため、中央防災会議防災対策実行会議の下に設置されたワーキンググループにおいて、“浸水区域の居住人口が膨大で数十万人以上の立退き避難者が発生すること”、“浸水面積が広範に及び、行政界（市町村・都道府県）を越える立退き避難が必要となること”、“浸水継続時間が長期に及び、二次的な人的被害リスクが高い”といった、大規模かつ広域的な特徴を有する避難の在り方について平成 28 年 9 月から平成 30 年 2 月にかけて検討がなされ、平成 30 年 3 月に「洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難に関する基本的な考え方（報告）」が取りまとめられたところである。

このように我が国においては、大規模・広域避難の具体的な検討に着手したばかりであるものの、地球温暖化による懸念される台風の激化等も考慮すれば、今後、いつ、大規模・広域避難が必要となる大規模水害が発生しても不思議ではなく、大規模・広域避難の実装に向けた取り組みを早急に進めなければならない。

今後の我が国における防災対策、特に大規模・広域避難の検討に向け、ハリケーン・ハービー、ハリケーン・イルマへの米国における対応について得られた成果等について記す。

342. 米国における避難への取り組み

＜ハリケーン・ハービーへの対応＞

テキサス州ヒューストン市では、発令範囲や発令のタイミング、避難経路など高潮からの避難計画が具体化されていた。一方、降雨（洪水）に対する計画は確認できなかった。

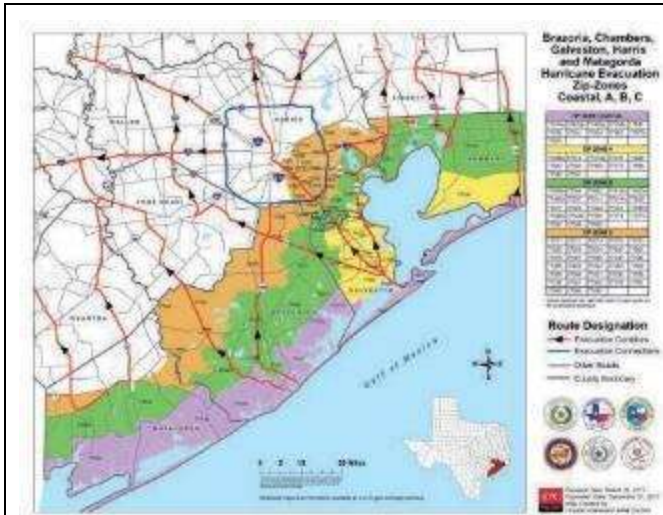


図 3.4.1 ヒューストン市等の避難地図

- ・ヒューストン・ガルベトン地域委員会 (Houston-Galveston Area Council) では、高潮からのリスクに応じ、郵便番号を用いた避難ブロックや避難経路を明示した避難地図を作成し公表されていた。
- ・ヒューストンには車が入ってこないよう一方通行にすることとなっていた。
- ・高潮被害が想定される 60～48 時間前に自主避難又は強制避難を呼びかけることとしていた。(ガスベトンでは、ヒューストンの人が避難する前に避難させなければならいため、90～120 時間前には判断が必要と考えられていた。)

しかし、ハリケーン・ハービーでは、ハリケーンの急激な発達・停滞により過去に例がない猛烈な降雨（洪水）に見舞われるなか、避難を行うための時間的余裕がなく、車による避難途中で被災することが多い過去の経験や夜間に避難を呼びかけることの危険性等を踏まえ、避難命令を発令せず、屋内安全確保を促していた。

・ハリケーン・ハービーの進路は、一定程度予測できていたが、メキシコ湾における急激な勢力の再拡大は予測できていなかった。



図 3.4.2 ハリケーン・ハービーの予測進路

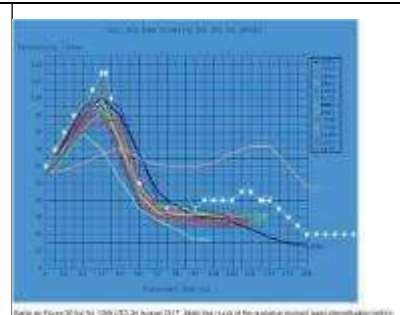
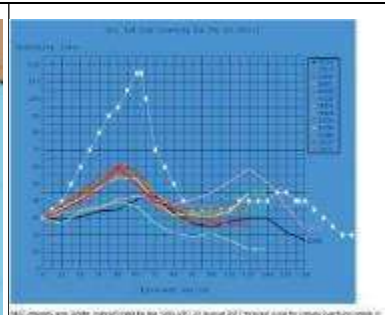


図 3.4.3 ハリケーン・ハービーの強度
(左：8月23日12時時点予測と実績、右：8月24日12時時点の予測と実績)

・ヒューストン市長は、「650万人が避難することは、ハリケーンによる被害よりも多くの被害が出る」として避難命令を出さなかった。(以下は、テキサス州水開発委員会のプレゼン資料)

The Mayor made the statement about not evacuating due to traffic issues.

-Past experience created multiple casualties.

"You literally cannot put 6.5 million people on the road," Mayor Turner said in a press conference. "If you think the situation right now is bad, you give an order to evacuate, you

ハリス郡では、避難命令を発令しなかったことにより被害が軽減できたと考えられていたが、工兵隊が公表している時系列の浸水範囲を見ると、27日～29日にかけて浸水が広がったものの、その後は数日で浸水範囲が縮小しているように見えるように、ヒューストン市の地形的特徴等もあり、屋内安全確保による避難によって被害を軽減できたと思われる。

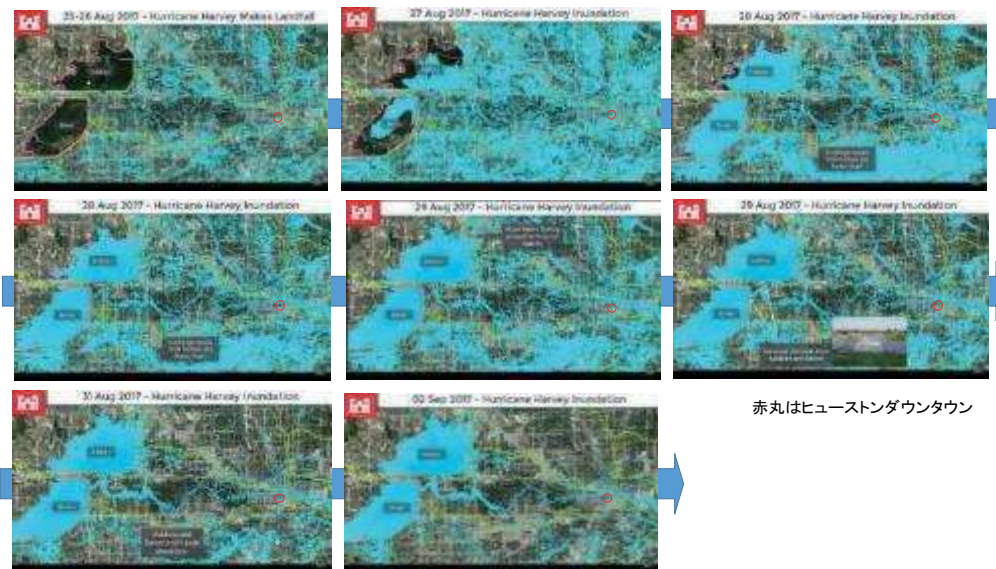


図 3.4.4 ハリケーン・ハービーによる浸水状況

また、住民等は避難命令を踏まえ、自らホテルや親せき宅などへ避難することが一般化されている一方、避難に支援が必要とされる者に対しては、要援助者登録システムに自ら事前登録を行うことにより、行政からの避難支援を受けられる体制がとられていた。基幹病院では、防水扉の設置等の自らの防水対策に加え、被災時の行政等からの支援（物資の供給等）により、立退き避難でなく屋内安全確保による防災対策を実施しており、行政と連携し、周辺の病院からの受け入れも可能となっていた。また、様々な情報（気象情報、交通状況、避難に必要な時間など）が円滑に把握可能な体制を構築し、発災までのタイムラインに基づく危機管理がなされていた。

<ハリケーン・イルマへの対応>

フロリダ州ジャクソンビル市では、高潮などからのリスクに応じ、浸水する地域を6ゾーンに分けて避難ゾーンを設定するとともに避難経路も明示した計画が具体化されていた。また、避難ゾーン別に避難人口及び避難時間を設定し、避難のタイミングを判断しており、発令にあたっては、「避難命令はタイミングが重要。風が強くなる前に避難を終えること、夜間の避難は避けること、学校を閉鎖し避難場所として整理してから開始することなどを考慮する」、「避難命令の内容は「ゾーンAの住民は、明日夕方までに避難を完了せよ」というような内容になり、それに先だって、「6時間後に避難命令を出す用意がある」という警告発表」を行うなど、実践的な計画となっていた。

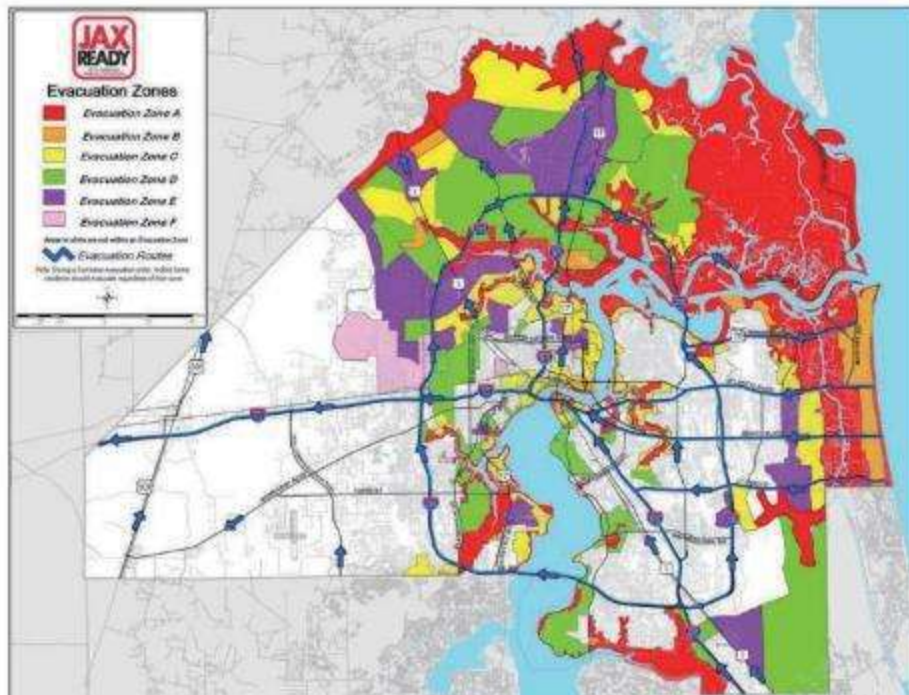


Table 2: Evacuation Zones, Impacted Population, and Clearance Times

Evacuation Zone	Evacuation Zone Population	Total Evacuated	Duval County Clearance Time + 20 (HRS)
A	192,000	A 192,000	34.5 hours
B	72,000	A+B 264,000	35.0 hours
C	192,000	A+B+C 456,000	38.5 hours
D	165,000	A+B+C+D 621,000	44.9 hours
E	101,000	A+B+C+D+E 722,000	49.5 hours
F	11,000	Variable – Zone F evacuations can be ordered concurrent to or separate from other evacuations	Variable – Zone F areas are included or separate from evacuation
Not in Evacuation Zones	153,000	N/A	N/A

Source: 2013 Florida Statewide Hurricane Evacuation Study Program; Evacuation Transportation Analysis, page IV-73; US Census Estimate (2013)

図 3.4.5 ジャクソンビル市における避難計画

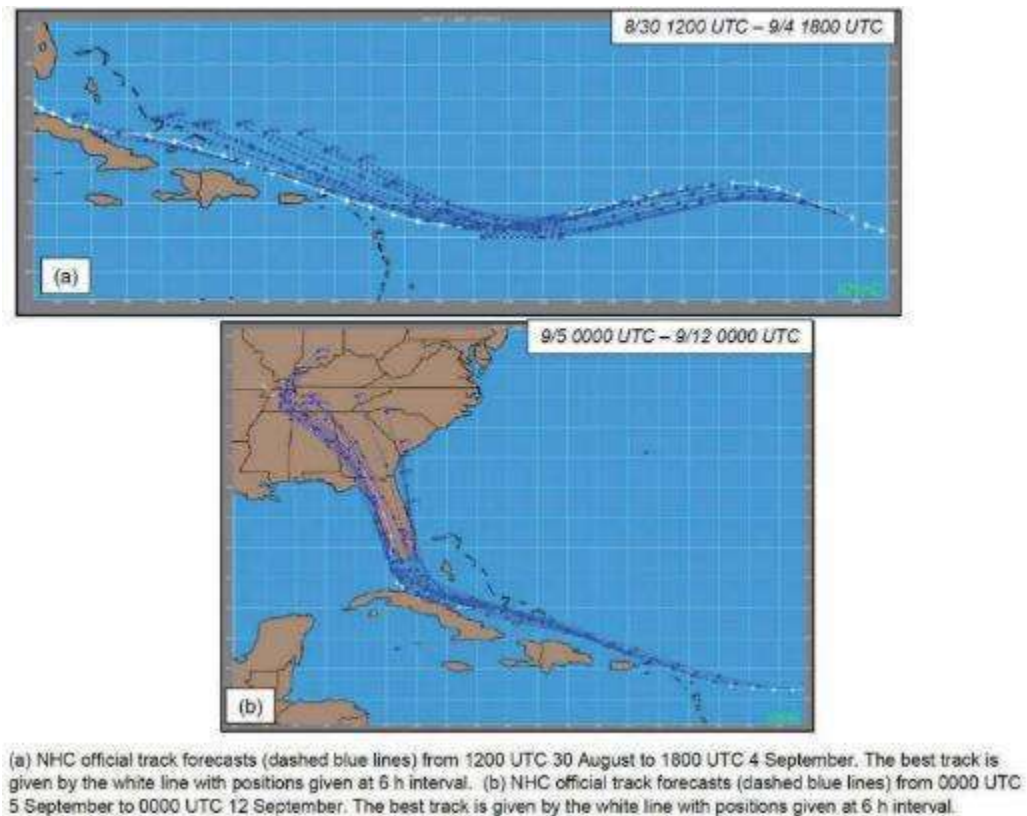


図 3.4.6 ハリケーン・イルマの進路（予測：青破線、実績：白線）

ハリケーン・イルマでは、予測進路と異なる動きをしたため、危機管理が難しかったとの意見があったものの、National Hurricane Center の予報に基づき、HURREVAC により算出される避難に要する時間に応じて避難命令を発令しており、例えば、フロリダ州南部に位置するキーズ諸島では、3～4 日前には避難開始が必要であることを踏まえ 9 月 6 日に避難命令を発令（上陸は 9 月 10 日）しており、北東部に位置するジャクソンビル市でも 9 月 9 日に避難命令を発令（ジャクソンビルへの影響は 9 月 11 日から）するなど、事前の計画に基づく対応がとられていた。

・ HURREVAC は、交通量予測モデルと改良したもので、ハリケーン予測情報と交通状況から避難の開始と終了時間を計算するものであり、避難命令の決定者に対して、避難命令のタイミングを支援しているものであり、連邦政府が州政府、地方自治体に対して利用可能としているものである。

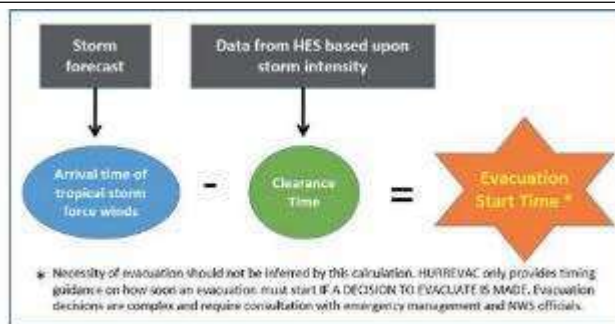


図 3.4.7 避難開始時間の考え方

ハリケーン・イルマの進路は、予測と大きく異なったものの（日本に当てはめた場合、避難勧告を空ぶった状況に相当）、行政が躊躇せず避難命令を発令するためにも、避難計画の策定は重要であった。

また、ハリケーン・イルマでは、shadow evacuation の発生や、必要以上の長距離避難といった行政が想定していなかった住民の避難行動も見られ、避難計画には、住民の不確実な避難行動への対応も考慮することが必要であることが分かった。

→【複数シナリオ・柔軟性を持った避難計画の策定】

ヒューストン市において、「気象条件の急激な変化によって、避難時間が不足するため、避難命令を発令しない」という判断が可能であったことは、避難命令の発令者が、“今後の気象状況の把握”、“避難に要する時間の把握”に基づく意思決定ができる体制となっていたことを意味している。また、フロリダ州における聞き取りでも National Hurricane Center の予報に基づき、FEMA 等が提供する HURREVAC を用いて避難時間を算出し、事前に計画された避難発令区域に対して市長が避難命令を出すこととなっており、各機関の役割が事前に明確化されていることにより、円滑な避難命令の発令体制が構築されていた。我が国においても、通常の場合、河川管理者や気象庁等が提供する水位情報や防災気象情報を基に市町村から避難勧告等が発令される体制が整っているが、大規模・広域避難にあたっては関係機関からの情報を基に広域避難勧告等が発令できる体制の構築が必要である。

→【関係機関の役割の明確化・連携強化】

米国では、住民に対しては、基本的に避難場所の確保は自ら行うことが一般化されるなど、避難命令を受けた後の避難行動は、住民に委ねられていた。

一方で、在宅での療養者や病院の入院患者などの避難のための支援が必要となる者に対しては、具体的な支援措置が決められ、施設と行政機関等の連携による支援体制が構築されていた。また、基幹的な病院では、屋内安全確保を図るための対策がとられ、また、近隣病院からの患者の受け入れも可能としており、避難リスクを抱える者に対して出来る限り負担の少ない避難行動が取れるよう病院も積極的に対策を講じていた。

我が国においては、通常、行政が避難場所を明示して避難を促しており、数十万人以上の避難者が発生する大規模・広域避難においても同様の対応を住民からは求められる。しかし、数十万人以上の避難者のための避難場所は容易に確保できるものではなく、米国のように避難場所の確保は住民自らが行うということを一般化していくことも重要である。一方で、避難行動をとることが難しい避難者に対しては、通常の場合、避難行動要支援者名簿の作成や病院等における避難確保計画の策定などの取り組みが進められているが、これらの取り組みは立退き避難を基本としたものであり、避難行動が難しい者に対しては、可能な限り垂直避難等により安全を確保できるよう施設の災害対策等を強化していくことも重要である。

→【自助による避難の一般化と避難支援が必要となる者への支援】

米国と我が国における大規模水害への避難対策として最も大きな違いは、大規模避難が現実のものとして受け止めているか否かである。我が国において、近年、巨大台風の接近・上陸が

なく大規模水害を現実のものとして受け止めきれていない中、大規模避難を一般化・具現化していくためには、抽象的な検討ではなく、実質的な検討をしていくことが必要である。

現在、内閣府では、ワーキンググループの結果を踏まえ、広域避難の実装に向け、特に、行政機関間の連携・役割分担の在り方について検討を進めるため、東京都とともに「首都圏における大規模水害広域避難検討会」を6月1日に設置したところであり、我が国における広域避難への取組を促進していくこととしている。また、江東5区では、8月22日に広域避難勧告等の発令基準等を示した江東5区大規模水害広域避難計画等を公表するなど、広域避難への取り組みを進めている。米国で得られた知見も参考として、これらの取り組みを加速化していきたい。

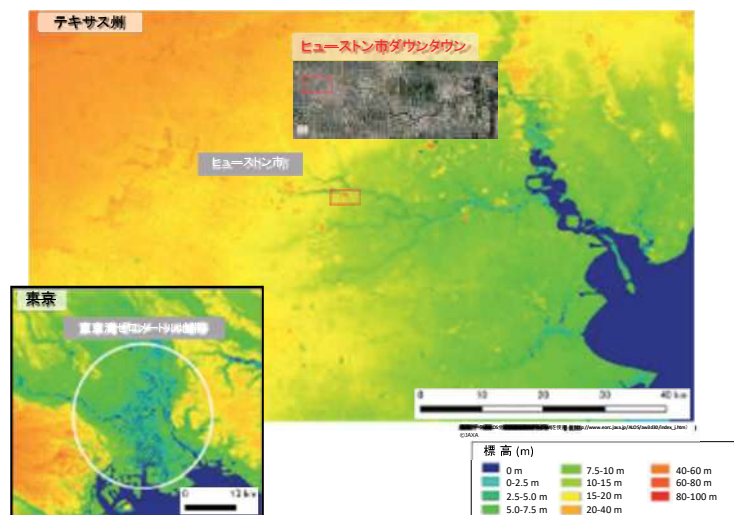


図 3.4.9 日本と米国（テキサス州）の地形条件の違い

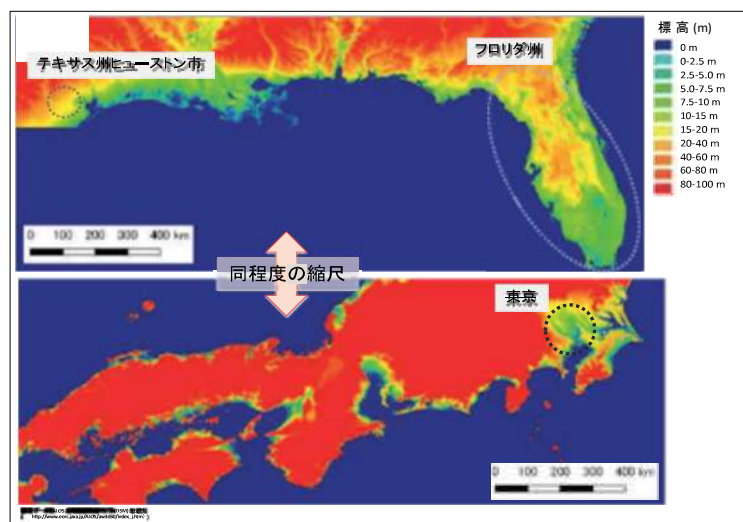


図 3.4.10 日本と米国（フロリダ州）の比較

3.5. ハリケーン・ハーヴィ災害の教訓

関西大学 特別任命教授 河田 恵昭

351 序

ハリケーン・ハーヴィがテキサス州ヒューストンを中心に、史上最大の被害をもたらした。その調査を進める過程で、日米共通の課題が存在することが浮き彫りになってきた。被害発生メカニズムは、本調査報告書で明らかにしている。それから得られる教訓が抽出できれば、調査は成功である。そこで、ここでは教訓を示し、どのように対処すればよいかについての指針を示すことにしたい。わが国でも、首都直下地震や南海トラフ沿いの地震が起これば、国難災害となって国は滅びると、私自身が数年前から主張し、それを裏付ける研究成果も発表してきた。問題は、国が潰れようと潰れまいと、それにお構いなく国民全員が死ぬわけではないことにある。生き残った国民は、たとえ生活水準が低くならうとも、生きていかなければならない。しかし、生きていけるのであろうか。それに鋭い問いかけをしたのがハリケーン・ハーヴィ災害なのである。そのあたりの事情を紹介し、教訓を述べよう。

352 ハリケーン・ハーヴィ災害によって浮上した不安

アメリカ合衆国は民主主義国家であるから、基本的に自助中心の社会である。「自分ができるとは自分でやる」ことが基本になっている。だから、水害保険制度が確立している。水害によって経済被害が発生すれば、保険でカバーしようというわけである。アメリカ合衆国は世界で一番、自然災害による社会経済被害が大きい国である。表 3.5.1 は、わが国との比較を示している。両国でおよそ 2 倍の差がある。ところが、アメリカ合衆国では、大きな被害が発生した災害をきっかけとして、国全体が巻き込まれるような社会経済問題はこれまで発生していない。なぜなら、90%を超える経済被害は保険でカバーされてきたからである。たとえば、2001 年ニューヨーク同時多発テロによってウォールストリートを中心とした金融界は大きな被害を被った。しかし、ほとんどの被害は保険によってカバーされ、アメリカ連邦政府が経済政策を新たに発動するという事はなかった。それよりも、アメリカ合衆国の保険会社が世界的なスケールで再保険に入っていたことから、わが国の保険会社が保険金を支払わなければならない事態に陥り、赤字決算に見舞われるということが発生した。このこともあって、同テロ事件による経済被害額は確定していない。企業秘密の部分が大きいからである。

それでは、ハリケーン・ハーヴィ災害では一体何が起こったのだろうか。それは、100 年確率で発生する降雨による水害リスクが認められず、保険加入が任意だった広大な地域で水害被害が発生したのである。そこでは、保険の加入率はおおよそ 20%だった。被災者は、危険であることがわかっていたのであれば、保険に加入していたと主張するのである。なぜ、このような問題が発生したのか。それは、今回の降雨量は、間違いなく再現期間が数百年以上の未曾有の豪雨だったからである。何しろ、8 月の 5 日間で約千億トンの雨が降ったのである。場所によっては 1000 ミリを超えたので。この結果となった。これは琵琶湖の貯水量の約 4 倍である。2018 年 7 月に発生した西日本豪雨災害では、10 日間に日本全国で降った雨が琵琶湖の貯水量の約 3 倍であるから、その量の多さは想像を絶するものである（ここでは再現期間という専門用語を用

いているが、地球温暖化によって変数としての降雨量はエルゴート性を失っており、厳密には使用できないが、本文では統計的な目安を知る意味で用いている)。

アメリカ合衆国では、近年、水害保険は赤字である。しかも、政府が直接に運用せず、民間の保険会社も加わっており、度重なる保険料の値上げにもかかわらず、累積赤字は増える一方である。だから、現行の制度を、さらに多くの“安全”地域を強制的に保険に加入するような所作をすれば、さらにこの赤字が激増するという特徴をもっている。災害発生から 1 年 2 か月を経過しているが、改善策の話は聞こえてこない。それだけ問題が複雑だということだろう。

表 3.5.1 日本とアメリカ合衆国の近年の人的、社会経済被害などの比較

日 本	アメリカ合衆国
<ul style="list-style-type: none"> • 過去25年間の社会経済被害額：4,440億ドル（約49兆円） • 過去30年間の風水害の犠牲者数：約90人/年 • 過去30年間の犠牲者千人以上の巨大災害の累計：約28,000人（阪神・淡路と東日本大震災で発生） ★政府の対応機関：内閣府防災（約90人） 	<ul style="list-style-type: none"> • 同左：8,660億ドル（約95兆円）で日本の約2倍 • 同左：約80人/年 • 同左：約1,800人（ハリケーン・カトリーナで発生） ★政府の対応機関：連邦危機管理庁（常勤：4,000人、非常勤：4,000人）

353 なぜ、被災地でそのような事態になったのか

1930年に今回の被災地は大洪水に見舞われた。そこで、アメリカ連邦政府は2つの治水ダムを建設し、ヒューストン市周辺では水害が発生しないようなシステムを作った。問題は、ダムが竣工したにもかかわらず、湛水した時に浸水する地域の土地の買収が、全域のおよそ 2/3 程度に留まったことである。残り 1/3 は民地のままであった。そして、ダムが竣工して以来、2つのダムが満水状態に近くなるような事態は発生しなかった。1つのダムでは、ゲートすら開けたことがなかったのである。

つまり長い間、これらの湛水危険地の多くは未開拓のままの原野であった。ところが、2013年頃から始まったアメリカ合衆国のシェールガス革命は、テキサス州ではその埋蔵量の多さから、人口流入を伴う大規模な都市化をもたらすことになった。つまり、湛水する危険のある地域に道路が建設され、戸建て住宅群によるコミュニティが形成されることになった。このような急激な都市化によって、水害危険性が近年高まったにもかかわらず、湛水危険地の適切な管理が遅れてしまったのである。結果的に、今回浸水した地域の 2/3 が洪水浸水想定区域外だったということである。

一方、2002年ハリケーン・アイリーンによる豪雨で、ヒューストン市のダウンタウンを中心に浸水被害が発生し、とくに全米1の規模を誇るTMC（Texas Medical Center、テキサス医療センター）が水没する事態となった。入院患者に食料を届けられないばかりか、地下のバイオテロの供試体を貯蔵してある部屋が水没し、そのクリーンアップ費用だけでも当時 260 億円を要する大被害であった。その後、TMC を中心とした地域は連邦政府の直轄事業として耐水化工事が行われ、500 年確率の豪雨でも浸水しない構造となっている。今回の水害でも、この地域だけは浸水被害を免れているが周辺は浸水した。

ハリケーン・ハーヴィによるヒューストン市内河川の氾濫の様子を記録したビデオが残っている。その映像からは、余りにも深く浸水が進み、川の正確な位置がわからない他、氾濫した水が余りにも大量過ぎて、下流に向かって流れているというより、どっぷり浸かっているという表現の方が正確である。住宅街の浸水でも、氾濫水が流れているというよりも、どっぷりと深く浸かっているという表現の方が正しい。したがって、今回の洪水氾濫では橋が流失という被害は発生しておらず、水面から欄干や橋の上部工が突き出ているという感じである。要は大量の降雨によって、河道のみならず下水道も溢れ、あらゆる種類の用水が流れていたところも溢れ、市街地が水没したということである。

354 では、どうすればよかったのか

いろいろな理由があって、災害の各種リスクは公表されていないのが普通である。実は、2005年ハリケーン・カトリーナ災害でも同じことが起こっている。ニューオーリンズ北部に位置するポンチャートレーン湖の高潮堤防は、カテゴリー3のハリケーンによる高潮防御が可能で、それ以上の勢力のハリケーンが来襲すれば、破堤することがわかっていた。そして、その補強費用が当時、2000 億円と見積もられていた。しかし、全米でもっとも貧しい都市であるニューオーリンズで負担できるわけでもなく、連邦政府が直轄でやるには、他にも危険な都市があり、採用するわけにはいかなかった。その結果、補強工事がされなかっただけでなく、勢力の強いハリケーンが来襲すれば、破堤・氾濫が起こることを住民に知らせてはいなかった。だから、被災者の多くには寝耳に水の事態となった。これだけが原因ではないが、ハリケーン・カトリーナ災害では、およそ 1800 人が犠牲になった。事前に広く認知されておれば、死者は少なくできたはずである。

古い時代には、対策ができるまでは危険の存在を住民に知らせてはいけない、というのが行政の代表的な意見であった。住民を不安にするだけだから、完成するまで黙っているという態度である。しかし、これは間違っている。なぜなら住民は下手をすると犠牲になるからである。ここで気をつけなければいけないことは、アメリカ合衆国は自らの手で民主主義を発展してきた国であるということだ。すなわち、防災の基本は自助なのである。At your own risk なのである。そうすると、適切な情報があればあるほど、被害は少なくなるという特徴が見いだされる。余談であるが、ハリケーンについては来襲前から来襲中にかけて、当該地域の住民が求める情報は、今やテレビではなくスマホで入手しようとしていることがわかっている。なぜなら、後者の方がリアルタイムに近く、個別かつ具体的な情報の入手に優れているからである。ただし、高齢者やハンディキャップをもっている人たちではそうはいかない。アメリカ合衆国でも、いわゆる災害弱者に犠牲者が多く出るのは、情報過疎が原因である。

355 わが国の実情

今回の教訓は、わが国でも適用できるのであろうか。現状を紹介しよう。2018年6月以降、大阪北部地震、西日本豪雨、台風21号そして北海道胆振東部地震が3カ月以内に連続災害として、立て続けに起こった。起こる度ごとに、被害は想定外という言葉が乱発された。本当に想定外だったのだろうか。たとえば、ブロック塀の下敷きになって亡くなった4年生の女子児童、バックウォーター現象で溢れた小田川の氾濫で犠牲になった真備町の51人、台風21号の高潮と高波で浸水した関西国際空港、そしてブラックアウトした北海道電力の災害や事故などは予見されていたものだった。ただし、対策は取られず、放置されていた。このような被害が発生しても、いつの間にか起こったこと自体も忘れ去られていく。どこに問題があったのかを明らかにしなければ、再発は避けられない。しかもその時は、以前よりも被害が大きくなりがちである。そして、被害が発生して、初めて危険であったことに気づいたような雰囲気がいままで漂っている。だからその危険の深刻さが最終的には首相官邸にも伝わらない。彼らが相変わらず初動重視の評価しかできないのはその証拠であろう。

今から23年前に起こった阪神・淡路大震災は、地震時に古い住宅が凶器になることを教えてくれた。それまで、地震災害の専門家でそのようなことを言っていた人は皆無だった。だから、当時の消防庁の標語が“地震だ。火を消せ”であったことがその証拠である。火災さえ起こらなければ、1923年関東大震災のような悲劇は起こらないと考えられていた。

多くの犠牲者が出て、住宅の耐震化が地震防災の切り札になった。わが国は、このようなことを繰り返しながら、安全な国になってきているのだろうか。そうではないと思う。なぜなら、冒頭に紹介した6月以降の災害で起こった“想定外”は、かつてわが国のどこかで一度は起こったことがあるからだ。あるいは、危なくなっているという予見の下で検討された過去がある。その被害が小さければ、無視されてきたのである。

356 台風21号による被害が起こってしまった場合、今後どうすればよいのか

例を挙げよう。9月4日に室戸岬の東の徳島県沿岸に上陸し、北上して神戸市を通り抜けた台風21号の高潮を例にとってみよう。この台風では想定外の高潮は起こっていない。高潮位の下で浸水被害が起こったが、犠牲者は発生していない。ところが社会経済被害は極めて大きかった。関西国際空港が浸水し、連絡橋が被災したからである。

大阪の高潮恒久計画（1970年初頭に完成）における計画高潮（潮位偏差）は3mであり、これが台風期の朔望平均満潮位であるO.P.+2.2mの時に重なれば、O.P.+5.2mが高潮対策の基準の高さとなる。その値に問題があることがわかってきた。その経緯を紹介しよう。地球の温暖化の進行によって海面上昇などの影響を考慮するために2007年に39人の委員・アドバイザーからなる大阪湾高潮対策協議会（当初、議長は近畿地方整備局企画部長）が設立され、その検討は高潮だけでなく津波や洪水に拡大され、2018年3月まで継続した。

この3mは、1934年の室戸台風のコースを、上陸時の中心気圧が930hPaの伊勢湾台風モデルが通過する時の大阪湾奥に位置する天保山の最大潮位偏差である。当時はコンピューターがなく、手計算でこの1ケースだけを計算した。今から30年近く前、私は室戸台風のコースを西方向に40km平行移動すると（土佐湾の中央部に上陸）、80cm高くなり、3.8mになることを見

出した。すなわち、恒久計画を作った当時の判断基準の値より大きく、現状は当時想定していた以上に危険であることが明らかになった。関連の研究成果も存在する。

これらの事実は、防潮システムが完成した 1970 年代にはわからなかったのである。わかりやすく言えば、現状の大阪は高潮に対して、過去に考えていた以上に危険であるということである。本来であれば、防潮堤などをかさ上げしなければならないはずである。今回の台風 21 号はそれを証明してくれた。第二室戸台風は上陸時と大阪最接近時の中心気圧は 925 と 937hPa であり、最高潮位は O.P.+4.12m であった。ところが、台風 21 号はそれぞれが、950 と 965hPa、O.P.+4.23m となり、台風の勢力が第二室戸台風よりも小さく、したがって吸い上げによって 30 cmほど低くなるはずが、高潮は逆に大きくなったのである。それは、堺市で O.P.+4.6m、西宮市で O.P.+5mを記録したことでわかる。もちろん両市の潮位を高くしたのは、砕波に伴うウエーブ・セットアップの影響や直前に降った豪雨による河川水位の上昇や内水氾濫の影響も入っている。

このようになることは 10 年くらい前からわかっており、大阪湾の防潮堤のかさ上げの必要性などをことあるごとに主張し、それに関係して関西国際空港の浸水危険性についても指摘してきた。しかし、現実は無視であって、そのような危険性が存在することすら広く知らされてこなかった。これは、南海トラフ巨大地震についても言える。大阪には高さ 3.8m の津波が来襲するということが明らかにされ、朔望平均満潮時に来れば、O.P.+6m になって現在の防潮堤を越流する。その危険性を回避するための作業は、津波避難ビルの指定だけで終わっている。つまり、現状では、想定していた台風や地震が起これば、高潮も津波も実際はもっと高くなり、市街地氾濫の危険がかなり高くなっているにも関わらず、放置されていると言ってよい状態である。

誰が、あるいはどの組織が対策をしなければならないのか、そして対策をしないのであれば、被害を受ける可能性のある人々に、その危険の存在を周知・徹底する必要がある。ところが現状では、後者さえ放置されている。このような状況が許されるわけではない。それを許さないような世論を喚起しなければ、ますます危険社会が拡大する。

357 縮災に向けての新たな提案

政府は、今秋にも国土強靱化基本法を見直し、ハード対策を中心とした公共事業投資額を増やそうとしている。しかし、短期間で終わるものではなく、長期間を要することが必定である。そこで、具体例として西日本豪雨によって高梁川の右支川である小田川が氾濫し、倉敷市真備地区では 51 人が死亡した事例を挙げてみよう。犠牲者のうち 46 人は高齢者であり、かつ 42 人は避難支援要援護者だった。この氾濫の原因は、本川である高梁川のバックウオーターによって、小田川の洪水の流下が阻止されたことによる。したがって、国土交通省中国地方整備局は両川の合流部の付け替えによって、被害軽減を図ろうとしていた。しかし、左岸側の住民の反対によって工事計画の承認に長期間を要してしまい、やっと合意が成立して今秋着工の運びとなっていた矢先の災害発生であった。

図 3.5.1 は、事前に用意されていた洪水ハザードマップと今回の浸水域を重ねて表示したものであって、両者はほとんど一致している。この氾濫によって 4600 世帯が浸水し、その人口の 0.22%が犠牲になった。この数字は 1959 年伊勢湾台風の高潮による犠牲者の死亡リスクと同じ

である。すなわち、小田川の堤防が決壊して堤内地の浸水が始まったが、全域が浸水するまで、7~8時間を要している。その間、小田川の水位は下がらなかったため、8カ所にわたって小田川の堤防が決壊が発生した。このことは、堤防が決壊によって容易に河川水位が下がらなかったことを示している。それは、海岸護岸や堤防が決壊によって、高潮の潮位が変わらないのと現象的には同じである。



図 3.5.1 西日本豪雨による倉敷市真備町の洪水氾濫におけるハザードマップ（外郭線）と実績（陰影部）の浸水区域の比較

仮に住民にこの情報が事前に伝わっておれば、河道の付け替えが終わらない限り、このような危険が存在することを理解できるから、河川改修が進捗した可能性があろう。したがって、災害が発生するまでに実行しなければならないことは、

- ①防災の基準：現在、地域に存在する災害リスクは、どのような内容であるのか。
- ②問題点：どこに具体的な被害があり、その“見える化”を実現する。
- ③改善策：被害を少なくするための計画内容とは。
- ④実現困難な理由：どのようなハードルが存在しているのか。

を地域住民に明らかにすることである。この作業によって、住民は存在する災害リスクの具体像を描けるようになることが期待される。具体的には、各市町村が有する洪水ハザードマップに①から④までを明示することである。

358 結論

防災に関わる社会インフラの維持管理といった場合、それは施設が対象であって、決して施設ができた当時の考え方の現在における合理性は対象としていない。それはわが国においては、これまでの国土交通省を中心とした技術系（エンジニアリング）の人びとの暗黙の合意であっ

た。しかし、安全に対する考え方や基準が時代とともに変わる（定期的な人事異動があつて、2、3年で代わる歴代の担当者や関係者がそのことに気づかず、長年経過することが問題ではあるが）と考えると、施設の強靱性や耐用年数ばかりでなく、竣工した当時の安全に対する考え方の現在における妥当性も対象としなければならないことを私たちは忘れていたことに気づく。ハリケーン・ハーヴィ災害が起こって、その被害のあまりの大きさは、水害に対する安全の基準や社会的背景が変わってきたことを放置してきたことに気づかせてくれた。これはわが国の国土強靱化政策にも適応できる。早急にハード整備に重点を置いたその内容を見直さなければならぬだろう。この意見を現政権首脳に届けることができるかどうか、安全・安心社会に向かうことができるかどうかの鍵を握っている。

3.6. 調査の成果と今後の課題 Hurricane Harvey による拡大ヒューストン地の災害からわが国が学ぶべきこと

防災科学技術研究所 理事長 林 春男

3.6.1. ヒューストン都市圏の発展

ヒューストン市は全米第4位となる 200 万人の人口を有し、それを含むハリス郡を中心とするヒューストン都市圏は 600 万人の人口規模を誇っている。交通結節点として出発し、石油精製・石油化学、医療、宇宙と次々と新しい産業集積を加え、高い生活を廉価に享受できる「中産階級」の街として発展を続けている。(図 3.6.1)

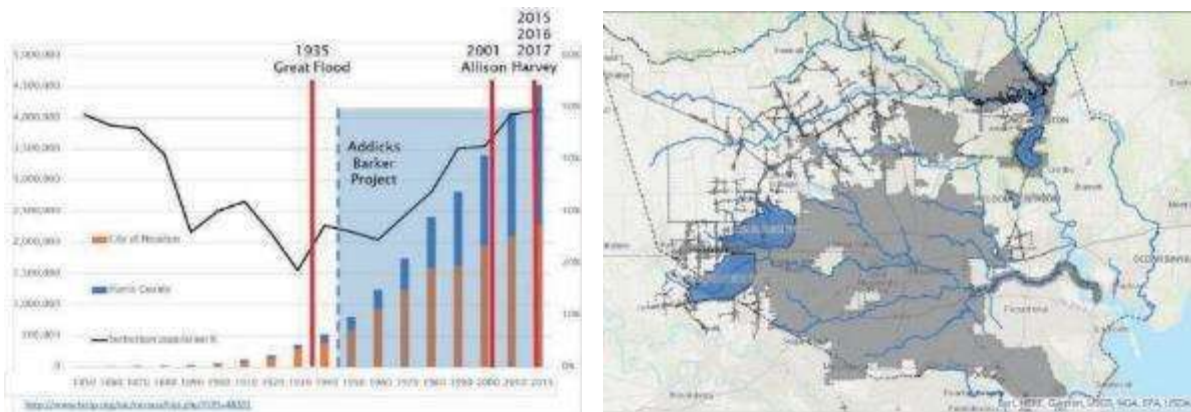


図 3.6.1 ヒューストン都市圏の人口増加とその空間布置

E. Glaeser (2011)はヒューストンについて、「中所得の人々にとって、テキサスで最大の経済的な長所は税が低いとか所得が高いとかではなく、家が買いやすいことなのだ」とし、「ヒューストンは昔から開発万歳だった。そもそもこの都市を開発したのは、ニューヨーク北部からやってきた不動産開発業者二人で、入植予定者に対して真水と気持ちのいい海風を約束してここを造ったのだった。その後 150 年にわたり、ヒューストン商工会が主導する地元企業の利害に動かされて、ヒューストンは巨大都市となった。何よりも市の指導者たちは、新規建設を邪魔するものが一切ないようにした。ヒューストンは、ゾーニング規制がない点で、アメリカのどの都市ともちがっている」と紹介している。

3.6.2. ヒューストン都市圏と災害

ハリス郡は災害の多いところである。FEMA が 1979 年に設立されて以来、大統領が災害宣言をする規模の災害がこれまで 46 件発生している。平均すれば 1 年に 1 回以上発生している。この地域の災害との関連は 3 つのフェーズに分けることができる。

第 1 は 1935 年にヒューストン市の市街地を襲った Great Flood である。ヒューストン市の市街地が形成され始め、市街地人口が 30 万人を超えたときに、市街地は洪水によって大きな被害を受けた。(図 3.6.2) それを契機に Army Corps of Engineer は市街地から西方 30km 離れた無人の土地に Addicks&Barker と呼ばれる 2 つの巨大な貯水池を建設した。その後もヒューストン

都市圏は人口増加を続けた。ヒューストン市内はもちろん、郊外開発も進み、ハリス郡も宅地化させていった。その結果、かつては誰も住まなかった巨大貯水池も住宅街に飲み込まれた。



図 3.6.2 1935 年 Great Flood



図 3.6.3 Hurricane Allyson によるヒューストン中心市街地の浸水

第2の転機がHurricane Allysonである。2001年にヒューストン市街地は総雨量38.5インチの降雨に見舞われ、市内中心部各所で氾濫災害が発生した。とくに地下階の浸水によって医療機関に甚大な被害が発生した。(図3.6.3)重要社会インフラの機能維持を図るために、画一的な防災水準設定ではなく、医療施設の防災水準を従来の再現確率100年から500年に向上させた。

気候変動の影響を受けてか、ヒューストン都市圏は2015年、2016年、そして2017年のHurricane Harveyと3年連続して洪水災害を経験した。事態を深刻視したヒューストン市では長期的な視点で水災害に対する市のレジリエンス向上を図るための専担の高官を任命している。

3.6.3. Hurricane Harvey の特徴

Hurricane Harvey は 8 月 25 日にカテゴリー4 のハリケーンとしてテキサス州に上陸した。ヒューストン都市圏では暴風の対応をしていた。翌 8 月 26 日金曜日朝から風は収まり、雨が降り始めた。その後雨はハリス郡全域で 4 日間にわたって降り続け、総雨量は 25 から 47 インチとなり、この地域で 2001 年 Hurricane Allyson の先に記録した 38.5 インチの極値を更新している。この未曾有の降雨のため、ハリス郡内のほとんどすべての Bayou が氾濫し、広域にわたる浸水災害が発生している（図 3.6.4.）。



図 3.6.4. Hurricane Harvey による総雨量と洪水

ヒューストン都市圏の防災の基本方針は、産業の中心であるヒューストン港の機能を守ることを最優先し、高潮対策である。その一環として海岸部から内陸部への広域避難の詳細な計画も存在し、毎年更新されている。次に優先されるのは、風対策である。ハリケーンの強度を米国では風の強さで表すように、ハリケーンの脅威は暴風である。Hurricane Harvey がもたらした集中降雨による都市圏全域にわたる広域浸水は、ヒューストン都市圏にとっても想定外の災害であり、結果として大きな被害を生んでいる。

表 3.6.1 Hurricane Harvey 災害に関する 2 名の地元研究者の教訓

	Sam Brody Texas A & M University	Philip Bedient Rice University
1	Regional attention	There is a need for a more regional approach to managing flood risk
2	Risk communication	Expand use of existing flood warning technologies to the region Improve mapping of “safe zones”, transitional areas (once flooded), and high-risk areas (multi)
3	Structural elevation Land acquisition (Buyout & Relocation) and Bayou	Strengthen home buyouts or elevations in flood prone areas (repetitive loss properties)
4	Third Reservoir	Evaluate potential of 3rd or 4th reservoir upstream of Addicks/Barker Reservoirs
5		Expand detention/retention policies to become the fabric of future urban development” in Houston and Harris County Proposal to convert from 100 yr to 500 yr floodplain regulations (13 to 17 ins of rain)
6	Coastal spine system	

3.6.4. 地元の研究者による Hurricane Harvey 災害の教訓

ヒューストンには長年地元で洪水に関して研究を続けてきた専門家が二人いる。21 年間の研究歴を持つ Rice University の Philip Bedient 教授と Texas A&M University の Sam Brody 教授である。3 月の現地調査ではお二人から Hurricane Harvey 災害を受けて、今後ヒューストン都市圏の水防災のあるべき姿について意見を伺った。それぞれの主張は重なるところが多く、その要点をまとめると表 3.6.1 に示すような 6 つのポイントが明らかになった。

両者の主張が一致していることから見ていこう。第 1 のポイントは、今後の洪水リスク管理にあたってはヒューストン都市圏全体を視野に入れた” regional” アプローチを採用すべきであると、両者が主張している。第 2 のポイントは、住民や企業を巻き込むためのリスクコミュニケーションの重要性を両者とも主張している。とくに Bedient 教授は、警報のあり方とハザードマップでの危険度の段階表示について具体的に指摘している。第 3 のポイントは住宅対策である。浸水域にある住宅の撤去あるいはかさ上げの大切さを両者とも指摘している。第 4 のポイントは新たな貯水池の建設である。

Bedient 教授だけが主張したもののポイントに、遊水地のあり方をどのように考えるか、そして重要な社会施設ほど高い防災水準で整備するという、洪水対策として新しい政策導入の重要性がある。一方 Brody 教授はヒューストン港の機能維持の観点から新たな堤防の整備を提言している。

3.6.5. わが国が学ぶべき Hurricane Harvey 災害の教訓

ヒューストン都市圏における Hurricane Harvey 災害後の対応を現地調査すると、未曾有の大雨に見舞われ、甚大な被害を受けたが、そこからレジリエンスをキーワードに立ち直ろうとする姿がある。この地域は、空間的により広く、時間的により長い視野を持って、さまざまな対

策を組み合わせた総合力で災害を乗り越えるようとしている。この教訓をわが国の今後の水防災に生かすとすると、次のような構造が浮かんでくる。

- ① これからの水防災が目指すべき方向性は Resilience の向上 → Multiple Lines of Defense
 - ・ Long-term
 - ・ Integrated: holistic approach
 - ・ Realistic : different level of mitigation/preparedness mix
- ② 短期的な成果ではなく、「百年の計」を考慮して総合的に対応する姿勢必要
 - ・ 「対症療法」ではなく根本的な治療を目指す
- ③ 今回の現地調査を通じて、わが国の今後の水防災が考慮すべきキーワード
 - (ア) Spatially targeted long-term development strategy
 - (イ) Flood control → Flood risk management
 - (ウ) Hazard based information → Impact based information
 - (エ) Large Scale technology → Neighborhood technology
 - (オ) Regional approach
 - (カ) Mitigation/Structural+ Non-structural → Smart Mitigation
- ④ 災害対応の手段（武器）として定着を感じたもの
 - (ア) Partnership（地図のロゴ）
 - (イ) GIS の活用：災害対応のすべてのフェーズでの地図の活用
 - (ウ) Social media の定着：Generation Z

3.6.6. 水防災意識社会再構築ビジョンについて

人間経済活動の活発化により気候変動に代表されるように「水」に関するハザードも激甚化している。その結果、今後水災害の増加が予測される。国土交通省は 2015 年に「水防災意識社会再構築ビジョン」を提案し、社会の防災力の向上が短期間には難しいことを踏まえると、「災害は発生するという」発想で今後の防災を進めていく必要があるという認識を示し、2017 年の水防法の一部改正を行い、今後とるべき対策がまとめられた。このビジョンは Hurricane Harvey 災害を踏まえた今後の水防災のあり方と軌を一にしており、水防災レジリエンス社会の構築を目指したものと見える。

水防災レジリエンス社会を構築するためには、このビジョンの具体化を強力に推進することが現実的である。そのために、Hurricane Harvey の教訓を踏まえて、わが国の水防災に生かすべきポイントを、仙台防災枠組みの 4 つの優先行動に即して記述する。

流域全体で、水災害を最小限の被害で乗り越えられる能力を向上させる。水災害に関わるリスクを長期的な視野で軽減する。同時に、水災害は発生するという前提に立って、効果的な危機対応と公平公正迅速な災害から立ち直りを可能にする備えを充実させる。そのために、

- ① リスクを正確に理解し、適切な対応策を講じる
- ② 流域全体で水災害に対処できる体制を整備する
- ③ 投資という観点から適切な防災対策を選定し、確実に実行する
- ④ 発生した水災害を乗り越える力を向上させる

(1) リスクを正確に理解し、適切な対応策を講じる

- ・水災害リスクの軽減に幅広い分野の参画を促す。

水災害を流域全体の社会経済活動に対する脅威として捉え、全分野で対応策を検討し、その相互関係に関する認識を統一する。参画を求める分野は河川管理、危機管理、環境だけにとどまらず、都市開発・地域開発、産業育成、福祉（高齢者対応・介護）、健康、教育等の各分野まですそ野を広げる必要がある。

- ・流域ごとにハザードマップを作成し、関係者での状況認識を統一する

ステイクホルダーの参画をもとに水防災を展開する上でハザードマップは状況認識の統一のためのツールとして不可欠である。効果的なリスクコミュニケーションを成立させるためには、以下の4種類のマップを作成し、科学的根拠に基づいた意思決定が現場でなされ、合理的な対応計画が策定されるように誘導するしかけを持つ必要がある。

- ・ハザードマップ：予想されるハザード強度を示すマップ（国）
- ・リスクマップ：予想される被害状況を示すマップ（都道府県・政令市）
- ・リソースマップ：対応資源の配置状況を示すマップ（市町村）
- ・対応マップ：対応計画を示すマップ（地域コミュニティ・地区計画策定主体）
- ・ハザードマップ整備の成果をまちごとまるごとハザードマップへ展開する。

インバウンドを含めて住民以外の来訪者・通勤者に対するオンスポットでの情報提供を行うツールとしてまるごとまちごとハザードマップを活用する。その際、表記の標準化および他の関連事業との整合性を徹底させる必要がある。

(2) 流域全体で水災害に対処できる体制を整備する

整備すべき対策の2つは「ガバナンス」である。ガバナンスを考える上で重要なのが「流域」の概念である。「流域単位」で問題をとらえ、解決する必要があることを Hurricane Harvey はおしている。流域は基本的に上流域、中流域、下流域で課題異なり、利害も一致しないが、それでも流域全体としての最適化を目指した問題解決をすることが求められる。

運命共同体としての「流域」を代表する重要なステイクホルダーで構成され、利害の調整ならびに全体としての一体感の醸成を目的する組織が設置される必要がある。そこには産官学民が集い、流域全体としての最適解を目指して課題解決を図る母体となる。現在でもビジョンにもとづき流域単位で「大規模氾濫減災協議会」が各地に創設されている。この組織が十分に機能する必要がある。これまでも国交省はさまざまな「流域協議会」を設置してきたが、その働きは形骸化している印象もある。ワークショップと言いつつ、省が決定した事項の説明会で、ステイクホルダーの話し合いにはなっていない。また一部の人の意見のガス抜き・取り込みに終始することも多い。こうした轍を踏まないように大規模氾濫減災協議会をどのように運営していくかが大きな問題である。

(3) 投資という観点から適切な防災対策を選定し、確実に実行する

流域全体としてのレジリエンスを高めるために、各ステイクホルダーがどのような資源を、どれだけ、いつまでに投入できるかのロードマップを作成する必要がある。また、資源投入の

状況を GIS 上で可視化し、リスクの変化として表現し、状況認識を定期的に更新し、統一を維持する必要がある。

(4) 発生した水災害を乗り越える力を向上させる

・災害発生直前から、生活再建完了までの以下の業務を総合的にとらえ、被害の最小化を目指して、少なくとも以下の業務については業務連携を実現するタイムラインを関係機関で構築する。すなわち、①警報避難の発令、②人命救助、③避難所設営・運営（市町村界を超えた広域避難を含む）、④がれき処理（クリーンナップ）、⑤罹災証明発給

・これらの5つの業務を連携させて効果的に実施するためには、状況認識の統一と資源の適正配置を可能とする情報支援が不可欠である。

・これらの業務を連携させる方策として、被災者登録制度を実現することが有効である。南海トラフ地震のような広域災害の場合を想定すると、被災者が被災地に留まり続けることは決して得策とは言えないこともある。全国に広がる支援を活用する、被災地への無駄な投資を避ける意味でも、広域的な支援体制の確立が求められる。しかし現在の災害対策では被災地を離れることは、その後の被災者支援の対象から外れることを意味する。これが制約とならず、全国どこにいても被災者支援を受けることが可能とするためには全国を対象とした「被災者登録」制度が必要となる。被災者登録を核とした「公平公正迅速な生活再建」の実現がレジリンスの向上には不可欠であると考えられる。この制度を実現させるために、被災者が災害を乗り越えるステップを明示し、そこに存在する問題点をバックキャスト的に洗い出すことが必要になる。

3.6.7. おわりに

Hurricane Harvey の教訓を活かし、上に述べたような対策を効果的に実施するには特定の府省庁の努力だけでは不可能である。府省庁の所管をこえた総合的な対応の実現が不可欠であり、その実現に向けて、どこかが先陣を切ることが求められる。

3.7. 日本の災害応急対策への教訓

～ 米国ハリケーン水害調査から ～

京都大学経営管理大学院客員教授 関 克己

3.7.1. はじめに

2017年8月、ハリケーン・ハービーは、米国第4の都市ヒューストンを襲い、2005年のハリケーン・カトリーナに次ぐ激甚な被害をもたらした。ヒューストン都市圏は、人口が約600万人を越え、石油化学、航空宇宙産業、医療研究の拠点等の工業・ビジネスの米国・世界の中核であり、この地域に与えられた被害の概要は、被災による避難4万人、救出・救助された被災者3万人、浸水建物30万件（図3.7.1.）、浸水車両50万台等である。日本では、この水害に対してあまり関心を持たれなかったが、世界でも有数の近代的大都市が、その都市域の大半を襲われた大規模な被害とそこからの教訓は、幸いにもまだ近代的大都市が壊滅的な水害を受けていない日本への教訓を得ることを目的に、調査団に参画した。



図 3.7.1. ヒューストン近郊の住宅地浸水状況（テキサス大による）

ヒューストン都市圏における治水対策は、地域の自然的条件である地形と災害に対する脆弱性や土地利用とその変遷に対応した治水計画が策定され、ダム建設や河川（ヒューストンのバイユー）の改修が行われていた。また、海岸地域では、日本でいえばミニスーパー堤防ともいえる堤防が整備され堤防部の都市的な土地利用がなされていた。今回のハリケーンに対しては、いずれもその機能を発揮していた。このような地形等の自然条件や土地利用に対応した治水計画や堤防等の施設計画は、今後、日本においても活用を検討する必要があると考える。

また、今回の調査では、米国の水害対策における、科学技術と研究成果の社会実装、特に災害のリスクをあらかじめ評価するとともに、発災時の状況の変化も評価し、危機管理のトップの判断・意思決定とこれを支える体制と、これを担う専門家（組織）の役割の強化に注目した。日本では、に発生し変化している災害のリスク評価を用いた、避難等の災害応急対策の支援は一般的に機能していない。また、堤防等ハードのもつ役割とこの能力を超えた災害のリスク評価と対応のあり方等の基本的課題に対する取り組みもこれからである。このため、科学的な技術や事実に基づいて構築され、これに基づき強化されている米国の防災体制とりわけ、災害応急対策に関わる教訓の中から

- ・ 意思決定に必要な災害予測・評価と専門家（組織）との連携体制
 - ・ 意思決定強化のためのカウントダウンタイムライン
 - ・ 災害応急対応における民間専門家（組織）の機能と役割
- の3つについて、報告する。

3.7.2. 意思決定に必要な災害予測・評価と専門家（組織）との連携体制

(1) テキサス州等の取り組みと体制

災害対策、とりわけの災害の応急対策では、発生する災害の形態・規模等が事前の想定と異なるだけでなく、刻々変化する状況に対応する必要がある。これは、危機管理の実践であり、危機管理を担うトップが災害状況とその変化に応じた意思決定を行い、避難範囲やタイミングや救出・救助チームの投入等の対策を講じていくこととなる。テキサス州では、新たな技術開発や研究成果の速やかな社会実装により、情報の収集・集約や災害被害の予測や評価等に基づく合理的な意思決定を行い、迅速な対応に繋げる体制が構築されていた。また、郡・市、州、連邦の合理的で明確な役割分担の下、情報の共有化のみならず、状況やリスクの程度や必要な対応規模等のリスク認識や対策の規模感の共有化が図られ、避難や救助等の災害応急対策が進められている。さらに、FEMA、陸軍工兵隊（日本の水管理・国土保全局に相当）、NOAA 等の連邦の専門機関と大学の研究者や災害応急対策の専門家（組織）との恒常的な連携のもと対策が進められている。

今回の調査において、テキサス州の知事や危機管理のトップによる意思決定を支える体制強化の経緯を知ることができた。15年ほど前、危機管理のトップ（当時は政治任命）が、国立ハリケーンセンター（米国海洋大気庁：NOAA、日本の気象庁に相当）や他の機関のハリケーン予測と情報は、広く一般向けの情報であり、テキサス州での災害対策のためには不十分との認識をもち、テキサス州向けの新たな予測の構築を目指した。これを受け、テキサス大学オースティン校は、テキサス州の利用を主たる対象としたハリケーンの進路予測や浸水・氾濫、風速高潮のモデルを開発し、州政府のハリケーン対応を支援してきた。こうした、災害対応の基本となるハリケーンとリスクの評価を担っているテキサス州政府オペレーションセンター（日本の災害対策本部に相当）での、テキサス大学の常設座席（図 3.7.2.）が、役割を象徴している。



図 3.7.2. テキサス州危機管理センター（テキサス大による）

今回のハリケーン・ハービーへの対応においても、ハリケーンの予測、河川からの氾濫の36時間前の時点で具体的な浸水予測の発表とともに、衛星のレーダー情報等を用いた浸水区域の特定を随時行った。これらの情報は住民の救出等にあたる応急対策チームに渡され、災害初期のレスポンスの配置や、救出にあたって浸水エリアに要援護者がどの程度いるかの等の把握に用いられた。

(2) 日本への展開 ～ 意思決定を支える科学技術と専門家（組織） ～

日本では、地域住民の避難等の災害応急対策にあたり、危機管理を担うトップが、発生している具体的な状況に対応して、意思決定を行うことを想定した準備や体制は、一般的には構築されていない。これは、日本の防災が、一定の災害を対象に計画を策定することで進められていることや、災害対策本部の有する機能や位置付けが、応急対策に関わる意思決定という概念を明確な対象にせずに進められてきたことによると考える。また、災害対策本部等で用いられている災害のリスクに関する予測情報は、気象・水文等に関わる予報や警報が主たる情報であり、報道機関を通じて住民に公表される内容と同じ場合が一般的である。このため、今後予測される地域の特性に応じたリスクに関して、十分な認識を得られないまま対応にあたらなければならない。特に、危機管理トップが、発生しているリスクを具体的に認識するのに必要な、リスク評価の5要素（時期、規模、形態、位置、変化）に関する情報を活用して対応するケースは極めて限られている。

科学技術の発展と情報化社会の進展の下、日本においても、災害の原因となる水文現象や災害の状況とその変化に関する情報を、迅速に得られるようになっている。さらに、テキサス州で行われているような、地域の特性を踏まえた、危機管理における意思決定を支援する災害状況のリスク評価等に関する観測や評価等に関する研究も進展しており、こうした成果を活用する体制や仕組みの構築が、急がれる。さらに、対象地域に対応したリスクに関する情報や状況の分析・評価を行う専門家（組織）を災害対応の体制に明確に位置づけ、災害発生時のトップの意思決定を支援する体制を一体的に構築する必要がある。

以下に、具体的に考慮すべき事項を示す。

① 意思決定事項の明確化と必要な科学的な災害リスク評価の導入

災害時の意思決定を支援することを目的に、事前のリスク評価に基づき、水害時の応急対策において意思決定を行う事項を明らかにし、この意思決定に必要な、各地域の地形・土地利用等の特性や条件を踏まえた災害のリスク評価を災害時に行う体制を構築する。

② リスク評価を行う専門家（組織）の防災・危機管理体制への位置付け

災害時のリスク評価には、日常時からの専門家（組織）の参画が不可欠である。また、危機管理を担うトップの意思決定に関わる重要な責務を担うことから、防災計画等に専門家（組織）とその役割を明確に位置づけておく必要がある。

尚、市町村毎に体制を整えることは現実的でなく、テキサス州や等が大学の研究者とともに陸軍工兵隊（水管理・国土保全局に相当）等との連携の基での体制を参考にすれば、大学等の研究機関と国土交通省の地方整備局等の連携した、広域的な枠組みが考えられる。

③ 事前のリスク評価と災害シナリオに応じた応急対策が困難な条件を明らかに

テキサス州等で実施されていた、災害シナリオのもと、地域の避難が困難あるいは不可能な条件を事前に把握しておき、応急対策に臨むことが重要である。この条件を踏まえた訓練等の準備や発災時の意思決定が合理的な応急対策に繋がる。

テキサス州やフロリダ州で用いられていた、米国 FEMA によるハリケーン避難シュミレーションソフト (HURREVAC) は、ハリケーンの進路や降雨、高潮等の状況に基づき、対象地域の車による避難に要する時間を計算し評価するものである。この基本は、避難が完遂できない条件を事前に明らかにし、困難な意思決定を支援する役割も有していると考えられる。

3.7.3. 意思決定の強化のためのカウントダウンタイムライン

(1) テキサス州のカウントダウンタイムライン

テキサス州では、州知事及び危機管理トップによる迅速かつ合理的な意思決定のため、テキサス州危機管理委員会及びテキサス大学の連携の下、2003 年からカウントダウンタイムラインを運用している。これは、迫る災害とそのシュミレーションによるリスク評価に基づいた応急対策の意思決定を行う取り組みである。

まず、ハリケーンに対する対応を始めるタイミングである。ストームが西太平洋からカリブ海に到達すると、テキサス州等のメキシコ湾西側に来襲する傾向やテキサス州の自然・社会条件を踏まえた対策を講じるため、州独自の予測のハリケーンの予測や被害予測のシュミレーションを実施している。そして、ゼロアワーに向け、リードタイムを考慮した応急対策項目に必要な、120 時間前からの行動開始のため、シュミレーションによる予測のもと、144 あるいは 160 時間前等のタイミングにカウントダウンを開始する。

120 時間前のカウントダウン開始は、同時に、州 3 2 機関の州オペレーションセンターへの招集プロセスの開始である。各機関が同じ時計を用いることで、シンクロした活動を可能にし、カウンティもカウントダウンを知り、レスポンスパターンを理解することが出来る。ポイントは、タイムラインで実施する対策事項の内容を、6 時間毎、また、モデルによる最新の予測評価に基づき調整し、災害の状況への臨機の対応にあたる。また、ハリケーンの上陸 40 時間前頃から被害予測を実施し、24~48 時間前の高潮と波の影響予測により、応急対応を強化している。

(2) ハリケーン・ハービーによる想定外の災害での運用

ハービーはメキシコ湾内で一旦勢力が弱まったため、脅威と見なさなくなっていた。このため、再度勢力が強くなった時点では、上陸まで 60 時間程度の時間しか残されておらず、タイムラインで規定した事項の 3 分の 1 程度しか実施できなかった。さらに、ハービーが停滞したことにより、ヒューストン地域に 4 日半で 50 から 60 インチの降雨があり、8 月 31 日までに、大半の川で最大規模の洪水が発生した。従来型の高潮やストームによる災害に加え、想定外ともいえる大規模な河川の氾濫による災害となった。

このような厳しい条件下での対応であったが、ハリケーンシュミレーションや被害のリスク評価等を行う体制により意思決定を支援し、タイムライン対応事項を調整・変更する等の状況に応じた対策が講じられた。具体的には、雲等で光学的に洪水の状況を把握できないため、衛星画像等の活用体制の下、日本の ALOAS-2 等のレーダー画像を用いた浸水状況の把握と、

航空機による大量の写真により具体的な浸水による影響（建物内部、浸水深等）を把握し、効果的な災害応急対策に繋げた。リアルタイムで共有した浸水状況は、捜索救助チームの活動を具体的に支援（何処に避難、何処が何処まで浸水等）するとともに、トラックコンボによる物資輸送等の確実性を確保し、石油化学や精製エリアのリスクの評価等の対策に繋がった。

(3) 日本への展開

日本の災害応急対策は、市町村長等の危機管理トップによる避難勧告・避難指示等の災害の状況に応じた意思決定を対象とした準備や体制の整備は、これまでほとんど考慮されていない。

2015年から、日本において、国の管理する河川に係る市区町村を中心に進められているタイムラインは、一定の災害を対象に、あらかじめ想定できる災害の状況に対し必要となる対応事項を明らかにし、項目毎に必要なリードタイムと担当機関を明らかにするものである。これにより、関係機関が連携し、災害発生からの早い段階からの、迅速且つ合理的な災害応急対策をめざしている。

これは、関係機関による対応項目ごとの開始のタイミングに関する事前の意思決定であり、日本における水害版のミニ ESF のともいえる。しかし、災害は事前の想定と異なる被害形態で発生し、また、発生後も変化していくことへの対応や体制の構築は不十分である。テキサス州における、カウントダウンタイムラインのような、事前の想定と異なる事態や事態の変化への対応を組み立て、現在日本で取り組まれているタイムラインの内容に加え、強化していく必要がある。

以下に、考慮事項を示す。

① 地域の地形等の自然条件や社会・経済活動等を踏まえ、被害を受けやすい条件等を考慮したうえで、意思決定主体に則した河川の水位や浸水予測・評価を行い、タイムラインでの対応事項を臨機に調整する体制が必要である。また、一般的に用いられているハザードマップの示すリスクは、網羅的・総合的なため、災害発生時に必要なリスク評価の5要素に基づく絞り込みが困難であり、気象予報・警報や洪水予報・警報も、地域の地形や土地利用等の特性とは必ずしも対応していないため、地域の具体性を持った災害の応急対応のオペレーションには、不十分なことに留意する必要がある。

② タイムラインの本質は、米国の FEMA やテキサス州等で用いられている ESF で行われているように、関係機関がそれぞれ、対象事項の明確化、必要な専門性、広域的対応の可否等の条件に基づき、事前の意思決定を行っておくことにある。これにより、機関相互の信頼性の下で、迅速で効率的な応急対応に結びつけることが出来る。しかし、日本では、防災関係機関の責任・役割分担を、予め明確に定めて置くことは十分出来ておらず、災害発生後に調整する場合すらある。タイムラインの運用にあたっては、これを十分考慮する必要がある。

3.7.4. 災害応急対応における民間専門家（組織）等の機能と役割

(1) テキサス州等の状況

災害応急対策にあたっては、平常時に必要な社会的機能に加え、新たな事項が必要になるとともに、短期間に要員や資機材の大規模な投入が求められる。しかし、突発的な需要に公的機

関だけで対応することは一般に困難であり、民間の有するマンパワーや専門家（組織）が大きな役割を果たす。今回の調査の中で、テキサス防災・危機管理会議でのテキサス州警護隊エンジニアグループ（The Texas State Gard(TXSG)Engineer Groop）のセッションで、こうした民間専門組織の活動とこれを支える州の体制が報告された。報告によれば TXSG は州政府の公共事業（上水、下水、道路、橋梁、排水等）への技術支援をしており、そのうち、ハリケーンハーベイでの被災した上水システムへの緊急被災調査・評価と応急対応の活動が報告された。

TXSG は災害時の公共事業への応急的支援活動に必要な専門性と資格を有する専門家を確保・組織化するとともに、平常時から訓練を行い災害時の出動に備えている。州政府は、平常時における訓練や発災時の活動に必要な人件費を含む費用等を負担し、災害時に備えた支援を行っている。このような体制の背景には、災害時に必要となる機能や事項が、各公的機関だけでなく民間組織に対しても明らかにされていることがある。これにより、災害発生後に、はじめて民間組織と契約や募集を行うのではなく、事前にその役割を位置づけ支援し、災害発生時に迅速に活動・機能する体制の構築に繋がっている。

(2) 日本への展開

日本での、民間による災害時の被災地と被災者支援は、個人、NPO、民間組織等のボランティアによる活動があり、阪神淡路大震災に始まり、その後の災害においても大きな役割を果たしてきた。こうした支援での専門的な活動としては、阪神淡路大震災以降取り組まれている DMAT の活動が典型で有り、順次強化されてきている。インフラに関しても、これまで民間の専門家（組織）が災害時の現場に入り、災害状況の危険度評価や応急対策を担ってきた。今日のように激甚な災害が頻発する状況下においては、テキサス州で行われているような、平常時からの組織化された訓練のより、必要な専門性を高め、災害時に組織された専門家（組織）を、迅速に投入できる体制が必要である。

このためには、民間の専門家（組織）を含め、ESF のような枠組みにおける、専門性、必要な規模、対応組織を明らかにし、平常時からの訓練等を通じ、専門家（組織）を投入できる仕組みの構築が必要である。先ず、日本において、多くの災害の中でも、頻度の高い災害である水害を対象に、こうした取り組みを始めることが考えられる。

こうした取り組みに向け、考慮すべき事項を整理する。

① 災害時の対応機能・事項の明確化と、これに対応して必要となる資格、経験等の整理があり、こうした機能・事項の公的な体系的整理を行う必要がある。

② 平時における訓練と災害時の出動に必要な資機材や人件費等の支援制度（契約制度を含む）とともに、緊急事態に迅速・柔軟に対応出来る契約制度等の構築が必要である。

③ 専門家（組織）に加え、災害応急対応向けの資機材の開発は、開発主体が明らかでないことも有り、進んでいない。このため、民間の活動に必要な資機材の確保や開発が必要である。水害対策でいえば、古くからの技術が伝承されている水防工法や資機材に関する、新たな開発を民間主導（オープン、クローズ）で進めるための枠組みの構築が必要である。

このような、取り組みに対して、国土交通省のテックフォースが創設されて 10 年となり、専門家（組織）として大きな評価を得ている。このテックフォースの役割の強化と併せて、民間版のテックフォースとしての役割を強化することも考えられる。

3.7.5. まとめ

米国における防災・減災対策と体制の合理性とともに、科学技術の研究・開発の成果が速やかに社会実装され、現場の実践に貢献していることには、驚かされる。今回も、2つの合理的・科学的な場面に合うことが出来た。

1つは、既に述べているテキサス州の災害発生時における災害予測や浸水想定シュミレーションと、これに基づく州知事や危機管理のトップの意思決定とこれを支える情報や体制である。

2つ目は、フロリダ州ジャクソンビルのバプテスト病院の災害対策の強化において、保険会社が果たしていた役割であり、災害対策を科学的で合理的なプロセスにより検討し組み立てていることに驚かされた。堤防等のハード施設が対応する外力の規模や FEMA 等の示すハザードを踏まえ、病院の有する具体的リスクを評価し、これに、防水壁や自家発電機設置の高さ等の防御対策を組み合わせ、病院の機能を確保するレベルを検討している。ポイントは、病院の保険料率と病院の必要投資額等を示し、全体を俯瞰した上での対策を組み立てていたことにある。さらに、病院はこれを基に、籠城期間を想定し、水や燃料の確保量を決め対応している。このようなハードとソフトを一体で組み立てる対策は、今回のハリケーン・イルマでも効果を発揮し、被害は発生したが、病院の基本的な機能を維持するとともに、他の病院からの患者をも受け入れたとの事であった。FEMA の洪水保険は日本でも知られているが、こうした民間の保険等の社会・経済活動とリンクしたソフト対策の防災・減災に果たす役割を実感した。

日本における災害対策の強化にあたっては、科学研究や科学的事実に基づくとともに、各主体の役割や責任を明確にした体制の構築が不可欠と考える。具体的には、科学的なリスク評価等をもとに、災害対策に必要な機能や各主体の役割・責任分担を明らかにした上で、体制を構築し進める必要がある。また、災害は、想定に沿って発生せず、発生後も災害の状況は変化をすることから、状況に応じた危機管理のトップの意思決定が不可欠であることを踏まえ、これを支える専門家（組織）の支援体制を構築する必要がある。さらに、災害発生時に対応不可能あるいは困難な事項を事前に明らかにしておくことで、発災時の対応の一層の強化に繋げると考える。

3.8. 大規模水害に対する具体的かつ実践的な備えの充実

東京大学大学院 工学研究科 社会基盤学専攻 教授 池内 幸司

3.8.1. はじめに

ハリケーン・ハービー災害では、全米第 4 の都市であるヒューストンが大規模に浸水し甚大な被害が発生した。我が国においては、1947 年のカスリーン台風以降は、幸運なことに中枢都市が大規模水害に見舞われる事態は発生していないが、現在においても、カスリーン台風時と同程度の降雨が発生すると、利根川や荒川が決壊し、首都圏が大規模水害に見舞われる可能性がある。大阪、名古屋等も同様である。我が国においては、地震に対する社会の備えと比べて、大規模水害に対する社会の備えは大幅に不足している。今後、地球温暖化に伴う気候変動により大雨の発生頻度が増大することが予測されており、大規模水害に対する社会の備えを早急に充実強化していく必要がある。そのような問題意識に下、2018 年の 3 月と 5 月の現地調査に参加した。調査では、多くの教訓が得られたが、本稿では、我が国の大規模水害対策を検討する上で特に有用と考えられる事項について報告する。

3.8.2. 避難しない場合のリスク・避難する場合のリスクを比較衡量した上での避難判断及びそれを支えるシステムの整備

今回の 3 月調査及び 5 月調査では、避難しなかった（リードタイムがなく避難できなかった）ヒューストンでの対応と計画に従って避難したジャクソンビルでの対応の違いが印象的であった。

ハリケーン・ハービー来襲時、気象条件の急激な変化に加えてヒューストンで発生した集中豪雨の予測が難しく、十分な避難時間を確保することができなかった。避難することのメリットとリスク（車での移動途中で、水没や熱中症等で亡くなる方も少なくない）も考慮され、避難指示を出さないという判断がなされている。

ハリケーン・イルマ来襲時、高潮災害が予測されたジャクソンビルでは、十分なリードタイムで避難計画に基づいて、円滑に避難が行われた。

広域避難の場合には、どの地区の住民が、いつ、どのような手段で、移動するのかということも含めて、具体的な避難計画が策定されている。また、避難計画の中では、交通渋滞等ができるだけ生じないように、例えば、ヒューストンやジャクソンビルでは、リスクに応じて地域区分し、避難する順番や経路などもあらかじめ決められている。さらに、避難に要する時間を当該地域だけではなく、他地域からの避難者の通過による混雑も勘案して判断されている。

避難の判断する際には、FEMA 作成プログラムの HURREVAC (Hurricane Evacuation の略)を使用し、自動車による必要な移動時間を考慮した上で、避難の判断を行っている。すなわち、住民が避難するのに 48 時間かかるという結果が得られている場合には、ハリケーン来襲までに 48 時間を切った状態では、事前の広域避難の指示は発令されない。

我が国における避難計画は、どの地域の住民を避難させるのか、どこに避難させるのかということは定められているが、多くの避難計画は、具体的な移動手手段や移動時間までを考慮した上で避難を判断するものとはなっていない。

現在、大規模水害時の際の大都市部での広域避難計画が検討されている。大都市部においては、全員が一斉に避難すると渋滞等が生じて移動に多くの時間を要し、移動途中で人的被害が発生する可能性がある。どの程度のリードタイムで大規模水害を予測できるのか、そのリードタイムで避難した場合に全員が広域避難することが可能なのか、もし全員の広域避難が困難であるならば、命の危険にさらされるリスクの高い人（長時間孤立すると命の危険にさらされるおそれがある災害時要援護者、最上階に逃げても安全が確保できない浸水深となる建物に住んでいる人等）に絞って、より具体的かつ実践的な避難計画を策定する必要がある。

また、我が国においては、広域避難の際には、自動車だけでなく、鉄道等による移動も考慮する必要があるが、このような複数の移動方法がある場合の避難時間を把握することのできる HURREVAC のようなシステムの開発など、広域避難の判断を支援するシステムの開発が望まれる。

3.8.3. 災害時要援護者の実践的な避難支援システムの構築

災害時要援護者などの避難に当たっては、受け入れ先や移動手段、専門知識を有する随行者の確保が重要な課題となる。また、災害時要援護者の搬送は、リスクを伴うので、全体状況を把握した専門スタッフが調整する必要がある。

このような調整を行うためには、公的な調整組織が必要となるが、テキサスでは州政府が、また、ジャクソンビルでは、郡政府が調整事務を行っていた。災害時要援護者の保護は基本的には地方政府の役割ではあるが、必ずしも地方政府がその能力を備えているわけではないので、テキサスでは州がシステムを運営している。防災に関しては、このように組織の能力の応じて適切な役割分担を柔軟に行えるような仕組みが重要である。

災害時要援護者の登録制度も充実しており、毎年更新しているとのことであった。また、災害の際には、登録している人は優先的に避難の支援等を受けることができるとのことであった。登録内容も、氏名、住所、連絡先だけでなく、災害時の移動手段の有無、必要とする具体的な支援内容など、災害時要援護者を搬送する際に必要となる詳細な情報についても登録することになっている。この登録制度により、関係者が要援護者の個人情報が必要な範囲内で共有することができ、効率的な調整が可能となっている。また、毎年登録することで、登録する人の防災リテラシーの向上にも寄与している。日本においても、地域の状況を踏まえて、災害時要援護者の避難を調整する組織・仕組みの構築と要援護者の避難支援のために必要な情報の登録システムの整備を早急に進めていく必要がある。

3.8.4. 災害拠点病院などの基幹病院の耐水化と籠城体制の整備

今回の調査では、浸水被害に遭った経験のあるテキサス・メディカルセンター（TMC）とバプティスト・メディカルセンター（BMC）の聞き取り調査を行ったが、両医療センターとも、浸水時には、患者を他の病院に搬送するのではなく、計画的に籠城するとともに、周辺地域の患者の受け入れも行っている。

籠城できる体制として、下記の体制が整備されていた。

- 浸水しない上層の階に病床を配置。

- 電気が止まると、命の危険にさらされる患者がいるので、下記のような電源確保対策を実施。
 - ・ 非常用電源設備を浸水しない場所に設置。
 - ・ 非常用電源設備のために必要な燃料を備蓄。
 - ・ 浸水時でも非常用電源設備に燃料補給が可能となるように施設を整備。
 - ・ 浸水する階としない階の電気回路を分離可能（BMC）。（TMC の病院は耐水化されている）
- TMC では、防水扉なども設置（BMC も設置予定）。
- 薬品、水、食料、医療用ガス、燃料などを十分な日数分（10 日間程度）確保。
- TMC では、1 週間のスタッフの配置計画が決まっています、周辺が浸水した状態でも臨床を継続可能。
- TMC では、平常時から、ヘリによる緊急搬送が頻繁に行われており、ヘリポートも充実。
- TMC では、多少浸水しても走行可能な High Water Vehicle や水陸両用車で必要物資を運ぶ体制も構築。

病院の入院患者の避難は、移動のリスクも高く、多くの困難を伴う。ゼロメートル地帯などの低平地においては、大規模な洪水や高潮時には、長期間にわたって浸水することがある。例えば、1947 年のカスリーン台風による利根川・荒川氾濫時には、江戸川区で約 20 日間にわたって浸水が継続した地域もあった。また、2005 年の米国のハリケーン・カトリーナの災害時には、多くの病院が浸水するとともに、浸水が長期化し、入院患者の健康状態の維持管理が厳しい状況となって、犠牲者を出した病院もあった。

我が国では、地震に対する備えが充実している病院は多いが、大規模な水害に備えている病院は非常に少ない。大河川の浸水想定区域内にある地域の基幹病院、特に災害拠点病院などは、浸水が生じても少なくとも 1 週間程度は籠城できる体制を整備すべきではないか。例えば、浸水して、孤立するとともに、ライフラインが途絶したとしても、電源や水・食料・医薬品などの必要物資が確保できる体制、また、浸水時にも必要物資を供給できる体制を整備すべきではないか。

3.8.5. 企業等の水害BCP 策定の促進

CSX 社（鉄道会社）、レイオネア（Rayonier Advanced Materials）社（化学製品会社）、テキサス・メディカルセンター（TMC）、バプティスト・メディカルセンター（BMC）において、平常時及び災害時における対応についてヒヤリングを行ったが、各機関とも、水害に対して、綿密な事業継続計画（BCP）を策定するとともに、事前の予防対策もしっかりと行われていた。

事前対策としては、施設のかさ上げ（BMC）、周囲堤の整備（レイオネア社）、排水システムの整備（TMC）、施設の耐水化（TMC、BMC（BMC については、ヒヤリング時は整備予定））、などのハード対策が実施されていた。また、食料、燃料、医薬品等の備蓄が十分な日数分確保され、十分な量の水の備蓄や井戸の設置も行われていた。

ハリケーンの襲来が予測される場合には、数日以上前から具体的な行動が開始される。レイオネア社では、ハリケーンが上陸する前に、浸水しない地域にあるホテルに危機管理センターを設置し、対策本部機能を持たせるとともに、浸水しても 2 次被害が発生しないように、危険物質の非浸水地域への移動、工場閉鎖などの措置が事前に実施される。CSX 社では、災害対策

用の代替オフィスとしてのホテルの手配、貨物運行の停止措置と事前周知、従業員の避難などが行われる。さらに、毎年、損害保険会社の危機管理の専門家の指導を受け、応急対応計画の見直しを行っているとのことだった。

TMC、BMCとも浸水区域内にあるが、周辺が浸水しても事業を継続できる設備と備蓄を持ち、職員も籠城できる体制を組んでいた。このように、両センターとも災害時においても受け入れるべき患者を受け入れることのできる体制と施設が整備されていた。

我が国では、企業や病院などにおいて、BCPの策定は進められているが、地震を対象とするものがほとんどである。しかし、地震と水害では対応が異なることも多い。例えば、地震では、非常用電源設備が稼働し、ビルの機能が維持されることが多いのに対して、水害では、地下や地上にある防水対策が施されていない非常用電源設備や燃料補給設備が浸水によって機能停止し、全電源喪失となる可能性がある。その一方で、地震では、災害発生後の対応が中心になるのに対して、水害の場合には、ある程度のリードタイムをもって、災害を予測できる場合が多い。すなわち、災害発生直前に、浸水しない階への避難や重要な資料、機材などを移動するなどの被害の回避・軽減措置を講ずることができる。我が国においても、企業や病院などにおける水害を対象とした事業継続計画（BCP）の策定を促進する必要がある。

3.8.6. エキスパートのボランティア組織に対する公的位置づけの付与

テキサス防災会議（Texas Emergency Management Conference）において、ハリケーン・ハービー災害時の Texas State Guard Engineer Group の活動についての発表を聞く機会があった。このグループは、インフラのエキスパートが集まったボランティア組織であるが、日本の水防団のように公的な位置付けがあり、テキサス州環境委員会 TCEQ（Texas Commission on Environmental Quality）をサポートしている。

このグループの業務の対象は、上下水道インフラであり、発災直後には、被害状況の調査を行って、被災自治体に対してその状況を報告するとともに、具体的な応急対応について自治体に対して助言を行う、さらに、復旧・復興に対するコンサルティングを行うなどの技術支援を行っている。ボランティア組織ではあるが、非常勤公務員のような身分で、災害時に出勤した場合には、身分が保証されるとともに手当が支給されるとのことであった。

災害時には、各インフラの被災調査、応急対応や復旧・復興について技術的支援が必要となるが、日本においては、各インフラ担当の業界団体等が個別の判断で、ボランティア活動として行っているところである。

このような活動を行う高度な技術力を有する専門技術者を平常時から組織化し、災害時には非常勤公務員的な身分で処遇し、現地対策本部と連携して、インフラの被災調査、応急対応や復旧・復興に関するコンサルティングを組織的に行えるような制度の導入を検討すべきではないか。

3.8.7. 予備役制度の導入

陸軍工兵隊は、米国におけるインフラの整備や管理などを担っているが、被災したインフラの復旧や電力網の復旧、災害廃棄物の運搬・排出、被災した公共の建造物やダムなどのリスク評価やリスク低減策などの技術的指導も行っている。災害時に発生するこれらの膨大な業務を円滑に行うために、職員に加えて予備役も活躍している。

災害時には災害対応の専門知識を要する多くの業務が発生する。日本においても、災害時に発生する膨大な業務を円滑に行うために、災害対応業務を経験した OB などに、平常時に予備役として登録して災害時に業務を担ってもらうような制度の導入を検討すべきではないか。

3.8.8. 非常用電源設備の供給体制の確保

地震災害には、非常用電源設備が機能するが、大規模水害時には、電源設備や燃料設備の水没により、非常用電源設備も機能を失い、全電源喪失に陥る危険性が高い。多くの災害時要援護者が電源に依存しているが、全電源が喪失すると、災害時要援護者は命の危険にさらされるおそれがある。特に、病院や社会福祉施設などでは、ICU の患者、人工呼吸器や酸素吸入器、痰吸引器などに依存している患者、人工透析を行っている患者など、電気の供給が止まると危険な状況となる入院患者や入所者が少なくない。

FEMA や工兵隊は、非常用電源設備を数多く所有しており、災害時には、電源喪失で困っている施設に配布・貸与するとのことであった。日本においても、同様に、国等の機関において十分な数の非常用発電設備を備蓄し、災害時に電源喪失で困っている施設に供給する体制を整備しておくべきではないか。

3.8.9. 地域の防災関係者が一堂に会する定期会合の開催

今回の出張で強く印象に残ったのが、テキサス防災会議（Texas Emergency Management Conference）である。この会議は、実際に災害対応に従事した経験のある人々などが集まり、ハリケーン・ハービー災害時における具体的な被害状況や対応状況等について、所属は明らかにしつつも個人の立場で熱心なプレゼンテーションと自由な意見交換が行われていた。会議参加者の所属は、連邦政府、州、郡、市、民間企業、病院、ボランティア団体など多岐にわたっていた。会場の一角（といっても非常に広い）では、災害対策用の専用車両や資機材などの展示会も行われていた。類似の会議は、FEMA の呼びかけで他州でも年に 1 回程度の頻度で開催されているとのことであった。災害教訓の共有、緊急時の対応に関するノウハウの交換、防災意識の向上、関係者の交流などの非常に良い機会を提供していると感じた。

日本でも、防災関係者が集まる会議はあるが、組織の代表としての発言が求められるので、自由闊達な本音の意見交換はなかなか難しい。テキサス防災会議のような、災害を経験した幅広い分野の関係者が一堂に会し、所属は明らかにしつつも個人の立場で自由闊達に意見交換ができるような会合を定期的に行うことが、地域の防災力の向上にとって非常に有効であり、我が国においてもこのような会議が定期的で開催されることが望まれる。

3.8.10. 災害発災前から国が本格的な活動を実施できる制度の整備

米国において大規模な災害が予測される場合には、スタフォード法などに基づいて大統領宣言等が行われ、災害発生前から連邦政府が本格的な活動を開始することができる。ハリケーン・ハービーの際にも、大規模災害宣言（Major Disaster Declaration）が行われ、ヒューストンに大規模水害が発生する前の段階から連邦政府が本格的な活動を開始している。

一方、我が国の災害対策基本法では、国の非常災害対策本部が設置され、国の活動が本格化できるのは、非常災害が発生した場合、すなわち、被害が発生した後であり、災害発生前では

ない。超大型で猛烈な勢力の台風が日本に上陸する可能性が高まっている場合など、災害発生前の段階から、国が本格的な活動を行えるような制度にしていく必要がある。

3.8.11. ハリケーン・ハービー災害の印象：「巨大な内水被害」

ヒューストンの地形状況の把握や氾濫した箇所の現地調査を行った結果、河川が決壊して大規模な氾濫が生じたというよりも、1000mmを上回る降雨が平坦な低平地に降り注ぎ、主要な排水を担う掘り込み河道であるバッファローバイユー等の流下能力が不足して、市街地に降った雨水を排水できなかった、いわば「巨大な内水被害」という印象であった。したがって、浸水面積は大きい、多くの浸水地域では、流速は遅く、浸水深も比較的浅かった。

3.8.12. 「高潮」と「洪水」に対する避難対応の大きな違い

テキサス州やフロリダ州は、ハリケーンの常襲地帯であることから、タイムライン等に基づく周到な避難計画が準備されていた。しかし、対象外力は、もっぱら「風」と「高潮」であり、降雨による河川の「洪水」については、具体的な避難計画の策定事例や避難命令等の発動事例は、多くの関係者に問い合わせたが確認できなかった。

現地の意見交換でも、大規模な避難の場合には少なくとも災害発生が予測される数日前から行動を開始する必要があるが、降雨については、どこにどれだけ降るのかということの数日前に精度よく予測することは現時点では困難であり、避難命令を発動することは難しいという意見であった。

ハリケーンに対して上陸の数日前から広域的な避難が的確に行われているのは、ハリケーンの進路については数日前にはある程度の精度で予測でき、上陸した場合には、ほぼ確実に、「風」と「高潮」による外力は発生する（すなわち何らかの被害は発生する可能性が高い）ので、降雨と比べると災害発生の予測精度が比較的高いことに起因しているものと考えられる。

現在、我が国においては、洪水予測精度の向上や避難対策の充実強化などが精力的に行われているところであるが、河川洪水に対する（特に、flash flood と呼ばれる短時間で急激に発生する洪水に対する）避難体制の整備に関しては日本が世界をリードしていく必要がある。

その一方で、米国ではハリケーンによる高潮を対象として、具体的かつ実践的な避難計画とタイムラインが策定され、実際それに基づいて避難指示が発令され、数日前から広域的な避難が行われている。我が国においても、高潮に対する避難体制については米国の手法も取り入れて、より一層、充実強化を図っていく必要がある。

3.8.13. おわりに

今回の調査では、我が国の大規模水害対策に対する多くの有用な知見が得られた。2018年の7月豪雨災害をはじめ、近年の豪雨災害の発生状況を見ると、明らかに雨の降り方のフェーズが変化してきているように感じる。気候変動による水害の激甚化に対する対策を早急に講じていくことが求められている。本稿で示したような取り組みが具体的に進められ、社会全体の大規模水害に対する備えが大幅に充実強化されることが切に望まれる。

3.9. Joint Field Office と TEXAS Emergency Management Conference に見る災害過程における Partnership 醸成のしかけ

新潟大学危機管理本部 危機管理室 教授 田村 圭子

3.9.1. Joint Field Office は複数の組織・機関が一体的に協働する仕組み

Joint Field Office (以下JFO) は、米国における「災害対応に対する一元的な取り組み」を実現するための主要な手段として位置づけられている。具体的には、JFO は複数の組織・機関から構成される協働と調整のための対応本部であり、現地に設立される。JFO は、連邦政府、州、地方政府といった行政レベル、NPO・NGO等の対応機関が、1つの施設の中で、それぞれの役割を担う。その対応期間は、応急から復旧・復興までを視野に入れる。

JFO は、Emergency Support Function (標準化された米国の災害対応項目) #5 である Emergency Management (危機対応) を執行するために設置されるものであり、JFO Coordination Group (連邦政府) は施設整備とスタッフの配置に責任を負う。JFO Coordination Group は、国の資源から人員配置をするか、または他の機関に支援を要請することができる。

JFO の体制は、柔軟で、拡大縮小可能で、特定の災害の規模や特徴に対応して展開可能である点が特徴的である。JFO においては、JFO SOP (Standardized Operational Procedure) が定められており「Joint Field Office Activation and Operations-Interagency Integrated Standard Operating Procedure-」に記述されており、各組織・機関が JFO で取り組むべき「Roles and Responsibilities」「Concept of Operations」「Logistics」が具体的に定められている。

日本においても、平成 28 年熊本地震では、政府現地対策本部は熊本県庁に設置され、熊本県の災害対策本部と連日合同で会議を開催し、緊密な連携を図り、熊本県の災害対策本部が廃止される 8 月 30 日までに合同会議を 40 回開催している。これは、「政府現地対策本部」が、災害対策基本法に基づき、内閣府に臨時に設置される非常災害対策本部の事務の一部を行う組織として設置され、国と被災地方公共団体のトップ間で統一方針を調整・決定する機能を担っていることで実現している。日本においては、震ヶ関と県庁における調整の迅速化を図るために、国と県の本部機能を物理的に近接することで効果をあげている。

一方で、JFO は日本の仕組みとは全く異なる。複数の組織・機関から人員を派遣し、1つの本部機能を構築するものである。そのため、必要とあれば、業務実施のために新たに執務場所を確保する。ハリケーンカトリーナの際のJFO は、かつての元・百貨店の建物を借り切り、執務スペースを設置した。ハリケーンハービーでは、ゴルフ専門店のかつての店舗を借り上げた。指揮命令系統も一本化され、その責任はJFO Coordination Group が負う。

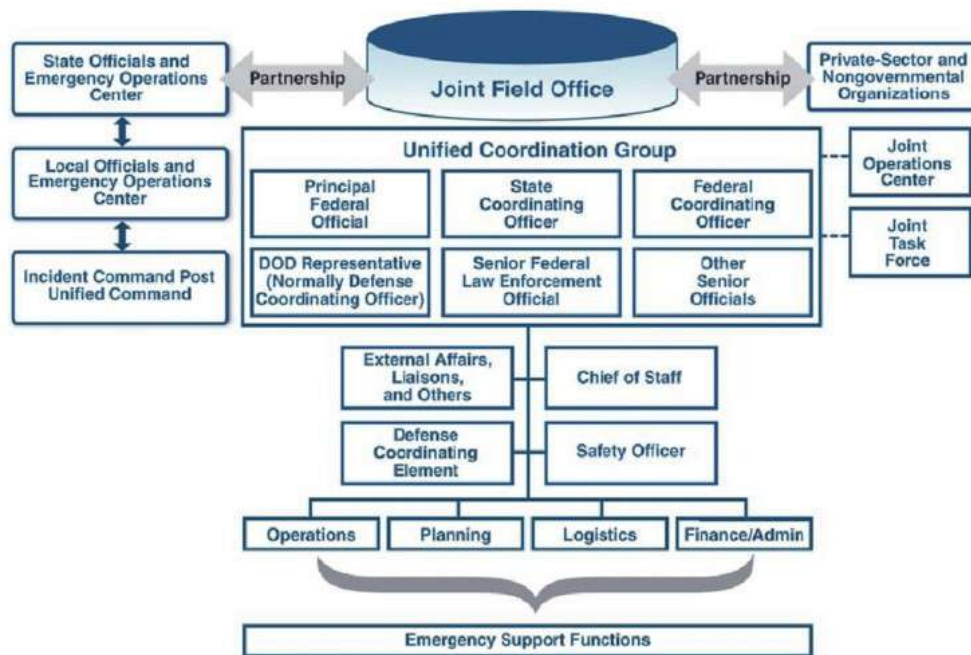


図 3.9.1 Joint Field Office Command Structure (NRF、2008)

3.9.2. Joint Field Office が実効性を持つ理由

JFO において、複数の主体が成果を上げることができる理由としては、標準的な対応体制である「Incident Command System」や果たすべき役割「Emergency Support Function」の共通認識があるので、知らない者同士が集まっても、直ちに目標に向かって、進むことができる。もちろん、平時からの協働のための準備も必要であり、FEMA は State と平時から対応のための計画づくり等で連携している。また、物理的に FEMA が場所を用意する方式が成功している。災害規模が小さく、長期の対応が必要ない場合は、State の建物に間借りすることもあるが、initiative はやはり建物の持ち主である State に偏る傾向がある。

(1) JFO 以外の組織・機関の協働体制はどのようなものか

災害の規模が限定的であれば、JFO を設置せず「State の EOC にリエゾンとして入る」「FEMA の Region オフィスから支援」を実施している。災害規模がある程度甚大であると「Response フェーズのみ JFO を開設」 Recovery フェーズになると、FEMA の Region オフィスから支援」といった体制をとっている。ハリケーンハービーの事例では、応急期のみならず復旧・復興期においても引き続き JFO を継続している。

(2) JFO の Life Cycle はどのようなものか

発災後、まずは State Emergency Operation Center に FEMA からリエゾンを送る。多くの資源が必要と判断すれば、ある程度の期間と人数を送り込むために、JFO の設置を決定。1 週間で、機材を入れ、電源やネットを用意し、作り上げる。原則的に 50 週間は FEMA の予算で JFO を運営する。このフェーズでは、応急的に遠方からの応援・支援が入り、旅費や宿泊費の費用も一定必要となる。50 週間を過ぎても、引き続きの設置が必要と認められる場合、または州が引き続きの設置を望む場合は、州も費用を出す必要がある。50 週間以降は、費用のかかる

遠方からの応援・支援はできなくなり、地元でスタッフを雇う必要がある（州の予算を多く使わない配慮）。よって、今回のハービーの場合も 6 月 1 日にフェーズが変わるので、300 人のスタッフを地元雇用した。



図 3.9.2 仮設された有線ネットワーク

(3) JFO の撤収はどのように決めるのか

復旧・復興期において、JFO が存続した場合は、被災者支援の進捗によって、その撤収の時期が決められている。Public Assistance Fact Sheet の提出を State に義務付けており、業務の進捗が 75% まで来た時点で「撤収を宣言」し、調整を実施、90% の時点で「撤収」する。Public Assistance (PA) は、FEMA の最大の助成プログラムであり、救助・救援、財産の保護、インフラ基盤の復旧を含む。

3.9.3. JFO における被災者の把握

(1) 被災者の登録は誰が実施するのか

被災者の登録 (Survivors Registration) は原則的に FEMA の Web サイトから、本人が登録する。支援を的確に実施するために、多くの質問項目が設定されている。この質問の回答に応じて、FEMA が、支援の優先順位に沿って「建物被害」「家族人数」を原則的な判断基準にして、必要な支援プログラム (FEMA、STATE が実施する) に該当する被災者の割り振りを実施する。支援プログラムが行き届かない被災者が存在する場合は、FEMA が働きかけ、NPO に新たな支援プログラム構築を促す。

(2) 被災者登録をどのようにデータベース化しているのか

被災者登録データについては、FEMA が管理 (Information 担当) している。支援プログラムに必要なデータ項目については、FEMA 担当が、アクセスベースでクエリを組んで、それぞれの支援プログラムに必要なデータ項目をデータベースから取り出し、支援を実施する主体

(FEMA の Recovery Center、や State の部署) にパスワードをつけて送っている。一度作成したクエリは毎日自動で作動して、データのアップデートを行っている。

(3) 登録できない被災者への対応はどのように行うのか

被害が甚大なエリアに住んでいるために「そもそも登録行為自体が困難」「インターネットにアクセスできない」「高齢者、外国人などであり自分で登録できない」等の理由で、被災者自身で登録できない人が一定数存在する。被災が甚大な地域に対しては、Canvassing (戸別訪問) を実施し、聞き取り調査を行っている。戸別訪問は FEMA の Recovery Center が実施し、Web サイトの被災者登録のページにある質問項目を聞き取っている。データは FEMA が登録 (紙ベースで聞き取り) している。高齢者・外国人については、Recovery Center がいくつかの拠点を設置し、被災者相談窓口に来た人に対し、聞き取り・登録を行っている。

(4) 被災者の把握はどの程度進んでいるか

「被災者全体の何%が結果的に FEMA のデータベースに格納されていると思うか」と JFO 担当者に聞いてみたところ、実感として「被害が軽微で登録しない人もいるが、それらを含めても 75%の被災者の把握ができています」という感覚をもっているとのことであった。被害が軽微だと「自分が登録することによって、他の被災者の支援の機会を奪う」と思って登録しない人がいる。これらについても、積極的に働きかけ「そのようなことはないから安心して登録してほしい」と呼び掛けている。また「家の面積が広いほうが、多くの支援を受け取っている」との誤解もある。「家の広さではなく、家族人数によって世帯ごとに支援をしている」ことをわかってもらうための働きかけも行っている。

(5) 被災者登録の情報は被災者の生活再建以外にどのように活用されているか

発災直後は、被災者登録の際の被災者の合意、FEMA と State の Contract に応じて、被災者の名前等は直ちに共有。警察・消防などの救助・救援に役立てている。

(6) 被災者以外に、被災登録を呼びかけることはあるか

被災者登録より先に始まるのが、被災した Business owner の登録である。この登録データについても、FEMA が管理し、支援組織・部局へ FEMA が割り振りを行っている。



図 3.9.3 FEMA が提供する、被災者登録のために専門相談員と話すための 3 つの方法

3.9.4. 多様な主体の共有の場としての TEXAS Emergency Management Conference

TEXAS Emergency Management Conference は毎年 4 月 5 月に TEXAS 州で 3 日間開催されている。TEXAS Emergency Management Conference は、学会ではなく、災害対応の実務者によるシンポジウムであり、災害対応の機材等の展示会も併設されていた。シンポジウムは、セッション形式で 10-15 セッションが同時開催され、1 セッション、1～2 のプレゼンを実施、あとの時間は、参加者の意見交換が実施される。プレゼンを行うのは、災害対応の実務者、行政担当者、軍隊の民生支援部隊、医療関係者、教育関係者、保険、等であり、自分たちの災害対応経験にある程度の分析を加えたものや平時の取り組みを紹介していた。

実際に参加してみた印象は、実務者がセッションを自由に運営できる点がユニークであった。学会のように研究者がセッションを運営する中で、実務者が参加する形式は他でも見受けられるが、この Conference においては、実務者があくまで主役であり、話者も聴衆も多くは実務者である。

2018 年 Conference においては、ハリケーンハービーが大きな話題となっていた。それぞれが対応の主体として、思いのたけをこめて話しており、実績紹介目的に話す（陸軍少将）、啓発目的で話す（FEMA）、経験を話す（OEM）、活動の宣伝目的で話す（保険）等、スタイルも多様であった。

このようなイベントは州ごとに開催されており、米国における多様な主体の災害対応に対する参画の実態と、対応の主体である連邦政府、州、地方政府との協働の実績に基づくものである。

3.9.5. まとめ

気候変動等の影響により、災害の発生頻度と被害の甚大さは、世界的に増加している。一方で、社会はますます多様化し、これまでにない変化にさらされている。これまでは、役割分担を明確にし、お互いの役割の線引きを確認するための調整とコミュニケーションが行われてきた。しかし、このような社会の状況下においては、災害という社会的問題を解決するためには、行政のみに依存するのではなく、分野横断的なパートナーシップへの依存度を高める必要がある。

Partnership という言葉は、古くは金銭、労務、技術などを出資してなされる共同の営利行為関係を現す用語として、英国や米国で用いられるようになった。グローバリゼーションが広がる現在では、政府だけに頼るのではなく、多様なニーズを満たすために、組織・機関における **Partnership** の醸成が災害対応においても必要となっている。

米国においては、**Joint Field Office** の仕組みにおいて、パートナーシップによる災害対応の実効性を、標準的な業務手順（SOP）という「制約とルール」を設けることで向上させ、**TEXAS Emergency Management Conference** においては、それらの主体が「緩やかな連携」の中で、自由なスタイルで自分たちの対応をふりかえることができる機会を提供していた。

3.10. Incident Command System を活用した米国の対応 ～システムツールやシミュレーションを併用し、いかに実効性を向上させるか～

富山大学 都市・交通デザイン学部 准教授 井ノ口 宗成

3.10.1. 米国における標準的な災害対応実現のための Incident Command System の活用

Incident Command System (以下 ICS) は、米国発祥の災害対応における「指揮命令系統」「果たすべき機能」「機能を実現するための手法」を総合的に整理しようとする考え方である。ICS は当初、カリフォルニア州とアリゾナ州の山火事に対する機関間の対応の問題に対処するために開発されたが、現在は米国の National Incident Management System (NIMS) の構成要素になっている。災害や危機事案が顕在化し、被災が甚大であればあるほど、対応に関わる組織や機関の数は増える傾向にあるため、これらの組織や機関において、ミスコミュニケーションなく、同じ目的に対して、円滑な業務を実現するための共通した災害対応への取り組み方を実現するものである。

日本においては、ICS のような、明確に災害対応における果たすべき機能を整理する考え方は存在していない。日本では、災害の種類に応じて講じるべき対策が容易に参照できるような構成となった防災基本計画が定められている。そこでは、災害予防・事前準備、災害応急対策災害復旧・復興という災害対策の時間的順序に沿って記述されており、それらに基づき、国、地方公共団体、住民等、各主体の責務を明確にするとともに、それぞれが行うべき対策をできるだけ具体的に示している。防災基本計画に基づき、地方公共団体は各々の防災計画を定め、対策を実現する。具体的な各組織・機関の業務については、国がガイドラインを示す形で、標準形を示す試みを行っているが、これは「各組織・機関」の共通理解と計画への反映を期待したものであり、各組織・機関が協働するための「機能」に焦点をあてたものではない。

一方、米国においては対策の基本的な考えかたを Emergency Support Functions (以下、ESF) の 15 の機能として整理している。ICS や ESF の果たすべき・実現すべき標準的な機能を示すとともに各組織・機関に対し、Contingency Plan の作成を求めており、そのための研修・マニュアル・テンプレートを提供している。

表 3.10.1 ESF の一覧

ESF1	Transportation
ESF2	Communications
ESF3	Public Works and Engineering
ESF4	Firefighting
ESF5	Emergency Management
ESF6	Mass Care, Housing, and Human Services
ESF7	Resources Support
ESF8	Public Health and Medical Services
ESF9	Urban Search and Rescue
ESF10	Oil and Hazardous Materials Response
ESF11	Agriculture and Natural Resources

ESF12	Energy
ESF13	Public Safety and Security
ESF14	Long-term Community Recovery and Mitigation
ESF15	External Affairs

3.10.2. NASA における災害対応事例：

リンドン・B・ジョンソン宇宙センター (Lyndon B. Johnson Space Center, JSC) は、アメリカ合衆国テキサス州ヒューストンにある、アメリカ航空宇宙局 (NASA) の宇宙センターである。本センターにおいて、当時の現場対応の指揮を執った Joel Walker (Director, Center Operation Directorate, NASA Johnson Space Center) より、Galveston センターの被災および対応についてヒアリング調査を実施した。

(1) 優先対応事項 1：通信衛星との交信機能の確保

NASA としては衛星通信との交信（衛星の管理等）を切らせないことが最重要である。

Hurricane Harvey の際は、そのバックアップ機能が Austin にあり、そちらに切り替えを最優先で実施し、NASA としての使命を果たした。

(2) 優先対応事項 2：機材の水濡れ・浸水の防止

Galveston にあるセンターでは、機材に対する水濡れを防止することに注力した。Hurricane Harvey 時には、大雨による浸水および雨漏り対策に追われ、ビニールシートをかぶせて機器類を保護した。結果、重要施設に大きな被害はなく、天井からの漏水によって、施設や一部の機材に水濡れが発生したのみで食い止めた。

(3) 対応事項 3：職員と家族の安全確保

職員&職員の家族の安全確保については、各機関から提供される道路閉鎖情報を GIS 上で統合し、全職員の家の位置ポイント（約 7000 あまり）と重ね合わせ、状況を可視化することで、戦略的に「職員の早期帰宅の推奨」「浸水地域に位置する職員並びに職員家族の避難措置」を進めた。状況認識の統一に基づく対応を実現していた。

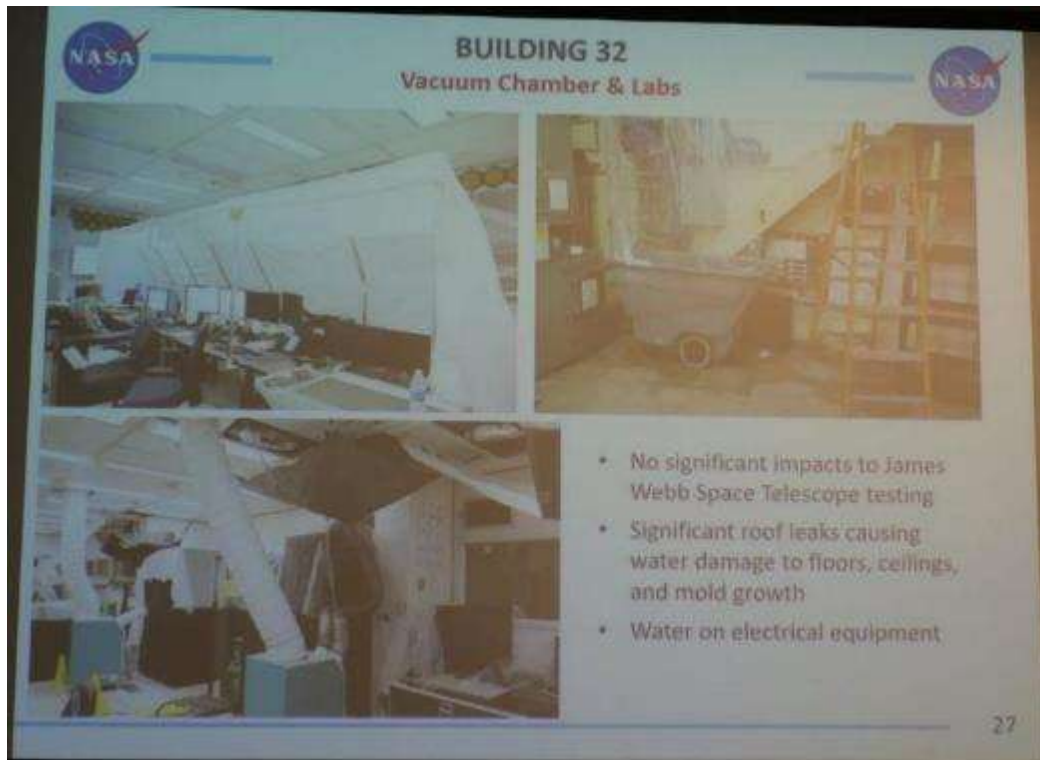


図 3.10.1 NASA における機材の水濡れ・浸水の防止

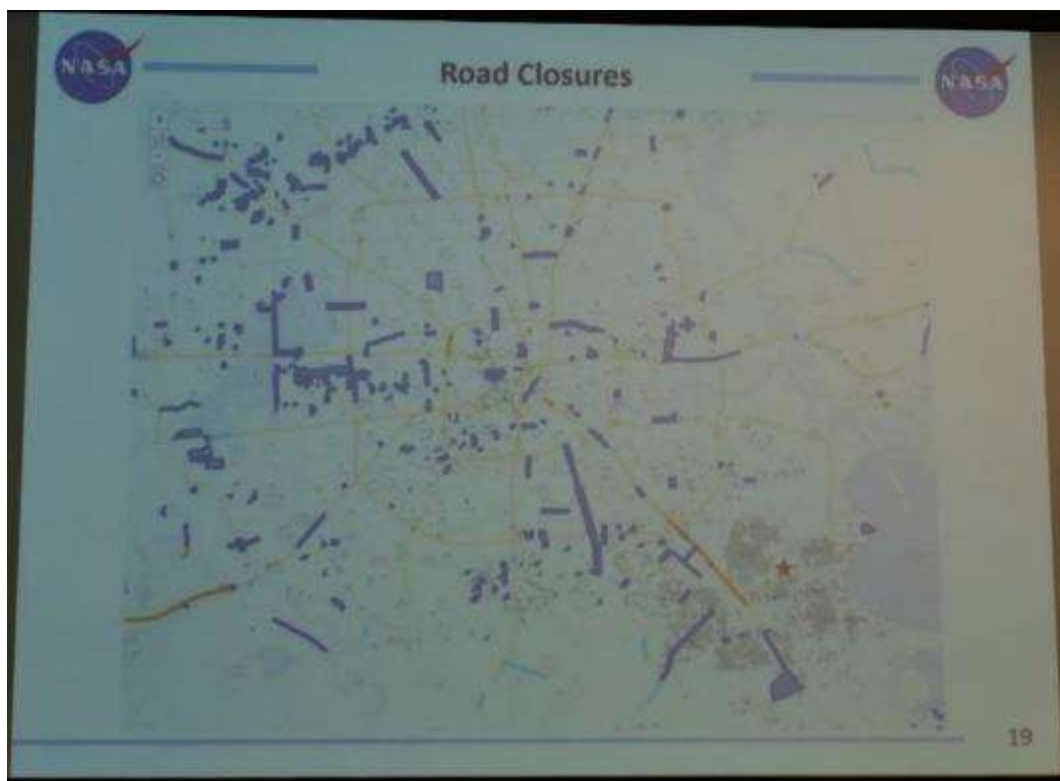


図 3.10.2 GIS を活用した道路閉鎖状況と職員宅の位置情報の可視化

(4) Incident Action Plan の活用

ICS においては、状況を認識し、長期・中期・短期の対応目標を実現するための IAP（活動計画）を策定することが推奨されている。この IAP（活動計画）においては、①状況を確認す

る、②状況認識を関係者で統一する、③活動計画をたてる、④活動計画に沿って対応を行う、⑤対応の状況・結果・課題を LOG（対応記録）につける、⑥対応の評価を実施する、というフローを繰り返すことで対応を実現する。

NASA においては、その ICS の標準的手順に則り、活動期間ごとに Incident Action Plan を策定・対応にあたっており、その現物の閲覧を許された。そこで興味深かったのは、IAP の表紙に写真をいれており、Operational Period ごとに更新される IAP には「常に違う写真を入れる」ことで差別化をはかり、対応者が「標準的な書式に基づいて日々策定される IAP」を取り違えないように、混同を防止する対策をとっていた点である。

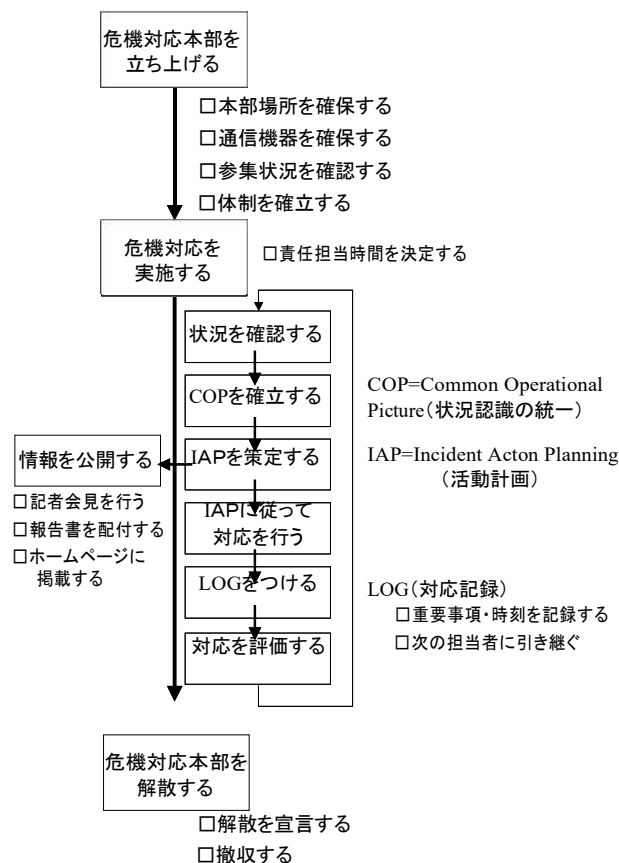


図 3.10.3 IAP（活動計画）を活用した手順

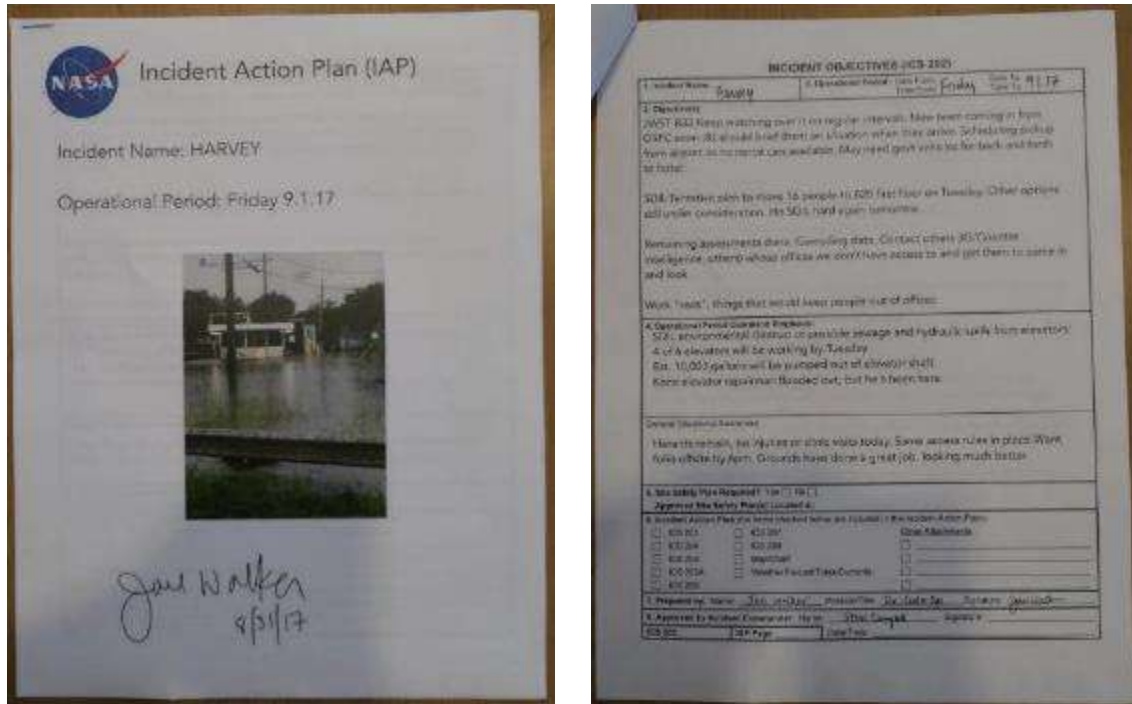


図 3.10.4 NASA における Hurricane Harvey 時の災害対応活動計画

3.10.3. 避難シミュレーションツールを活用した避難戦略

米国においては、避難命令には、①避難勧告（Voluntary Evacuation Order：強制力なし）、②避難命令（Mandatory Evacuation Order：強制力あり）の 2 種類があり、原則的には、避難命令においては、行政等の対応者も退避を実施する。

避難命令の発令については、発令単位は、郵便番号にあたる ZIP CODE ごとに発令される。ZIP CODE は基本的に 5 桁の数字で表記する。サンフランシスコは 94111 など、シアトルは 98101 などであり、これらの国民の認識率は非常に高い。平時において、ZIP CODE ごとに避難ゾーン（同時に発令対象となる ZIP CODE）が特定されていることが一般的である。

避難命令の発令においては、避難ゾーンごとに、その人口・交通量などを考慮して、避難に必要な時間を算出し、ハリケーンのインパクトのタイミングから遡って、避難に必要な時間を確保できる場合においてのみ、避難発令をする。その特徴としては、気象予報による Hurricane や Storm Surge のインパクトの信頼性等が考慮されている。

FEMA では、Hurricanevac（ハーバック：Hurricane + Evacuation）という電子化されたツールを作成し、州やカウンティが活用可能である。Hurricanevac は、Storm Surge（高潮）を対象としており、気象予報による今後の Storm の予想と、対象とする地域を選ぶことで、その地域の状況等を考えて「何時間前に避難発令すべきか」をシミュレーションできるツールにである。

もちろんこのツールのシミュレーション結果には不確実性もあるため、避難戦略を考える際の目安に使ってもらおう。また、これは強制するものではなく、あくまで「Guidance」に過ぎない。

Hurricane Harvey 時には、Galveston においては、このツールを活用した結果、「広域避難は実施しない」との結論にいたった。これは「避難の必要がない」訳ではなく、種々の状況を勘案すると「対象人口が避難をするには十分な時間が無い」ことが判明したためである。当該の

ハリケーンは進路や風ハリケーンから雨ハリケーンに変わるなど、進路が進むにつれ、その様相を変えたためである。ツールを活用することで「広域避難をしない」方がより安全であり、広域避難をしない中で、いかに「命を守る」かに戦略を集中させた。

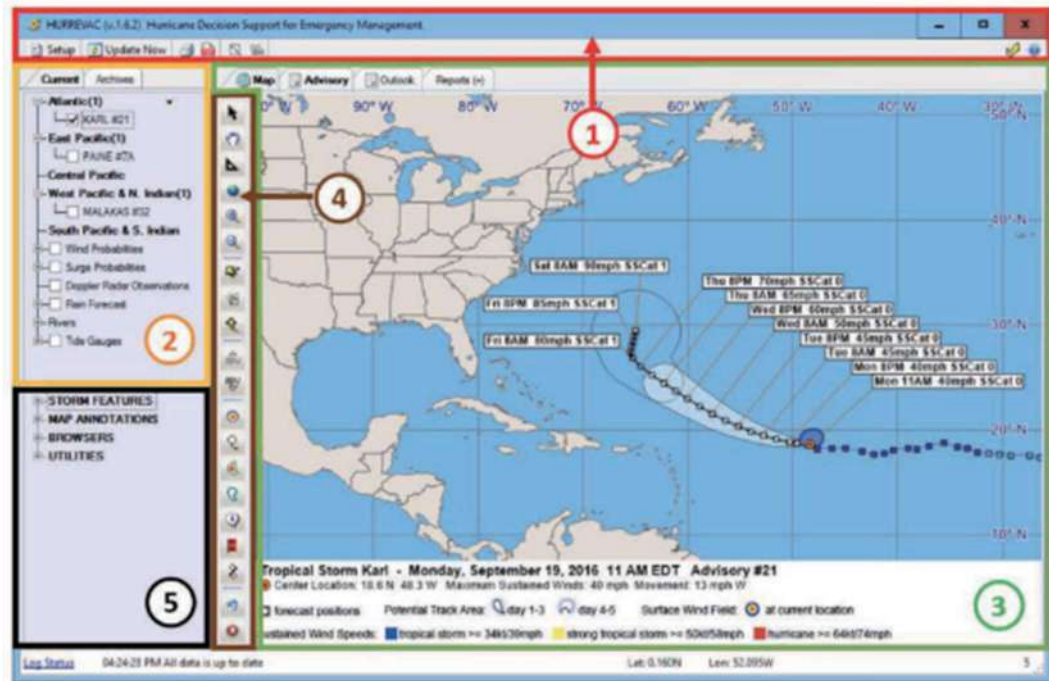


図 3.10.5 ハリケーンの接近に基づいて避難シナリオの策定（Hurrevac マニュアルより引用）

Map Advisory Wind Probs - Single Area Reports (+)

Tropical Cyclone Wind Speed Probabilities for the 120 hours (5 days) from 1 AM Mon 8/27/2012 to 1 AM Sat 9/1/2012

Percent Probabilities for Orleans, LA

Period Start	34k Winds	50k Winds	64k Winds	Individual Time Period	(Cumulative Time Period)
8/27/2012 01CDT	X (0)	X (0)	X (0)	From 1 AM Mon to 7 AM Mon	From 1 AM Mon to 7 AM Mon (0 hrs)
8/27/2012 07CDT	X (0)	X (0)	X (0)	From 7 AM Mon to 1 PM Mon	From 1 AM Mon to 1 PM Mon (6 hrs)
8/27/2012 13CDT	9 (3)	X (0)	X (0)	From 1 PM Mon to 7 PM Mon	From 1 AM Mon to 7 PM Mon (12 hrs)
8/27/2012 19CDT	20 (29)	X (0)	X (0)	From 7 PM Mon to 1 AM Tue	From 1 AM Mon to 1 AM Tue (18 hrs)
8/28/2012 01CDT	19 (48)	5 (5)	X (0)	From 1 AM Tue to 7 AM Tue	From 1 AM Mon to 7 AM Tue (24 hrs)
8/28/2012 07CDT	23 (71)	20 (25)	3 (3)	From 7 AM Tue to 1 PM Tue	From 1 AM Mon to 1 PM Tue (30 hrs)
8/28/2012 13CDT	12 (83)	22 (47)	12 (15)	From 1 PM Tue to 7 PM Tue	From 1 AM Mon to 7 PM Tue (36 hrs)
8/28/2012 19CDT	5 (88)	9 (56)	9 (24)	From 7 PM Tue to 1 AM Wed	From 1 AM Mon to 1 AM Wed (42 hrs)
8/29/2012 01CDT	3 (91)	3 (59)	2 (26)	From 1 AM Wed to 7 AM Wed	From 1 AM Mon to 7 AM Wed (48 hrs)
8/29/2012 07CDT	0 (91)	1 (60)	1 (27)	From 7 AM Wed to 1 PM Wed	From 1 AM Mon to 1 PM Wed (54 hrs)
8/29/2012 13CDT	1 (92)	1 (61)	0 (27)	From 1 PM Wed to 7 PM Wed	From 1 AM Mon to 7 PM Wed (60 hrs)
8/29/2012 19CDT	0 (92)	0 (61)	1 (28)	From 7 PM Wed to 1 AM Thu	From 1 AM Mon to 1 AM Thu (66 hrs)

図 3.10.6 Hurrevac のメイン画面

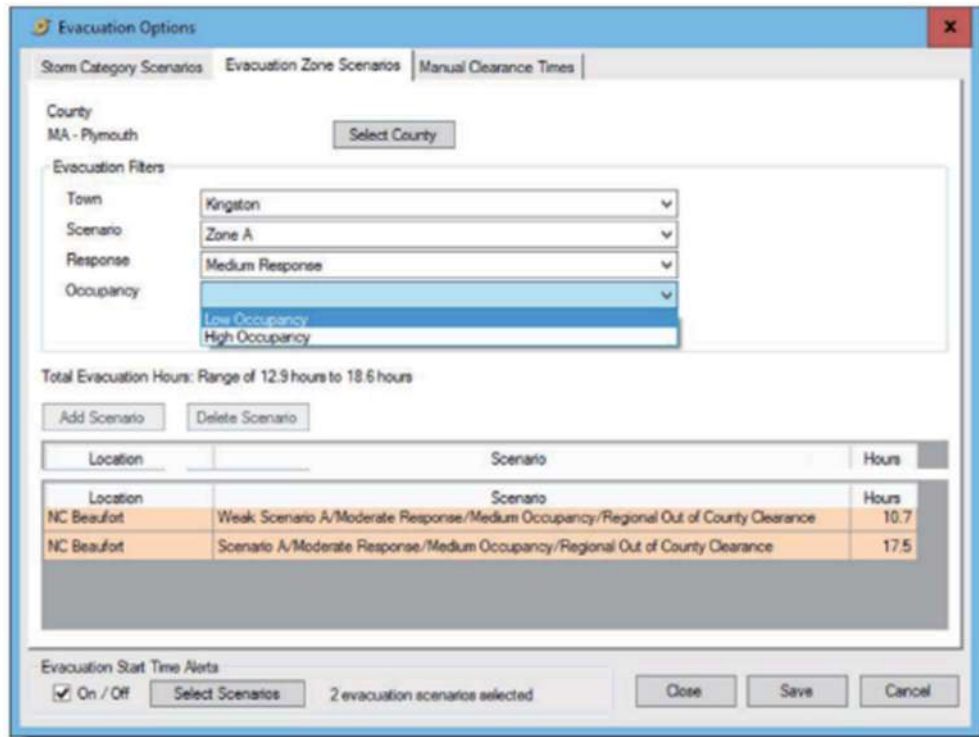


図 3. 10. 7 シナリオに基づく避難に必要な時間の算出 Hurrevac のメイン画面

3. 10. 4. トレーラーの効率的な配置と状況把握

米国においては、被災者支援の一環として、トレーラーが用いられる。日本語ではトレーラーハウスまたはキャンピングカーとして知られる trailer (mobile home)は、決められたエリアに一定期間居住する目的で設置されるものである。インフラについては、一般的に、電気や上水道、下水道などを車両内で完結させず、パイプを接続することによって、公営企業のサービスを直に受け入れるものも多い。

米国では、このような機能を持つトレーラーを、自然災害の被災者に割り当て、災害直後の短期から、より長く機能する中期避難場所として、共有している。これは日本における仮設住宅の考え方に近い。2004年のハリケーン・チャーリーの際には、17,000台を配備した実績を持つ。

Hurricane Harveyの際に課題となったのは、トレーラーハウスの戦略的配置である。トレーラーを必要とする被災者はどこにいるのか、その場所にはトレーラーを配置することができる条件は整っているのか、どの場所から優先的に配置するのか、配置状況はどうなっているのか、等の状況を統一的に把握する方法であった。

The Texas General Land Officeでは、効率よくトレーラーを配置・管理する仕組みを、業務を実施する中で開発・活用した。GIS上に業務に必要な情報をtableとして整理し、位置情報に参照、このツールを使うことで、1) トレーラーのStatus(設置・活用状況)、2) 設置・活用状況の可視化、3) 戦略構築や集計値の効率化、が実現した。このツールを用い、聞き取り調査時点において、これまで約2,400戸のトレーラーを提供済みであり、今後さらに約600戸の提供を予定している(調査時点)。



図 3.10.8 トレーラーの配置と状況把握ツール

3.10.5. まとめ

本調査をふりかえると、Hurricane Harvey の対応において、ICT ツールが果たした役割は大きかったと考えられる。米国では、ICS に基づく体制が確立し、ガバナンスを支える ESF が整備され、それらに基づいた対応が実現されていた。この対応を効率的かつ確実に遂行し合理的な意思決定を下すために、一元的な情報管理と情報の可視化・共有が効果的であったといえる。とくに、事前に整備されている Hurrevac や情報管理システムなどを活用するだけでなく、被災状況に応じて管理すべき情報が変化すれば、それを「どのように管理するか」「どのように集約するか」「どのように可視化するか」を検討し、データベースの設計、アプリケーションの開発を現場で即時的に組み上げた点も、我々が学ぶ点であった。

近年では、情報のデジタル管理が進む中で、その情報を集約し、グラフや表形式で 1 つのスクリーンの中に可視化し集積する枠組みとして「ダッシュボード」がある。日本の統計局も静的な情報の検索・提供サービスである「e-Stat」から、利用者のニーズに応じて情報を集計・可視化するための「統計ダッシュボード」を提供している。

大規模災害対応時では、情報管理の観点から、情報を一元的に管理する基盤が必要であるとともに、それを活用したシステムの整備も必要である。一方で、事前に発生しうるユースケースをすべて明らかにできないことを想定し、現場で発生するニーズに応じて即時的にシステムを組み立てる体制も必要である。くわえて、情報の集約・可視化の観点から、様々な実務者の視点に応じて、情報の種別・集約方法を柔軟に変更でき、1 つの画面内で可視化する「ダッシュボード」の考え方を基本に位置づける必要がある。

3.11. 防災科学技術研究所の所見

国立研究開発法人 防災科学技術研究所（飯塚 聡、田口仁、酒井直樹）

3.11.1. はじめに

ハリケーン・ハービーは、テキサス州南東部に累積の雨量としては場所によっては 1500mm を超える大雨をもたらした。被害額は NOAA によると 2005 年カトリーナに匹敵する 1250 億ドルと推計され、アメリカの歴史に残る被害額の大きい自然災害の一つとなった。

今回、ハリケーンによる被害として想像される高潮と暴風よりも、大雨が目立った要因について、気象学的な考察を行う (3.11.2)。そして、このハリケーンから、日本の防災対策、災害対応への教訓は多岐にわたると考えられるが、今回の合同調査団に参加して得られた事実等に基づき、事前防災対策、災害発生中の対応、災害発生後の対応という 3 つのフェーズに分け、それぞれで挙げることにしたい (3.11.3)。

3.11.2. ハリケーン・ハービーがもたらした想定外のハザード（飯塚 聡）

(1) ハリケーン・ハービーの概要

ハリケーン・ハービーは、2017 年 8 月 17 日にバハマの東で風速が毎秒 17 メートルを超える熱帯低気圧となり西へと移動した (図 3.11.1)。しかし、カリブ海の中央に到達した 19 日には一端勢力を弱め熱帯擾乱に変わった。その後、西北西に向きを変えユカタン半島を通過し、メキシコ湾西部まで移動した 23 日に再び風速が毎秒 17 メートルを超える熱帯低気圧にまで再発達した (図 3.11.2)。翌 24 日には、台風の目が確認できる構造をもつハリケーンとなり、25 日には風速が毎秒 50 メートルを超えるカテゴリー3 の強度 (表 3.11.1 参照) まで発達し、テキサス州沿岸に接近した 26 日には風速が毎秒 59 メートルを超えるカテゴリー4 の強度 (日本の気象庁の定義では猛烈な台風) に該当) でテキサス州に上陸した。

上陸後に熱帯低気圧 (Tropical Storm) のランクに急速に衰えたものの、そのままの勢力を維持したまま進路を南東に向きを変え再びメキシコ湾へと移動した後、ほぼ同じ場所に停滞した。30 日になると、ようやく北東へと向きを変えルイジアナ州の西部に再上陸した。この間、ヒューストンを中心としたテキサス州南部には大雨が降り続け、大規模な水害が発生した (図 3.11.3)。31 日以降は移動速度を速め、9 月 1 日にはテネシー州まで移動し温帯低気圧へと変わった。

図 3.11.4 は、ハリケーン・ハービーが上陸前後の 500hPa 面での高度場と指向流を示したものである。指向流とは台風を移動させる周囲の風のことであり、大気下層 (ここでは 850hPa) から大気上層 (ここでは 200hPa) までの鉛直平均した風で定義している。ハリケーン・ハービーの上陸時点までは、テキサス州周辺にはほとんど指向流が見られない。しかし、上陸翌日の 27 日になると、ハワイ周辺から始まる東向きの亜熱帯ジェットのスラックスに伴いアメリカの西海岸地域で通常よりも高気圧が強化し、テキサス州に南向きの指向流が数日強化され続けた。この指向流が、ハリケーン・ハービーが上陸後に南下、ほぼ停滞しつつもゆっくりと東進する**経路**を取った要因となっている。また、亜熱帯ジェットのスラックスに対応してハリケーン・ハービーの北側には強い鉛直シア領域が見られる (図 3.11.5)。このような強い鉛直シアは、温度風の関係から南北の温度傾度を伴い、いずれも台風の発達を抑制する働きがあることから (Gray,

1968)、上陸後にカテゴリー4 から Tropical Storm のランクに強度を低下した一因と考えられる。一方、ハリケーン・ハービーがテキサス州周辺にいた期間のメキシコ湾のほぼ全域では、30 度を超える海面水温が広がっており、積雲対流活動についてはハリケーンの発達に好都合な条件となっていた (図 3.11.6)。このような大気や海洋の状況が、Tropical Storm のランクで長期間にわたりハリケーン・ハービーがテキサス州沿岸に留まった要因として推測される。なお亜熱帯ジェットのスラッシュに伴うアメリカの西海岸地域での高気圧の強化は、1981 年から 2010 年までの 30 年間における気候学的標準偏差で規格化した値で 3 を超えてはおらず (図 3.11.4)、また、メキシコ湾の海面水温も平年よりも 0.5~1 度高かった程度であり、この期間の大規模な大気や海洋の状態が極めて異常であったとは言えない。

表 3.11.1 ハリケーンの強さのカテゴリー分類 (サフィア・シンプソンのスケール)

カテゴリー	最大風速				名称
	m/s	km/h	knot	mph	
–	≤ 17	≤ 62	≤ 33	≤ 38	Tropical Depression
–	18 – 32	63 – 118	34 – 63	39 – 73	Tropical Storm
1	33 – 42	119 – 153	64 – 82	74 – 95	Hurricane
2	43 – 49	154 – 177	83 – 95	96 – 110	Hurricane
3	50 – 58	178 – 208	96 – 112	111 – 129	Major Hurricane
4	58 – 70	209 – 251	113 – 136	130 – 156	Major Hurricane
5	≥ 70	≥ 252	≥ 137	≥ 157	Major Hurricane

From <https://www.nhc.noaa.gov/aboutsshws.php>

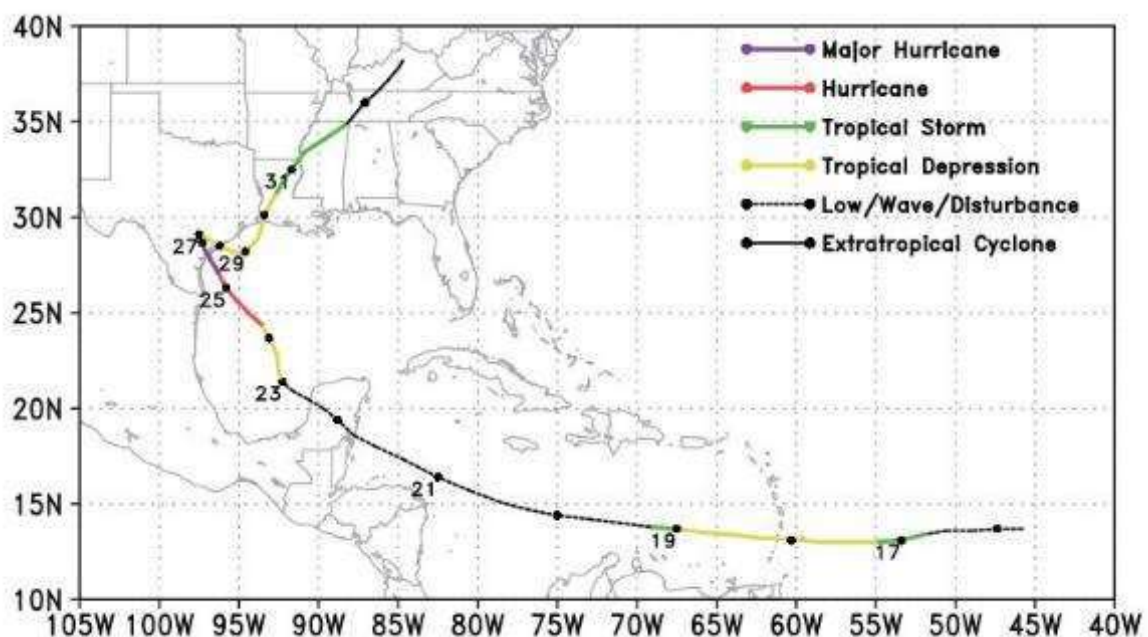


図 3.11.1 ハリケーン・ハービーの経路 (NOAA Hurricane Center のベストトラックデータより作成)。

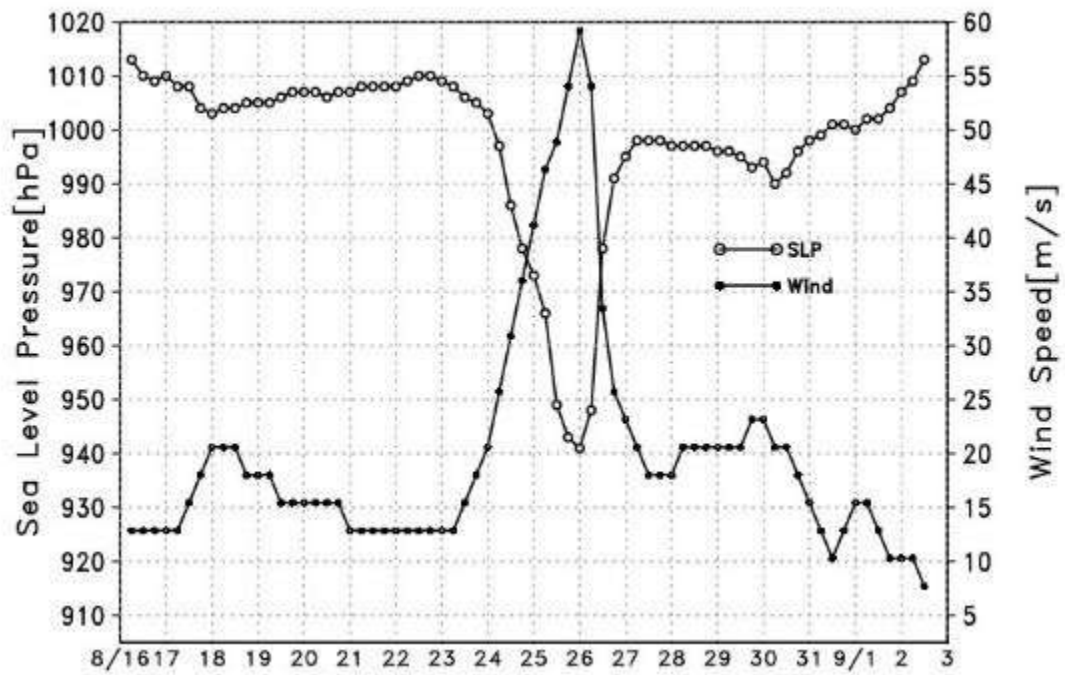


図 3.11.2 ハリケーン・ハービーの最大風速と中心気圧の時間変化 (NOAA Hurricane Center のベストトラックデータより作成)。

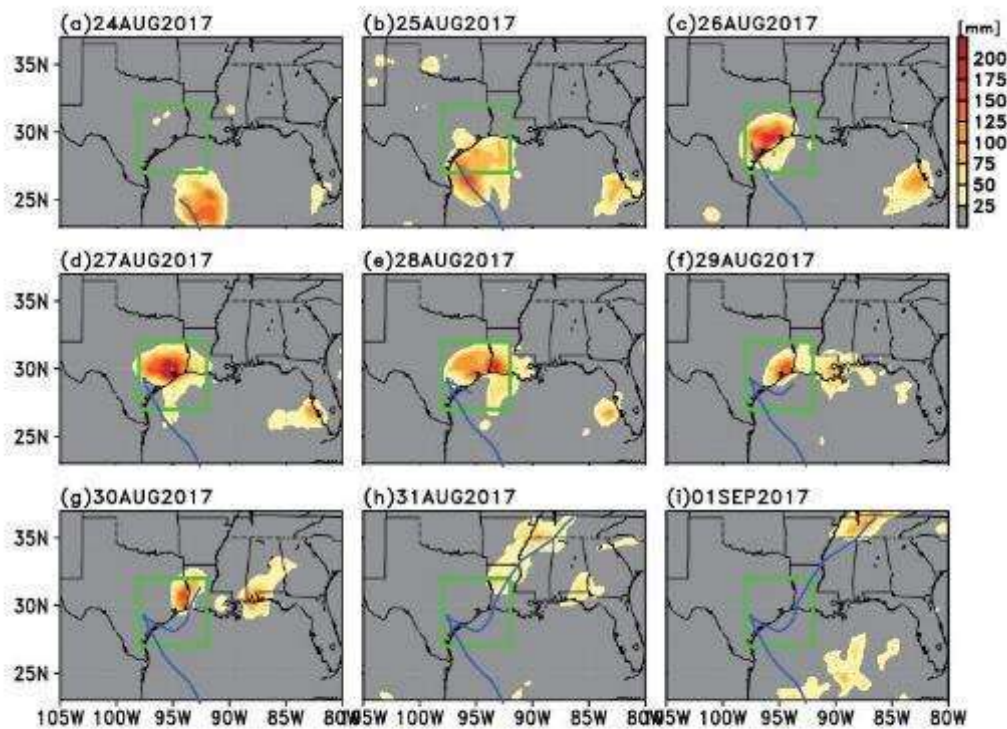


図 3.11.3 NCEP/NARR の日降水量の分布。青線はハービーの経路

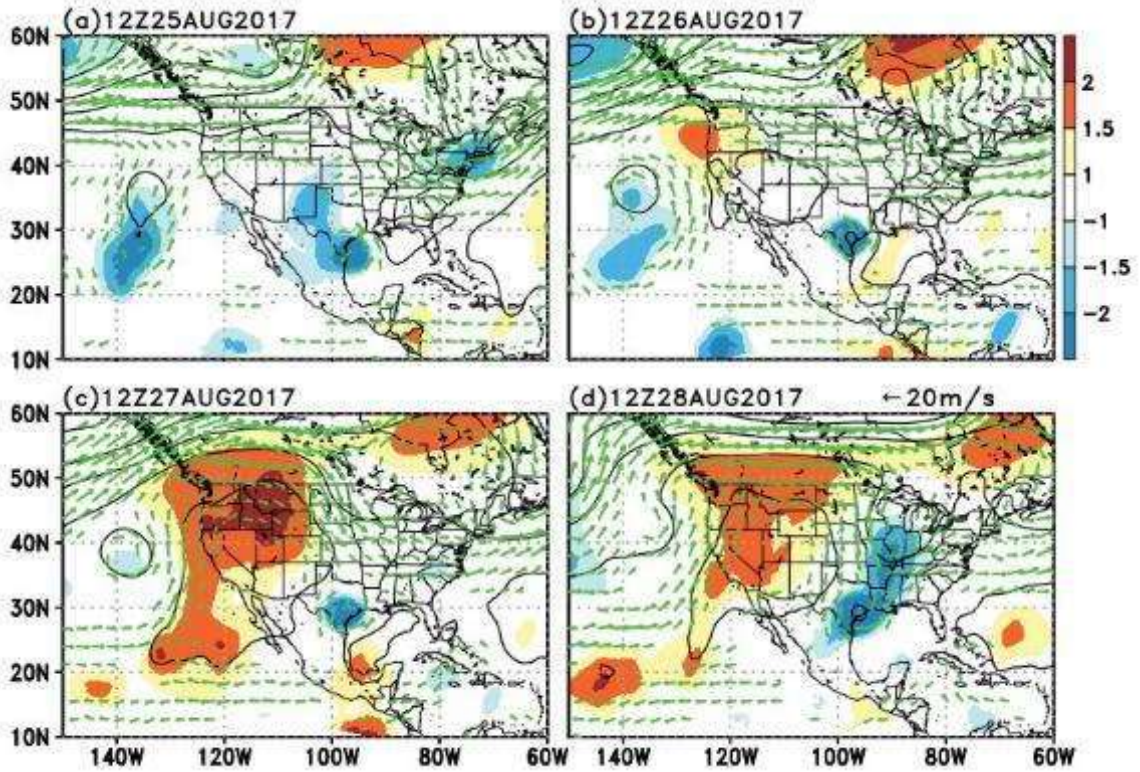


図 3.11.4 500hPa の高度場（コンター）と指向流（ベクトル）。シェードは気候学的標準偏差で規格化した値（NCEP/NARR のデータより作成）。

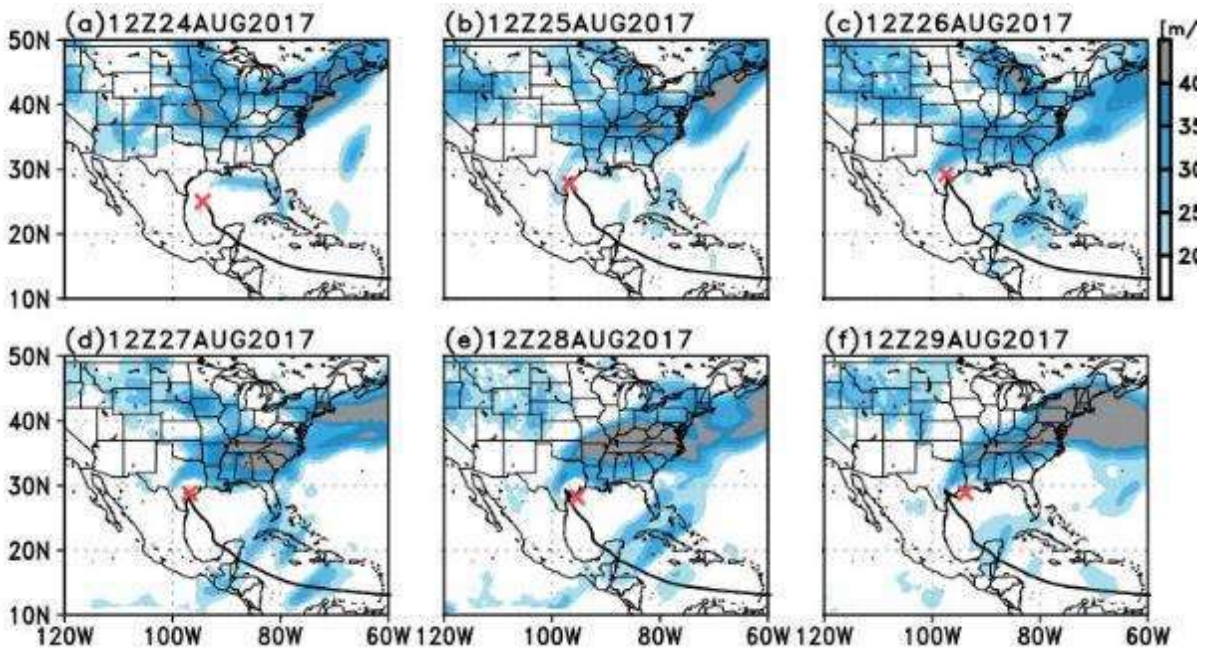


図 3.11.5 850hPa と 200hPa での風の鉛直シア分布（NCEP/NARR のデータより作成）。黒線はハービーの経路、**X**はハービー位置。

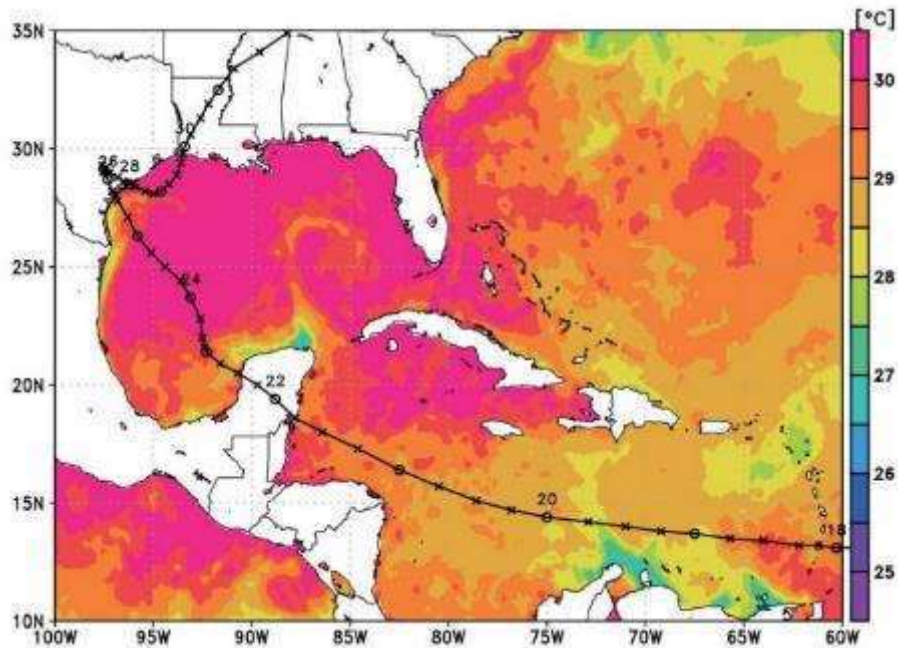


図 3.11.6 2017 年 8 月 24 日の海面水温（GHR SST NOAA_10km のデータ）。黒線はハービーの経路。

(2) 大雨をもたらした背景

今回のハリケーン・ハービーの特徴は、数日に渡りテキサス周辺に停滞し、大量の雨を降らせた点である。そこで、米国大気環境局の領域大気再解析（NCEP/NARR）のデータを用いて過去のハリケーンとの比較からハリケーン・ハービーが大雨をもたらした要因を調べることにする。大気中の水蒸気量の収支は、以下のように表される（例えば、Jiang et al., 2008）。

$$P = \text{Local Change of TPW} + \text{HMC} + \text{OSF} - C$$

ここで、TPW は可降水量で地表面から上空まで大気中の水蒸気を鉛直に積分した量である。HMC は大気中に含まれる全水蒸気量の水平収束量、OSF は海面などの地表面からの蒸発量、P は降水量、C は大気中の水蒸気から雲氷などの固相への変化量を表している。短時間の局所的な雨を除けば、通常右辺の第一項の可降水量の時間変化項と第四項は他の項に比べて無視できる。

図 3.11.7a は、データが利用できる 1979 年以降でハリケーンがテキサス州周辺（27° -32° N、98° -92° W）（図 3.11.3 の緑線のボックス領域）にもたらした際の雨量と水蒸気収束の関係を示したものである。テキサス州周辺を襲来した過去 40 個（表 3.11.2）のハリケーンに対して、両者の相関係数は 0.97 と高い。ハリケーンのような時空間スケールでは、降水量は水蒸気収束量と概ね一致し、ハリケーン直下での蒸発量の効果は相対的に小さい。また、テキサス州周辺でのハリケーンによる総降水量を見ると、ハリケーン・ハービーに次いで、1989 年及び 2001 年のハリケーン・アリソン、1998 年のハリケーン・フランシスの総降水量が多い。

ハリケーン・ハービーの特徴は、数日に渡りテキサス周辺に停滞したことである。そこで、降水量と滞在日数の関係を図 3.11.7b に示す。長期に同じ場所に停滞すれば総雨量が増える予想通りの傾向は見られるが、ほぼ同じ日数停滞した 1989 年及び 2001 年のハリケーン・アリソンに比べてハリケーン・ハービーがもたらした雨量が多いことから、停滞期間のみでハリケーン・ハービーの大雨を説明することはできない。

次に、大雨をもたらす要因として、メキシコ湾から運ばれる大量の水蒸気量の影響が考えられる。そこで、降水量と南から運ばれる水蒸気量の関係を図 3.11.11c に示す。これを見ると、メキシコ湾から運ばれた水蒸気量は、ハリケーン・ハービーよりも 1989 年及び 2001 年のハリケーン・アリソンの方が多い。また、メキシコ湾の海面水温は高かったが（図 3.11.6）、メキシコ湾上の大気中の水蒸気量を見ると 1998 年のハリケーン・フランシスに比べてハリケーン・ハービーの方が少ない（図 3.11.8）。それにも関わらず、ハリケーン・ハービーにおいて大雨の原因となった水蒸気収束量がテキサス州周辺で過去最大となったのは、他のハリケーンでは南から流入した水蒸気が東側の高気圧等の縁に沿って北側にも一部抜けていたのに対して、ハリケーン・ハービーの場合、北側の高気圧の影響でブロックされていたためである（図 3.11.4、図 3.11.7d、図 3.11.8）。但し、北側の高気圧は平年に比べて強い状態であったが、標準偏差 3 を超える異常な状態であったとは言えない（図 3.11.4）。このことから、メキシコ湾で急発達したハリケーン・ハービーがテキサス州周辺に来た同時期に北側の高気圧も強まり、ハリケーン・ハービーをテキサス州周辺に停滞させると同時にメキシコ湾からの水蒸気を効率的にブロックする場となっていたことが今回の大雨の要因であったと考えられる。

表 3.11.2 テキサス州周辺（図 3.11.3 の緑の領域）を通過したハリケーン

No.	Year	Name	No.	Year	Name	No.	Year	Name
1	1979	Claudette	16	1989	Chantal	31	2004	Ivan
2	1979	Elena	17	1989	Jerry	32	2005	Rita
3	1980	Unnamed-02	18	1993	Arlene	33	2007	Erin
4	1980	Danielle	19	1995	Dean	34	2007	Humberto
5	1981	Unnamed-04	20	1997	Danny	35	2008	Edouard
6	1982	Chris	21	1998	Charley	36	2008	Gustav
7	1983	Alicia	22	1998	Frances	37	2008	Ike
8	1985	Danny	23	1999	Bret	38	2011	Don
9	1985	Juan	24	2000	Unnamed-09	39	2011	Lee
10	1986	Bonnie	25	2001	Allison	40	2015	Bill
11	1986	Unnamed-04	26	2002	Bertha	41	2017	Cindy
12	1987	Unnamed-03	27	2002	Fay	42	2017	Harvey
13	1988	Beryl	28	2002	Lili			
14	1988	Unnamed-17	29	2003	Claudette			
15	1989	Allison	30	2003	Grace			

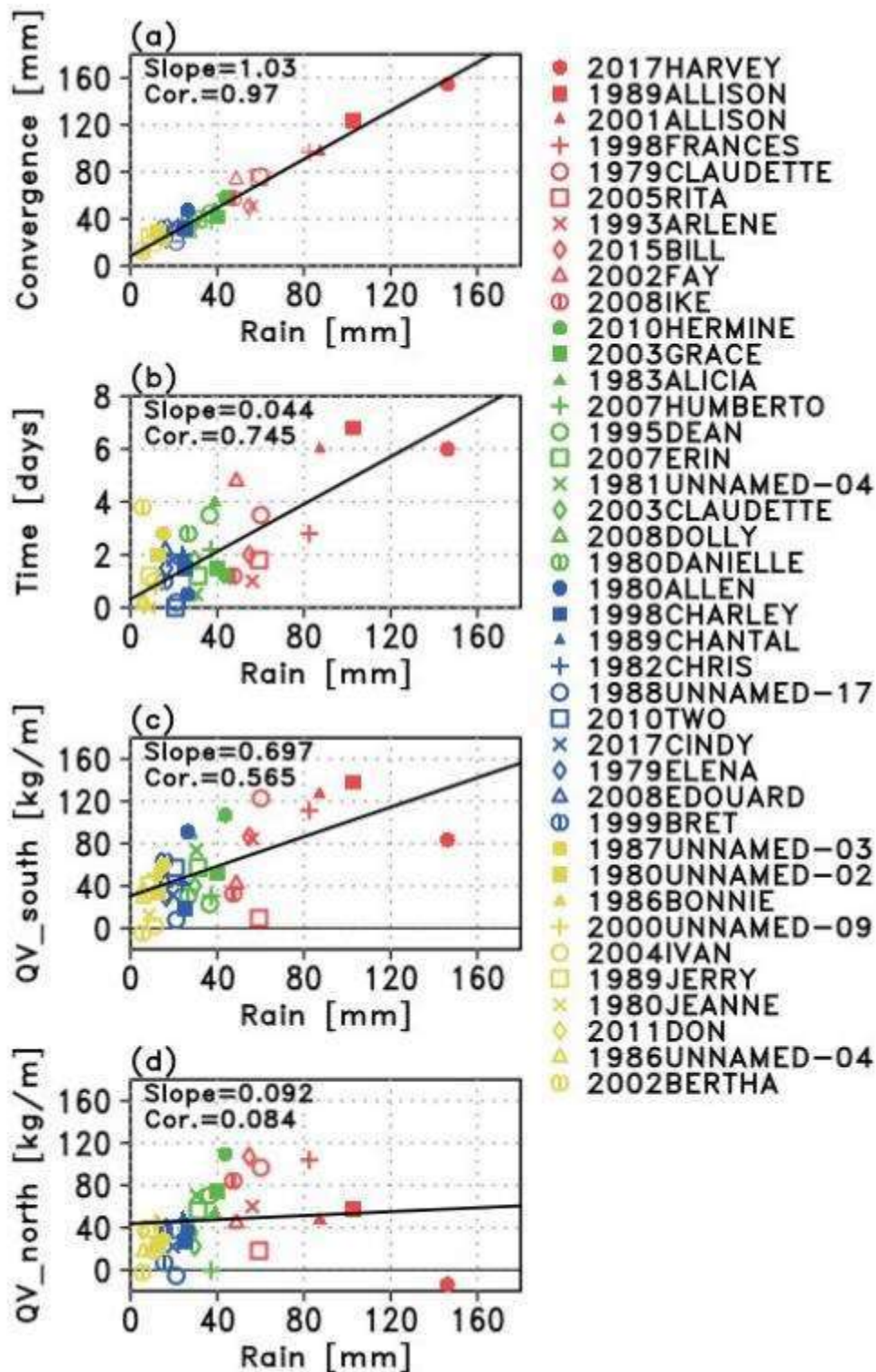


図 3.11.7 1979 年以降にテキサス州周辺に襲来したハリケーンの総雨量と水蒸気収束量(a)、滞在日数 (b)、南側からの総水蒸気流入量 (c)、北側での総水蒸気流入量 (d) の散布図。総水蒸気流入量は北向きが正の値を表す。

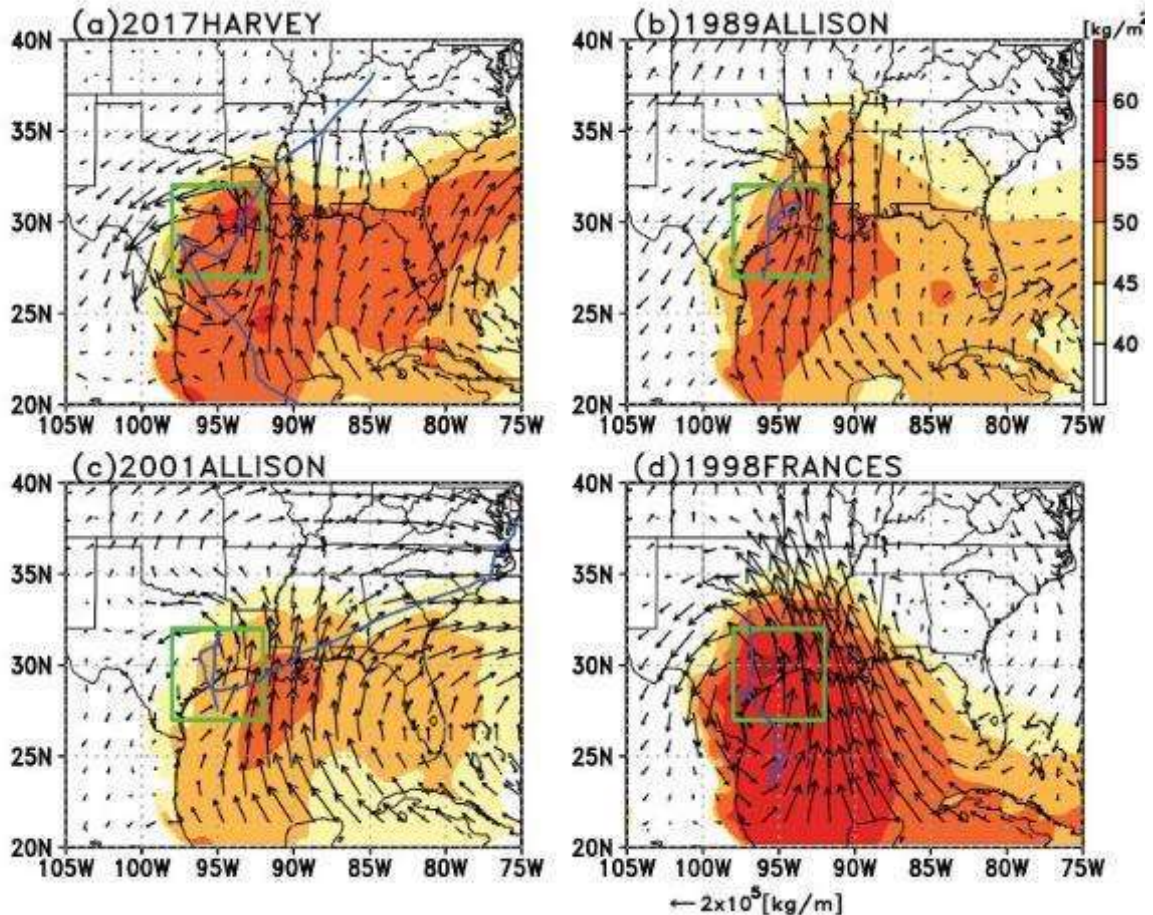


図 3.11.8 (a)1989 年ハリケーン・アリソン、(b)2001 年ハリケーン・アリソン、2017 年ハリケーン・ハービー、(d)2017 年ハリケーン・フェイによる期間平均した可降水量分布。緑線のボックス領域は図 3.11.11 の解析に用いたテキサス州周辺 (27°–33°N、120°–110°W) 領域を表す。ベクトルは期間平均した水蒸気フラックス。

(3) 地球温暖化との関係

IPCC によれば過去 100 年で地球の平均気温は約 1 度上昇したことが報告されている。気温の上昇に伴い大気中に含まれる水蒸気量も増加するため、降水量も増加することが想定される。今回のハリケーン・ハービーによってもたらされた雨に対する地球温暖化の寄与については、すでにいくつかの研究結果が報告されている (Risser and Wehner, 2017; Emanuel, 2017)。また、Wang et al. (2018) はここ最近 30 年に見られるメキシコ湾周辺での大気中の水蒸気量の増加と海面水温の上昇の寄与について評価している。彼らの報告によると、1980 年以降、メキシコ湾の海面水温は約 0.7 度上昇しており、高度 5km 以下の大気平均温度は 1.4 度上昇している。これらの上昇に付随してメキシコ湾の可降水量も約 7% 増加している。数値実験からハリケーン・ハービーの降水量に対して、1980 年以降の海面水温の上昇が約 3%、大気気温と水蒸気量の増加が約 17%、両者で約 20% 増加させた可能性がある」と指摘している。

一方、2016 年 8 月 11 日から 14 日にかけてテキサス州の隣のルイジアナ州において、500~1000 年に一度の規模の大雨により水害が発生している。この際、偏西風の蛇行の影響でメキシコ湾沿岸に低気圧が停滞し、メキシコ湾から運ばれてきた水蒸気がルイジアナ州に大量の雨をもた

らすこととなった (Wang et al. 2016)。また、1989 年及び 2001 年のハリケーン・アリソンの上陸時の強度は、カテゴリ-1 にも達していない。これらのことから、ハリケーン自体の強度よりも、周辺の大気状況が大雨をもたらす要因として重要であると言える。今後さらに大気気温と水蒸気および海面水温が上昇すれば、強いハリケーンではなくとも、今回のハリケーン・ハービーや 2016 年 8 月のような状況となると、さらに多くの雨が降り、甚大な被害が起こる可能性がある。

参考文献

- Blake, E.S. and D.A. Zelinsky, 2018: Hurricane Harvey, National Hurricane Center Tropical Cyclone Rep., AL092017.
- Emanuel, K.A., 1986: An air-sea interaction theory for tropical cyclones. Part I: Steady-state maintenance, *Journal of the Atmospheric Science*, 43, 585–605.
- Emanuel, K.A., 2017: Assessing the present and future probability of Hurricane Harvey's rainfall, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(48), 12,681–12,684, <https://doi.org/10.1073/pnas.1716222114>.
- Jiang, H., J.B. Halverson, and E.J. Zipser, 2008: Influence of environmental moisture on TRMM-derived tropical cyclone precipitation over land and ocean. *Geophysical Research Letters*, 35, L17806, doi:10.1029/2008GL034658.
- Gray, W.M., 1968: Global view of the origin of tropical disturbances and storms. *Monthly Weather Review*, 96, 669–700.
- Risser, M.D., and M.F. Wehner, 2017: Attributable human-induced changes in the likelihood and magnitude of the observed extreme precipitation during Hurricane Harvey, *Geophysical Research Letters*, 44, 12457–12464, <https://doi.org/10.1002/2017GL075888>.
- Roth, D., 2010: Texas hurricane history, National Weather Service Camp Spring, MD, www.wpc.ncep.noaa.gov/research/txhur.pdf.
- Simon Wang, S.-Y., L. Zhao, and R.R. Gillies, 2016: Synoptic and quantitative attributions of the extreme precipitation leading to the August 2016 Louisiana flood, *Geophysical Research Letters*, 43, 11805–11814, <https://doi.org/doi:10.1002/2016GL071460>.
- Simon Wang, S.-Y., L. Zhao, J.-H. Yoon, P. Klotzbach, and R.R. Gillies, 2018: Quantitative attribution of climate effects on Hurricane Harvey's extreme rainfall in Texas, *Environmental Research Letters*, 13, 054014.
- Trenberth, K.E., L. Cheng, P. Jacobs, Y. Zhang, and J. Fasullo, 2018: Hurricane Harvey links to ocean heat content and climate change adaptation, *Earth's Future*, 6, 730–744, <https://doi.org/10.1029/2018EF000825>.
- van Oldenborgh, G.J., K. van der Wiel, A. Sebastian, R. Spingh, J. Arrighi, F. Otto, K. Haustein, S. Li, G. Vecchi, and H. Cullen, 2017: Attribution of extreme rainfall from Hurricane Harvey, August 2017, *Environmental Research Letters*, *Environmental Research Letters* 12(12):124009, DOI: 10.1088/1748-9326/aa9ef2.

3. 11. 3. 日本の防災対策、災害対応への教訓 (田口仁、酒井直樹)

(1) 【事前防災対策】災害リスクを自ら知るためのツールの重要性

今回の災害において、被害を受けた世帯の 7 割近くが水害保険 (Flood Insurance) に加入していなかったという報告がある[2]。また、衛星データによる簡易解析によると、ハリケーン・ハービーによる洪水被害は、100 年確率のエリア以外にも広範に浸水していることが指摘されている[3]。米国では、FEMA が作成した 100 年確率の豪雨により浸水すると想定される地域においては、水害保険に加入することが義務付けられている。一方で、その地域外では任意で保

険に加入することとなる。被害を受けた世帯がどの程度水害のリスクを事前に認知していたかについては、アンケート等を通じた調査が必要であるが、7割近くが水害保険に入っていなかった世帯は、自らの災害リスクを事前に把握していなかった可能性がある。

Texas A&M University at Galveston の Samuel Brody 教授らの研究グループは、ハリケーン・ハービー前から居住者の水害リスク把握の重要性に着目しており、Buyers B-Where というウェブサイトを立てている[4]。このウェブサイトでは、住宅購入（予定）者や不動産業者がその地域の相対的な各種リスクを知ることが可能である。洪水ハザードマップなど各種公開情報を活用しており、例えばハリケーンに関するリスク情報としては、標高に基づく危険度、100年または500年確率の豪雨により浸水すると想定されるエリア、過去の水害保険の請求実績に基づき5段階評価で示される。水害だけでなく、交通量、有害廃棄物施設、汚染物質、地震の発生リスクなど、住環境に係る総合的なリスク評価を行う仕組みとして構築されている。空間的にも詳細であり、最小単位では住宅の区画単位で評価されている点は特徴的である（図3.11.9）。ハリケーン・ハービー以前はこのサイトはそれほど注目されておらず、災害後は問い合わせとアクセス数がかなり増えたと Samuel Brody 教授はヒアリングで述べた。

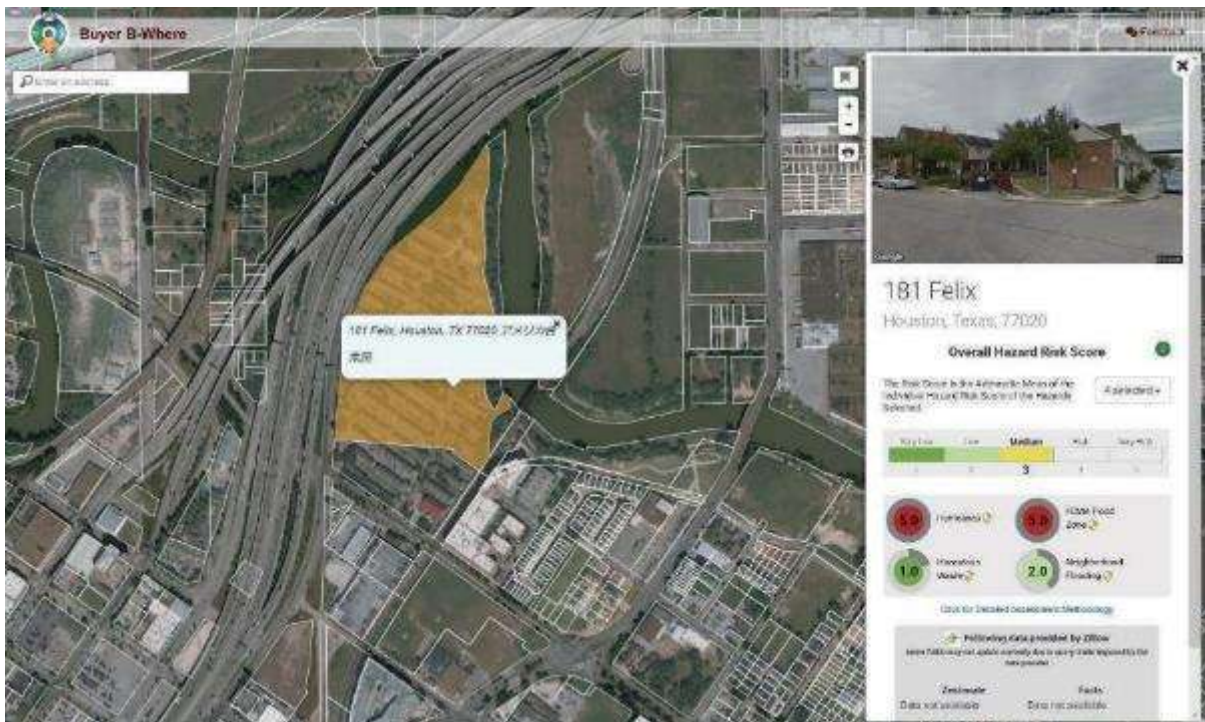


図 3.11.9 Buyers Be-Where の画面。川沿いの住宅エリア（黄色いエリア）におけるリスク評価結果が画面右側に 5 段階評価の数字として示されている。

相対評価に使用するデータの精度については、例えば FEMA の Flood Map の精度の課題が指摘されているように[5]、ハザードマップとしての精度を高めるための個別の取り組みは重要であるが、それに加えて自らの視点でリスクを把握できるようにする仕組みの構築は重要である。例えば、防災科研では地域防災 Web[6]というウェブサイトにて市区町村単位で災害リスクを相対的なグラフ表現で可視化する手法開発を行っている[7]。一方、国土交通省は「重ねるハザードマップ」を提供しており、洪水および津波の浸水想定区域、土砂災害警戒区域等を

重ねることが可能となっている[8]。これらを踏まえ、ユーザの視点で情報の詳細化および高精度化を進めつつ、効果的な可視化方法についても研究開発を行うことが重要といえる。

(2) 【災害発生中の対応】ソーシャルメディアの活用戦略の重要性

Twitter、Facebook、Instagram 等に代表されるソーシャルメディアは、ハリケーン・ハービーに関する様々な情報が投稿されており、これらのツールの活用は重要である。公的機関による災害対応として、ソーシャルメディアの活用方法は次に示す 2 つの目的があると考えられる。1 つ目はソーシャルメディアを活用した情報発信、2 つ目はソーシャルメディアを使った情報の収集・把握である。

1 つ目のソーシャルメディアを活用した情報発信については、公式サイトによる発表手段としての活用があるが、ソーシャルメディアは発信手段の 1 つとして活用されるべきであることは言うまでもない。今回の災害では、従来のマスメディアの発信とソーシャルメディアを効果的に組み合わせて情報発信した事例として、Harris County Flood Control District の Meteorologist である Jeff Lindner 氏の活動が挙げられる。Jeff Lindner 氏 (@JeffLindner1) は、ハリケーン接近前後は Harris County Flood Control District の広報担当として、プレスカンファレンスにて河川や気象に関する情報を発信しており、連日テレビにその姿が報道されていた。さらに、本人の Twitter アカウントでは、河川水位の上昇や雨の降り方について高頻度に情報を投稿した。テレビに頻繁に出ていたことによる市民の認知度の高さに加えて、Twitter による高頻度かつきめ細かな情報発信の相乗効果が評判を呼び、一部の市民からヒーローと称されるまでになった[9]。Twitter 公式サイトにおいて Jeff Lindner 氏の 2017 年 8 月 25 日から 27 日までの投稿数を検索したところ、133 のツイートが抽出できた。そのうち半数は降雨状況や台風の目の場所を示すレーダー画像や、Bayou の個別水位観測点のスクリーンショットだった。残りの半数は一般の Twitter ユーザに対する返信やリツイートだった。個人の発信ではあるが、テレビ等に代表されるマスメディア的な全般的な情報の発表に加え、ユーザ目線の近いきめ細かな情報発信を組み合わせることで、ヒューストン市民に対し多大な影響力を持ったと考えられる。個人の活動とはいえ、災害情報発信におけるソーシャルメディア活用の重要な事例といえる。

2 つ目はソーシャルメディアを使った情報の集約・把握である。ハリケーン・ハービーは、救助を求める投稿が、911 による緊急通報を上回ったのではないかと The University of Texas at Austin 研究者は指摘している[10]。浸水による救助の緊急通報を行ったものの、通報数が多くオペレータへつながらず状況が頻発したことから、ソーシャルメディアの手段を使っても救助要請を発信したものと推測される。ハッシュタグとしては、#SOSHouston や #SOSHarvey 等が使われた。このような状況を受けて、クラウドソーシング（不特定多数の人の寄与を募り、必要とするサービス、アイデア、またはコンテンツを取得するプロセス）による救援要請情報の集約やマッピングを行うプロジェクトが立ち上がった[11]。一方で、ソーシャルメディアへの投稿は救助を保証するものではなく、911 への連絡は必ず行ってほしいという投稿を U.S. Coast Guard / Houston Command Center が行った[12]。誤った情報の拡散や、救助者が認知できない事態が発生することも懸念されるが、これらのことについては日本でも同様の指摘がなされている [13]。しかしながら、スマートフォンやタブレットの普及に伴い、ソーシャルメディ

アが活用されることは不可避であり、何らかの方策は検討する必要がある。例えば、国内では Line や防災科研、NICT などが LINE のようなチャットアプリを活用した「チャットボット」による対話型の情報収集の可能性を研究しており、今後の成果が注目される[14]。

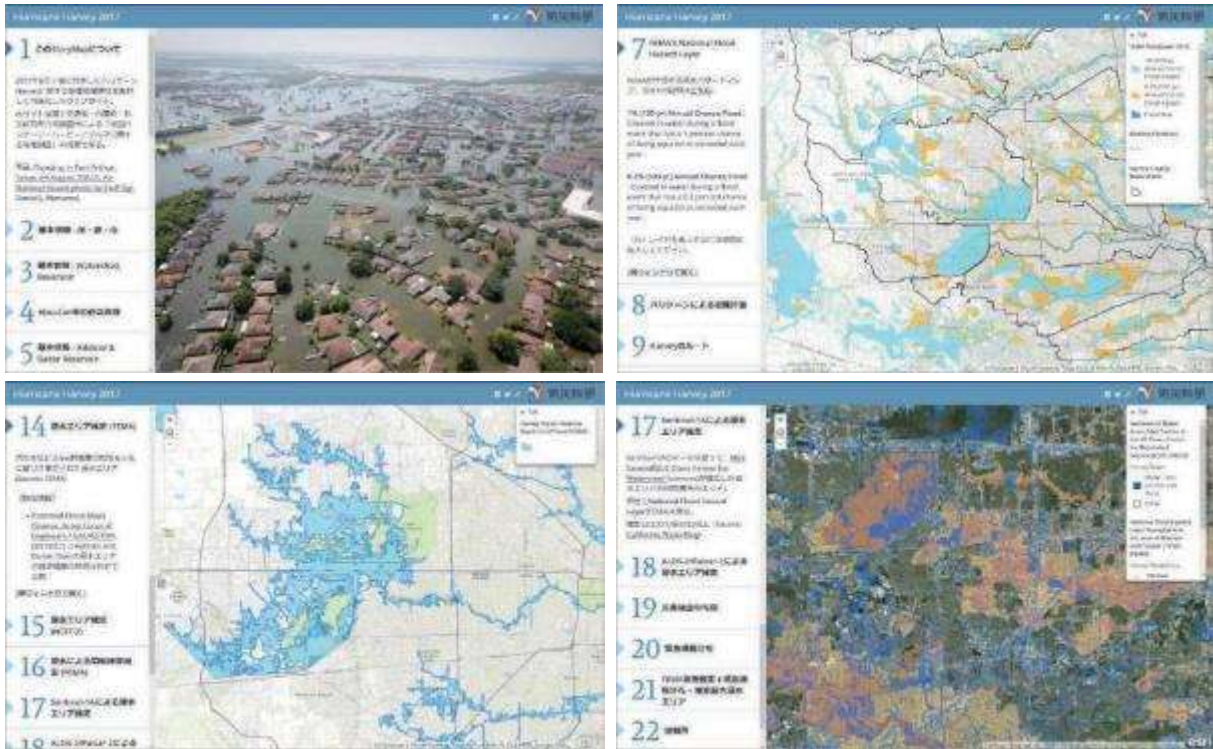


図 3.11.10 Web-GIS の画面表示例。左上：表紙、右上：FEMA の洪水ハザードマップ、右下：洪水ハザードマップに衛星画像の解析結果を重ねた地図、左下：簡易浸水シミュレーション。

(3) 【災害発生後の対応】地理空間情報の包括的な活用による状況認識の統一の重要性

災害対応において、いつどこで何が起きているのかを把握することは重要であることは言うまでもない。特に大規模な災害では様々な機関が対応することから、「状況認識の統一」が重要である。今回の合同調査を通じて、ハリケーン・ハービーに関する各種地理空間情報の集約を試みた。それらを GIS データベースとして構築し、Web-GIS 上への可視化を行った。URL は以下の通りである。

タイトル: Hurricane Harvey 2017 URL: <https://arcg.is/0qfGn0>

Web-GIS は米国 ESRI 社の ArcGIS Online を活用した。画面左側に目次、画面右に地図が表示され、目次をクリックすると地図が動的に切り替わるウェブアプリケーションであり、多くの地理空間情報を効率よく可視化することが可能である。筆者らは 2016 年熊本地震においても政府や県対策本部等に対して行った被災地情報支援の情報をアーカイブ化し、同様の可視化を行った[15]。図 3.11.10 に今回構築したウェブアプリケーションの画面の一部を示した。

本調査において収集したデータを表 3.11.3 に整理した。この表は上記サイトの目次の順番に対応している。No.1 から 5 は基本情報である。特に No.3 は Houston 市の拡大を示している。ヒューストン市を流れる Bayou の氾濫を抑止するために設置された Addicks および Baker Reservoir（貯水池）の背後（東側）は、近年宅地開発が進んでおり、市域の拡大が貯水池の背

後に拡大している状況と一致している。これらの Reservoir の背後は大雨の際は雨を貯留するため浸水する可能性があることについて、Reservoir の東側の住民に周知されていなかったことがハリケーン・ハービーの際の浸水が発生した後に明らかとなり、大きな問題となっている[16]。

表 3. 11.3 構築したアーカイブサイトが取り扱った地理空間情報の一覧

No	分類	情報項目	データソース等	公開先	説明
1	基本情報	基本情報 - 州・郡・市	City of Houston	Open Data Houston (City of Houston)	Harris郡、Houston市の行政界、水域を示した地図
2	基本情報	基本情報 - Watershed, Reservoir	City of Houston	Open Data Houston (City of Houston)	集水域、Reservoir、Boyouを示した地図
3	基本情報	Houston市の合併過程	City of Houston	Open Data Houston (City of Houston)	20世紀初頭からのHouston市の拡大の様子がわかる地図
4	基本情報	基本情報 - Addicks & Baker Reservoir	Harris County Flood Control District	Harris County Flood Control District	2つのReservoirの水の流れを示した模式図
5	基本情報	AddicksとBaker Reservoir 付近の標高	Harris County Flood Control District	Harris County Flood Control District	2つのReservoirの詳細な地形分布図
6	事前対策	FEMA's National Flood Hazard Layer	FEMA	FEMA's National Flood Hazard Layer	100年確率洪水時および500年確率洪水時の浸水区域
7	事前対策	ハリケーンによる避難計画	City of Houston	Open Data Houston (City of Houston)	ハリケーン襲来時にZip Code単位で指定される避難計画を示した地図
8	観測	Harveyのルート	NOAA	NOAA National Hurricane Center (NOAA)	ハリケーンHarveyの経路図
9	観測	Harris County Flood Gauge (水位計) Aug.27-Aug.29	Harris County Flood Control District	Houston Urban Data Platform Harvey-Related Data Portal	水位観測値。[堤防の最上部の標高]から[水面の標高]を引いた値をプロット。
10	対応	Disaster Declaration (大規模災害宣言)	FEMA	FEMA GIS Data Feeds (FEMA)	大統領による大規模災害宣言された郡
11	観測	累積降水量	ESRI	ESRI Disaster Response Program	Harveyによる累積降水量の分布図
12	観測	撮影動画	Department of Homeland Security	Homeland Infrastructure Foundation-Level Data (HIFLD)	Youtubeにアップされた撮影動画リンクと撮影箇所
13	推定	浸水エリア推定 (FEMA)	FEMA	FEMA	河川水位計と5mの地形モデルに基づき簡易的に推定した浸水エリアマップ
14	推定	浸水エリア推定 (HCFCD)	Harris County Flood Control District	Harris County Flood Control District	HCFCDがシミュレーションにより推定した最大浸水エリアマップ
15	推定	浸水による簡易被害推定 (FEMA)	FEMA	FEMA	個別建物単位の浸水深に基づく簡易被害推定
16	観測	Sentinel-1Aによる浸水エリア推定	データ:ESA, 解析:Nick Santos(UC Davis Center for Watershed Sciences)	Nick Santos (UC Davis Center for Watershed Sciences)	ESAのSentinel-1A衛星のSAR画像(2017年8月29日)による浸水エリア推定マップ
17	観測	ALOS-2/Palsar-2による浸水エリア推定	データ:JAXA, 解析:NASA JPL	NASA Earth Science Disaster Program	JAXAだいち2号のSAR画像(2017年8月27日)による浸水エリア推定マップ
18	観測	災害後空中写真	NOAA	ESRI Disaster Response Program	NOAAが公開した空中写真を1つのマップに統合
19	対応	緊急通報分布	City of Houston	Houston Urban Data Platform Harvey-Related Data Portal	Houston市の緊急通報情報を地図上にプロットして可視化したもの
20	対応	避難所	FEMA National Shelter System	Houston Urban Data Platform Harvey-Related Data Portal	FEMA National Shelter Systemからの避難所情報。9月21日時点の避難所状況。

No.6 は FEMA の洪水ハザードマップで、前述の通り 100 年確率の豪雨による浸水想定エリアに入る地域は洪水保険の加入が義務付けられている。No.7 はハリケーンによる避難計画の地図であり、海側から順次避難の情報が得られる。これら No.6、7 は事前対策および計画に関する情報といえる。

No.8、9、11 は観測情報を地図化している。No.12 は個人が撮影して YouTube にアップロードされた動画の位置を特定し、動画再生ページへのリンクを収録したものであり、観測情報に位置付けられる。

No.13、14、15 は浸水エリアの推定や被害推定を行ったデータであり、No.13 と 15 については FEMA が災害直後に簡易的に行い、データはダウンロードが可能である。No.16 と 17 は合

成開口レーダーを持つ人工衛星による観測データを活用した水域抽出結果である。No.18 の空中写真は観測情報に分類できる。

No.10 は日本の災害救助法と同様の大統領による大規模災害宣言を行った郡 (County) を地図化したものである。No.19 はハリケーン・ハービーの襲来時の 911 による緊急通報の分布図、No.20 は災害時における National Shelter System の避難所データの一時点のスナップショットとして抽出したものである。これらに対応に関する情報に分類できる。なお、ライフライン関係については当時の情報として入手できるものは見つからなかったが、道路情報や電力情報については各事業者のウェブサイトの GIS で公開されていることが確認できた [17、18]。

No.4、5、14 については画像データを筆者らが幾何補正を行い、GIS データへ変換した上で可視化を行ったが、それ以外のデータは GIS データの形式で公開されていたことは特筆に値する。例えば、Rice 大学は Urban Data Platform を構築し、その中でハリケーン・ハービーにわたるデータを収録して公開した[19]、No.9、19、20 のデータそこからダウンロードして利用した。基本情報のうち No.1、2、3、7 は Houston 市が GIS データ公開サイトから利用した[20]。連邦政府では、Department of Homeland Security が Homeland Infrastructure Foundation-Level Data (HIFLD)において、ハリケーン・ハービーに特化したGIS データの収集サイトを構築しており、No.12 のデータはこのサイトから取得した[21]。

これら収集した地理空間情報をマッシュアップした分析事例を示す。図3.11.3 は Brays Bayou と Interstate 610 (フリーウェイ)が交差するエリアである。HCFCFD が事後に行った浸水シミュレーションによる浸水エリア (図 3.11.11 左) と FEMA が行った簡易被害推定のエリアは一致している (図 3.11.11 中)。浸水エリアの南側の方がより浸水していると推定されている。そして緊急通報分布は、この浸水エリアの南側に集中していることがわかる (図 3.11.11 右)。このように、収集データを用いて他の情報とマッシュアップすることで市民の通報が多いエリアの理由を推定することができた。

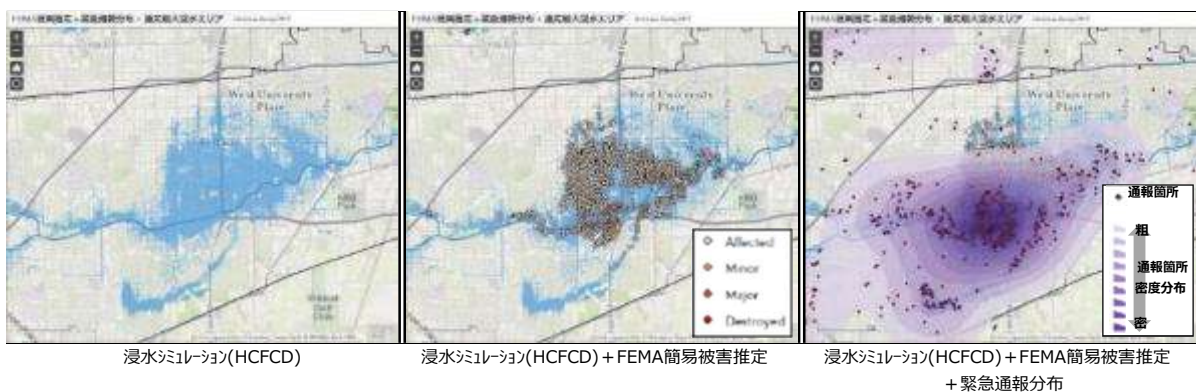


図 3.11.11 浸水シミュレーション、簡易被害推定、緊急通報分布を重ね合わせた結果例

浸水シミュレーションに関してはNo.13、15 のデータについては FEMA が FEMA Cloud GIS Infrastructure Production Site という Web サーバを構築しており、浸水シミュレーションや簡易被害推定データがダウンロード可能である[22]。さらに、No.16 の衛星データによる解析結果は、NASA のプロジェクトのウェブサイトからダウンロード可能である[23]。被害状況を広域

に把握し、その解析結果を共有するための環境が実現できていることは、日本と比べて進んでいる点である。

以上から、日本においても今後 GIS データとして基盤データ、観測データ、解析データがそれぞれ取り扱われる必要があるといえる。さらに、ソーシャルメディアを通じた人間社会の観測情報も含めて、リアルタイムな GIS データが流通して共有される仕組みを作ることが重要である。理想は動的に GIS データがネットワーク上で流通し自らの GIS で動的に取得して利活用できることである。

米国では共通で必要となる災害情報の項目 (Essential Elements of Information; EEI) が整理されているが[24]、内閣府 (防災担当) が災害情報ハブ推進チームを立ち上げ[25]、災害時に活用するデータのカatalog化を進めているが、国内でも各種情報の地理空間情報化を進めると共に日本版 EEI を構築し、状況認識の統一が実現できるよう取り組みを推進していくことが大切である。

最後に、今回の調査において大学等の研究機関が専門性に基づく災害対応支援の活動が確認できた。The University of Texas at Austin / Center for Space Research の Gordon 教授らのグループは、テキサス州の災害対策本部にて衛星画像の解析結果やシミュレーション結果の提供を行っていることがわかった。ハリケーン・ハービーの際は航空機による観測データなどの新しいデータの活用方法を災害対応時に提案するなど、専門性を生かした新たなソリューションを提案しながら活動を行っていたとのことである。国内では、防災科研は 2018 年度から内閣府 (防災担当) の災害時情報集約支援チームに参画しているが[26]、研究機関の専門性の活かし方については、参考になる部分がある可能性もあることから、研究グループの活動状況について今後明らかにしていく必要があるだろう。

参考文献

- [1] NOAA, National Hurricane Center : Costliest U.S. tropical cyclones tables update, <https://www.nhc.noaa.gov/news/UpdatedCostliest.pdf> (アクセス: 2019 年 2 月 24 日)
- [2] Insurance Business America : Majority of Harvey victims did not have flood insurance: Experts <https://www.insurancebusinessmag.com/us/news/catastrophe/majority-of-harvey-victims-did-not-have-flood-insurance-experts-88416.aspx> (アクセス: 2019 年 2 月 24 日)
- [3] California WaterBlog, Preliminary Analysis of Hurricane Harvey Flooding in Harris County, Texas, <https://californiawaterblog.com/2017/09/01/preliminary-analysis-of-hurricane-harvey-flooding-in-harris-county-texas/> (アクセス: 2019 年 2 月 24 日)
- [4] Texas A&M University at Galveston: Buyer Be-Where, <http://buyers-bewhere.com/> (アクセス: 2019 年 2 月 24 日)
- [5] Bloomberg : Outdated and Unreliable: FEMA 's Faulty Flood Maps Put Homeowners at Risk, <https://www.bloomberg.com/graphics/2017-fema-faulty-flood-maps/> (アクセス: 2019 年 2 月 24 日)
- [6] 防災科学技術研究所「地域防災 Web」 <https://chiiki-bosai.jp/> (アクセス: 2019 年 2 月 24 日)
- [7] 佐野浩彬, 三浦伸也, 半田信之, 李 泰榮, 田口仁, 白田裕一郎, (2018), 地域特性を横断的相対評価した情報を実践者に提供する『地域特性情報ツール』の開発, 災害情報, 16(2), pp.247-260.
- [8] 国土交通省, 重ねるハザードマップ, <https://disaportal.gsi.go.jp/maps/> (アクセス: 2019 年 2 月 24 日)

- [9] The Wall Street Journal : Local Meteorologist Emerges as Unlikely Hero of Harvey, <https://www.wsj.com/articles/local-meteorologist-emerges-as-unlikely-hero-of-harvey-1504370231> (アクセス: 2019年2月24日)
- [10] Patch : Hurricane Harvey Victims Used Social Media More Than 911 To Seek Help: Researchers, <https://patch.com/texas/north-austin/ut-austin-researchers-examine-role-played-social-media-during-hurricane-harvey> (アクセス: 2019年2月24日)
- [11] <http://harveyrelief.handiworks.co> (アクセス: 2019年2月24日)
- [12] TechCrunch, Coast Guard asks people stranded by Harvey to call them instead of posting on social media for help, <https://techcrunch.com/2017/08/27/coast-guard-asks-people-stranded-by-harvey-to-call-instead-of-posting-on-social-media/> (アクセス: 2019年2月24日)
- [13] 須藤龍也・佐藤翔輔 (2018) 2017年7月九州北部豪雨における『#救助』ツイートの効果検証-ツイートデータの計量的分析と現地調査にもとづいて, 災害情報, 16(2), pp. 295-303.
- [14] IoTNEWS, LINE と NIED, LINE の防災向け AI チャットボットアカウントを新開設, 防災・減災に向けて連携, <https://iotnews.jp/archives/107821> (アクセス: 2019年2月24日)
- [15] Taguchi, H : 2016 Kumamoto Earthquake, <https://arcg.is/15i95K> (アクセス: 2019年2月25日)
- [16] The Texas Tribune : Houston officials let developers build homes inside reservoirs. But no one warned buyers, https://apps.texastribune.org/harvey-reservoirs/?_ga=2.97644447.1687878811.1550985439-985471548.1550985439 (アクセス: 2019年2月25日)
- [17] CenterPoint Energy Online : <http://gis.centerpointenergy.com/outagetracker/> (アクセス: 2019年2月25日)
- [18] Texas Department of Transportation : DriveTexas, <https://drivetexas.org/> (アクセス: 2019年2月25日)
- [19] Rice University / The Kinder Institute for Urban Research : Houston Urban Data Platform / Harvey-Related Data Portal, <http://harveyudp.rice.edu/> (アクセス: 2019年2月24日)
- [20] City of Houston : City of Houston GIS Portal, <http://mycity.houstontx.gov/home/index.html> (アクセス: 2019年2月24日)
- [21] Department of Homeland Security, Homeland Infrastructure Foundation-Level Data (HIFLD) : Hurricane Harvey Response, <https://respond-harvey-geoplatform.opendata.arcgis.com/> (アクセス: 2019年2月25日)
- [22] FEMA : FEMA Cloud GIS Infrastructure Production Site, <https://data.femadata.com/> (アクセス: 2019年2月24日)
- [23] NASA JPL ARIA Project : <https://aria.jpl.nasa.gov/> (アクセス: 2019年2月24日)
- [24] NISC (2015) NISC EEI Publication Guidance 1.0, https://www.nisconsortium.org/portal/resources/bin/NISC_EEI_Publication_1426695387.pdf (アクセス日: 2019年2月23日)
- [25] 内閣府 (防災担当), 国と地方・民間の「災害情報ハブ」推進チーム, <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/saigaijyohouhub/index.html> (アクセス日: 2019年2月25日)
- [26] 内閣府(防災担当)(2018b) 平成30年度官民チームの試行的取組の進め方(案), 「国と地方・民間の『災害情報ハブ』推進チーム」, 第5回検討会(平成30年6月8日実施)配布資料3-2, <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/saigaijyohouhub/dai5kai/index.html> (アクセス日: 2019年2月25日)

(資料) 対象別の調査記録 (1 月)

連邦緊急事態管理庁 (Federal Emergency Management Agency : FEMA) 本部			
場所	NAS Keck Center	日時	2018 年 1 月 8 日 (月) 10:00 - 12:00
先方	FEMA : Roy Wright, Michael(Mike) Grimm, Nicholas(Nick) Shufro, Jacob Vawter NAS : Laren Augustine, Sherrie Forrest,		
概要	<p>● ハリケーン (イルマ) に対して、どの拠点にてどのような対応がとらえられたか 経路は迷走するように発展したので「スバゲティ・モデル」(麺類のように多方面に線を描いて走る)と呼んでいる。マイアミから東方、フロリダ東部へ向かうという当初の進路予測により、住民の多くが州西部のタンパに向けて避難したが、それを追う形でイルマは半島西方に進路をとった。 その結果、皮肉にも備えに行動を取った人々が被害に遭うこととなった。タンパはこの 60 年間ハリケーンの襲来がなかったが、今回巨大災害にみまわれた。イルマの速度低下が州全域に豪雨をもたらした。 拠点別の災害は、キーズで洪水、マイアミ周辺では 3-4 フィートの高潮、州中央部では暴風雨と洪水多発、フロリダ北東部ジャクソンビル地区では豪雨が更に 3 日続いた。我々の懸念は、タンパの広域なタンパ・ベイ (湾) であったが、湾内は高潮の代わりに海水を吸い上げ事象となり、想定外の事象となった。</p> <p>● ハリケーン (ハービー) に対して、どの拠点にてどのような対応がとらえられたか このケースは 2500 年災害と見る者もいるくらいの甚大で膨大な降水量だった。 テキサス周辺は平地が続いており、100 年前から広大な湿地帯の「バイユー」(bayou : ルイジアナ、テキサス、アラバマ、ミシシッピ等にも広がる小川を伴った市広大な湿地帯) となっている。バイユーは治水対策として、工兵隊が大掛かりな建造を行い全面舗装されているが、場所により機能・成果も異なる。本来水はけ機能であったはずのバイユーが水流で覆われて溢れ出し、バイユー近接住民の暮らしを破壊するという大規模洪水となった。 この地の二つの貯水池内域は、洪水想定域であったが 14,000 軒の住宅があり、法廷訴訟争議に拡大している。この二つの貯水池は計画通り機能していたことは確かであるが、不幸にも住居敷地が貯水池内であることを住民が把握していなかった。</p> <p>● イルマの際の広域避難について 指示権限を持つ知事が市長とともに協力して行った。主な避難先はオーランドやタンパとなり、かつてない最大レベルの広域避難となった。</p> <p>● ハービーの際の広域避難について 一度に避難指示を出したものでなく、カテゴリー 4 の時点で自動的に避難指示となった。避難指示については、各州でそれぞれ対応が異なっている。テキサスへの避難指示の権限は州知事含め誰にあるものでもない。州議会がとっている方法のカウンティ・ジャッジ (最下位の行政レベル、法的効力はない) に権限を任せている。 ヒューストンの避難の件は、コーパスクリスピーをハリケーンが襲来したが、ヒューストン市長は避難指示を出さない判断を下した。この件は非常に議論の分かれるところだが、今回のような事態となることを誰も予想していなかったこともあり、市長と同じ判断をする人は多い。 「800 万人の広域避難」の件は、それだけの避難者数が影響を受けることなく、しかも他の地区に移動させることなどとても成しえるものではない。現実的に 800 万人を避難させることは不可能でありしかも 24 時間以内となればなおさら。その場合は別の選択を取る必要がある。</p> <p>● 経済損失の現状について イルマの巨額にのぼる経済被害は \$100 ビリオンにのぼったが、モデルの予測値とは 80% の乖離があり、その無用さを知るところとなった。 2017 年はこの 50 年でカトリーナに次いで史上 2 番目の水害保険金が支払われた。加入保険額についてはイルマで 15 億ドル、テキサスのハービーは 95 億ドル、商業建物では 1.25 兆ドル。 ただここに昨今になって議会は、割引率適用の試算の割合を大きく設定していた地域であったため保険料の引き下げを発表した。保険料と再保険に加え議会はその年度に保険を推し進めるに向けて 160 億ドル近くを割り当てなければならなかった。</p>		

比率では保険証券の内およそ 2 割を割引価格としたが、損失額の大半をその 2 割の割引価格が占めた。しかし人々が議会に保険料が高すぎると訴え始めたため 15 ヶ月後に差し止めが言い渡され、議会は割引の適用について法令改定した。

米国科学技術委員会 災害削減小委員会 (National Science & Technology Council
Subcommittee of Disaster Reduction※ (SDR))

※SDR : Subcommittee of Disaster Reduction (大統領府直轄の小委員会。関係省庁からの代表者
28名で構成される。現在、委員長は空席)

場所	NAS Keck Center	日時	2018年1月8日(月) 14:30 - 16:30
先方	SDR : David Applegate, Jacqueline(Jack) Meszaros NAS : Laren Augustine, Sherrie Forrest, Andrea Shelton		

概要

● SDR について

National Science and Technology Council が各省庁から科学者、専門家を招集して委員会 (Committee) を組織する。メンバーはデータを持ち寄り、政策が必要なテーマ、分野の検討に基づき提言を行う。

委員会は 28 名の連邦政府職員から構成される。ミッションを扱う省庁は直接減災施策に関っている。そのようなメンバーから科学的所見を得られる機会が増えており、リサーチとオペレーションの間で双方向の情報の流通が強化されている。

Committee は National Science and Technology Council の一部であり、国の減災に関する科学技術研究への投資についての方針を決定する。日頃から情報収集に努めて、ニーズと技術のマッチングを行えるよう備えている。委員会での話し合いが円滑に行えるよう、必要な情報を用意するコーディネイト役でもある。災害が発生すると、委員会では頻りに打ち合わせを行い、誰が指揮を執っているか、人々に必要な情報が届いているか、状況把握ができていないか、などを確認する。災害が起きていない間は、災害から学んだことを対策として実施できるよう手配する。

洪水を例にとると、人々に水位計の読み方を周知し、その情報を活用できるようにすることも活動の一つである。メンバー間で活発な情報交換が行われ、結果が出ることもあるが、ニーズに添えないと不発に終わるテーマもある。

委員会では、各省庁に対し、減災のために実施する評価基準を提示しており、2008 年には Grand Challenges for Disaster Reduction を策定した。

● その他 SDR のミッション

地質学研究を通じて、自然災害対策におけるミッションを監督することが主な業務。去年からは Office 代表代理を務めている。

UNISDR の動きをうけて、米国ではかなり以前に 8 つの省が、すでに実績を上げていた SDR に国家的プラットフォームを設置するよう要請。科学技術に従事している省庁だけでなく、災害を削減するために科学技術を利用する必要がある省庁 (例: FEMA) も含めて、プラットフォームを設置した。新設ではなく、SDR に役割が与えられたので、SDR は国際的取り組みの窓口にもなっている。

SDR は政府組織の一部だが、国連の想定していたのは民間も含めた取り組みであり、SDR で官民の連携方法について試行錯誤することになった。

特に Sendai Framework に関連した課題としては、リスク削減施策の実施進捗状況の計測が急務であるが、この分野でも日本は多大な貢献をしている。非常に多くの指標の中から、実際に使用に耐えるものの抽出作業を行った。地方政府の集合体として存立する多くの国家にとって、統一した指標の採用は重要である。米国の現在の最大の課題は、SDR での以前の成果を Sendai Framework の指標に即したものに調整することである。

● ハリケーン Harvey, Irma が科学技術分野に与えた影響について

予防策のより効果的な連携、被災状況の把握とその情報の共有などが注目されている。ホットウォッシュ (定訳なし: 訓練、災害対応のすぐ後に行われるレビュー) や、教訓に基づく訓練が検討されている。

救援活動においては、地方自治体の対応が最も重要だが、そのためには連邦政府から地方への支援を確実にしなければならぬ。個々のコミュニケーションツールの充実が、却って情報の断絶を生んでいるという側面も指摘されている。

また、社会心理的な面では、予測制度の向上が求められている。洪水を防ぐのに、自動化が良いか、カスタマイズで対応するのが良いか、最悪の浸水被害地に最も手厚い対策をするのが良いか、楽観主義者はヒューストンの備えは改善されてきていると考えている。

● 一人一人が避難できたかどうかを、確実に知る方法について

救援隊が組織内部の仕組みを持っている。どこに被災者がいて、どこに誰が避難所に収容されたかを連絡し合っている。一旦は避難所に集まった人々が遠方に避難するような場合は、避難所にはシステムがないため紙ベースで管理することになり、追跡が難しくなる。

問題は大きく分けて2つある。1つ目は公的機関以外からの情報が増えていること、2つ目はそのような情報をどう扱うかということ。

ハービーの際にはボランティアによる救助活動も行われたが、今後そのような活動や情報が公的な救助活動と干渉しあうことも考えられる。救助要請があつてヘリやボートで駆けつけた時にはすでに民間人に救助された後だった、ということも起こり得る。ソーシャルメディアからの情報が活用されるようになると、誰がどこから発信した情報なのか、誰が受け取ったか、まだ生きている情報なのか、不要になったのか、情報の流れ・状況を把握する技術的な解決が必要になる。また、政策的な解決も必要である。

ESRI(GIS 関連企業)			
場所	ESRI Washington Office	日時	2018 年 1 月 9 日 (火) 10:00 - 12:00
先方	ESRI : Chris MacIntosh		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ● ESRI の GIS について <ul style="list-style-type: none"> ストーリーマップ <ul style="list-style-type: none"> ・ 時々刻々と変化するデータ（あらゆる情報のフロー）を一つのウェブマップ上に表示する。災害の予防ではなく、災害時の支援ツールである。 ・ GIS はスキルを要するツールである（災害時の状況を想定して予め構築しておく必要がある）。 ・ 通常のアプリケーションは特定のユーザー向けに特定の情報を提供するが、ESRI の GIS は災害対応責任者の意思決定支援を目的として、全ての情報を集約する（GIS の顧客（受益者）は GIS ユーザーでない。災害対策・対応責任者であり一般市民である）。 ・ 目的：情報共有とリソース管理 ・ データのプロットのみでなく、必要な情報を引き出すためのエディタとしても機能する。 ・ 既存のデータ（NEMS など）を統合的に参照できる。 ・ 公益目的だけでなく、電気会社による送電管理などにも使用可能。 ・ 多様なインターフェース：被災予想地域（地域内の全情報）、避難命令発令判断用マップ、高潮マップ、避難所ダッシュボード（種類別、備蓄内容など） 山火事の例 <ul style="list-style-type: none"> ・ 思いもよらないことが山火事の原因になる（線路と車輪の摩擦による火花、落ちたガラス片による集光、タバコなど）。 ・ どこに広がっていくか、どこに飛び火するかの予測（発生までの天候状態に大きく左右される） ・ GIS 上の消防隊員の位置情報は GPS を利用。 ● テクノロジーについて <ul style="list-style-type: none"> 既存ツールの弱点 <ul style="list-style-type: none"> ・ ファイルサイズが大きい。リンクが取りづらい。 ・ 無料の情報（ソーシャルメディアなど）は信頼性を確保できるとは限らない。 ・ サーバーベースのツールはアクセス集中により使用不可になりやすい。クラウドである必要がある。 			

米国科学アカデミー (National Academy of Science : NAS)			
場所	National Academy of Sciences	日時	2018年1月9日(火) 15:00 - 16:00
先方	NAS : Marcia McNutt, Bruce Darling, Richard Bissell, John Boright, Lauren Augustine, Micah Lowenthal		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ● NAS について <p>設立は 150 年以上前の非常に古い団体で、政府が最善の政策を行えるよう、エヴィデンスに基づいた最善の助言を行う。「災害に強いアメリカ」の目指すところは、国の政府のみならず、地方政府や個人のレベルでも最善の災害対策を自立的に講じることができるようになることです。どうしたら災害につながるハザードを減らすことができるか。災害をなくすことはできないが、被害につながる要素を絶つことはできる。</p> <p>NAS の簡単な沿革：地震、洪水、土砂崩れ、航空機事故など様々な事象に関して分析を行い、政府その他組織への助言を行ってきた。</p> <p>NAS の最も大きな存在意義：官民、また多国間をつなぐ役割を果たしてきている。一つの専門分野の中だけでなく、学際的な活動にも力を入れている。また、専門的な所見だけでなく、完成されていなくても発展性のある所見なども積極的に取り入れるようにしている。今後 5 年ほどの間にアカデミーのあり方はこれまでと大きく変わるのではないかと考えている。</p> ● 目下の課題 <ul style="list-style-type: none"> - 世界的な協力体制の構築 <p>世界には 100 以上の学術団体があるが、先進国も途上国も科学技術で同じ目標に向かって協力できるようになる必要がある。NAS は数ヶ月前から InterAcademy による報告書作成の指揮を執っている。テーマは気候変動だが、他に国連関連の記事などもある。</p> - 多国間活動 <p>一つはメキシコ湾プログラムで、資金は石油流出事故を起こした BP への課徴金です。環境、経済、社会などあらゆる側面から災害耐性を高める取り組みを行っている。メキシコだけでなく、気候変動による海面上昇の影響を受ける可能性が高いカリブ諸国（キューバ、プエルトリコなど）の若者たちを巻き込んだ、石油流出事故の再発防止、気候変動による災害への備えに関する国際的な取り組みを行っている。これらの国々は経済基盤が弱いため、どのようにどのような対策ができるかを検討している。こうしたことも報告書に盛り込まれている。</p> 			

国土安全保障省 (Department of Homeland Security : DHS)			
場所	NAS Keck Center	日時	2018年1月10日(水) 9:00 - 10:30
先方	DHS : King(Phis) Waters NAS : Laren Augustine, Sherrie Forrest,		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> - DHSの科学技術部門 (Science and Technology Directorate) について <p>DHSのScience and Technology Directorate (S&T)は、9.11を受けて設立されたDHSの技術開発部門。連邦政府のみならず、州、郡、市町村などの地方政府も支援する。このため、今年のハリケーン・マリアによるプエルトリコ (FEMAが常駐していない地域) 被災時もDHS 実行部隊として現地支援の役割を果たしたが、救援活動はS&Tの主業務ではない。S&Tの主業務は災害対応に有用な技術を調達することである。</p> <p>FEMAはDHSの一部。DHS長官 (Secretary)は、FEMA長官 (Director)より上位で、FEMA長官はDHS長官に報告を上げる義務がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> - DHSが関心を寄せている技術開発分野について <ul style="list-style-type: none"> ➢ 災害時のトラッキング (地震、火災時など) <p>消防士、警察官などの初期対応者が必要とするのは、被災者や彼ら自身の位置情報。戸外はいいが、建物の中に入ってしまうと状況を把握しづらくなる。ポインターはそのような目的でNASAが開発。ファインダーは、心臓の鼓動を探知して瓦礫に埋もれた生存者の有無を特定する機器。ロボットに搭載するもので、すでに商用化されている。</p> ➢ 水浄化 <p>災害時等の飲み水の確保を目的として開発を進めているが未完成。</p> ➢ 火災発見 <p>ドイツ、オランダでは低軌道衛星を利用している。</p> <p>*低軌道衛星は他にも多用途に利用されている。</p> - S&Tの科学技術研究の概要 <ul style="list-style-type: none"> ➢ S&Tが「始めの一步」から開発することにはこだわらない。学会情報、民間技術であっても利用可能なレベルのものがあれば、探し出して商用化する。 ➢ 大別してDHSの取り組み分野は5つ：テロ予防、国境警備、移民対策、サイバーセキュリティ、災害耐性 (レジリエンス)の向上 ➢ 連邦政府だけではなく州、郡、市町村などの地方政府とも連携する。 ➢ これまでテーマに応じた小プログラムが散在してきたが、現長官 (以前 Darpa に在籍) は全分野に利用できる単一技術による仕組みのような、包括的な技術の開発を目指している。 - 組織の概要 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 初期対応者支援 Gr <p>州、郡、市町村の初期対応者の技術支援、支援技術の開発が主業務。他国、他分野 (学会、教育、民間研究所) などと協力。現在、氷河に関し、カナダと共同研究を行ったりもしている。</p> <p>CDS 支援システム。</p> ➢ 移民プロダクト Gr : <p>情報機関や初期対応者支援 Gr などから成る混成チーム。初期対応の現場でどのような課題があるか、エンドユーザーと協同する。</p> ➢ Apex プロジェクト : <p>データ解析、気付き、コミュニケーションなどの促進を対象としている。救援者からのデータ管理を行っており、データの保護が課題。必要としている人に必要な情報を届ける仕組みの構築。</p> ➢ 経済的・社会的動向 <p>エンドユーザーがどのような技術を使用できるか、人的要因の研究。</p> ➢ 国立研究所 <p>口蹄疫 (など疫病?) の研究を行っているため、島に設置されており、出入りの際には厳重な消毒が行われる。</p> ➢ 都市セキュリティーGr <p>比較的新しい。ニューヨークにある。元々エネルギー関連部署に置かれていた。原発の安全性評価を行っている。</p> - その他 			

- DOE (Department of Energy) は、国の研究所に資金提供しており、共同研究している研究所もある。
- OSTP (Office of Science and Technology Policy (大統領直轄) は、DOE よりももっと監査的な立場
- 洪水の研究に関しては、USACE の IWR (Institute for Water Resources)がほぼ全てを行っている

世界銀行 (World Bank : WB)			
場所	World Bank office	日時	2018年1月10日(水) 16:00 - 17:00
先方	WB : カリブ海チーム Johanes, Eduardo Blanchet		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ● 世界銀行について <p>世界銀行は、災害における全フェーズに関わっており、防災、インフラ投資、住宅プロジェクト、レジリエントを含む災害前の備え、そして災害後はすぐさま対応をとり、政府の復旧・復興政策支援および戦略、プロジェクトの施策支援に被害アセスメントを行っている。また様々なITシステムを開発し、リスク特定を共有するなど多くの技術的支援を行っている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● カリビアン・プロジェクトにおける経験、知見について <p>この20年は、主にカリブ諸島と保険のリスクの把握に努め、カリブ諸島を保険でカバーする一大プログラムである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ イルマの被害のバーブータは、諸島の中でも小さい島のため、その経済的被害は低いものの人的被害が大きかった。 ➢ ドミニカの被害は、その地形・地質上、またマリアの特徴上、インフラや住宅など社会的被害が大きかった。 ➢ サンマルタンの被害は、住宅被害も多少あったが、GDPの80%が観光業であり、アンティグマ・アンド・バーブータ全島が被害を受けたことによる、社会経済レジリエントの点で問題となっている。観光業に依存していただけに損害は大きい。 <p>この3例のように同じ災害であっても、各国で被害は異なり、プロフィールが異なることは、それへのソリューションも異なる。対応、取り組み、投資を可能な方法にてカスタマイズすることになる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 観光業の試算や間接的インパクトの被害試算はどのようにしているのか <p>災害損失アセスメントのメソッドロジーがある。対象を4つ分類にしている。第1分類がインフラで、第2が産業セクター(含む:貿易、農業等)、第3が社会セクター(含む:住宅、教育、医療等)、第4がいずれのセクターにも該当しない横断セクター(含む:防災等)とし、観光業は第2に該当する。</p> <p>被害・損失の計算には各分類、セクターでそれぞれ特化したメソッドロジーをとる。被害の試算には、インフラ、ストック、住宅等の固定資産、交通、港等への被害を対象にしている。アンティグマ・アンド・バーブータの観光業セクター損失計算には、各分野でプラス・マイナス(例:ホテル業はマイナス、建設業はプラス)を統合した経済推移の損失をとる。観光業の数値を導出するには、面積が小さく、被害事例が揃って全体像を把握できるサンプリングにアンティグマ・アンド・バーブータをサンプリング対象とした。アンティグマ・アンド・バーブータのホテルは壊滅的で、観光当局でもホテル別に試算するなど被害を算出しているが、全体をカバーしているものでもないためアンティグマ・アンド・バーブータ観光業のベースラインの数値には、カリビアン中央銀行のインバウンド観光客の想定報告を用いて向こう半年の観光収入増額分を取り崩す方法にて計算した。その第2分類は、住宅の再建に続いて2番目に重要なセクターである。試算、アセスメントには、該当国の省庁からスタッフで編成した。そのため現地の市場産業にも精通しており、至急の編成であってもその地域の専門家であることが長所となる。指摘のあったとおり、メソッドロジーや数値は確かに具体的確固たるものではないかもしれないが、計画のためのベースラインとして利用できる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ハリケーンが発生し、被害が想定された場合、どの時点で試算を行うのか。 <p>損失モデルを使って実際の被害発生直前までに試算するので、災害直前であるが、不可能の場合は発生直後か、遅くとも数日内に行う。</p> <p>それが第一弾(ファースト・ビュー)となる試算であり、主にインフラ暴露をベースとしたモデルである。そのファースト・ビューでインパクトの全体像を把握し、イルマ・マリアのような激甚災害の場合、政府が国際コミュニティに何らかの要請を発動するトリガーとなりえるが、当然各国でそれぞれベースライン情報による数値を持っているので我々はその支援としての活動であり、政府の要請無くしてアセスメントを実施するものではない。要請があり次第アセスメントを実施するが、状況は時間とともに進行するため、一度出したアセスメントは通常更新しない。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 避難、避難意識、避難所施設について <ul style="list-style-type: none"> ➢ リアルタイムの情報が住民に提供できないことがある。プロジェクトの一貫としてハイグレードのシステムを開発を行っているが警戒アナウンス等の徹底にはまだ外部情報に頼らざるをえない。マリア・イルマでは立て続きに嵐が発生してカテゴリ5となっ 			

たため、国も警戒モデルを用意しておらず大きな課題となった。また狭い土地では避難先が無くなるほど全域が襲撃されるので非難先についても課題がある。

- 各国において住民・地域のための訓練、理解の機会が十分ではない。

シェルターのアセスメントを行っている国もあるが、収容数に対応していないなど、それほど投資はされていないようだ。そのため学校を利用するのだが、学校側は好ましく思わない。計画的地域の開発、シェルターの開発が大いに必要となっている。

(資料) 対象別の調査記録 (3 月)

Harris County Emergency Management (Harris County Emergency Management)			
場所	Harris County Emergency Management Center	日時	2018年3月20日(火) 10:00 - 12:00
先方	マーク・スローン危機管理局長		
概要	<ul style="list-style-type: none"> ○ Harris County (Harris County) : 人口4.7百万人の全米第3位の郡、34市、125自治組織、22流域、9000マイルのパイプライン、全米一の輸出港。州非常事態宣言の災害頻度は平均年1回。 ○ FEMA 訓練 : 複数の州に関わる非常事態シナリオ (自然災害に限らない) に基づいて行われる。地域社会巻き込んだテストであり、不具合を見つけることを目的にしている。 ○ 危機管理センター (Emergency Operation Center) : センターに関係者機関の代表約100人が集まって対策の意思決定を行う。常駐メンバーは郡保安官、危機管理司令官と次官、広報官、物流担当官、財務担当官、計画担当官、情報分析官、オペレーター、リエゾン。61,064人を救援 (車からが多い)。36名の死者を出したものの、危機管理は概ね成功。 ○ 情報管理センター (Joint Information Center) : 災害情報は timely, accurate, actionable であることが重要。42人のスタッフが情報を一元管理し、すべてのメディア対応、ソーシャルネットワークへの発信を実施。1日3回の災害情報発令 (Command and briefing)、1日1日の気象情報更新。 ○ ハリケーン・ハービー : 8月22日 (雨の降り始める4日前)、ユカタン半島にあるときに直撃する進路予測。4日間雨量は47.4インチ (120mm) でナイアガラの滝の15日分。95%のインフラが水没した。アディックス・バーカー貯水池では3週間、低地では2週間の長期冠水。 ○ 用地買収 (Buy-out) : 被災物件で再建が好ましくないものは郡による権利買収を実施。 ○ 被害総額 : 500-1000億ドルと推計に幅あり。積み上げは直接被害のみ、間接は含まない。 ○ 要援助者情報 : 事前登録制で要援助者の統合データベースを作成。 ○ 60万台の車両が被災 : 災害対応計画と異なる状況に対して計画を変更して対応 (災害対応の目的を踏まえ計画の変更内容に応じたレベルの担当者が適宜判断。災害対応計画の目的の共有が重要) ○ 教訓 : 共助 (Neighbors Helping Neighbors)、政治家の介入は災害中の災害 (Disaster within the disaster) 		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div>			

テキサス A&M 大学 (Texas A&M University)			
場所	テキサスA&M 大学	日時	2018年3月20日(火) 10:00-12:00
先方	Sam Brody, Professor, Director of Center for Texas Beaches and Shores, Department of Marine Sciences		
概要			
<p>○ Texas A&M 大学 (ガルベストン) の海洋科学教授のBrody 教授は、Bedient 教授とともに SSPEED を共同設立した。20 年前よりヒューストン市の水害対策の必要性を訴え続けてきた Brody 教授の研究は、ハービー後に大きく注目されている。</p>			
			
ヒアリングの参加者			
<p>○ 水害への特効薬はない。エンジニアはハード対策を、社会学者は災害リスク認識を促すが、必要なのはハードとソフト双方からの対策だ。防波堤だけで問題解決はできず、リスク伝達や集団移転を促す必要もある</p> <p>○ 垂直避難に向けた取り組みは重要だが、水平避難に向けた取り組みも必須である。これについて我々はオランダと連携し取り組んでいる。オランダには「Room for the River (川のためのスペース)」というプログラムがある。これをヒューストン市に適応する場合、バイユーや浸水に脆弱な地域を回避したり、空地をそのまま保護したり、浸水を繰り返した構造物を撤去したりするということになる。</p> <p>○ 海面は上昇、豪雨は増加傾向にある。だがテキサス州では「気候変動」という言葉を口にすると聞いてもらえない可能性が高くなるため、「将来の状況 (future conditions)」という言葉を使う。構造物への取り組みが重要である一方、空き地の保護や、嵩上げのための建築コードの変更を含む、非構造的な取り組みを優先すべきである。我々は構造物の嵩上げに着手すべきだ。これまでのヒューストン市のやり方を反面教師とすべきである。</p> <p>○ ゴルフコースをオープンスペースとして保護区指定にし、自然の湿地帯を回復することも可能だ。ここテキサス州で、「プランニング (都市開発)」という言葉はタブーだ。プランニングの代わりに「spatially targeted development strategies (空間を対象にした開発戦略)」という、聞いてもらえる。言葉選びが大切だ。</p> <p>○ ヒューストンやガルベストンの海岸線は、高潮災害に非常に脆弱だ。ヒューストンの水路には、多数の石油精製所や石油化学工場がある。国及び世界の経済がこの水路に依存している。この水路に高潮災害が起きたら、国の経済活動が麻痺する恐れがあるので、高潮災害が急務だ。Coastal Spine (沿岸の背=メキシコ湾の海岸線に沿って伸びる堤防のこと) を建設すれば、100 年に一度の暴風雨に対し、住民や産業への影響を 95%以上軽減することが可能だ。</p> <p>○ 高潮対策のために、大規模な構造的取組みは必要だが、豪雨の対策にはならない。Coastal Spine が建設されていたら、海外線においてハービーの影響をほとんど受けずに済んだら</p>			

う。高潮災害と豪雨の両方に同時に対応できる取り組みが必要だ。海岸線を守る巨大な堤防を整備しても、多大な損害をもたらす他のリスクがあることも考えねばならない。

「貯水池や堤防を作っておきさえすれば良い」わけではない。この地域のエンジニアは、一面的な機能的なアプローチを取ろうとするが、必要なのは多機能的かつ融合的、相互作用的な戦略だ。

- ヒューストン市のもう一つの課題は、排水溝や下水設備の維持管理。多くの排水管や下水管には落ち葉やゴミ、ガラクタなどが詰まっている。住民には、排水溝を掃除する意識が欠けているのだ。「排水管をきれいにしよう」という簡単な意識改革プログラムを設ければ、結果的に大幅な節約になるはずだ。
- 一般大衆や意思決定者とのコミュニケーションを向上する余地がある。可視化ツールや GIS ツールなど、利用可能なものが多数ある。これらのツールは比較的安価だし、エンジニアにとってあまり魅力的ではないかもしれないが、災害のインパクトを可視化する意味では、非常に効果的だ。その意味で、大規模堤防や第三の貯水池の建設、その他の費用も時間も膨大な他のプロジェクトと同様に重要だ。
- 洪水リスクへの解決策が議題に上ることは頻繁にあるが、ヒューストンが直面する脆弱性の根本原因については見落としがちだ。その原因の一つは固定資産税だ。テキサス州には州所得税がない。これを補うために、固定資産税が引き上げられる。土地所有者からの固定資産税だけが、地域社会の主要収入源だ。そのため、貴重な収入源である土地の区画を防災調節池にすることに、議員は強く反対してきた。固定資産税が減ると、学校、下水処理施設への予算確保が難しくなるからだ。つまり固定資産税による収入アップが、区画の開発の原動力と言える。
- Brody 氏のもう一つのプロジェクトは、” Buyers Beware”（買い主危険負担）というウェブサイトを管理している。<http://www.texascoastalatlantis.com/buyersbewhere/harris3.6.php>
- このウェブサイトだが、ハリス郡とガルベトン郡の全ての住宅販売市場の区画に関する、洪水リスクの情報が載っている。アメリカでは、家を購入するときに、その家に関する様々な情報を調べることが普通だ（学校からの距離、犯罪率、騒音など）。Brody 氏は、この情報に加えて、ある区画の過去の災害による被害の情報の公開が必要だという思いでこのプロジェクトを立ち上げた。現在は Harris と Galveston のみが対象になっているが、今後は全米・全世界に展開することを考えている。

陸軍工兵隊ガルベストーン地区			
場所	米国陸軍工兵隊ガルベストーン地区	日時	2018年3月21日(水) 10:00 - 12:00
先方	ラース・ゼッターストローム地区局長 エドモンド・ルソー技術部長 シェリダン・ウィリー技術部次長、ほか		
概要			
<p>○ 陸軍工兵隊は1776年に設置（1775年の間違い？）、その後1845年にテキサス州が置かれた。ガルベストーンは州最大の都市だったが1900年の大水害で8000人の死者を出し、新たにヒューストンが建設された。整備局はメキシコ湾岸を所管し、28の港湾、367マイルの海岸、18の入江、9の流域、52の郡において、航路管理、洪水対策、環境保全、危機管理等を担当している。テキサス州ではエネルギー輸出が解禁されてから海運が税収の源であり、港湾、航路の機能維持が重要な課題になっている。</p>			
<p>○ 洪水管理については、連邦政府以外の資金の活用が課題である。コミュニティの防災能力の強化を重視しており、住民ボランティアの最大限の協力を得るため、Maximizing Capital 活動を展開している（水防災意識社会の再構築に類似）。</p>			
<p>○ 海面上昇に対するインフラとして、蘭国マエスラント可動堰、英国テムズバリアのような施設を調査している。その際、海面上昇を見込んだ海水位を設計対象とする。海岸保全は Seawall（スーパー堤防に類似）による。河川堤防は FEMA 基準を維持しているか点検している。</p>			
<p>○ 洪水の事前対策では Flood Wall の補修や改築（I型堤→T型堤、建設費3倍）を順次行っているが予算が不足している。水位観測は米国地質調査所（USGS）が行い、工兵隊で洪水シミュレーションを行っている。</p>			
<p>○ 高潮対策・環境保全プロジェクトでは、海岸堤防、内湾堤防、ガルベストーン輪中堤、テキサス市堤防、防潮堰などの組合せを検討している。目標となる外力は、B/C 経済評価が最大となる規模となる。その際のB は公共財産の直接被害の軽減額となる。環境保全の金額換算価値は算入していない（環境創出・保全面積のみ考慮）。利子率は、工兵隊としての予算要求のためには7%、議会の事業認可のためには2.875%を用いている。B/C を高めるために、コストダウンや掘削土砂売却などの工夫をしている。</p>			
<p>ヒューストン都市排水プロジェクトでは、第3のダム必要性も検討している。バイユー（Bayou：水路）の改修は環境保護団体の反対意見が強い。また、ハービー災害での訴訟もあるので、すべてを公開できるわけではない。</p>			

陸軍工兵隊ガルベストン地区 アディックス・バーカー公園管理所 (Addicks and Barker Dams Field Office)		
場所	米国陸軍工兵隊アディックス・バーカー公園管理所	日時 2018年3月21日(水) 13:50 - 17:00
先方	リチャード・ロング陸軍工兵隊 GB 公園 (アディックス・バーカー貯水池) 管理所長、チャールズ・シリスキー ヒューストンプロジェクト事務所長	
概要		
<ul style="list-style-type: none"> ○ アディックス・バーカー貯水池の洪水吐の設計流量は0.2% (追って確認する) であるが、ハリケーン・ハービーではそれを超える1000年確率の雨が降り、越流が起こった。越流水は、低くなっている長い越流部の端部から回り込むように流れる。 ○ 昨年のハリケーン災害を受け、アディックス・バーカー貯水池は洪水吐きの改修工事を実施中。 ○ ヒューストンを守るために、16プロジェクト (第3のダムを含む) からなる流域治水計画の再検討を行っている。地方政府、民間企業、地域住民等との合意形成が重要で、計画の取りまとめは陸軍工兵隊が行う。 ○ 治水安全度は、現況が5年から10年程度。長期的には100年確率規模とされているが、プロジェクトは B/C 検討によって決まる。 		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  </div> <div style="text-align: center;">  <p>アディックス貯水池堤体</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">  <p>バーカー貯水池越流部</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>バ ン</p> </div> </div>		

ライス大学 (Rice University)			
場所	ライス大学	日時	2018年3月21日(水) 08:15-10:15
先方	Phil Bedient, Professor, Center for Severe Storm Prediction, Education and Evacuation from Disasters		
概要	<p>○ Phil Bedient 教授はヒューストン市にあるライス大学の土木・環境工学の名誉教授であり、2007年に設立された SPEED センター (Center for Severe Storm Prediction, Education and Evacuation from Disasters) の共同設立者。</p>  <p style="text-align: center;">ヒアリングの様子</p> <p>○ 1997年より、ライス大学の SSPEED センターは、Brays Bayou で洪水警報システムを常時運用。雨量レーダーから収集したデータをモデルに組み込み、将来の洪水レベルを継続的に予測している。また、テキサスメディカルセンター(TMC)に氾濫の予測情報を提供。(Bayou とは、細くて、ゆっくりと流れる小川。通常低地に位置する)</p> <p>○ ハリケーン・ハービー時には、Brays Bayou 氾濫の2~3時間前に洪水レベルを予測した。ヒューストン市の全ての雨量パターンを示す100の地図を作成した(4インチ~12インチ(101ミリ~304ミリ)を想定した場合)。ハービー後、この想定を18インチ(457ミリ)にまで拡大しなければならなくなった。</p> <p>○ 氾濫情報は、テキサスメディカルセンター(TMC)内の病院の管理者と共有され、管理者は緊急対策の実施に必要な時間を確保できた。具体的には、地下の駐車場や病院の入り口に水が入ってこないように臨時の防潮壁を設置しており、これを閉めることで、TMC は全く浸水しなかった。</p> <p>○ TMC を浸水から救った地下防水システムは、ハリケーン・アリソン (2001年) による大規模浸水後に導入された。3つの造船会社が設計に関わり、地上及び地下に75の水門や扉からなる完全なシステムを設置。溺死を防ぐため、水門や扉は全て手動となっている</p> <p>○ TMC へのシステム導入前、洪水レベルについて「100年に1度」を想定すべきか「500年に1度」を想定すべきか、保険会社と長い議論を交わした。結果、病院は重要インフラであるため、「500年に1度」を想定すべきという結論に至った。</p>		

TMC FAS – one positive during Harvey – No Flooding

- Flood Doors/Gates
- Facility Parking Lots and Entrances
- Communications
- Operations
- Training



テキサスメディカルセンター(TMC)の水門施設


- Addicks ・ Barker 貯水池はヒューストン中心部を守るため、1940年代に建設され、ハービーまではうまく機能した。建設当時、周辺地域は大半が田畑や空き地だったため、浸水しても問題はなかった。ところが、年月を重ねるにつれ、この周辺地域に次々と住居が建設され、人口も増加。都市開発業者は規制緩和で潤った。新築住宅はヒューストン市内ではなく、ハリス郡内の一部であったため、規制が適用されなかった。
- ハービー襲来時の午前2時、陸軍工兵隊は決壊寸前の水門の放水を執行、これによって、貯水池の近隣住民の家屋に突然高さ約1メートルの水が流入した。貯水池周辺の家屋およそ1万4千軒が浸水した。これらは高級住宅で、平均価格は約80万ドル。この浸水被害について、住宅所有者たちの怒りは計り知れない。被害にあったエリアは広大で、およそ20～30平方マイルにわたる。そのエリアを浸水させるほどの膨大な水量で、降雨量は5日間で36インチ(914ミリ)にも上った。貯水池の運用や管理をめぐり、現在多数の訴訟が進行中である。市や群、陸軍工兵隊をはじめ、関与する事業体が多すぎるため、最終的な責任者が誰なのか不透明であった。
- 貯水池の維持管理を担当したのは陸軍工兵隊だが、これだけ多くの都市開発業者を招き入れたのは、市と郡であった。
- 事前の警告がなく浸水被害にあった周辺住民のため、Bedient 教授は、洪水警報システムや技術の改善の必要性を指摘、これらはすでに取り組みが進められている。
- ハービーの洪水災害の犠牲者の大半は、車で避難を試みた人々である。これを受け、SSPEED では道路浸水をより早く正確に予想できるシステムを開発している。高潮や高波、あるいは洪水浸水による道路や橋などの交通インフラへの影響を予測する確率モデルを開発中だ。
- コーストン首都圏は、主にハリス郡、そして一部フォートベンド郡から構成されている。Barker 貯水池の大半は、フォートベンド郡内にある。規制に関し興味深いことは、分譲地の地図をみると、フォートベンド群の地図には「この分譲地は貯水池の計画的氾濫原にある」と小さな注意書きがあるのに対し、ハリス群の地図には、その記載はない。
- ハービーによる氾濫を踏まえれば、第3の貯水池 (Third Reservoir) を建設する必要がある。2つの貯水池を地下のパイプで繋ぐというような新しい対策が必要だったが、1944年に建設されて以来、何も改良工事などが行われていない。
- 別の貯水池を建設するには、約5億ドルが必要だ。ハービーの経済損失額は1250億ドル、あるいはそれ以上と推定される。5億ドルは、緊急時のための州の積立金 (“rainy day fund”) でまかなうことができる。ただし、ヒューストン市の緊急事態に州の緊急時積立金を使用することについて、テキサス州知事を説得できるかどうかの問題だ。現在、これをめぐり市と州の間で対立が生じている。
- ハービー後、ライス大学は、regional approach (地域全体の水害へのアプローチを検討する必要がある) という改善提言を提出した：1) 個別管理してきたハリス郡の Watershed(集水域)を総合的な視点で活用する、2) ハリス郡全体の水害の防護レベルを「100年に1度」から「500年に1度」の洪水を想定し引き上げる。


- 水害保険に加入していた被災者は20%未満。ハリス郡に住むのであれば、水害保険の加入を義務にすべきである。それ以外の選択肢は考えられない。年間保険料はわずか400ドル。ヒューストンに住宅を構え生活するのなら、保険に入るべきである。住宅購入時、住宅所有者保険に加入させられるように、契約時に少なくとも水害保険の加入を提案すべきだ。だが、あまり進めていないようだ。水害保険加入率は非常に低かった。


Recommendations for Moving Forward

- There is a need for a more **regional approach** to managing flood risk
- Proposal to convert from 100 yr to 500 yr floodplain regulations (**13 to 17 ins of rain**)
- Improve **mapping** of “safe zones”, transitional areas (once flooded), and high-risk areas (multi)
- Expand use of existing **flood warning** technologies to the region
- Strengthen home **buyouts or elevations** in flood prone areas (repetitive loss properties)
- Evaluate potential of **3rd or 4th reservoir** upstream of Addicks/Barker Reservoirs
- **Expand detention/retention policies to become the “fabric of future urban development” in Houston and Harris County**

Phil Bedient 教授の提言

ヒューストン市 (City of Houston)			
場所	米国テキサス州ヒューストン市役所	日時	2018年3月22日(木) 10:00 - 12:00
先方	Stephen C Costello Chief Resilience Office, Mayor's Office J. R. "Rick" Flanagan "Emergency Management Coordinator Office of Public Safety & Homeland Security"		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ○ ハリケーンは通常、高潮を想定しているが、今回のような大規模な浸水想定はしていない。FEMA 基準の洪水マップよりも実際の浸水区域が大きく、使えなかった。 ○ 2つの貯水池から放流されることがあるとは想定していなかった(2012年に操作規則が公開されているが、認識なし。) ○ 遊水池は連邦政府でつくっており市は手がだせない。郡部からヒューストンに水が流れてきた。工兵隊は遊水池を心配して、水を流したが、その結果8日間、6000棟、1週間以上水が残った。市と連邦のオペレーションが一致していないことが課題。 ○ 避難は郵便番号で実施(ハリス郡で同様の説明)。 ○ 一時避難(Lily Pad)の対応を実施、家屋の被災では、カビ、がれき処理が問題だった。がれきの撤去は市長の尽力で2ヶ月で行った(6-8ヶ月かかると言われていた。)。その結果、街が早くきれいになったために、被害が少ないように周りで見られてしまった。 ○ 毎朝10時にブリーフィングを各部門(警察、消防、衛生、財務、エネルギー(停電対応のため)、交通機関(空港含む)がそろって行った。 ○ 空港は5日間閉鎖した。ヒューストンはビジネス都市なのでいつ再開されるかが重要。 ○ 市は孤島になり、職員も被災、通勤が困難に。 ○ 今までは局所的な水害を対応してきたが、2年で忘れてしまう。ただ、ハービーはそのような水害ではないので、ハービーをベースラインとして長期的な投資を考えるように行っている。 ○ 現在、高速道路のレジリエンスを考えるため、コンサルに検討依頼を出している。 ○ 今回、報告を作成した場合、いただきたい。 <p>(所感：今後の復旧に向けても原形復旧ではなく、改良復旧的なこと(水道施設の統合等も含め)を要望したいようで、モデル事業的な位置づけでいろいろ画策されているようでした。連邦機関への不信感も感じられ、必ずしも各機関の連携がうまくいっているという印象は受けていない。)</p>			
			

ハリス郡治水局 (Harris County Flood Control District)			
場所	米国 ハリス郡 Flood Control District	日時	2018年3月22日(木) 14:00 - 15:00
先方	ハリス郡 Flood Control District Todd Ward Jeremy Justice	Ataul Hannan プロジェクトマネージャー 水門学者	計画課長
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ○ ハリケーン・ハービーは、500年に1度の雨。これまでは局所的な降雨が中心だったが、これほど全域に降雨があったのは初めて。100年に1回の雨に対する整備が終わっていた区間以外でははん濫被害が拡大。 ○ ただ、はん濫には外水と内水(下水道を通じて排水できなかったものも含め)があり、市内の大部分は内水被害であることに留意が必要。 ○ また、開発が進み、水路の付替えも行ったが、水は昔のことを覚えている。1984年に開発に対して調節池設置を義務化した。そのときには既に75%以上が開発されており、実効性のあるものにはなっていない。 ○ これまでの投資によって多くの効果が確認。概ね1/100の安全度を確保するため、河道の整備や土地の買い取りを進行させる考え。 ○ 水位計が各所に設置され、実測と解析を合わせて、リアルタイムで浸水区域図等の公表も実施。 ○ 被害データについては引き続き収集中だが1200億ドルになる見込み。(推定900-1800億ドル) 			
			

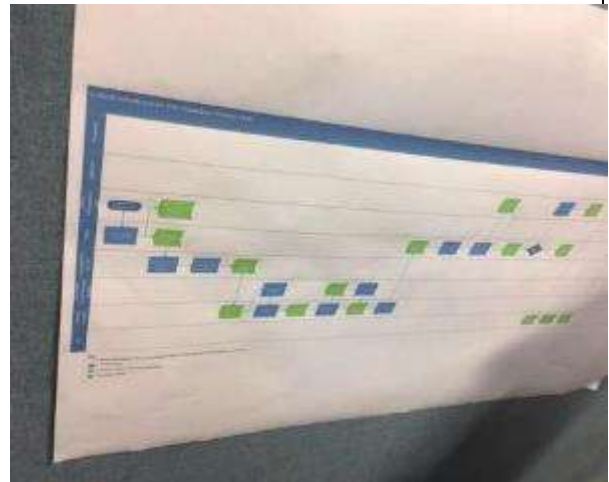
国立気象局 (National Weather Service : NWS)			
場所	米国テキサス州国立気象局 (National Weather Service)	日時	2018年3月22日(木) 16:30~18:00
先方	NOAA National Weather Service Jeffry Evans 気象学者、 Lance Wood Science and Operations Officer		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ○ ハリケーン・ハービーは、高潮よりも停滞による降雨の影響が大きかった。 ○ これまでにない強い文言で洪水に対する呼びかけを行った。また、市長や郡判事などにも、直接情報提供を行った。 ○ また、情報発信版を置いて、ツイッター等でも積極的に情報提供を進めた。 ○ メディアとは個々にチャットルームでやりとりしている。(外部からは見ることができないもの。) ○ トルネードと浸水の警報が重なってしまい、地下に逃げるのか、上に逃げるのか情報提供については課題と感じた。 ○ ガルベスタンの施設に誘致され入っている。 <p>(所感等)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 事務所はガルベスタンの建物の一部にあり、すぐ隣に情報を持っていけるメリットも。 			
			

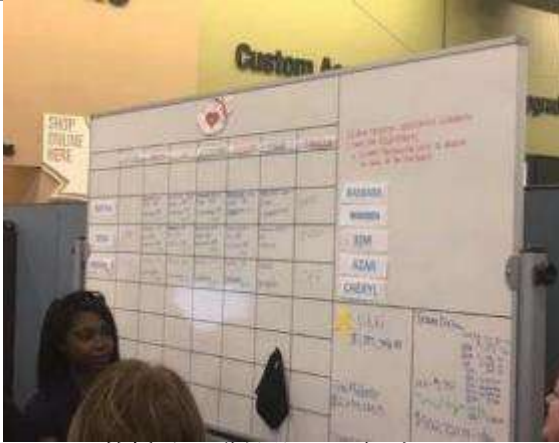
連邦緊急事態管理庁 オースティン統合現地事務所 (FEMA Austion Joint Field Office : JFO)			
場所	F E M A 統合現地事務所 (テキサス州オースティン)	日時	2018年3月23日(金) 10:00 - 12:15
先方	FEMA Region6 Traci L. Brasher 復興担当課長、Michael Ku 減災アドバイザー 他		
概要			
(事務所内を見学したあと、会議室で説明を聞いた。)			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 被災後に空き施設に設置された事務所。公的支援部門(家屋、インフラ被害をみる Site inspector、要援護者支援などふくむ)、環境・歴史保全部門、ITなどの部門がグループごとに同じフロアに設置されている。今後4年間継続予定。 ○ 8月25日に大統領より大規模災害の宣言が出され、その後テキサス州知事より要請が出された。3つのサポートベースが設置された。カテゴリーAの対応。 ○ 23000の家屋が5フィート(152センチ)、79000が18インチ(457ミリ)浸水、家屋・構造物の被害は11万9000にのぼる。病院は24カ所避難対象、牛など家畜のためのシェルターが69カ所設置された。 ○ テキサスは災害による避難経験が多いため、要援護者の避難もうまくいった。 ○ がれき処理などが膨大に発生、自助・共助である個人による援助と公的援助が行われた。ボランティアが18000軒の泥の片付けなどを実施。58万カ所の点検を行い98%終了したところ。 ○ 被災後、居住者の移動などが見られている。税収に影響する。 ○ 2週間はビジネスがほとんど行われなかった。一方、復旧にむけては33000のポストが増加(事前の予想では29600)。これはホテル滞在、台所が被災したことによる外食、掃除などの需要が発生したためである。 ○ 支援はまず登録してもらい、それをトリアージして、浸水深さ踏まえて現場点検を行い、どの援助が申請可能か調べている。6万ドルまで出す住宅を修理するプログラムを今回開始。またキャンピングカーのリースを行う。PREP と呼んでいる一時的に改修して早く戻れるようにするプログラム(1世帯2万ドルまで)、避難所への避難、車のダメージや葬式費用などの支援などがある。 ○ 家の被害については、まず写真をとってもらって浸水深さをみて、水位の高さでダメージの規模を決める。室内でコンセントのレベルをこえるかが1つの判断基準。 ○ 洪水保険の重要性を理解させることが必要。危険地域で保険が必要なのに払っていないエリアなどがある。 ○ 今回は FEMA の歴史で最大の援助額となる。 			
<減災対策について>			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 流域のケーススタディを行っている。減災、レジリエンスの強化、調整の改良のための質的データの共有を行うことがミッション。 ○ 目的：それにより地域のコミュニティが、効果的かつ長期的な減災戦略とプロジェクト計画をつくることを支援。各省や洪水保険プログラム等のコミュニティとの情報交換。 			

- テキサスには21の流域がある。そのなかで復興予算の重点配分、減災への取組、水害へのレジリエンスを増すための影響のあるエリアでとるべきアクション、構造的・非構造的な水質改善の取組を特定する。そのために最近の洪水時の構造物、インフラへの影響、洪水の状況、減災による価値のあるエリア、レジリエンスの特徴、主要な自然、湿地等を表している。
- 1日あたりの経済被害を災害発生後から算出している（Daily GDP）。ハービーの影響を地域の企業に考えてもらうため。途中段階の試算では21の流域で9億8900万ドルとなる。この値は機会損失を表している。災害がおこった1日目から蓄積され、使用されている。輸送の影響などではフロリダからカリフォルニアまで迂回しないと行けないなどの影響がでている。被害の大きい5つの流域でみると工業が1億4600万ドル（1日全体の14.8%）、エネルギー、鉱物（12.4%）、不動産と行政部門がそれぞれ8900億ドル（9.0%）、科学技術等で7900億ドル（8%）。
- 浸水の程度と GDP の影響を計算している。（試算ではハリス郡で一日あたり GDP が7億ドル、200万の仕事がある中で、22%の一日あたり GDP が影響を受け、21%の仕事が影響を受ける。）細かすぎると使いづらいと考え、大まかな数字。最終レポートはまだだが、共有可能。FEMA 本部の agency にデータを渡して算出してもらうので、現地では計算方法の詳細を知っているわけではない。



Site Inspector 部門






公的援助の進捗状況共有ボード



事務所内配置図

テキサス州水開発委員会 (Texas Water Development Board : TWDB)			
場所	米国テキサス州 FEMA 統合現地事務所 (Joint Field Office)	日時	2018年3月23日(金) 11:30 - 11:55
先方	ミカエル・セグナー連邦水害保険プログラム (NFIP) テキサス州担当調整員		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 現在1,250のコミュニティに支援を行っており、地域支援プログラムとして、コンプライアンス、技術支援、加入促進、訓練(年6~8回)、地方政府と連邦政府との間の橋渡しなどを行っている。 ○ ハリケーン・ハービーへの対応としては、各コミュニティが必要な支援を受けられるように、各コミュニティの氾濫原管理者と電話でやりとりした上で、現地を訪問して支援を行った。 ○ FEMA では、連邦水害保険プログラム (NFIP) に基づき、1998年から洪水緩和支援 (FMA) を行っており、州は洪水緩和支援プログラム基金を配分し、コミュニティ等がかさ上げなどを実施する。 ○ 重要な施設(ショッピングモール、銀行など)については、1/500対応までのかさ上げを支援できる。なお、既存施設をかさ上げする場合は費用の一部を支援するが、浸水に対応できる施設を新設する場合には支援できない。 			

テキサス州総合土地局 (Texas General Land Office : GLO)			
場所	米国テキサス州 General Land Office (GLO)	日時	2018年3月23日(金) 14:00 - 15:15
先方	クリスタ・ロペス地域開発・復興局仮設住宅担当課長、ジェット・ハイス地域開発・復興局復旧担当補佐		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 1万7千ドル以上の家屋被害に対して、2万ドルまで支援するプログラムがあり、構造体ではなく、安全性の向上や衛生、水密性の確保などに、被災状況に応じて活用できる。また、1万7千ドル以上の被害かつ条件(1/100浸水区域外又は高床構造、水害保険の適用外など)を満たした家屋に対して6万ドルまで支援(従前5万ドルから引上げ)するプログラムがある。 ○ 上記プログラムは、ハリケーン・ハービーによる被害状況の把握等が困難であったため、着手が被災の2ヶ月後になってしまった。 ○ 仮設住居として、連邦政府所有のトレーラーハウスを提供している。これまで約2,400戸を提供し、あと600戸程度は必要と考えている。提供期間は18ヶ月と決められている。トレーラーハウスは、Floodway には設置できないが、それ以外の浸水区域には設置可能。 ○ ヒューストン市では、適地が無いためトレーラーハウスではなく、アパート借上げを支援するプログラム(平均5千ドルを1回だけ支給)を実施。次の災害に備えては、水害保険に加入してもらおう。 ○ バイアウトについては、連邦政府からの地域開発補助金(CDBG)の配分を担当している。 ○ 各プログラムの進捗状況は、データベースで管理し、FEMAとも共有している。 ○ 土地利用が変化することによって、水の流れが変わったり、河川への流入が増加したりしているので、浸水マップや土地利用規制の見直しについて検討が必要。 			
			
データベース共有システム			

テキサス大学オースティン校 (The University of Texas at Austin)			
場所	テキサス大学オースティン校	日時	2018年3月23日(金) 14:00-16:00
先方	Srinivas Bettapur 教授、Gordon Wells 教授, Center for Space Research (CSR)		
概要			
<p>○ Center for Space Research (CSR)はテキサス大学内にあり、宇宙関連の研究を行なっている。その一環として、災害時対応や災害直前の段階における衛星通信技術およびそのシステムの活用についての研究がある。近年のテキサス州を襲ったハリケーンで、CSR は州の緊急対応機関と密接に連携しながら、様々な国の衛星画像を活用し、ハリケーンの進路予測や沿岸部の住民の避難に大きな役割を果たした</p>			
			
参加者の様子			
<p>○ CSR では、州に脅威をもたらすハリケーンが発生したら、熱帯暴風雨が海岸線を直撃する120時間前にタイムラインを作成する。州の機関と地域行政が同じタイムラインの元、一緒に取り組めるようにするためだ。この活動は2003年から実施してきた。</p> <p>○ テキサス州では、災害が直撃前に動き始め、被災が予測される地域から住民の避難を実施する。テキサス州は早期避難を徹底しているため、ハリケーン上陸後の捜索救助活動が必要となることはあまりない。危険エリアから事前に避難しているからである。</p> <p>○ 早期避難を実現するため、State Guard (州兵)と協力し、交通ハブや避難所において、住民登録を実施する。一人一人に電波周波数リストバンド (Radio Frequency Wristband)を持たせ、これをスキャンすると登録された避難先や交通手段のデータを確認することができる。実際にバスなどで避難を開始してから、誰がどのバスに乗って、どこに向かっているかをGPSでモニターすること可能で、安全な避難行動を促す。</p> <p>○ ハービー上陸前には、720台のバスで4万4千人を48時間以内に安全な避難所に避難させることができた。上陸時(午前2時)には、全てのバスが避難所に無事到着した。私達は州の危機管理センターでこの避難活動をリアルタイムで確かめることが可能だった。</p> <p>○ ハリケーン等で川が氾濫し、大規模の洪水が発生した時、その様子や被害を衛星データで確認できる。このために国際災害チャーター(自然または人為的災害時における宇宙設備の調和された利用を達成するための協力に関する憲章)を活用する。過去にも、テキサス州やルイジアナ州など国内の災害、またハイチなど海外の災害において、このチャーターを何度も利用した。</p> <p>○ 日本(JAXA)、ドイツ(TerraSAR-X, TanDEM-X)、ESA(センチネル)、カナダ、韓国など、複数の国からの衛星データも災害対応に活用する。高帯域幅ネットワークを使用して送信されるので、およそ2時間の待ち時間が発生する。提供されるデータは非常に質が高く、避難が必要な地域を決定するのに役立つ。実際にどこで洪水が発生しているかを正確に把握できるので、広域避難活動にとって不可欠だ。また洪水についてほぼリアルタイムの情</p>			

報が把握できるため、現地で活動している捜索救助隊に情報を提供し、指示することも可能になる

- 衛星データに加え、災害対応では小型飛行機も活用する。小型飛行機に訓練を受けた写真家を乗せ、多数の上空写真を撮影してもらい、ハービーでは 342,000 枚の上空写真を提供してもらい、被害の実態の把握に大変役に立った。上空写真でしか把握できないこともある。例えば、衛星データではどこが浸水しているかを把握できるが、構造物の中に水が入っているかどうか、そしてその深さなどは上空写真でしかわからない。
- 水災害対応では、衛星データ（宇宙からの）と超低空（40メートル）の画像を組み合わせる事で、浸水の程度や洪水の深さを広範囲にわたって把握することができる。
- テキサス州災害避難活動の重要なツールのひとつに「テキサス州緊急支援登録（The State of Texas Emergency Assistance Registry）」がある。これは、支援が必要な人（障害者や交通手段を持たない人を含む）に平常時に登録してもらい、災害時に市町村が対策を講じられるようにする制度だ。登録者数は数万人。登録プロセスは、登録希望者が窓口にお問い合わせ、電話でインタビューを受ける。39 個の質問に回答してもらい、災害に対する脆弱性を評価する。その結果をハリス郡の危機管理担当者と共有する。このシステムは、この 10~12 年間非常に役に立った。要援護者の現状を把握した上、計画ツールとしても非常に有意義だ。人口調査や選挙人名簿でも脆弱な高齢者等を把握できるが、「災害時、助けが必要だ」と自ら登録することで、避難活動をより円滑に実施することができる。

(資料) 対象別の調査記録 (5 月)

2018 年テキサス防災カンファレンス (The 2018 Texas Emergency Management Conference) 要救護者登録システム			
場所	米国サンアントニオ市ゴンザレスコ ンベンションセンター	日時	2018 年 5 月 17 日 (木) 10:30-11:30
発表者	テキサス州 STEAR コーディネーター Gisela Pyan-Bunger		
概要			
<p>○ 要救護者の情報を州政府が管理し、地方行政が利用するシステム</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ ハービー来襲時には 6000 人の登録者に被害者はいなかった。 ・ 14 言語でWEB 登録できるようになっており、未登録者を減らすことが課題。 ・ 登録内容は期限付き、毎年 3 月に登録更新の依頼メールを送っている。 <p>○ テキサス州要救護者登録システムは、テキサス州危機管理局 STEAR 事務局が管理している。</p> <p>Q: 要救護者保護は地方行政の責務と考えるが、州政府が行う理由は何か?</p> <p>A: 指摘のとおりだが、すべての地方行政がやるべきことの能力を備えているわけではないのが現実。そのため、知事の判断でこのシステムを立ち上げた。システムの目的は、地方行政が要救護者保護を行うことを助けること、またその能力を強化することにある。</p>			
			

ガルベストーン危機管理センター他			
場所	米国サンアントニオ市マリオット リバーセンター ホテルのロビー	日時	2018年5月17日(木) 12:00-13:00
先方	Laura Norman: Emergency Management Specialist, Galveston County, Office of Emergency Management (Laura.norman@co.galveston.tx.us) Marcus Gellner: Communication Unit Leader, Texas Search and Rescue (TEXAR) Dan Reilly: Warning Coordination Meteorologist, Houston/Galveston Weather Office, National Weather Service Niki Bender: Emergency Management Coordinator, Galveston City Gregory Trantham: Detective, Dickson Police Department, Dickson City		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ○ County Judge が防災上の全責任を負う立場にあり、Mayor は市域の責任者。災害規模が大きくなれば州知事、そして大統領が責任者となる。 ○ 避難については、County Judge の命令が優先される。州知事が避難を要請したら、Judge はそれに従う、大統領が要請することはない。 ○ 避難指示の判断は、気象台情報の高潮予測、雨量、過去の経験からなされる。大雨による流出予測にはモデルづくりが必要、雨だけで避難の判断をすることはない。 ○ ハービーの時に避難勧告を出さなかった要因は、雨量が急に増えて時間的な余裕がなかったことと、避難による事故のリスクの方が大きいと判断したため。家の中の方が車の中よりも安全。 ○ 避難指示があったら、避難するのは義務、避難しなければ逮捕される。 ○ オイルタンクの爆発事故が2件あった。 ○ 気象庁は、嵐の情報を集めて市長に渡し、避難の判断は市長がする。 ○ EMC は市でも群でも意見をいう。全ての市と郡が同じ電話に出て意見交換をする。6時間に1回情報を意思決定者に提供する。電話の主体は county だが、市にもやる権利はある。 ○ 市長や county がジャッジの権限を持つ。通常は county が判断。市が発令したら群もする(?)。 ○ [広域避難の時の判断は?] 州全体にかかる場合は知事が発令することもある。大統領は発令しない。大統領が発令する場合は、州からの要請があってはじめてやる。大統領が勝手に発令することはない。 ○ [逃がす判断には専門的知識がいり、雨が降ってもどこが溢れるか分からないのでは?] 気象庁には多くの(122?)の地方組織があり、降雨、暴風の脅威を見ていて情報提供をする。 ○ [判断は難しいのはでないか?] 避難命令を早めにしなければいけない。400万人のヒューストンの人が逃げる前に(ガルベストーンからは)避難をしなければいけないから、90~120時間前、風が出てくる前に判断しなければいけない。 ○ 義務的な避難命令はしなかったが、要配慮の人や家から出られなくなったらダメな人に自主的な避難を促した。自主的な避難の方が出しやすい。義務的な避難だと全員になっ 			



てしまう。

- 8時間で 20 インチ (508 ミリ) の降雨量があって、8 フィート (243 センチ) 水位が上がった。
- [雨の場合はどう判断するのか?] 30 インチ (762 ミリ) から 40 インチ (1016 ミリ) の雨が降ったが、どこで降るか分からなかった。モデルがなかった。今検討しているところ。何が起るか分からない。60 インチ (1524 ミリ) も降るなんていう経験はなかった。モデルが必要。
- 雨で避難命令を出したことはない。(サンタフェでやったことあったかもしれないね。いやなかった)。
- [避難命令が空ぶったときの責任は?] ハリケーン・リタの時、避難命令を出したがハリケーンが来なかった。100 人以上が避難により死亡 (熱中症など)。
- ヒューストンの問題は、避難しなければいけなかったが、判断するのが遅すぎて避難手段がなかったこと。60 インチ (1524 ミリ) の降雨量がどういったことになるのかは分からない。
- 降雨量では避難を出したことはなかった。どこに非常に多くの雨があるかは分からない。分かった時には遅い。洪水はあるが、降雨量によって避難させる計画はない。高潮はある。
- [ヒューストンは避難命令を出さなかったが、基準がなかったことや、急激な気象変化からか?] ヒューストンは4番目に大きく、市と county で 960 万人。避難は混乱をもたらして多くのリスクがある。車に乗ったまま流される可能性がある。家の中のほうが車の中よりもマシ。だから避難させなかった。
- [避難命令を出しても避難しない人が多いがどうか?] どこもそう。テキサス州は避難しないと逮捕される可能性がある。避難命令を出した場合は、救助に行けないことを伝える。

2018 年テキサス防災カンファレンス (The 2018 Texas Emergency Management Conference)
堤防安全・点検修復プログラム

場所	米国サンアントニオ市ゴンザレスコンベンションセンター	日時	2018 年 5 月 17 日 (木) 13:00-14:00
発表者	陸軍工兵隊 Brian Brasher, Jeffrey Mahaffrey		

概要

- Levee Safety Program (LSP)
 - 米国の堤防の安全度は Levee Safety Action Classification (LSAC) で評価。
 - 堤防の現状については National Levee Database (NLD) で公開。
 - Levees provide tremendous benefits to communities.
 - LSP works to better understand, manage, and reduce the flood risks.
 - Managing risk is a shared responsibility.
- Rehabilitation Inspection Program (RIP)
 - ほとんどの堤防は築 60 年以上、連邦以外が管理する堤防の維持管理が課題。
 - 出資比率は Federal/堤防管理者 (Sponsor: Levee Improvement District = 80/20)。
 - ただし条件は、隔年の定期点検を行い、維持管理をしていること。
 - Public Law 84-99 Rehabilitation Program.
 - Engineer Regulation 500-1-1.
 - Texas Water Code/Texas Commission on Environmental Quality.



2018年テキサス防災カンファレンス (The 2018 Texas Emergency Management Conference)
 テキサス南東地域諮問機関、ハービーの17日間

場所	米国サンアントニオ市ゴンザレスコンベンションセンター	日時	2018年5月17日(木) 14:30-15:30
----	----------------------------	----	------------------------------

発表者 テキサス南東地域諮問機関 ロリ・アプトン危機管理部長、リサ・スピビー副長

概要

- テキサス南東地域諮問機関 Coalition Region.
 25 Counties,
 277 Cities,
 9.3 Million (36%),
 877,000 disabilities (24%),
 180 hospitals,
 900 nursing homes



- Catastrophic Medical Operation Center (CMOC)
 - ハービー来襲時の活動
 2017年8月25日8:00～9月9日15:00
 救急車搬送、ヘリ搬送、病院との連絡
 25郡の180病院と1000以上の機関を連繋



- 実績 搬送患者数 1544
 搬送活動回数 773
 病院避難件数 24
 療養書避難件数 20
- 改善すべき事項：
 救難・救護 ヘリ医療 大量

死対策 メンタルケア
 避難所医療 救急電話対応 (311/911) 透析患者対策
 断水対策・停電対策

- 関係者がお互いを知り、計画を熟知すること。

- 過去の活動 2001 Hurricane Alison, 2005 Hurricane Katrina and Rita,
 2008 Hurricane Ike, 2016 Orange Flooding

- CMOC Six Concepts

1. Physical resources were never depleted in favor of a single need.
2. The score and urgency of each need was wisely assessed away from the scene with a broad understanding of all simultaneous scenarios.
3. Medical resource awareness was concurrent, including knowledge of all hospitals with the capacity and capability to accept patients and by staging EMS resources.
4. Teamwork was maintained among selected providers, and subject matter experts were supported. For instance, public health leaders prevented predictable disease outbreaks.
5. Planning and preparedness and exercising over months and years enabled “out of the box thinking” when a situation required a unique approach. Not all plays are in the playbook but nearly all have a resemblance.
6. Relationships were created and fostered among agencies in advance of a crisis. No one operated in a silo, and no one sought “MVP” status. The “MVP” is the patient.

- 問い合わせ先：Southeast Texas Regional Advisory Council
 Lori Upton: Director of Emergency Management and Operations

○ 過去のハリケーン (参考)

Tropical Storm Allison - June 2001

30-40" rainfall over 5 days
Loss of 3000 acute care beds and 500 ICU beds overnight



Hurricanes Katrina and Rita - August 2005

- Katrina**
 - Transportation and transfer of 1100 patients into healthcare facilities during Hurricane Katrina
- Rita**
 - 29 healthcare facilities evacuated during Hurricane Rita
 - 121 Nursing Home evacuations during Hurricane Rita
 - Coordination of 54 Counties and 2 States
 - Transportation and transfer of an additional 2400+ patients into healthcare settings
 - Hospital diversion rate = 0%
 - Post event QA = 0.02% error rate




Hurricane Ike - 2008

- Evacuation and repatriation of 56 hospitals
- Evacuation and repatriation of 220 nursing homes
- Transportation and transfer of 15,000+ individuals
- Oxygen Strike Teams
- Ambulance Staging
- Dialysis and Medical Special Needs Transport email
- Forward Coordinating Units




Orange Flooding March 13-19, 2016

Houston Tax Day Flooding April 2016



Hurricane Harvey - 2017



The State of Texas State of Texas Emergency Assistance Registry (STEAR) Program
by Gisela Pyan-Bunger: STEAR Coordinator, Texas Department of Public Safety

STEAR

- Replaces the Texas Transportation Assistance Registry (TAR)
- Expands the TAR to a statewide system
- Removes the transportation focus
- Removes “special needs” terms and categories from system
- Provides a means for local emergency planners to obtain focused information related to citizens to assist with emergency planning
- Requires annual registration

STEAR Program

- Voluntary program
- No cost to local governments to use the database
 - Participation
 - Data Custodian
 - Local advertisement and encouragement
- Who can register: the public as well as health care/home health care provider

Registration

- Register on line at: <http://STEAR.dps.texas.gov>
- Call 2-1-1: Texas Information Referral Network (TIRN)

Electronic Forms

- Forms can be found at: <http://STEAR.dps.texas.gov/dem/stear/local.htm>
- Obtain information locally
- Can be filled out electronically
- Faxed or e-mailed
- Visit the STEAR Booth in the Exhibit Hall for more information

Registration is voluntary

- Individuals will be asked to voluntarily answer questions
- Must answer minimum questions
 - Name/ Address/ Telephone #/ Primary language (14)
- Additional questions are voluntary

Focused Questions

- Emergency contact information
- Caregiver information
- Pets
- Transportation assistance for home evacuation
- Communications barriers
- Disability, functional, or medical needs
- Do you have a safe room?

Data Custodians

- Confirm registrant’s located within your jurisdiction
- Confirm registrant’s information is current and accurate
- Review new registrations with a frequency that reflects the population of jurisdiction
- Identify registrants who are deceased or no longer in your jurisdiction and update data

Data Custodians

- Confer with neighboring jurisdiction Data Custodians to resolve problems of “orphans”
- Share geocoded information if your jurisdiction develops
- Take steps to encourage registration
- Report problems with the system to TDEM at e-mail address on the last slide

Planning p

+ Mapping:

- Determine proximity to known risk areas
- Identify cluster versus isolated individuals or facilities

+ Coordination:

- Validate planning assumptions
- Assess procedures for response operations
- identify potential resource needs
- Identify resource availabilities and gaps
- Develop contingencies

Preparedness

- Targeted messaging to increase risk awareness and encourage personal/facility planning
- Relationship building
 - Service providers (home healthcare, meals-on-wheels, culture community centers)
 - Licensed facilities (nursing homes, assisted living centers, hospice, dialysis centers)
- Training first responders and support agencies
- Provisions for Functional Needs and Support Services (FNSS) integrated in plans and events

Response

+ Evacuation

- Types of incidents
 - Wildfire, flooding, storm surge, cascading impacts of drought, etc.
- Resources and methodology
 - ambulatory versus non-ambulatory

+ Mass Care Operations

- Shelters
 - general population versus medical needs
 - practical use Texas FNSS Toolkit

+ PODs

fixed sites and mobile delivery

Success of the Registration Depends Upon Local Participation.

STEAR Points of Contact

- TDEM Gisela Ryan-Bunger/ 512-424-2271/ Gisela.ryan-bunger@dps.texas.gov
- Help Desk: STEAR@dos.texas.gov

STATE OF TEXAS EMERGENCY ASSISTANCE REGISTRY (STEAR)

STEAR

Do you or anyone you know need some form of assistance during times of an emergency/disaster event? The state of Texas offers Texans the option to register with the STEAR program, a FREE registry that provides local emergency planners and responders with additional information on the needs in their community.

(Texas communities use the registry information in different ways. Registering yourself in the STEAR registry DOES NOT guarantee that you will receive a specific service during an emergency. Available services will vary by community. For more information on how your community will use information in the STEAR registry, contact your local emergency management office.)

Who Should Register?

- People with Disabilities
- People with access and functional needs such as:
 - People who have limited mobility
 - People who have communication barriers
 - People who require additional medical assistance during an emergency event
 - People who require transportation assistance
 - People who require personal care assistance

How to Register

- <https://STEAR.dps.texas.gov>
- Dial 2-1-1 or use your video phone relay option of choice to contact 211
- Printed or electronic forms (Contact your local government)

Required Information to Register

- Name
- Address
- Phone Number
- Primary Language

Additional questions asked to capture vital information for local emergency planners and responders

- Emergency Contact Information
- Caregiver Information
- Pets
- Transportation assistance for home evacuation
- Communication Barriers
- Disability, Functional or Medical Needs

Registration is **VOLUNTARY**.

All of the information you provide will be kept **COMPLETELY CONFIDENTIAL**.

Local Emergency Management Office

Rev. 2014



2018 State of Texas Emergency Assistance Registry (STEAR)

Local Jurisdiction:

Organization Collecting Information:

Organization Contact Telephone: Ext:

Organization Contact E-mail:

STEAR Individual Registration Form

Not for use by assisted living facilities or nursing homes. That form can be found
<https://hhs.texas.gov/laws-regulations/forms/1000-1999/form-1085-state-texas-emergency-assistance-registry>

One (1) form should be completed for each registrant.

Please understand that the Emergency Assistance Registry assists emergency officials in planning for emergency events. Having your information helps to determine what kinds of services might be required during a disaster, and helps responders plan and train more effectively. Communities use the information in different ways, so realize that having your information in the registry **DOES NOT** guarantee that you will receive a specific service during an emergency. Registration is not a substitute for developing and maintaining your own family disaster plan.

We would like to gather some basic information from you. Sharing this information is completely optional. To be registered, some basic information is required. You may choose to answer all or only some of the optional questions. *If filling out a paper form, please write the registrant's name in the designated space at the bottom of every page of the form.*

Basic Registrant Information - Required information marked with red *

1. * **Primary Language.** If you speak more than one language, choose the best language that you would use for emergency communications. For persons who cannot communicate vocally, please enter non-verbal.

English Spanish Vietnamese Hindi Korean
 Chinese _____ (dialect) Other: _____

2. * Do you need a sign language interpreter? Yes No Declined

Registrant Name: _____

Basic Registrant Information

3a. * First Name:

3b. * Last Name:

4. * Physical Street Address

4a. * Street Number and Name:

4b. Apt/Suite Number: _____

4c. * ZIP code (5-digit): 4e. +4 Zip code, if known: _____

4d. * City:

5. County, if known: _____

6. * Mailing Street Address Note: If the box is clicked the mailing address will be auto populated.

6a. * Street Number and Name:

6b. Apt/Suite Number: _____

6c. * ZIP code (5-digit): 6e. +4 Zip code, if known: _____

6d. * City:

7. E-mail Address (if you have one): _____

8. * Best phone number to reach you: Ext: _____

9. Do you have a second telephone number in case we cannot reach you at the previous number? _____ Ext: _____

10. If you are a minor (younger than 18) or if the person you are registering is a minor, please enter their age in years. ____ Enter 0 for children less than 1 year old. Leave blank for adults.

Emergency Contact Information

In these questions, emergencies are defined as hazards to public health and safety, such as hurricanes, tornadoes, terrorist attacks, chemical accidents, and other disasters that may cause death, injury, or damage, which could require evacuation and sheltering of the public.

11. We need to gather some information about the best person for emergency planners to contact in case of an emergency.

11a. Emergency contact person's First Name: _____

11b. Emergency contact person's Last Name: _____

Registrant Name: _____

Emergency Contact Information

11c. What is this person's relationship to you? *Wife/Husband* *Parent*
 Sister/Brother *Daughter/Son* *Aunt/Uncle* *Guardian* *Friend*
 Other: _____ *Declined*

11d. Emergency contact's telephone number. Remember, this needs to be the best way to contact this person in case of an emergency: _____ Ext: _____

Caregivers and Animals

12. If you had to evacuate your home, would you be accompanied by a service animal?
 Yes *No* *Declined*

13a. Do you have a caregiver, advocate or legal guardian? This person may or may not be the same person who is your emergency contact. *Yes* *No* *Declined*

13b. [If answered Yes to Q13a] During an emergency would your caregiver, advocate or legal guardian evacuate with you? *Yes* *No* *Declined*

14. How many people do you expect to accompany you when you evacuate? Include your caregiver or legal guardian if evacuating with you: _____

15a. If you had to evacuate your home, would you take a pet with you?
 Yes *No* *Declined*

15b. [If answered Yes to Q15a] How many total pets would need to evacuate with you? _____

15c. [If answered Yes to Q15a] Do you have carriers for all of your pets?
 Yes *No* *Declined*

Emergency Warnings and Instructions

16a. Do you have a disability or medical need that would prevent you from receiving or understanding emergency warnings or instructions whether in your home or away from home?
 Yes *No* *Declined*

16b. [If answered Yes to Q16a] Would you need help reading information because you are blind or have low vision? *Yes* *No* *Declined*

16c. [If answered Yes to Q16a] Do you have any other communication needs? *Yes* *No*
 Declined If "Yes", please describe here: _____

Registrant Name: _____

Transportation Assistance

17. Do you have transportation to evacuate? Answer "Yes" if you have a vehicle or someone you know to drive you to an out-of-town location. Answer "No" if you **DO NOT** have a way to evacuate. Planners use this question to estimate how many people need rides during an evacuation. Yes No Declined

18. Do you need transportation assistance to get to a **local** evacuation assembly point or shelter? A "Yes" means you **DO NOT** have a way to get from your home to a local assembly point. Yes No Declined

19. Do you need physical assistance because of a disability to evacuate your home?
 Yes No Declined

Functional Needs

20. Do you have a disability, functional, or medical need, more than the use of a cane, that may require you to rely on additional assistance during an emergency? If "Yes", proceed to answer questions 21-27. If "No" or "Declined", proceed to question 28. Yes No Declined

21. Do you receive medical treatment from a nurse or doctor at your home or in a doctor's office at more than 2 times a week? Yes No Declined

22a. If you were away from home, would you need help carrying out activities of daily living, such as bathing, eating, walking, or toileting? Your answer helps to improve plans made for shelters. Yes No Declined

22b. **[If answered Yes to Q22a]** Are these services currently provided by someone other than family or friends? If "Yes", please record the service provider and their contact information in the comments section [Question 29]. Yes No Declined

23. Are you on portable oxygen? Yes No Declined

24. Do you have a disability or medical need that will require you to lie down while traveling?
 Yes No Declined

25a. Do you have a life sustaining medical device that requires power?
(Examples would include a breathing machine, suction unit, or oxygen concentrator)
 Yes No Declined

25b. **[If answered Yes to Q25a]** How many hours of power are provided by your back-up power source? _____ hours

26. Do you weigh more than 350 lbs.? Emergency transport requires special equipment in certain cases if this weight is exceeded. Yes No Declined

Registrant Name: _____

Functional Needs (cont.)

27a. What durable or bulky medical equipment, such as a wheelchair, cane, or walker, do you need to have evacuated with you in an emergency? Please check all that apply. Your answer helps evacuation transportation planners. *Wheelchair* *Cane* *Walker*

Nebulizer *Crutches* *Other:* _____ *None* *Declined*

27b. **[If Yes to Wheelchair to Q27a]** Do you have a motorized or custom wheelchair? Please answer "Yes" if you have a scooter or power wheelchair. *Yes* *No* *Declined*

28. Do you have a storm cellar or safe room in your residence?

Yes *No* *Declined*

29. Are there any additional comments or notes that we should enter into your record?

Yes *No* *Declined*

Click this Button to Email
completed electronic form to
STEAR@dps.texas.gov

This form can be filled electronically using Adobe Reader or Adobe Acrobat.
When filled electronically, click above button to send.

If you have trouble sending form electronically,
Complete form and save to desktop as a uniquely named PDF file.
(Example name: StearIndividualForm_ *unique name* _date.pdf)
Then attach PDF to an email and send to STEAR@dps.texas.gov.

OR

Complete form, print, and then fax paper form to (866) 557-1074.

****Please fill out and submit a new form if any of the information above changes.***

Registrant Name: _____

テキサス州水開発委員会			
場所	テキサス州水開発委員会のオフィス (テキサス州オースティン市)	日時	2018年5月17日(木) 16:30 – 18:00
先方	<p>Michael Segner, State Coordinator, National Flood Insurance Program, Texas Water Development Board (TWDB) (michael.segner@twdb.texas.gov)</p> <p>※当初 David Jackson 氏にお会いする予定だったが、Jackson 氏がテキサス緊急管理カンファレンス出席のため訪問及びカンファレンス中の面会叶わず。Jackson 氏の紹介を仲介してくれていた Segner 氏が代わりに面会の対応をしてくれたもの。</p> <p>※Michael Segner 氏は Pre Disaster の担当。Post Disaster の担当が今回えなかった</p> <p>David Jackson, Section Administrator, Mitigation State Hazard Mitigation Officer Recovery, Mitigation and Standards, Texas Division of Emergency Management, Texas Department of Public Safety (David.Jackson@dps.texas.gov)</p>		
概要			
<p><避難について></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ ハービー時の避難について、ハリケーンの予想経路からして、ヒューストンへの影響はそれほどないかと思っていた。来るとわかった時点から逃がすということでは混乱が生じると思ったため、避難しないようにした。過去に最初から来るとわかっていたら避難させていたかもしれない。 ○ (パワポより抜粋) "You literally cannot put 6.5 million people on the road," Mayor Turner said in a press conference. "If you think the situation right now is bad, you give an order to evacuate, you are creating a nightmare." ○ ハービー時は避難させなかった。過去の経験で、避難により何人も死者を出した。 ○ 市長「650 万人が一度に避難することは、ハリケーンよりも多くの被害がでる」。 ○ 600 万人を逃がすプログラムはあるのかについては、インフラはあるし避難ルートも予め決まっている。避難所についても設定しており、訓練もしている。 ○ 高速道路は避難に使えるようにしている。ヒューストンに車が入ってこないよう一方通行にする。 ○ 年に数回嵐にあうので、高潮では、主要な道路マップをつくり、いつ避難し、どこに避難するかを示しているが、洪水についても同様のものがあるかについては分からない、見たことはない。 ○ 避難命令については強制避難と自主避難の2つがある。自主避難の場合は避難場所は自分で見つける。強制避難の場合は行政で準備する分もある。 ○ [避難先は?] 避難命令は発令していないが、避難した人の多くはヒューストン郊外のホテルに行った。また赤十字が開設した避難場所や家族のところにも行った。 ○ [650 万人の避難先は確保されているのか?] 650 万人全員は大変。County が準備していると思う。避難場所が設置できていなければ命令は出せないと思う (99%そう思う)。 ○ [避難命令を発令する基準は?] ありとあらゆる気象、嵐の現在と今後の予測、嵐への防御力、地域における過去の歴史的経験である。 ○ 強制避難 (Mandatory Evacuation) 発令時でも逃げなかった時の罰則については、洪水保険について支払われないということは聞いたことはないが、例えばレスキュー費用を支払わされる (何万ドル、5万ドルくらい)。 ○ [日本では避難されず困っているが、避難を促すよう避難しない場合のデメリットなどがあるか?] 同じ問題がある。County によっていろいろ違った施策がある。救助にかかった費用を自分で支払ペナルティーがある (5万ドルくらい)。 ○ 避難所が用意できないと避難命令は発令しないのかについては、コミュニティがそれぞれ決めている避難所をセットアップする。セットアップができていないと基本的には発令しない。常に準備してある状況。カトリーナではスーパードームは数万人収容可能。 ○ 避難があると判断されると避難センターができる。赤十字が設置する場合は支払はない。 			

- 避難時要配慮者などを対象に避難情報のタイミングなど差をつけるのかについては、Mandatory と Voluntary Evacuation（自主避難）しかないが、配慮者を誰が助けるかというのが決まっている。
- 「要配慮者向けの対応は？」前もってどういう人が助けが必要な人か把握し、助ける人も決まっている。
- 浸水区域内に留まった人を救助するのに要した時間は比較的短かった（1週間未満ではないか）。屋根の上に避難し救助を待っていた。水と食料は湾岸の人たちは蓄えている。
- 「county をまたがる時の発令の権限は？」嵐がどれくらい酷いかによっている。大統領は州知事からの要請があった場合だけ。
- 「避難にインフラがあるとされたが何を指しているのか？」高速道路。ハービーは予測していた進路をとらなかったのが避難できなかった。時間があれば逃げられる。水が入ってくるのをおさえるのも。

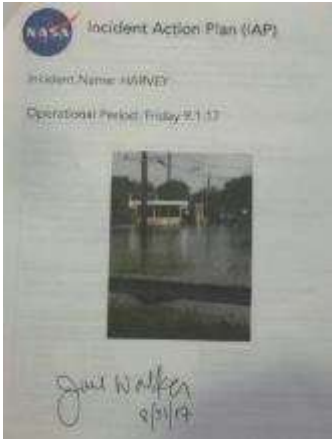

<予算について>

- TWDB は銀行みたいなもの。プロジェクトの要請に対してお金を貸し付けるプログラムを実施している（一部贈与（grant）のプログラムもある）。他の州でも同様のプログラムがあるだろう。
- Flood Mitigation Program (Assistance)は、90%が家屋・建物所有者等の個人が対象で、残り10%のみがコミュニティ（カウティや市）が対象となっている。
- 対象のプロジェクトは嵩上げやバイアウト等。堤防は違う機関から予算が来ているはず、おそらく工兵隊。
- 予算のうち75%はFEMAからの予算で、25%はコミュニティあるいは家屋・建物所有者等の個人。
- テキサスは国で1番か2番に資金を受けているFEMAから。
- （大きな州）。
- 洪水保険から何パーセントか予算を得ている。
- 予算はハリケーンも立て続けにあったことから伸びている。
- テキサス州は州全体の計画を来年の1月計画立てる。
- 病院や消防、警察といった重要な機関は500年洪水まで建物を嵩上げしなければならない。
- 洪水 Mitigation の予算について、75%はFEMAからの予算で、25%はコミュニティなど。
- 1000ドル以上の被害が2回起きたら90%はFEMA、5000ドル以上が・・・でなど決まっている。

テキサス大学オースティン校			
場所	テキサス防災カンファレンス会場	日時	2018年5月17日(木) 17:15-18:15
先方	Gordon L Wells, Program Manager, Center for Space Research, Ken Wisian, Executive Director, The University of Texas Disaster Research Program		
概要	<ul style="list-style-type: none"> ○ Wells 教授の関心事項は、Social Vulnerability, Population fragility。 ○ テキサス州は人口も多く、多くの言語が話されている。南部の多くはスペイン語を話す人口が多く、マイノリティの人たちは都市全体が持つ問題と異なる問題を抱えている可能性がある。 ○ たとえば、ガルベストーン島では、ハリケーン・アイク時の最大高潮が観測されたのは島の東に位置している Beachtown という裕福なエリアであり、ここは各自で対応可能であり、支援は必要無い。そこから 6 マイル離れている低所得者の居住エリア（高潮は Beachtown よりも低い）の方が、支援を必要としている。 ○ テキサスでは State of Texas Emergency Assistance Registry があり、一般人がオンラインで、或いは職員を通じて登録が可能。ここには、高齢者、障がい者とその居住地区を登録している。これらのデータはコミュニティ、カウンティ（郡）が管理している。 ○ Ken Wisian 氏はテキサス大学の全キャンパス（6+）の研究（Disaster Research）について他者と繋ぐことをしている。これによってお互いの知見を共有することが目的。防災科研のように、研究から現場のオペレーションまでを行っている研究所の構成（ストラクチャー）に興味がある。 <p><Contingency Countdown について></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 嵐が西大西洋からカリブ海に到達すると、メキシコ湾西側に襲来する傾向があることが分かっている。これらは独立した計算結果であり、National Centre for Atmospheric Science (NCAS)、NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory(GFDL)、海軍の予測モデル等を示している。国立ハリケーンセンターが予測をはじめるとは、我々しか予測をしていなかった。 ○ これらの予測を用いて、120 時間前から行動を開始するために、例えば 144 時間、168 時間前にカウントダウンを開始する。モデルの予測結果をからカウントダウンを初めて、32 の州の機関のオペレーションをシンクロできるようにしている。州を支援する連邦機関も州がオペレーションを行っていることを理解できる。また、郡も州がカウントダウンを行っていることを理解できる。これによってレスポンスパターンを皆理解することができる。 ○ 我々はこのカウントダウンを 2003 年から実施。 ○ ハービーの場合は、メキシコ湾内で一旦勢力が弱まったため、脅威と考えていなかったことが問題だった。その後勢力が強くなったときにはすでに上陸まで 60 時間程度しか残されていなかった。そのため（タイムラインで規定していた）1/3 程度しか実施できなかった。例えば長距離バスを用いた移動等は実施できず、地元の公共交通機関に頼らざるを得なかった。幸いなことに最初の上陸地点が人口密集地でなかったことである。 ○ タイムラインで実施する内容は 6 時間ごと、或いはモデルによる最新の予測結果が出る度に調整する。 ○ 我々の情報は危機管理のトップ（chief）と州のオペレーションセンター長（director）が受け取るようになっており、知事、あるいは知事のスタッフすぐに情報を受け取れるようにしている。 ○ この情報を郡等に提供するか否かの判断は州が行う。例えば、熱帯低気圧の場合には州は認識していても郡まで情報を下ろさない判断をする場合がある。 ○ 州の機関（State agencies）は、知事の危機管理委員会（Emergency management council）の一員であり、120 時間のカウントダウン開始が、関係機関を州のオペレーションセンターへの招集プロセスを開始することを意味している。 		

(120 時間前にテキサス州に対して潜在的な危機がある場合にカウントダウンを開始する。その結果、危機 (ハリケーン) はルイジアナ州に行くかもしれないが)

- この様な研究と行政とのリンクは約 15 年前に危機管理のトップが「意思決定にもっと技術的な支援が必要だ」と言ったところからスタートしている。
- 国家ハリケーンセンターの情報は皆に向けた情報であるが、テキサス向けの情報ではない。(for everyone but it's not specific to Texas) 危機管理のトップは、テキサス向けの情報を必要としていた。(よりローカライズされた情報を必要としていた。)
- テキサス州の危機管理部局はかつて知事の指揮下にあった。(Governor's division) いまは、Texas department of public safety 下の Texas division of emergency management となっている。
- ESF については、州で定めた従来の仕組みがあるため、連邦政府の定めたESF と一対一対応しないこともある。例えば、テキサス、カリフォルニア、フロリダはよく出来ているが、他の州はそれほどでもない。
- ハリケーンによる被害予測は上陸 40 時間前あたりから行う。24 時間前~48 時間前に高潮と波の影響 (wave impact) の予測を行う。
- Wells 教授のモデルは決定論的モデルであり、ハリケーンセンターのモデル (一般化された確率論的モデル) とは異なり、初期対応者が事前の機材配置 (pre-positioning) に使いやすいモデルと評価している。(細かく予測が出ているので、プロ向けの情報。住民に対しては細かすぎると考えている) 地形情報はライダーで測定した情報を利用している。
- 国立気象局 (NWS) 内のメキシコ湾西部河川予報センター (West Gulf River Forecast Center) で河川流量予測を行っている。
- 実際の例として、我々は河川からの氾濫 36 時間前に浸水予測を発表できた。
- モデルの予測結果は Web サービスで提供されており、初期対応チームに配布されている。初期対応チームは State of Texas Emergency Assistance Registry の情報と重ねて、要援護者が浸水エリア内にどの程度いるのかを把握している。
- 米国には国内向けの民間衛星がないので、国外の衛星に頼らざるを得ない。

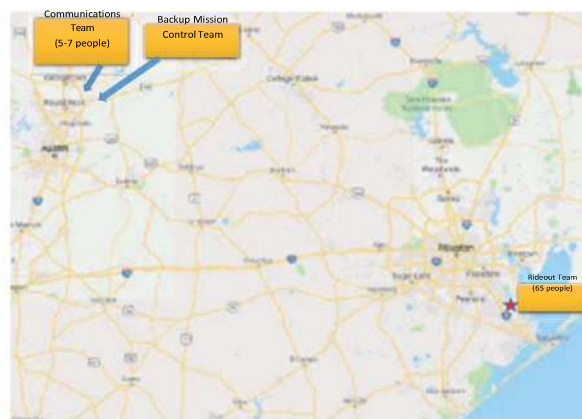
アメリカ航空宇宙局ジョンソン宇宙センター施設管理部 (Nasa Johnson Space Center Center Operations)			
場所	NASA ジョンソン宇宙センターISS Conference Facility 103	日時	2018年 5月 18日 (金) 9:00-12:00
先方	Joel Walker: Director, Center Operation Directorate, NASA Johnson Space Center Mark Hershey: ISS Representative-Japan, NASA Johnson Space Center 久留靖史: JAXA ヒューストン駐在員事務所長		
概要	<p>○ NASA のミッションコントロールを止めないことが最大の目的。 非常時にはオースティンのバックアップセンターに機能を切り替え。 その際、ヒューストンのJSC は、最大 65 人を動員して、施設の被害最小化を行う計画。 ハービーの時は職員 7 人で、雨漏り対策などを実施。 職員 7000 人の職員の安全確保のため、気象、行政、学校等情報から、施設閉鎖を実施。 洪水対策は、外周排水路での自然排水と地下施設保護、堤防やポンプ等は考えない。</p> <p>○ 危機管理は Incident Commander の指示による。 平時の組織とは関係なく、JSC にいて、情報を集め、指示を出せる者が任に当たる。 行政等のGeneral information は使えず、Operational information を 2 時間ごとに更新。</p> <p>+ National Incident Management System</p> <ul style="list-style-type: none"> - Scalable - Common response protocol - Standardized communication <p>+ Incident Command System (ICS)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Specialized team mobilizes for emergency and recovery - Does not follow organizational lines - Incident Commander (IC) changes with event phase <p>+ Incident Action Plan (IAP)</p> <p>+ JSC Preparedness Levels</p> <ul style="list-style-type: none"> - Level 5 – AWARENESS (Jun-1 through Nov 30) - Level 4 – CONCERN (impact to JSC in ~72 hours) - Level 3 – PREPARATION (impact in ~48 hours) - Level 2 – CLOSURE (impact to JSC in ~36 hours) - Level 1 – RIDEOUT - Assessment - Recovery 		
			
			
	<p>○ NASA は全米で 10 センターある。</p> <p>○ 過去の 20 フィート (約 6 メートル) の高潮被害によって、ガルベトン市の住民約 6,000 人が死亡。それまではテキサス州でガルベトン市が最大の都市だったが、内陸に移った。</p> <p>○ NASA の立地は近くに湾がありここから機材を運ぶのに適しているため。また、空港 (Ellington Airport) も近接している。</p>		



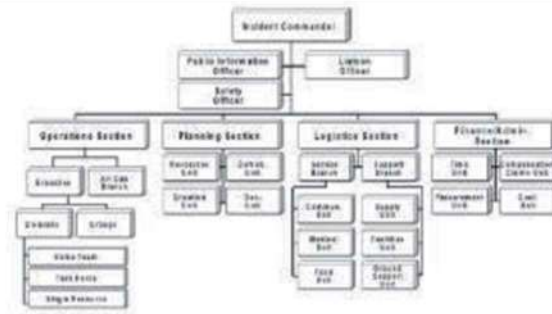
- NASA は遊水地として一部土地を購入している。



- ハリケーンなどの緊急時にはオースティンに機能を移す。残る Rideout (=困難を無事乗り切る) チームで様々な役割を行う。
- ハービーはヒューストン直撃の予測ではなかったため、最大で 65 人のところ 7 人が Rideout チームとなった。ハリケーンアイクのときは皆ヒューストンから 2、3 時間かかるオースティンに逃げようとしたが避難中に 100 人が亡くなった。オースティンに行く者は家族を帯同することを許した。様々なスケジュールも予め示した。



- Rideout チームは Incident Command System を用いる。これは FEMA が作った仕組みで消防や警察も含め危機管理に関わる全ての機関が取り入れているシステム。Incident Commander は私 (director) だが、Harvey の時は代行してもらった。最も関連する者が臨機応変に Incident Commander となる。(井ノ口先生いわく現在は National Incident Management System とのこと)



- 従業員の家の位置、交通閉鎖等を地図上に落としており 2 時間ごとに職員が更新した。交通情報など市の消防の情報のほうが詳しい場合もあり情報源は様々、ESRI はそのうちの一つ、GIS を用いて一つの地図上に落としている。

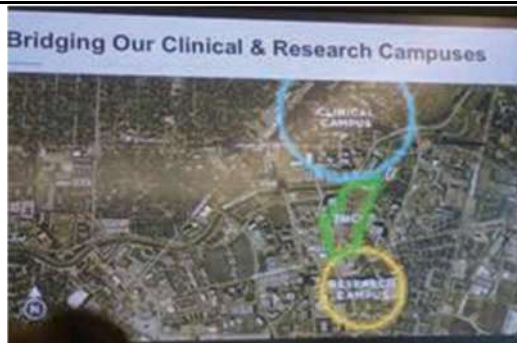


- 心理トレーニング (45 日間) や宇宙望遠鏡を用いた実験 (7-8bUSD、既に behind schedule だった) はハリケーン期間中も継続して行った。Rideout チームはそれをサポート。
- NASA Johnson Space Center のタイムライン。
- L5 Awareness(6/1~11/30) ハリケーン期間は講習や備蓄の確保等を行う。
- L4 Concern(JSC 到達 72 時間前まで) ハリケーンの地下トンネルへの入り口を閉鎖するなどハリケーンの備えを強化する。
- L3 Preparation(JSC 到達 48 時間前まで) 避難準備。
- L2 Closure(JSC 到達 36 時間前まで)遅くともハリケーン上陸 2 日前には閉鎖 (以前は 6 時間前だったが避難混乱を経験して 2 日に変更。保守的になっている) 6-5 people on site.
- L1 Rideout.
- Assessment 6-5 people ハリケーン通過後に建物点検を実施。完了するまで再開しない。
- Recovery.
- 建造物浸水深は 3 フィート。
- Nitrogen を供給する会社が浸水したが、代替の会社が近隣に見つかり事なきを得た。
- 建物の問題は雨漏り。NASA は最先端の技術を有しているが建物管理は原始的だったりする。カビもひどかった。過去のハリケーン被害を踏まえNASA 本社から予算をもらい止水壁や防水ドアなどハリケーン対策をしている部分もある。今後もハービーを踏まえ対策を強化していく予定。



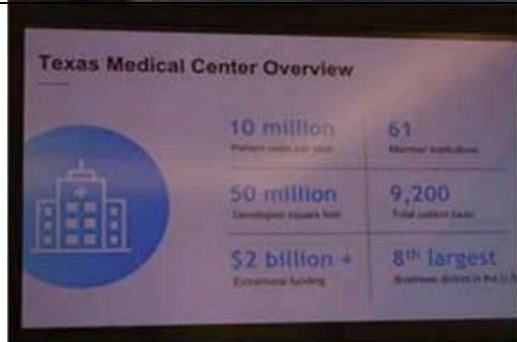
- ハービーによる被害総額は約 50mUSD (50 億円)。NASA 本部はすぐに被害額報告を上げるよう言ってきたがそんなことは無理だったので 2 週間後くらいに報告した。各建物に施設管理者がいるので彼らが engineer の意見も聞きながら補修箇所を確認。合計 800 箇所あった。
- Galveston city が避難を決めたら NASA の closure の決定に影響する。自分たち(NASA)が最初の closure の決定はしにくい。消防警察等の危機管理関係者が集まる場がありそこで情報交換等を行う。Ball rolling 的に閉鎖は広がっていく。一つの学校が決めれば他の学校も立て続けに決めていく。
- ハービー対応だけが人が一人も発生しなかったのが誇り。

テキサス医療センター (Texas Medical Center)			
場所	テキサス医療センター	日時	2018年 5月 18日 (金) 10:00~11:30
先方	Ashley McPhall Director of Strategy		
概要	<p>◎事業概要</p> <ul style="list-style-type: none"> もともとは沼地だったが、1925年に設立し、その後、様々な期間と連携しながら、全米でも有数の規模の医療機関となっている。 様々な民間企業と一緒に、テキサスメディカルセンターの持つデータや場所を提供して、電子医療や医療器具等の開発をサポート。実質的にかかる費用は、わずかな賃料のみ。(本題とは関係ないが、ベンチャー企業でも参加しやすい環境が整備されており、まさに国際競争力の高さの所以か。) これまで、ヒューストンは、エネルギー産業の中心都市だったが、これからは、医療も地域の売りにしていきたい。 2001年のハリケーン・アリソンでは、30億ドル以上の被害が発生し、ほとんどの病院は操業できない状況になり、クリティカルなニーズを満たせなかった。病院敷地が広く浸水したため、それ以降、flood gates (浸水扉) や排水設備などのインフラ整備を加速。これらの整備には政府の補助金を活用し、また、FEMAの資金も活用している。アリソン以来、新しくつくるインフラには全て浸水扉をつけることになっている。 各建物には防水扉を設置している他、地下空間がつながっているため、仮にどこかが浸水してもそれが他の場所へ伝搬しないよう、浸水扉を設けている。また、これらの施設は、ライス大学による水位情報及び予測情報(水位の把握や予測を、郡や市等(病院とも)と協定を締結)に基づき、設置する具体的に手順を定めている。 ハリケーン・ハービーの時、観測所で21フィート(640センチ)の水位を観測。TexasMedicalCenter (TMC) 内の道路が浸水した。TMC内の道路はすぐに排水できたが、TMC内に入ってくる道路が浸水していて入ってくることは難しかった。移動性には問題があったが、TMCは全て動いていてアリソンのようにはならなかった。 スタッフは7日間は居続ける人が決まっていた臨床は継続できる。 電源喪失については、常時、燃料を備蓄しているわけではない。緊急時にプロパンガスポンペを事前に持ち込み、最低でも10日間は絶えられないようになっている。電源室は地下にあるが、浸水しない工夫がなされている。ハリケーン・ハービーの時も電源喪失しなかった。冷却水を提供する専用施設が隣接しているため、水はストックはしていない。その他の食料品等は、10日間は供給が無くとも絶えられないようになっているが、何かあれば、州政府やヒューストン市が場合によっては軍用機等も活用して、物資や必要な資機材の提供してもらうようになっている。大量の物資が必要な場合は、若干浸水しても使える車両等(Highwater Vehicle)も活用する。 小さなコミュニティの病院からも出来るだけヘリで搬送する。州政府や市が持っているボートトラック(浸水していても使える水陸両用車)もある。 ハリケーン・ハービーでは、家を失った人が市内の避難所に避難した。基本的なマネジメントは赤十字が行うのだが、当機関の関係する機関の関係者・大学生も協力した。 災害時には、ハリス郡やヒューストン市の危機管理センターに人を派遣し、災害時の情報共有と対策の円滑化を実施している。 ハービーの後、月1回 TMC内で防災計画をつくるミーティングをしている。特に、アクセス、人も物資も TMC内に入ってくるようにすることが重要。机上訓練もしている。 		



位置関係

- TMC の近くにBAYOU



TMC の概要



- 2001年6月8日～9日のハリケーン・アリソン

- により、30億ドル以上の被害を受けた。
- 病院はほとんど操業できず。
- クリティカルなニーズを満たせなかった。



- 必要な投資をした。
- Flood Gate や排水設備を設けた。



- こちらが Flood Gate。
- 主要な研究所全て地下でつながっているが、そこを遮断できる。
- 一つの建物が浸水しても他にいかないようになっている。
- 非常に多くの雨が降った時、ライス大学で洪水のモニターをしており、flood Gate を閉じることが決まっている。

<p>Post-Allison Campus Changes</p> <ul style="list-style-type: none"> Continued Disaster Planning Updated TMC Campus Requirements Institutional Disaster Operations 	<ul style="list-style-type: none"> アリソン以来、新しくつくるインフラには、全て flood Gate をつけることになっている。
<p>Hurricane Harvey Recap</p> <ul style="list-style-type: none"> The high water mark for Harris Gully was 21 ft. Sunday morning Private roads on campus flooded. Streets within TMC drained quickly, but major thoroughfares into campus were a major-mobility issue for accessing the TMC institutions All clinical facilities remained operable during the storm, with a few manageable water issues 	<ul style="list-style-type: none"> ハリケーン・ハービーの時、観測所で 21 フィート (640 センチ) の水位を観測。TMC 内の道路が浸水した。TMC 内の道路はすぐに排水できたが、TMC 内に入ってくる道路が浸水して入ってくることは難しかった。移動性には問題があったが、TMC は全て動いてアリソンのようにはならなかった。
<p>Dedicated Sacrifice</p>	<ul style="list-style-type: none"> スタッフは7日間は居続ける人が決まっていて臨床は継続できる。
<p>Access by Air</p>	<ul style="list-style-type: none"> 車での搬送が間に合わない場合、クリティカルなケアのためのヘリがある。 ヘリ内での輸血も可能となっている。 軍用機を借りることもある。 小さなコミュニティの病院からも出来るだけヘリで搬送する。州政府や市が持っているポートトラック (浸水していても使える水陸両用車) もある。
<p>Community Shelters</p>	<ul style="list-style-type: none"> ハリケーン・ハービーの時、コミュニティシェルターが出来た。 大学生が基本的なケアをした。



- ・ハービーの後、月に1回 TMC 内で防災計画をつくるミーティングをしている。特に、アクセス、人も物資も TMC 内に入ってこられるようにすることが重要である。机上の訓練もしている。
- ・もう一つはコミュニケーション。我々はハリス county やヒューストン市の緊急 Center 内に席があり、一員になる。
- ・従業員とのコミュニケーションも必要。緊急時に医師がどう集まるか、水陸両用車で迎えに行くのか。患者に対しても、TMC が開いていることを伝える。



<QA>

Q：燃料の備蓄はどの程度か。

A：緊急時にはプロパンタンクを持ってくる。ハリケーン・ハービーの時も電源は喪失しなかった。常時の備蓄はしていない。プロパンタンクを持ってくる。10日間もつ。TMC は州政府や市にとって重要なインフラなので持ってきてもらえる。新しい発電機が必要であれば軍用機で運んでももらえる。ミスコ（会社名）から食糧や冷蔵庫も運んでももらえる。空輸も可能。2フィート（60センチ）くらいまではトラックも大丈夫。

Q：プロパンガスは台風の前にもってくるのか。

A：3～5日前に持ってくる。

Q：ハリケーン・アリソンの時は、電源喪失で大変ならなかったか。

A：発電機をもってきた。患者の何人かは移したがクリティカルな問題はなかった。

Q：コミュニティのシェルターとなったとあったが、一般か患者か。

A：コンベンションセンターがシェルターになったが、ここはなっていない。（???)

Q：周辺病院からの受入は。

A：40人の新生児がヘリで連れてこられた。1機のヘリは新生児を搬送できるようになっている。米国でも一番のICUを持っている。

Q：ハリケーン・アリソンの後の投資にあたって公的機関からの資金は入っているか。

A：公的資金は受け入れている。FEMA から資金も出ている。

Q：フラットゲートの操作について、ライス大学のモニターをもとに実施しているということだが、公的機関の関与はないか。

A：公的機関も関与している。水路（バイユー？）に機器を設置してくれている。政府との協定も結んでいる。ライス大学は TMC の道の向こう側で近い。彼らは彼らで自分たちのため、またコミュニティのために監視しているもの。（それを TMC でも活用しているという意味？）

Q：食糧などの備蓄はどの程度あるか。

A：病院のレストランもあるので10日はもつ。ハービーの時は7日間もった。そもそもハービーは、土曜の朝からだったが、水曜日には運転してこられた。

Q：水も10日間か。

A：水は備蓄していない。ヒューストンは断水になることはない。

Q：フラットゲートの高さは。

A：ビル、玄関の高さによって異なる。高いものでは 30 フィート（914 センチ）。

Q：降雨量はどのくらいを想定しているのか。

A：100 年洪水相当だが、500 年洪水相当という雨が 2 回もあり、500 年相当とっていたものを 100 年相当してやっている。

Q：防水壁の高さはどの程度を想定しているのか。




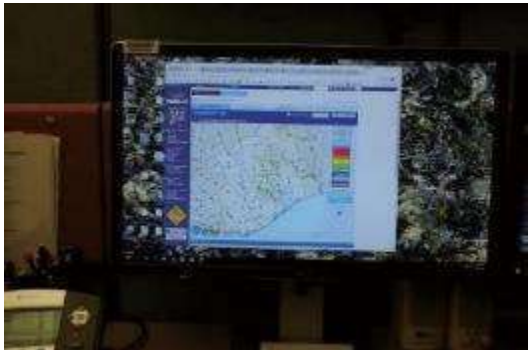
A：（あまり知らない様子）圧力が心配だったように思う。

Q：有害物質の流出防止に特別な措置はしているか。

A：それぞれの機関がきちりやっていると思う。

Q：訓練はどの程度やっているか（防水ゲートを閉めるなど）

A：新規採用は 3 か月 1 回。その他の人は 1 年に 1 回くらい。

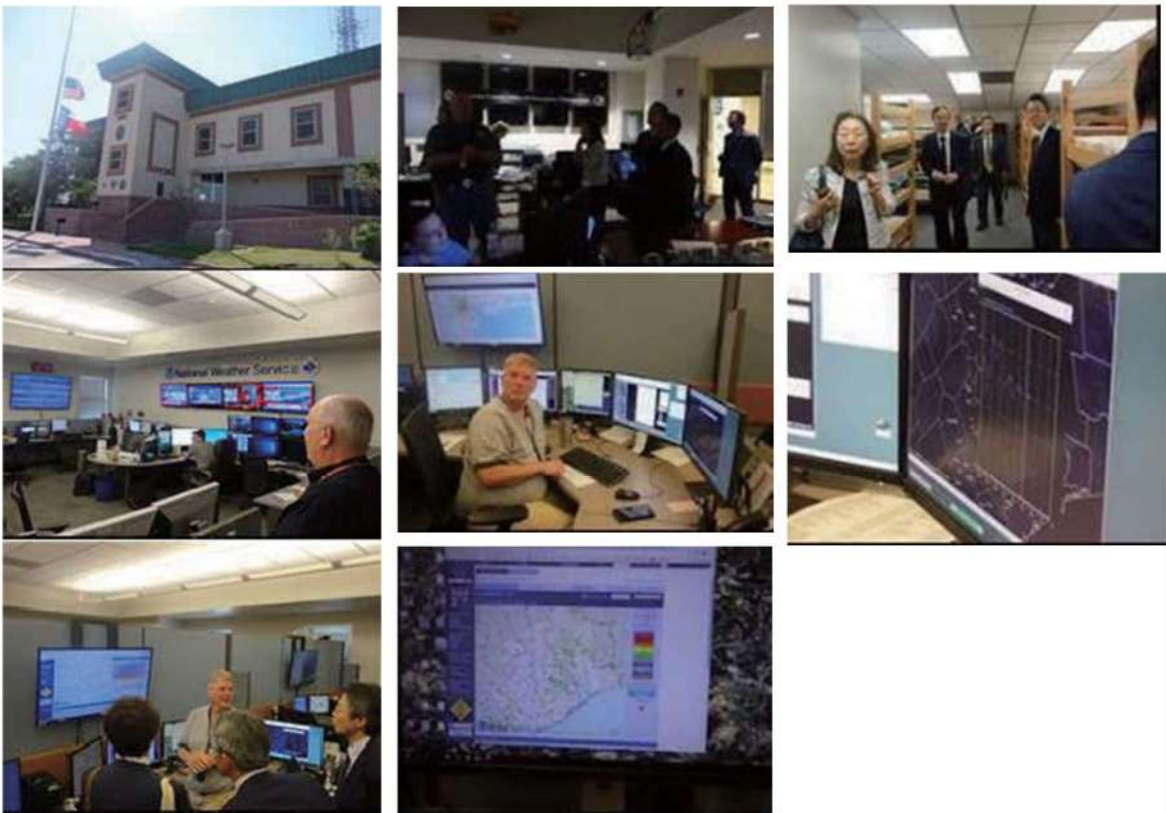
ガルベストン危機管理センター (Galveston County Office of Emergency Management)			
場所	ガルベストン郡危機管理 事務所	日時	2018年5月18日(金) 14:00-16:00
先方	Michael Lambert: Homeland Security Planner, Galveston County, Office of Emergency Management, Galveston County		
概要	<ul style="list-style-type: none"> ○ Galveston County では、危機管理室と通信室と気象台が同居・併設されている。気象台では高潮と河川水位の観測と予測を行っている。予警報、情報共有、意思決定を行うことが可能。 ○ ハービーは、一度弱まった後の豪雨、雨の多さよりも、雨が急に降ったことで対応できなかった。結果的に避難勧告は出していない。数万人が被災したが、翌朝には救助完了、3日で水が引き、5日目からは被災家屋の清掃。 ○ 病人のケアは、避難所に薬を届け、移動薬局を準備して薬を宅配した。アイクの時には停電したため酸素ポンペを配達したが、ハービーでは停電は起きなかった。患者の搬送では、軍用トラック、ゴミトラック、スクールバス、ヘリなど使えるものは何でも使った。搬送先は Southeast Region Advisory Council が全体を見て決めている。 ○ 緊急通報電話 911 が鳴りやまなかったが、応答スタッフが足りず十分に対応できなかった。雨が止むまで、電話も止まなかった。 ○ 最初の2日乗り切れば街の機能が回復して来る。住民には3日分の燃料と薬を備蓄するように呼び掛けている。 ○ 水はクリークやバイユーで排水される。地下排水トンネル計画があるが、整備していたとしてもハービーの雨には効果がなかった。 ○ 大災害があれば、死者が出ることも含めて、止めることはできない。インフラを最小化しても被害が無くなることはない。予算(と人員と時間)の制約の中で、最善の方法で計画と手段を整備するしかない。 		
<div style="display: flex; flex-wrap: wrap;"> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;">  </div> </div> <ul style="list-style-type: none"> ○ ハービーは通常と全然違った。 			

- 月曜日にはハービーは風がなくなると言われていたが、火曜日の朝、出勤途中、ハービーはなくなっていないと聞いた。水曜日の朝にはカテゴリー1、木曜日の朝にはカテゴリー2、金曜日の朝にはカテゴリー3、午後にはカテゴリー4になった。急速に発達し、我々のところへやってきた。
- これが我々が襲われたこと。近くに来た時には時間がなかった。
- ハービーはロックポートという小さい町に上陸した。非常に強かった。
- 雨はあまりなかったが、130 マイルと風が強かった。上陸後、また湾の方へ戻っていった。
- 風の予報が上がっていったのと同様、雨も強くなった。
- 我々の方に来るなど思ったが、嵐を4日間にわたって湾から湿気を持ってきて居座った。ストローで吸い上げて我々の方においていく感じ。
- ガルベストーンもひどかったが、もっとひどいところもあった。
- 22 インチ～25 インチ (558 ミリ～635 ミリ) の降雨があった。外のところで 42 インチ (1066 ミリ) を観測。町を出たところでは 51 フィート (1295 ミリ) を記録。
- ここの土地では腰高まで雨が降った。
- county 全体雨がひどかったが、高地から低地に水が流れたので低地に水が集まり洪水になった。
- 危機管理の見地から言うと、降雨量がどれくらいの速度でやってきたが重要だった。2 時間で 11 インチ (279 ミリ)、8 時間で 21 インチ (533 ミリ) 降った。典型的には、24 時間で 23.5 インチ (596 ミリ) 降ると破壊と考えられる。
- 真夜中に雨が降ったので、2～3 時間で家から抜け出せなかった。我々も彼らのところへ行けなかった。
- 日曜日の朝には、何万人もの人が、家から出られなくなった。
- 日が昇ったころ、州軍が 30 台のトラックで来て救助した。普通の市民がボートでお互いに救助した。
- ガルベストーン郡では長い河川はない。排水溝やバイユーで降った雨が氾濫したが直ぐに水は引いた。
- 6 日間くらいには全ての人を救助した。そして清掃が始まった。
- 北はヒューストン、その上はモンゴメリー、西はミズーリの county があり長い河川がある。排水溝の水は海にいかなかった。彼らのバイユーが氾濫し洪水し何週間もそういう状態だった。我々よりも被害を受けた。
- [3 日間浸水が継続するとどんなことがあったか。透析は大丈夫だったか。] 透析は問題だった。大きな病院や開いている病院に透析患者を移した。弱い患者は大きな懸念。
- [酸素を継続しなければいけない患者は?] アイクの時に酸素吸入器が使えず問題になった。我々は酸素ボトルを備えておいた。ハービーでは停電にならず使われなかった。薬が必要な人達は、移動薬局が薬を届けた。
- 薬局やスーパーマーケットはなるべく早く開くようにした。
- 洪水の時、家から出てシェルターに入れるが、特別な医療が必要な人を除いて同じところ。特別な医療が必要な人は、そういうところ (そういう医療設備が整っているところの意味? →医療シェルター) に入ってもらおう。
- 我々は、医療措置が必要な人たちに対して医療サービスが得られるようにしているが、一方で3日分の薬は備えておいて欲しいと呼び掛けている。燃料も非常に重要。大きなガソリンスタンドには (燃料の備蓄を) 準備してもらおう。
- シェルターに入っている人の面倒を見るのは簡単だが、家に留まっている人には配給所 (points of distribution) まで出てきてもらって水や薬等を配布する。
- インフラの提案についていくつか提案が出ている。水が集まりやすく洪水が発生する箇所に排水のトンネルをつくるというものだが、賛否両論。他で氾濫されることになるから。
- いずれにしてもハービーは雨が多すぎてダメだったと思う。
- [患者の輸送はどうするのか?] 自宅から患者をピックアップする段階では、その時点である車両を使う。軍用トラックや、健常者であればダンプトラックも使う。我々は管轄のスクールバスやダンプトラックも使う。周辺自治体、NPO、州政府、軍の水陸両用

車、沿岸警備隊や州軍、連邦のヘリを使う。

- [人数が多いが搬送先はどうしているのか?] テキサス南東地域諮問機関 (Southeast Texas Regional Advisory Council SETRAC) が全ての病院のモニタリングをしていて、病床やどれくらいの人を受け入れられるかを調整している。カタストロフィック・メディカル・オペレーションセンターが病院の代表たちと協力して、その数字が常に正しくなるようにしている。Web 上で空いているベッドが把握できて決められる。
- [住民とのコミュニケーションの手段に問題はなかったか?] 9.11 のダイヤルで、どこからかかってきたか分かり、それぞれの管轄に割り振られる。ハービーの時、多くの電話があり、それに応えられる十分な人がおらず電話が鳴り続けていた。みんな助けたいとありとあらゆるところへ電話していた。私のところには5人のボランティアがいるが、そのうちの1人は電話対応にあたった。情報を提供する訓練はしていたが、自分が助けたいという情報に対する訓練はしていなかった。
- 情報は受け取るが何もできなかった。
- 日曜日の朝、州軍のトラックが到着して人々が助け合えるようになって落ち着いた。
- [10年前に比べて SNS 等の IT テクノロジーはどの程度機能したか?] ここではうまくいかなかった。他では SMS (テキストメッセージ) でやり取りしたところもあった。ハリス郡は、SNS が発達している。
- 技術が存在したとしてもその技術を我々は持っていない。仮に持っていたとしても使いこなす人員が居ない。
- [アイクの時、酸素がなくなっただけか?] モントゴメリーの話だが、昇降車を使って酸素ポンプを運んだ。(一方で、) 酸素ボトルを運んでいる人も避難してできなくなった(面もあった?)。

(State of Texas Emergency Management と National Weather Service が同じ建物内にあり連携)

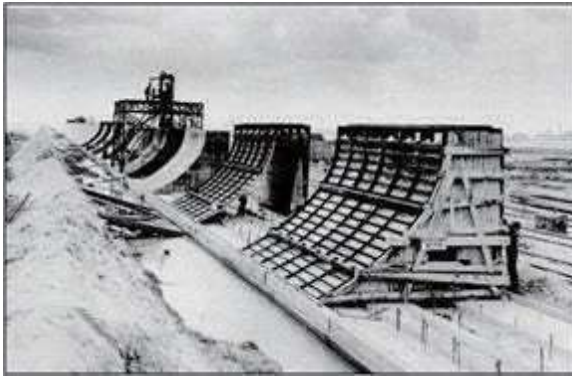
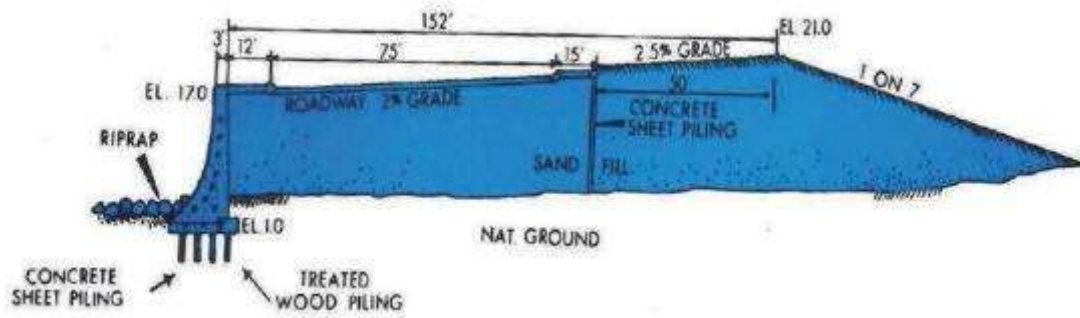


ガルベストーン海岸堤防視察

場所	ガルベストーン海岸	日時	2018年5月18日(金) 16:30-17:00
----	-----------	----	------------------------------

概要

1900年のハリケーンによる壊滅的被害を受けたガルベストーンでは、1904年から海岸堤防を整備。構造は、5mのコンクリート製波返しと背面の幅50mの盛り土であり、上面を土地利用している。



2018年テキサス防災カンファレンス
 広域避難、再エントリ標準プログラム NFPA1616

場所	米国サンアントニオ市ゴンザレスコ ンベンションセンター	日時	2018年5月18日(金) 8:00-9:00
発表者	サンアントニオ消防署 消防司令補 Jim Reidy		

概要

- カトリーナ後、2012年より広域避難と避難後の再エントリの標準化を検討。
- 例えば、消防ではハリケーン上陸前に消防車を高台へ移動させることを計画しておくことにより災害復旧活動にすぐ入れるようにする等。
- 2017年に全国防火協会(National Fire Protection Association, NFPA)よりNFPA1616として出版。実際に広域避難を実施する実務者向け。
- NFPA1616は本文+アネックスの構造となっており、特にアネックスはBest Practicesを掲載。(例えば、Annex Gでは災害時要援護者の対応、Annex Iは強制避難など)

Contents

<p>Chapter 1 Administration 1616- 4</p> <p>1.1 Scope 1616- 4</p> <p>1.2 Purpose 1616- 4</p> <p>1.3 Application 1616- 4</p> <p>Chapter 2 Referenced Publications 1616- 4</p> <p>2.1 General 1616- 4</p> <p>2.2 NFPA Publications 1616- 4</p> <p>2.3 Other Publications 1616- 4</p> <p>2.4 References for Excerpts in Mandatory Sections 1616- 4</p> <p>Chapter 3 Definitions 1616- 4</p> <p>3.1 General 1616- 4</p> <p>3.2 NFPA Official Definitions 1616- 4</p> <p>3.3 General Definitions 1616- 4</p> <p>Chapter 4 Mass Evacuation, Sheltering, and Re-entry Program Management 1616- 6</p> <p>4.1 Leadership and Commitment 1616- 6</p> <p>4.2 Program Coordinator 1616- 6</p> <p>4.3 Program Working Group 1616- 6</p> <p>4.4 Program Administration 1616- 6</p> <p>4.5 Performance Objectives 1616- 6</p> <p>4.6 Records Management 1616- 6</p> <p>4.7 Laws and Authorities 1616- 6</p> <p>4.8 Finance and Administration 1616- 6</p> <p>Chapter 5 Planning 1616- 7</p> <p>5.1 Plan Requirements 1616- 7</p> <p>5.2 Plan Assumptions 1616- 7</p> <p>5.3 Plan Format 1616- 7</p> <p>5.4 Planning Process 1616- 7</p> <p>5.5 Threat, Hazard Identification, and Risk Assessment 1616- 7</p> <p>5.6 Requirements Analysis 1616- 8</p> <p>5.7 Resource Needs Assessment 1616- 9</p> <p>5.8 Communications and Public Information 1616- 9</p> <p>5.9 Warning, Notifications, and Communications 1616- 9</p> <p>5.10 Operational Procedure Planning 1616- 9</p> <p>Chapter 6 Implementation 1616- 10</p> <p>6.1 Incident Recognition 1616- 10</p> <p>6.2 Situational Assessments 1616- 10</p> <p>6.3 Notifications and Activation 1616- 10</p> <p>6.4 Mobilization 1616- 10</p> <p>6.5 Evacuation Operations 1616- 10</p> <p>6.6 Sheltering Operations 1616- 10</p> <p>6.7 Transition to Re-entry 1616- 10</p> <p>Chapter 7 Training and Education 1616- 11</p> <p>7.1 Curriculum 1616- 11</p> <p>7.2 Goals of the Curriculum 1616- 11</p>	<p>7.3 Scope and Frequency of Instruction 1616- 11</p> <p>7.4 Record Keeping 1616- 11</p> <p>7.5 Regulatory and Program Requirements 1616- 11</p> <p>7.6 Public Education 1616- 11</p> <p>7.7 Training Delivery 1616- 11</p> <p>Chapter 8 Exercises 1616- 11</p> <p>8.1 Program Evaluation 1616- 11</p> <p>8.2 Exercise Methodology 1616- 11</p> <p>8.3 Design of Exercises 1616- 11</p> <p>8.4 Exercise Evaluation 1616- 11</p> <p>8.5 Frequency 1616- 11</p> <p>Chapter 9 Program Maintenance and Improvement 1616- 11</p> <p>9.1 Program Reviews 1616- 11</p> <p>9.2 Corrective Actions 1616- 12</p> <p>9.3 Continuous Improvement 1616- 12</p> <p>Annex A Explanatory Material 1616- 12</p> <p>Annex B Self-Assessment for Conformity with NFPA 1616 1616- 16</p> <p>Annex C Risk Management of Mass Evacuation, Sheltering, and Re-entry 1616- 30</p> <p>Annex D Mass Evacuation Requirements Analysis 1616- 30</p> <p>Annex E Sheltering Requirements Analysis 1616- 36</p> <p>Annex F Re-entry Requirements Analysis 1616- 59</p> <p>Annex G People with Disabilities and Other Access and Functional Needs 1616- 61</p> <p>Annex H Animals 1616- 64</p> <p>Annex I Mandatory Evacuation 1616- 66</p> <p>Annex J Emergency Communication: Public Alerts and Warnings 1616- 67</p> <p>Annex K Social Media Support 1616- 67</p> <p>Annex L Just-in-Time Training Support 1616- 68</p> <p>Annex M Mass Evacuation, Sheltering, and Re-entry Data Interoperability 1616- 70</p> <p>Annex N List of Acronyms 1616- 71</p> <p>Annex O Informational References 1616- 73</p> <p>Index 1616- 77</p>
---	---

連邦緊急事態管理庁 オースティン統合現地事務所			
場所	テキサス防災カンファレンス会場	日時	2018年5月18日(金) 10:00-11:00
発表者	Traci L. Brasher TEM, Director Recovery Division FEMA Region 6		
概要			
<p><事務所の移行状況について></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 6月1日よりJFOからTexas Recovery Office (TRO)へ移行するために300名のスタッフ募集しており、2年間の契約。最長で4年程度を想定。スタッフの募集には苦労している。 ○ 過度的な避難(Transitional Sheltering)＝ホテル等への避難は6月30日で終了し、仮設住宅(Temporary Housing)に6月30日までに移ってもらうのが目標。 ○ Incident Command System (ICS)をみなよく理解(＝目的、責任を理解)しているの、上手く機能していると言える。 ○ JFOの支部を配置して、JFOまで報告に来なくても良いようにする等工夫をしている。 <p><JFOについて></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ National Disaster Recovery Frameworkの枠組みにそって連邦機関は動くので、事前に関係者に対して被災時、復旧時にすべきことを事前に調整している。 ○ NDFRは今も改良していて、例えばSandyの時には新たな連邦機関が参画して改良する等した。 ○ 例えば、連邦政府の機関であるHealth and human servicesは州の関係者と日常的に連絡を取り合っており、州のHealth and human services commissionと郡の関係者と連絡を取っている。災害時にその関係が変わるわけではない。 ○ JFOを立ち上げるときには州の施設などではなく、新しくオフィスを立ち上げるようにしている。(古い倉庫、デパート等様々な施設を利用したことがある。)立ち上げには、施設の契約後1週間程度で使えるようにしている。 <p><被災者の情報共有について></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 被災者の情報については、FEMAと州の間の合意によって、FEMAは州と直接情報のやりとり(direct)をしている。例えば赤十字等のNGOがその協定に加わっている場合には、NGOから州にデータのリクエストを上げてもらい、そのリクエストに応じてデータを提供(indirect)する。 <p><被災者への支援について></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ FEMAではSequence of deliveryと呼ばれるシステムを使っている。例えば、小企業協会(Small business association)は申請書を提出して、FEMAのNational Emergency Management Information Systemと呼ばれるデータベースにアクセスでできるようになる。 ○ 申請書を提出すると、(州の)ローンに適格か、不適格かを判断する。州のローンが適格でない場合、州のOther needs assistance programと呼ばれるプログラムを通じて州のHelp and services commissionから支援をうける。この支援には個人の資産、自動車、育児、医療、葬儀等幅広い分野をカバーしている。 ○ この様にSequence of deliveryを通じてどの支援が受けられるかを特定できる。この仕組みを通じても満たされていないニーズ(unmet needs)がある場合には、FEMAにいるボランティア組織のリエゾンを通じてNPOやLong term recovery committeeと共にこのニーズについて対応する。 ○ NPO等には他の組織でも支援可能な分野への支出を減らすために、この様な満たされていないニーズに対応するようにしている。ボランティア組織は、被災後の食料提供や避難所等で支援したあと、この様な満たされていないニーズに対応することになる。 ○ Sequence of deliveryのガイドが公的援助プログラム(Public assistance program)と個人援助プログラム(Individual assistance program)の双方にある。また、Individuals、Households 			

Program Unified Guidance (IHPUG)に Sequence of delivery の図が掲載されている。

(参照 URL :

https://www.fema.gov/media-library-data/1483567080828-1201b6eebf9fbbd7c8a070fddb308971/FEMAIHPUG_CoverEdit_December2016.pdf

- Sequence of delivery では、FEMA が被害を確認した上で、一時的な住宅提供等が可能か判断を行う (例えば 17000 FEMA verified loss 以上の場合)。
- アメリカでは FEMA がこのデータベース (National Emergency Management Information System ?) を保管している。

<データ共有について>

- データの共有については問い合わせ (クエリ) に対してエクセルシートの形で提供している。Health and human survices はデータに直接アクセスできるが、他の機関にそのような権限はない。

<JFO から長期復興事務所への移行について>

- 長期復旧事務所 (Long term recovery office) は、甚大な災害時にしか設置しない。過去に設置したのはカトリーナの後のみ (ルイジアナ州に設置)。ちなみにカトリーナの長期復旧事務所は今年の 10 月に現地事務所に移行予定。
- ほとんど全ての災害発生後JFO を立ち上げ、その後 FEMA の現地事務所に移行する。
- JFO から現地事務所への移行を検討を始めるのは公共支援プロジェクトワークシートが 75%完了時。このときに州等と交渉を開始する。90%近くに達した段階で現地事務所に移行する。
- アメリカ合衆国内国歳入庁 (Internal Revenue Service: IRS) (財務省の外局で、日本では国税庁に相当) のルールで、スタッフを (州外から) 派遣する場合の税制上の優遇 (?) が 50 週で終わるため、JFO 設立後復旧に時間がかかると判断した場合には現地復旧事務所の設立を検討する。(JFO は基本的にワシントン DC 等から派遣 (つまり、宿泊費や食費等が必要) されているスタッフであるため、50 週を超えて派遣するとなるとコストが増大する。それに対応する意味でも現地復旧事務所を立ち上げ、現地でスタッフを雇用 (支払うのは給与のみ) するようにしている。)

<被災した要援護者の対応について>

- 災害生存者支援チームDisaster survivor assistance team が州、地元と協力して 1 軒 1 軒まわって被災登録の支援をしている。
- 支援チームは、現地で確認した問題を JFO に報告することでJFO で認識していない問題を共有できるようにしている。

<テキサス人気質について>

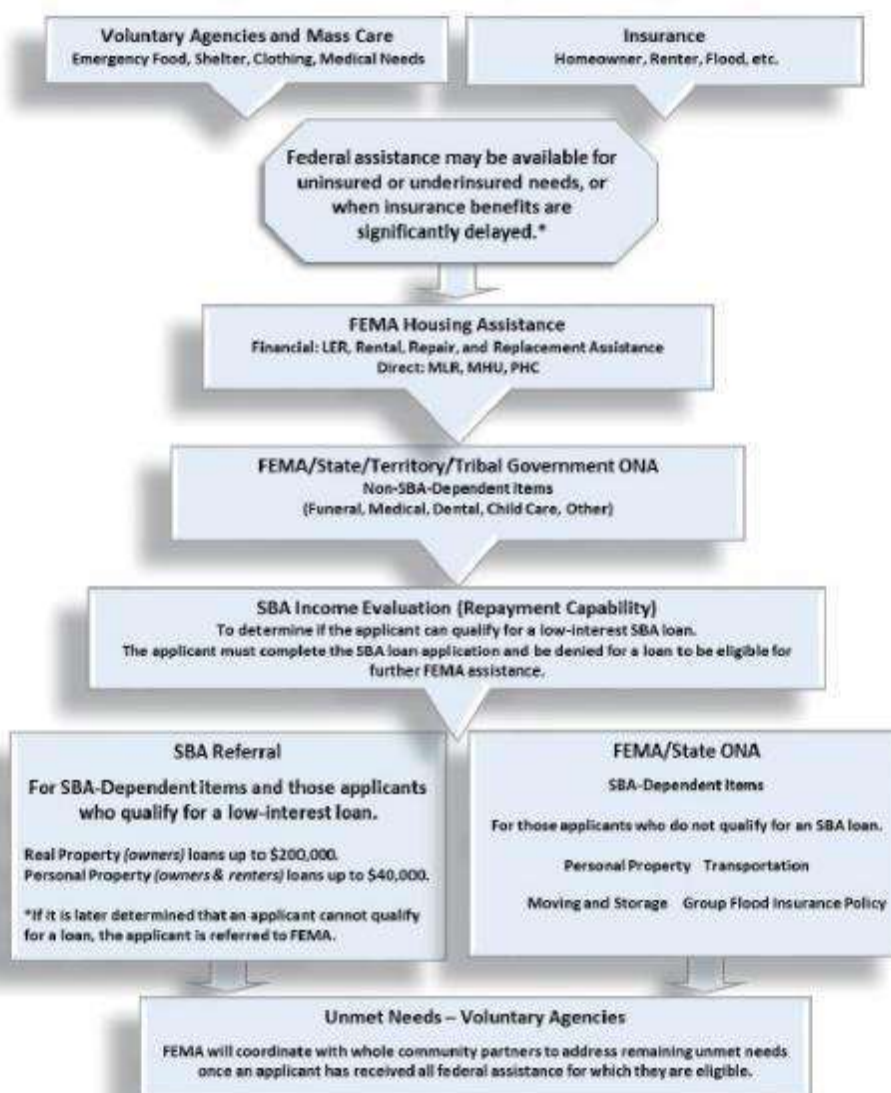
- テキサスに限らず、自分が支援を受けるとその代わりに誰か一人が支援を受けられなくなるかもしれないと考えて支援登録を断ろうとする人がいるが、自分が支援を受けても代わりに犠牲になる人はいないと説明している。
- 100 万人が既に登録をしている。これはおそらく被災人口の 80%くらいではないか。(支援を受けられない人も含めて大勢登録しているので、本当に必要としている人口に対して 80%程度カバーできていると考えている。)
- FEMA の支援は家族の人数で決まっている。(家族構成が一人の場合は一人が生活するための支援を行う。その場合の支援は例えばベッドルーム、バスルーム、キッチン一部屋ずつといった構成。)



Individuals and Households Program Unified Guidance (IHPUG)

FP 104-009-03 | September 2016

Figure 2: Disaster Assistance Sequence of Delivery



*Eligibility for federal assistance is based on each applicant's individual circumstances as they relate to each program's conditions of eligibility. Not all applicants will be eligible for all forms of federal assistance.

バッファロー・バイユー、アディックス貯水池等視察

場所	バッファロー・バイユー	日時	2018年5月19日(土) 9:00-17:00
----	-------------	----	-----------------------------

概要



最下流より



石油化学工場群



ダウンタウン (航路上流端)



ボランティア土砂撤去



エレナー・ティンズリー・パーク



中流域の河道



アディックスダム貯水地



貯水池内で浸水した公民館

○ ヒューストン市中心を西から東に流れるバッファロー・バイユー、ハリケーン・ハービ

一時には大規模に浸水したが、典型的な掘り込み河道。

- ダウンタウン部分から川側を見ると川側のほうが低い（3番目の写真）。
- ダウンタウンはハービー時も浸水は限定的（地図は <https://youtu.be/xHqZORM8x8Y> からキャプチャ、August30th が Addicks、Barker の両貯水池や、そこから東へ流れるバッファロー・バイユーの位置関係がわかりやすい、ヒューストンダウンタウンが一番浸水範囲が大きいJuly27th に赤丸で位置をおとした）。
- 地下街が張り巡らされているが浸水対策は皆無。地下街のあるダウンタウンは鉄道敷として選ばれただけあり（後述）少し尾根的なところに位置しており、浸水しにくいのためか。
- バッファロー・バイユー公園は住民憩いの場でヒューストン市民誇りの公園。少し進めば景色が変わり魅力的



- シュガーサンド（水に溶けてしまうほど細かい粒形）が河岸
- ボランティアの護岸整備（崩れたところの補修）



- ヒューストンはバッファロー・バイユー右岸において、東北方向にダウンタウンがのびている。最北端がバッファロー・バイユーにつながる。これはこの東北方向に鉄道があり、最北端のシユで荷役していたものと考えられる。最北端周辺にはTEXAS PACKING CO など荷役に関連する企業があった痕跡も見られる。



- Addicks 貯水池は工兵隊が 1/100 (黄色範囲) を包含する形で買収 (黒線が買収範囲)。黒線外は住家があり、ハービー時には 1.5m 程度浸水 (痕跡あり)。浸水のためか空き家が多かった。



連邦緊急事態管理庁 本部			
場所	FEMA 本部会議室	日時	2018年5月21日(月) 14:30-16:30
先方	Peter Mueller, Tod Wells, Naomi Peterson, Chris Peniey, Jacob Vawter (司会)		
概要	<p>(1) ハリケーンブリーフィング Tod Wells: Director, Public assistance Program</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ FEMA のサポート対象は、災害救援だけでなく復旧のための援助も範囲となる。 ・ 2017 年のハリケーンシーズンは前例のない記録的なシーズンとなり、FEMA は個別援助（各世帯を対象とするもの）に連邦政府の支援を適用するために被災世帯を登録するなどのサポートも行った。 ・ インフラ対応では、大統領宣言（テキサスからフロリダ、プエルトリコ、バージン諸島の範囲を対象に発令された）をサポート。 ・ 豪雨を伴ったハービーは、全米を担う FEMA の業務実績においても過去最大級の支援規模となった。 ・ FEMA は、災害に対しての州政府や地方自治体の対応実態の検証を行っているが、これにはリソース（支援要員や資金、支援を提供する連邦政府の各リソース）に係る課題も含んでいる。例えば今回の対応では、海外領土の課題を有するプエルトリコとバージニア州の諸島についても FEMA の対応範囲に含めることとなった。 ・ FEMA のパブリック・アシスタント（公共の機能を有する適格施設、適格団体、適格サービス）は、限られた人員の中で各プログラムに対応し、災害ベースにて発動するものだがバージニア諸島等への支援の場合、その提供は契約にて成立している。 ・ その他の連邦政府についても FEMA が調整を行っているため、例えば連邦政府のハイウェイであればそのプログラムのための技術をハイウェイ現場にて FEMA も利用可能となる。 ・ 大統領宣言までのプロセスに FEMA のアセスメントがあり、それにて災害に関連する資金業務や基金の構築にあたっている。 ・ 標準的なプロセスとしては災害発生次第、FEMA は州政府と共同アセスメントにて PDA (Preliminary Damage Assessment)を行い、それに基づき知事が FEMA を通して大統領に大災害宣言の発令を要請し、最終判断は大統領が行う。 ・ 災害リファンドに係る資金化については、プログラム指定地域の適格者毎にその適格被害コストを試算するための追加のアセスメントを行う。 ・ その他の連邦政府でも各々に独自のアセスメントを実施しており、FEMA はまたその調整を担うこともある。（例：連邦政府のハイウェイであればハイウェイ修繕プログラムがあり、独自の試算を実施） ・ 必要あれば政府は大統領府に追加資金を要請し、災害資金の超過分について議会にかけるが、通常はそのような事態にもならないが、2017 年は歴史的災害規模を被り異例の対応となった。 ・ （質問に対する回答）それは試算されていた適格費用額内に限られる。例えばパブリック・アシスタントが対象とする適格対象は、学校や鉄道、ハイウェイ、道路、橋等であり、経済被害や農産物等の被害は含まれない。 ・ 堤防については、このパブリック・アシスタントの該当とすることもあるが、基本的に各プログラム下での適格性がそれぞれに設定されており、同じ対象に複数の政府機関が支援に含めるようなこともありえる。例えば、FEMA から堤防に緊急支援を提供することも可能であるが、第一義的責任は工兵隊にあるため恒久的な修繕支援は工兵隊が行う。 ・ 試算の根拠・基準については、適格被害を対象とし、州政府、地方自治体、個別援助へのサポートを試算計上するが、それにはまずユニシヤル・アセスメントを行い、大統領宣言の判断も関わってくる。 ・ ハリケーンのカテゴリー規模は試算に使用せず、あくまでも発生した「被害」を用いる試算 		

となる。

- ・ 以上が標準的プロセスであり、メジャー（大規模）のケースではこのイニシヤル・アセスメントのプロセスを迅速化する。
- ・ インパクトが大規模・壊滅的であれば、それが大災害宣告の基準となり、対応はフルスケールにて進行させ、各プログラムを開始し、災害関連のコスト試算を作成する。これにより DRF（Disaster Relief Fund）を充当すべく補正資金を議会に要求する。
- ・ 発生から 30 日以内に知事は公式な要請を表明する必要があるが、初動のタイムフレームにてその期限も延長されることがある。
- ・ HURREVAC（ハーバック）は、米国におけるマルチ・ハザードに対応しており、一般的にはプランニング目的で使用されるモデリング形式のツールである。災害試算に用いられ、人口やインフラが集中する地域の想定インパクトを検証し、非常事態の出費について、災害前後に関係なくそのモデリング機能を発揮するようになっている。
- ・ フロリダではグランド・プログラムにてパブリック・アシスタントを提供する新プログラムがあり、州政府や自治体など適格申請者にもそのプロセスの透明化を図り、一貫性ある決定が行われるようになっている。
- ・ プエルトリコに対しては、大統領が被害の修繕試算に基づき災害支援用の助成金に係る認可条件を設けた。
- ・ セクター・ベースの手法もあり、例えばエネルギー、水、学校等、特定のセクター施設を統合させることでセクター内にて資金を柔軟に活用することを可能としている。（community-driven）
- ・ パブリック・アシスタント基金の要件として、上位のビルディング・コード適用を条件づけている。ビルディング・コードが 2009 年版のままである州・地方政府は最新のコードに従い改修しない限り助成金の対象とならない。
- ・ これら要件化の取り組みによりビルディング・コードの最新化を推進し、減災、リスク削減を達成しようとするものである。
- ・ 助成金に係るビルディング・コードの最新化以外での条件では FEMA は減災基金に裁量を用いることができる。通常申請者は減災プランをもってプロポーザルを立てるがそれには費用効率が重要となり、その費用を FEMA 負担することができる。
- ・ 基本的には提案型の減災計画であり、申請者が計画し地方政府に提案を行う。
- ・ 復旧資金に対する助成金の割合は通常 75%が FEMA の負担となる。昨秋のハリケーンの場合はそれを上回る調整となったが、テキサスの場合は 90%を連邦政府が提供し、プエルトリコやバージン諸島も調整が行われた。

(2) 大統領宣言とそのプロセス Peter Mueller

- ・ 大統領宣言プロセスにおけるポイントの一目が、インシデント発生時の対応タスクであるが、その発生次第、FEMA は関係当局と共同にて PDA を実施する。
- ・ そのアセスメントに基づき州・地方政府は大統領宣言を要請し、FEMA がレビューを行い大統領に提言する。
- ・ 大統領宣言には、スタッフォード法にて緊急事態宣言（Emergency Declaration (EM)）と大災害宣言（Major Emergency Declaration (MD)）があり、前者はその範囲も狭く、支援の対象は救命活動や、財産・建物被害の保護・軽減であり、議会の承認無しでは上限 500 万ドルとしている。
- ・ 大災害宣言では対象も広範囲となり、人命救助や建物被害にとどまらず、個々の家屋やインフラをはじめ、火災や爆発など、災害起因に関わらずあらゆる大規模災害を対象とする。
- ・ PDA の結果を受けて知事・州政府・地方自治体が大統領宣言の要請を判断するが、それには災害規模が各要請当局の対応能力を超えるものであることを証明し、連邦支援の必要性について詳細な要請明細が必要となっている。

- 更にこれら要請当局は、既に当該地域にて非常時プランを実施し、適切な対応をとっていることも条件となる。
- 緊急事態宣言の要請に対して、より甚大な被害が想定される場合は、大災害宣言とするかは大統領が判断する。
- 却下の場合当局は、追加資料をもって 30 日以内に上申が可能。
- 災害宣言の流れ： Incident → Joint PDA → State Request → FEMA Review → President Declaration

(3) 災害ファンドと予算の算出について Naomi Peterson

- 大災害宣言および緊急事態宣言における復旧に関して FEMA はその適格性を検証し、予算について指揮、調整、管理、資金化を行う。
- 災害ファンドには FEMA が当該地域の適格性や当局の災害脆弱性などの特性について確証権限を有している。
- 被災者に対して数多くのプロジェクトから資金サポートの体制があり、火災には、火災管理支援から補助金が出される。
- 災害ファンドの対象も壊滅的／非壊滅的の分類がある。
- FEMA における壊滅的災害の定義は、ハービーやイルマが該当するが、連邦政府の費用で 5 億ドルを超える規模の被害のことである。
- このメジャー（大規模）カテゴリーに対してベース（基本）カテゴリーがあり、後者は大統領宣言発令以前のアセスメントに関連する対応資金であり、備えるための目的がある。
- 大災害宣言の費用は DRF（災害救助基金）の年間予算の 88%を占める。
- FEMA は現在 385 件もの取り組み中プランがあり、壊滅的と考えられる規模はその内一握りにすぎないが、2017 年の 3 つのハリケーンについては 5 億ドルを超えているため全て壊滅的災害に分類される。
- 予算要請には FEMA は現地調査を行い、壊滅的被害を除外した過去 10 年の平均額にて DRF 試算にとりまとめ議会に年次予算として提出する。
- 大規模メジャー・カテゴリーの試算に加えベース・カテゴリーにもその過去 10 年平均額を基にした災害備えのための支援資金や各要件を勘案して年次予算を提出する。
- FEMA は月次にて議会に費用の報告を行っている。
- ハービー、イルマ、マリアでは、FEMA は緊急補正予算を提言し、年間予算を超える合計 445 億ドルであり、5 月 1 日付の最新報告書によると DRF 残高は約 300 億ドルであった。
- 今年度内には 200 億ドルと想定されるが災害が発生すればその際見直しを行うため算出には毎月変動が発生する。
- こうして FEMA は毎月議会と年間予算に対して、資金と予算を報告し常時協議を行っている。
- 資金計上の方法は、基本的に予算に基づき、如何に資金情報を収集するかによる。
- FEMA のプログラムでは費用の試算を毎月行うが、その目的は現在までの災害と今後の災害に対応する資金を DRF に確保するためである。
- 災害試算レポートを毎月作成し、今後のプランニングの目的のために各州とも共有している。
- FEMA からの支援金の予算化にとどまらず、FEMA の支援活動に必要な資金を受け取る減災グラント・プログラム基金の算出にも利用している。
- A Spend Plan of Disaster Relief Fund (DRF) の
 - 30 日後に Disaster Projection Repeat
 - 60 日後に Disaster Fund Re-estimation
 - 180 日後にも Re-estimation、州が復興事業の計画立案
- FEMA は現地にてイニシャル・アセスメントを行いプログラム・パートナーと PDA を基に申請当局と情報を共有する。30 日経過時点で FEMA は州に金額を確定するプレリミナリー・ロ

ッキングを与え、これによりプログラムが機能し資金が提供される。

- この時点で FEMA の義務は 25%の割合にてこのロッキング額を負担する。
- 6 か月経過時点では、減災プログラム基金のための試算を見直し更新する。一年の資金提供期限前に、資金がより有効に機能するよう検討するものである。
- 6 か月後において、より実績ベースでの検証が可能となれば、プランニングの目的において減災グラント・プログラムにより州政府には 75%が提供される。
- 1 年後にファイナル・ロッキングを迎え文書も確定する。1 年間における試算とグラントプログラムへの適格性を再検証し、その後の資金を判断する。
- 1 年を超える大幅な修正変更がある場合は、FEMA のチーフ財政官がそのロッキング額の再認権限を発揮する。(増額可能)
- 壊滅的大規模災害となれば1年を超えるものとなり、そうなれば減災試算も複数回修正・更新を行う。
- FEMA は現在 350 件もの取り組み中の災害費用プランを管理している。
- 月次の資金化プランのプロセスでは、連邦政府の調整オフィスである JFO (ジョイント・フィールド・オフィス) にて日々モデリングや分析を行い、レビュー後サインを得る。
- 毎月中旬にはプログラム指定地域に集結し、試算に対して想定される変更事項が無いかのアセスメントを実施している。
- また試算に対しての QC レビューも毎月行い、災害費用に変更あり次第、議会に報告する。

(スライド) ハービーとイルマの費用試算をとりあげた災害レポート紹介。

- 6 か月の時点で全ての試算合計を開示し、連邦政府を含め州政府、関係者全員にクリアピクチャを提供している。

(スライド) FEMA が計画した会計年度の義務要件と救命関連の実績費紹介。

(スライド) その他関連情報の紹介。

- ハリケーン別の FEMA の支出額は
 - Harvey total \$16,272,991 (Federal \$14,842,314/ State \$1,430,676)
 - Irma total \$4,573,054 (Federal \$3,909,150/ State \$663,904)
 - 予防防災に使える比率を示して動機づけしている、Harvey は 20%、Irma は 15%

(4) 米国でのハリケーンによる避難 Chris Peniey

- 避難に関する FEMA の取り組みは平時に備えとして行われ、脅威発生時にも対応がとれるよう図るものである。
- ハリケーン避難では一般的に、住民自発的自助避難としており、各人の責任において車両などを使いより安全な地帯に避難するようにしている。
- その避難先は友人宅や親戚宅をはじめホテルとなるが、その方法が無い住民は公共シェルターが避難先となる。
- 避難発令の権限は連邦政府にはなく、州政府が住民避難を実施する。
- 連邦の役割とは、地方政府の避難実施に対し技術的アシスタントを行うこと。
- 「ハリケーン避難スタディ」は、その学習機会を州政府や地域の緊急管理者に提供しており、ハリケーンの予測のたてかたや各種ツールの提案を行い、ハリケーン・リスクの理解と避難判断の習得を推進している。
- 避難に係る意思決定のために、HURREVAC (ハーバック : Hurricane Evacuation の略) という、コンピューターによる意思決定プログラム・ソフトのツールを連邦政府が州政府、地方自治体に対し利用可能としている。予測ソフト Hurrevac は、交通量予測モデルを改良したもので、水文情報から災害の進行を予測し、交通状況から避難の開始と終了時間を計算する。

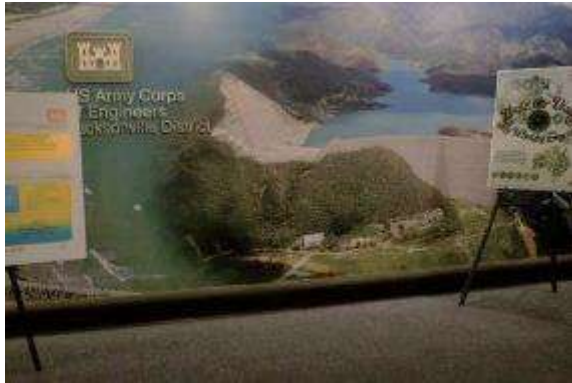
- 連邦政府にはハリケーン連絡チームが設置されており、エマージェンシー・マネジャーがハリケーン予測専門員と国立ハリケーンセンターにて共同在籍し、地方の意思決定者のハリケーン・リスクの理解向上に役立っている。
- また、連邦政府にはこれ以外に複数の避難サポートがある。緊急事態宣言時は、資金面での避難支援を行う。
- 病院等医療施設や、住民の経済的理由を含め自身にて移動や避難が困難な住民を対象とする資金支援源となっている。
- FEMA の「ハリケーン避難スタディ」におけるプロセスに、高潮による浸水リスク地域の特定がある。水害暴露人口を把握し、避難地域を特定する。
- (スライド) 事前に特定した避難ゾーン。ハリケーンの脅威レベル別にて地域を把握できる。
- 避難地域の暴露程度は、脅威タイプの種類にもよるし、また住民人口にもよる。
- 人口の少ない地域は、避難が技術的にも複雑でなく物理的にも小さいことから小サイズの避難地域とみなす。
- 逆に人口密集地域はより高い避難地域とみなし、例えば NY 州が該当するが大勢の避難者を高潮浸水からの被害回避のために6つの避難ゾーンを設けている。
- 避難ゾーンが特定されれば、各地域に対してどの期間までを避難地域とするか決定する。
- プランニングでは、様々なハリケーン・リスク・シナリオを用いてどのようなゾーンの組み合わせが避難において有効に機能するか特定する。
- 避難人口にもとづきシナリオでは、避難先への移動時間を明らかにする。
- これにて地域政府は、どのくらい事前に避難指示を出すべきかが判断できる。
- また、これにて避難路のサポートに必要な要員（警察等公的機関）数や、車両当の移動手段の必要性の割り出しにも機能する。
- 事前に避難ゾーンを特定しておくことは、避難地域の生活であることを住民に自覚させる教育機会となり、避難プランについて事前に考えることが可能となる。
- HURREVAC（ハーバック）は、ハリケーン予測情報を提供し、当該地域にハリケーンがインパクトを与えるタイミングを知らせ、それが決定者に避難発令タイミングのガイダンスを与えるよう連携している。
- 避難発令は一般的に州知事が行い、他にはカウンティ・ジャッジやカウンティ・コミッショナーが担当する地域がある。
- 義務的避難の場合、住民は避難命令に確実に応じて対応をとるようだが、自発的避難の場合、住民の認識は低くなる。
- 義務的避難に限らず住民が自動的に避難の対応をとるかは、やはり住民に避難地域であることの認識と致命的であることの周知徹底が鍵となる。
- HURREVAC（ハーバック）の一番の機能は、予測と比較して災害脅威が到着する以前に「避難スタディ」と避難発令のタイミングにおいてそのガイダンスとなりえることにある。
- 特に避難に最大 48 時間要するような密集地域もあり、それには予測の不確実性も高く、避難発令が難しい。
- HURREVAC（ハーバック）はその想定情報を提供するため意思決定の必要時には確実に判断のためのガイダンスとして有効である。
- 人口密度が高く高潮被害の大規模化が想定される NY 市は多くの自発的避難プランニングを設置している。避難教育やリスクに対する避難プランについてネットでの情報公開が充実している。
- 高潮避難ではない河川による洪水避難については現段階では大きな課題である。
- ハリケーンによる河川の鉄砲水や雨量の予測は非常に難しいもので、大河川では事前に洪水警報が発令するので避難が実施できるが、雨量による鉄砲水の被災想定地域はその発生に対

し確実な予測が不可能なため、避難の指示が困難である。

- ・ 2017年のハリケーンにおいても FEMA の対応は浸水被災者をボートやヘリ、車高の高い車両などを出動する対応であった。
- ・ 河川洪水の避難においても確実性あるフォーキャスト技術にて避難が行えるよう望む。
- ・ ハービーについてはその威力が予測をはるかに上回り、ヒューストン市の人口密度の高い地域に豪雨が発生して事前の避難を発令するには住民数が多すぎるという状況であった。
- ・ 降雨による洪水に対する一般的な認識は予測を上回る傾向にあり、事態が悪化することが多くなっている。
- ・ HURREVACは避難のタイミングを判断するためのものであり、数百万人の避難者が48時間行動するような避難は、48時間を切った状態では発令できない。Harveyがこのケースだった。Harveyでは洪水予測ができなかったから、避難指示を出せず、事後対応しかできなかった。

陸軍工兵隊ジャクソンビル地区 (US Army Corps of Engineers Jacksonville District)			
場所	米国ジャクソンビル市合同 庁舎	日時	2018年5月23日(水) 13:00-14:30
先方	Jason Kirk:陸軍工兵隊ジャクソンビル管区司令官 (Commander)、 Jerry Tim Murphy:同事業管理副部長、Logan Wilkinson:同自然災害対策官、 Juan Rodriguez:同危機管理専門官、Lisa Clark:同企画専門官		

概要



Mur) ジャクソンビル事務所の予算は通常 5 億ドル?だが、ハリケーン復旧で今年は 30-40 億ドル?

Log) チーフはプエルトリコの復旧支援に出張している

South Atlantic Jacksonville (SAJ) Emergency Management

- 災害対応は地方から Local→State→Federal。工兵隊は FEMA 支援と軍任務を実施。
- FEMA 支援は、道路啓開、応急復旧、人命救助、物資供給
- USACE の任務

Disaster Preparedness

Emergency Operation --- 破堤などの緊急時には業者が応急復旧。緊急時契約は電話発注などで迅速に。本格復旧は Sponsor の仕事。

Rehabilitation and Inspection --- Sponsor (州、郡、水管理組合等) の管理施設を 2 年毎に検査、検査は書面及び現地点検を厳格に行う。不適格なら施設改修を請負、維持管理計画の技術支援 (金銭補助などはなし)。

- Local sponsor operates and maintains Flood Risk Management projects
USACE inspects every 2 years
Ensures minimum acceptable performance levels for eligibility
Eligible for Federal Funds if damaged in flood or other natural disaster

Continuing Eligibility Inspection (CEI) Rating Acceptable --- Remain in Active status Minimally acceptable

--- Active status contingent upon correction of identified deficiencies Deficiencies corrected in a period of less than two years

Public sponsor responsibility to advise District of deficiency corrections Unacceptable --- Placed in Inactive status, upon notification to sponsor

Repair Policy – Criteria

Damages must exceed \$15,000 (Local maintenance) Favorable Benefit Cost Ratio (1.0 or greater)
Cooperation Agreement required

Land, easements, rights-of-way, relocations and borrow are the public sponsor's responsibility to provide at no cost to the Federal Government

質疑応答

○ 日米の違いは？

日本には河川管理者の制度がある。道路啓開や人命救助は同じ。破堤を例にすれば、危機管理として MLIT が応急復旧を行い、河川管理者として MLIT が本格復旧を行う。

○ 日本に FEMA があるのか？

内閣府が該当するが、危機管理の情報管理が中心。予算はもっていないので、インフラの復旧について市町村は MLIT に相談する。水災害やインフラの防災訓練は MLIT が主導する。

○ 米国の洪水予測は？

National Weather Service の Southeast River Forecast Center が洪水予測をしている。汎用ソフトを用い、成果は web 公開している。

<https://www.weather.gov/serfc/>

工兵隊として、必要があれば Sponsor(堤防管理者)に助言を行う。

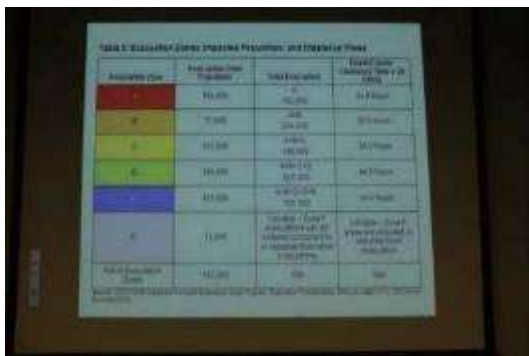
ジャクソンビル市消防・緊急事態対策課 (City of Jacksonville Emergency Preparedness Division)

場所	米国ジャクソンビル市危機管理室	日時	2018年5月23日(水) 15:00-16:30
先方	ジャクソンビル市消防・救難局 Steven Woodard 局長、Todd Smith 副局長、ユミコ		

概要



- ジャクソンビルは百万人の人口を抱えるハリケーン常襲地。2016 のマシューは東から、2017 年のイルマは西から来襲した。高潮と洪水の被害を受けるが、セントジョーンズ川の川幅が狭くなるので水位が上がる。(→説明はあったが、浸水被害は高潮と波浪の影響と考えられる。それでも 200m 以上の水面幅があり、洪水による水位上昇分は数センチメートルではないか)
- イルマの洪水水位は、被害は 1846 年以降で最大であり、ドックが破壊されるなど経済被害が大きい。サンマルコどおりの 4 フィートも冠水し、大量のがれき撤去に 40 百万ドルを要した。商店や住人が戻ってこない物件が多い。マシュー後に整備したポンプ施設などは被害軽減に役立った。
- 2017 年 5 月 1-3 日にはハリケーン対策訓練を行ったが、イルマはシナリオ通りには来なかった。
- 浸水する地域を 6 ゾーンごとに避難指示の判断する。ただし、土地の低いゾーン A と海沿いのゾーン B はいつも一緒に出している。避難指示は、気象局の情報に、消防・救難局が助言を加え、市長が判断を下す。それを危機管理室で、電力、水道、空港、道路、学校などの管理者に伝達し、ブリーフィング室で報道機関に伝える。
- 避難指示はタイミングが重要。風が強くなる前に避難を終えること、夜間の避難は避けること、学校を閉鎖し避難所として整理してから開始することなどを考慮する。避難指示の内容は、「ゾーン A の住民は明日夕方までに避難を完了せよ」というような内容なる。それに先立って「6 時間後に避難指示を出す用意がある」という警告発表を行う。



- 避難行動に必要な時間は FEMA プログラムの Hurrevc を使う。算出された時間に、橋の閉などの不測の事態に備えるための 20 時間を加える。ゾーン A の場合は 34.5 時間と

なる。イルマの場合は、雨が降って潮位が上昇した 9 月 11 日月曜の 4 日前、木曜から非難を開始した。

- イルマの際には、実際に避難したのは 45 万人で、行先は個人が判断する。親戚やホテルなどが多く、避難所に来たのは 3000 人以上、水没地から救助したのは 400 人だった。避難する必要のない人の避難（shadow evacuation）が多かったという報道があったが、決して多くはないのが実態だ。
- 療養所（Nursing house）は避難計画を作成することが義務付けられており、入居者を避難所や病院に搬送する。病院にも避難計画があり、垂直避難や他の病院への搬送を行う。搬送先となる病院は郡政府の医療スタッフが全病院と連絡を取って調整している。特別なケアが必要な人の情報の登録制度があり、保健所がすべて把握している。

陸軍工兵隊 水資源研究所 (US Army Corps of Engineers Institute for Water Resources : IWR)			
場所	IWR (Institute for Water Resources 工兵 隊の研究機関)	日時	2018年5月23日(水) 14:30 – 17:00
先方	William S. Logan IWR, Acting Deputy Director (副所長代理) 兼 ICIWaRM Deputy Director (副所長) Jeannette M. Baker, IWR, Biologist Stacy Langsdale, IWR Doug Bellomo, IWR, National Flood Risk Management Program Will Veatch, USACE New Orleans District 水文技術者 (リモート) Rob Mason, USGS (リモート) Lea Adams, IWR, HEC (Hydrologic Engineering Center、水文工学研究センター) (リモート)		
概要			
<ul style="list-style-type: none"> ○ IWR は 1969 年 (環境法が出来た年) USACE から独立してつくられた。USACE を支える研究機関。5、10、25、50 年先の将来に USACE が何をするべきかを今の時点から考える機関。道路、海岸線、洪水、航路など土木全般についてサポートしている。例えば 1980 年代に mitigation を広めたのは IWR。将来の研究の例としては USACE の主要事業である航行事業を外注したらどういったことが発生しうるかについての研究など。 ○ デンバーとピッツバーグに支部がある。 ○ 米国は広く、様々な特徴を有している。各地のリーダーに、どうやって将来の災害に備えるかを伝えている。 ○ 米国は気候変動にはフォーカスしていない。海岸の分野では関心はある。海面上昇にアダプトできるようにしておく。河川の場合は脆弱性のリスクを考える。 ○ 回復力、決壊しても直ぐに直せるようにしていくのも考えられる。 ○ ニューオリンズ、ミシシッピ川の堤防では、洪水や高潮のために堤防をアップグレードしている。 ○ ノースダコタ、ミネソタで堤防をつくる時、最近の雨の降り方を考えて設計している。 ○ 工兵隊は約 40 年間新しいダムを建設していない。最後はおそらく Seven Oaks Dam。 □ (Wikipedia) Seven Oaks Dam is a 550-foot (170 m) high earth and rock fill embankment dam across the Santa Ana River in the San Bernardino Mountains, about 4 miles (6.4 km) northeast of Redlands in San Bernardino County, southern California. It impounds Seven Oaks Reservoir in the San Bernardino National Forest. □ The dam was proposed in response to major floods in the mid-20th century, and was constructed between 1993 and 2000. Seven Oaks is a dry dam that serves almost exclusively for flood protection to Orange, Riverside and San Bernardino Counties. One of the largest embankment dams in the United States, the dam was built by the U.S. Army Corps of Engineers (USACE) and is owned and operated by local flood control districts. ○ ICHARM とチリとの関係が一番長い。UNESCO の活動にも参画 (ICIWaRM)。 ○ 2,220 の堤防 (14,150 マイル)、1,200 のスポンサー (費用負担共有者)、70% の維持管理は州・カウンティ・市政府が行っている。(National levee database より) ○ 2,220 の堤防はすべて着手済み。まだ実施すべきことはあり、1,600 の堤防を対象として行った堤防の主たる危険要因 (≒破堤要因) の上位 4 つは越水 (≒高さが足りていない等、40%)、漏水・パイピング (17%)、侵食 (15%)、水門等の不具合・不適切な操作 9% であり、引き続き対応は必要。 ○ Managed Overtopping of Levee Systems (堤防高さを一部低くして最初に越水する位置を限定) の説明 ○ (https://www.wbdg.org/FFC/ARMYCOE/COEECB/ecb_2017_15.pdf) ○ Silver Jackets Program (連邦・州政府の洪水対応の取組をシームレス化) の説明 			

- (<https://silverjackets.nfrmp.us/Home/About-The-Silver-Jackets-Program>)
- 水位計はまだまだ足りない。あと 270 万か所足りていない。現在 DHS (Department of Homeland Security : 国土安全保障省) とともに安い水位計を開発中 (流速は測れずとも水位だけは測れる)。
- カトリーナの後、リスクコミュニケーションが重要になってきた。

将来の海面上昇の考慮手法 :

- 海面上昇影響が懸念される全ての工兵隊プログラムで同影響を考慮することが明確な方針とされている。これは、(平均的な) 海面上昇が、熱波、高温とともに確度が高い事象であるためである。一方、豪雨は、気温上昇に伴い大気中に含まれうる水分量が多くなることから将来増大が予想されるものの、確度は海面上昇ほどには高くない。さらに、渇水の将来変化予測については、どこかに大量に雨が降ればほかのどこかで雨が不足することは予想されるものの、豪雨の将来変化予測よりも確度は高くない。このため、海面上昇のみ変化速度まで予測し方針を明確にした。海面上昇以外の豪雨、渇水の将来変化については、いつ起こるのか、どの程度であるのかわからない。
- 海面上昇予測は Envelope (包み) 型として幅をもって示している。この幅は「合理的に起こりうる範囲」であるが、この範囲の中のどのような値になるうとも対応できるようにする (adaptive) 方針。対策を追加可能としておくことが基本方針。
- 追加対策実施に必要なリードタイム (長さはプロジェクトによる) に基づき閾値 (threshold) を定め、モニタリング結果に基づきかさ上げを行う (ニューオリンズでは 10 ~20 年に 1 回のかさ上げを想定)。
- 将来の複数の海面上昇シナリオのうち、施設設計上は、プロジェクトによるが、中央に位置するシナリオを使うことが多い。
- 豪雨の増大傾向については、定量的に信頼性をもって言いにくく、定性的に考えるようにしている。
- 河川洪水対策については、上記リードタイム・閾値設定による adaptive approach は受け入れ可能な考え方の 1 つと考えられるが、実際のリードタイム・閾値の設定は難しい。脆弱性 (レジリエンシー) の観点からの検討が現実的であり、回復力 (復旧しやすさ) を考慮する (例 越水しても復旧しやすい施設はレジリエンシーが高い)。
- ニューオリンズ地区のミシシッピ川で、気候変動影響を考慮し、河川洪水とハリケーン高潮との同時生起を 1960 年代とは異なる手法で考慮。これは高潮による影響区間を上流に延伸することで考慮している。
- ノースダコタ・ミネソタの河川堤防で、実測データの傾向と将来予測を踏まえ、より高い堤防とした事例あり。堤防高さは費用便益比最大化に基づき設定されているが、洪水の生起確率分布を変えた (より頻繁に洪水が発生すると設定)。関連資料が見つかったら送付すること。

洪水リスク管理に係る気候変動適応上の課題 :

- 時代とともに 3 つの変化がある。これらは気候変化 (変動) と、物理的 (建物分布等) 変化と、リスク (科学が変わることで) 変化である。
- かつての「洪水との共存 (Live with floods) から「氾濫原の利用 (Use the floodplain)」「洪水管理 (Control floods)」「洪水被害低減 (Reduce flood damages)」「リスク管理 (Manage risk)」を経て、現在は「レジリエンス (Resilience)」促進に移行してきている。
- レジリエンスには 4 つの要素 (耐える、準備、復旧、適応 (Withstand, Prepare, Recover, Adapt)) がある。
- リスク管理には 3 つの要素 (評価、管理、コミュニケーション (Assess, Manage, Communication)) がある。
- 回復力には 3 つ (経済、環境、社会 (Economy, Environment, Society)) がある。
- リスク (の計算式) には 3 つの要素 (災害外力、防災施設の機能発揮、被害の大きさ (Hazard, Performance, Consequence)) がある。これらのうち、「被害の大きさ」に係る家屋の分布等を連邦政府では管理できないことがリスク (管理) の難しさにつながっている。

洪水リスクのコミュニケーションに係る工兵隊の努力と課題：

- ハリケーン・カトリーナ後リスク管理に関する考え方が変わり、リスク・コミュニケーションがより重要となり、上述のリスク（の計算式）の3要素全てに着目する必要性が増大した。
- 工兵隊の堤防安全プログラムの使命（Levee Safety Program Mission）は、人命第一である。
- シルバー・ジャケット・プログラム（Silver Jackets Program）は州中心の中央省庁横断プログラムである。現場でのジャケットの色が FEMA は青、工兵隊は赤なのでシルバー（銀色）とした。ハワイ州を除く 49 州及びワシントン D.C.で設立済み。
- アウトリーチ活動（現場出張サービス）の課題は
 - ① 職員の意識改革
 - ② 技術系職員は話下手なことが少なくない
 - ③ 一部地元によるアウトリーチ拒絶（例 不動産価格低下の心配）
- 東セントルイスでは、現場出張サービス活動の結果「堤防委員会」が出来、工兵隊と地元が話し合えるようになった。

浸水域のリアルタイムシミュレーションと情報発信：

- 現在の水位計の数は十分ではない。より良い水文モデルにはもっと必要。より安価な水位計を他省と連携し開発中。
- 予測浸水域の情報提供にフラッシュフラッド（急激に水位上昇する洪水）は含まれていない。（研究途上）
- 河道内の水位に応じた浸水シミュレーション結果をあらかじめデータベース化しておく、河道水位に応じた浸水範囲図を提供するもの。
- 人工衛星による浸水範囲把握手法は、光学画像によっているので、曇天では使えない。（NASA（アメリカ航空宇宙局）と研究中）
- Web での提供情報は、3 機関（NWS（国家気象局、National Weather Service）、陸軍工兵隊、USGS）で同じとしている。
- 浸水シミュレーションでは堤防天端での越水を仮定。（古くて品質が分からない堤防等を除く）
- 堤防のフリーボードは水文的不確実性に対処するものであり、構造的な不確実性に対処するものではない。

設計洪水を上回る洪水時の越水箇所限定手法：

- 堤防越水箇所の管理（Managed Overtopping of Levee Systems）についての指針（Guidance）が 2017 年 7 月 14 日に工兵隊で発出（No.2017-15 2 年間有効）されている。本指針は 1987 年発出指針の改定版であり、不確実性の考慮と工兵隊のプロセス変更に対応するもの。
- 堤防越水箇所選定は、選定された箇所以外の安全を保証するものではなく、避難に必要な時間稼ぎのためのものに過ぎない。
- 堤防越水箇所の選定は、地方自治体が発議するものである。工兵隊も検討チームの一員となる。
- 堤防越水箇所の選定は強制ではなく選択肢の 1 つである。
- 堤防越水箇所近傍の堤内の土地は、ケースバイケースだが、地元自治体等（Local Sponsor）が土地所有者と調整し、地役権（Flood easement）を設定するか土地を購入（取得）する。土地の接収もありうるが、法的手続きが長期に渡るし無償でない。

2017 年ハリケーン・ハービーの経験：

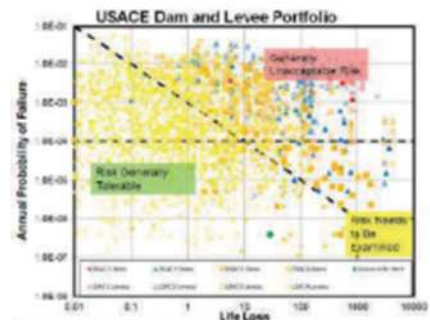
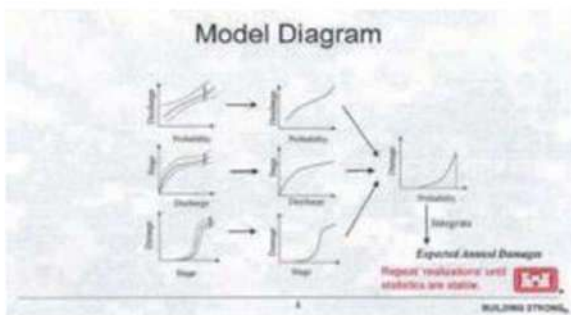
- ハリス郡では 470 万人（郡内人口の全て）が影響を受けた（学校に行けなかった人などを含む）。
- 同郡で 6 万人以上の人々が救助された。（36 人死亡）
- 同 12 万 5 千の家屋が浸水。（熱帯嵐アリソンでは 7 万 3 千）
- 同 30 万台の自動車が浸水。
- 4 万 6 千の洪水保険請求（これまでに 47 億ドル（1 ドル約 110 円として約 5,170 億円）

支払い)

- 洪水リスク管理において、実体験が重要だった。
- 可能最大降雨による洪水及び停電、インターネット・電話不通、断水に備えるべし。
- 災害前からのパートナーシップ（信頼感）の醸成が、災害時の協力において重要。
- 州ごとに土地利用・建築基準が異なる。テキサス州は独立していた時期があり、他州と違う感じ。テキサス州で湖池の上下流でも家を建てられる。


その他：

- 前日の工兵隊プレゼンのリスク分析のグラフ（横軸：洪水規模、縦軸：被害の大きさ等）の横軸の最大値（リスク分析上の最大値、下図左参照）はどのように選定するかについては、一般基準はなくケースバイケース。対象とする（堤防等）洪水防御システムのうち、計画上最大の安全度を有する点の設計規模を最大外力として選定する考えがある。
- 同ダム及び堤防の人的被害人数（横軸）と破堤等の生起確率（縦軸）との関係グラフ（下図右参照）は対策の優先順位付けに使う。同グラフ中の「一般に許容不可能なリスク」と「一般に忍耐しうるリスク」の境界線の導出根拠資料があれば送付すること。
- 堤防システム（Levee System）とは、他の堤防システムの影響を受けない一連区間のこと。
- 災害時に備えた 5 年間等の契約（prescripted assignment）がある。FEMA が工兵隊と協議する。工兵隊のホームページの「Contracting in Disasters」参照。
- 帰り際に前日の第 13 回日米治水及び水資源会議における意見交換を踏まえ整理された「Potential Discussion Topics」（次ページ）を Logan 副所長から各自手渡された。内容について議論する時間はなかったが、今後の研究協力について要調整。



Potential Discussion Topics

- Climate change follow-up – case studies, how is it incorporated into our projects?
- How do we capture total project benefits? (as opposed to just NED etc.)
- Exchange of innovation ideas and new technologies (civil engineering is viewed as "dead" or highly conservative compared to other fields of engineering).
- Continue engaging with the U.N. High-Level Experts and Leaders Panel on Water and Disasters ("HELP") – add something about strategic communications – expand this globally. (The Japanese staff the HELP Secretariat; the Dutch and Koreans are also engaged in this)
- Sedimentation issues/technologies, as they impact flood risk storage and water supply
- More detail on our respective budgeting processes, and how that affects what we do.
 - o Public-Private-Partnerships?
 - o 3x3x3 planning?
- Green/nature-based infrastructure.
- "Build back better" after disasters. Nice thought, but how do you make it happen in a reasonable amount of time given stakeholder disagreements, etc.?

レイオネア社 (Rayonier Advanced Material、化学)			
場所	米国ジャクソンビル市合同 庁舎	日時	2018年 5月 24日 (木) 9:00-10:10
先方	Mark Whyte: Manager, Risk Management C.A. McDonald: General Manager, Performance Fibers ファーナンディーナ工場		
概要	<ul style="list-style-type: none"> ○ レイオネア社の工場はアメリア島のラグーン側にある。松材から製紙を基本として様々な成否をつくっている。その過程で、硫化物、塩化物、窒素化合物など多くの危険物質を使っている。 ○ 2016年のハリケーン マシューとイルマの際の高潮は過去最大の1898年のときより0.7m低かった。工場周囲の土堤をかき上げしており、冠水することはなかった。 		
			
<ul style="list-style-type: none"> ○ 非常時の行動計画は、ハリケーンシーズンに入る毎年 6 月に、実態に合わせた見直しを行っている。行動計画には保険会社 FM Global (https://www.fmglobal.com/) の指導を受けている。同社は、世界中の他業種の防災計画の情報を持っている。例えば同社の指導を受けて、工場内のモーター施設を更新する際、できるだけ高い所に移すようにしている。 ○ 避難行動は数日前から準備を始め、実際に避難指示が出れば、10~12 時間以内に工場を閉鎖し、最後に電力を落として、24~36 時間以内に全従業員の島外避難を完了させる。工場内の危険物はタンクからできる限り抜く。逆に非危険物は満タンにして動きにくくする。製品はなるべく搬出し経済的損失を回避する。鉄道車両やトラックは島外に避難させる。 ○ 工場から 15km 離れた州間道路 17 号沿いにあるホテルの部屋を借り切っておき、社としての危機管理室を設置する。近傍にある郡の危機管理センターに危機管理責任者を派遣して、情報の収集と提供に努める。また、4 時間ごとに全従業員に最新情報を配信する。 ○ ハリケーン後は、まず復旧チームを派遣し、電力、送電状況を確認し、必要あればガス発電機を設置する。また、公共発注の道路啓開を手伝う。安全確認後、郡危機管理センターの了解を得てから従業員を向上に戻す。工場は 2-3 日で閉鎖できるが、復旧には 3-4 日かかるので、操業停止は 7 日程度になる。 			

質疑応答

- 避難計画は、FEMA が設定した 100 年確率高潮の基準にして、保険会社の助言を得て、リスクアセスメントを行う。基準水位は、100 年確率以上の高潮も想定して、昨年秋により高い水位に独自に見直した。
- 工場用水の書くのについてはフェルナンディーナ市との上水契約に加えて、散在する 9 本の井戸を確保している。フロリダ帯水層を工場用水に利用できる。
- 1939 年創業で 1940 年代には災害が多かったと聞いている。1994 年以降では 4 回の工場閉鎖を実施した。1999 年と 2016 年のマシュー、2017 年のイルマ。



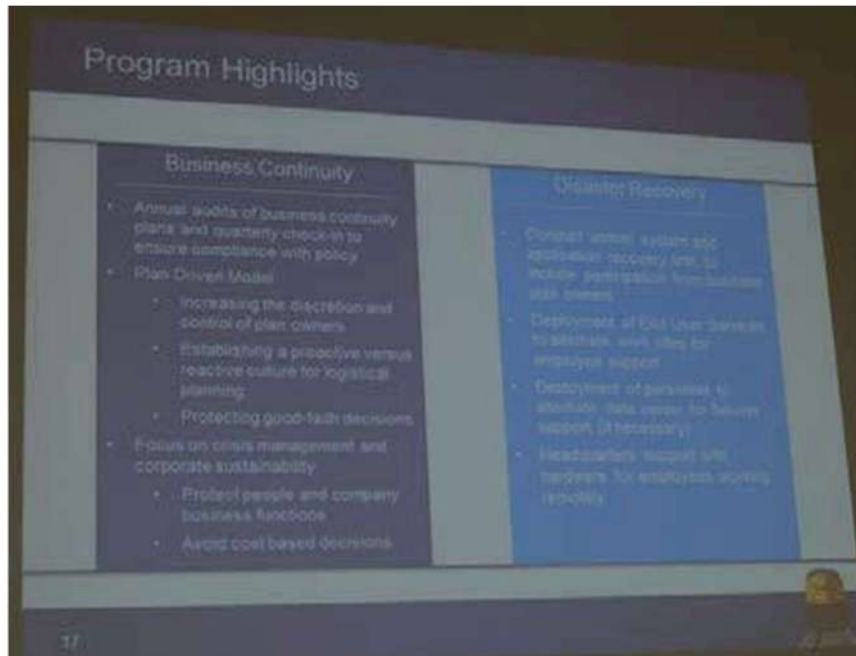
(参考情報) アメリア島の北にはセントメアリーズ川の河口を挟んで海軍の原子力潜水艦基地がある。河口の両岸に導流堤を設け、水深 55 フィート (16.7m) を確保。ちなみに、セントジョーンズ川は潮流の関係で 70 フィート (21.3m) ある。

CSX 社 (鉄道貨物)			
場所	CSX Emergency Station	日時	2018 年 5 月 24 日 (木) 10:30 – 12:00
先方	Jack Gibson: Manager, Infrastructure Protection Chris Machenberg: Director, Hazardous Materials		
概要			



- CSX 社は東海岸 23 州の 22 千マイルの鉄路を取有している。Business Continuity & Disaster Recovery Program の対象は、People, Facilities, System, Supply chain
- ハリケーンの進路等の情報は、研究契約を結んでいる南アラバマ大学から入手。同大学はカトリーナの進路を正確に予測した唯一の実績を持っている。
(<http://www.southalabama.edu/alert/hurricane.html>)
- イルマの場合、9 月 1 日からハリケーン監視を始め、Executive Council と常時情報共有体制をとった。4 日には影響必至と判断し、災害対策のホテル手配、避難準備等をはじめた。6 日に災害宣言し、11 日に上陸となったので、準備には 5 日間の時間があった。被災後は 3 日で水が引いたので、郡危機管理センターから現地に戻ってもよいという承認をもらい、復旧チームが活動を始めた。
- テキサス州でハービーによる洪水が起きていたので、イルマに振り向ける連邦の準備がなかった。そのためオハイオ州から発電機を調達した。また沿線の全郡との協力体制を組み、鉄道他社とも共同準備を行った。
- イルマの際に行った特別な活動は、
ガソリン車輛 22 輛をジョージア州に送り、そこでトラックに小分けをしてフロリダ州各地に展開家畜の飼料を大量輸送(FEMA の指示による)
- マシューの際には倒木 7000 本、橋の流失などがあったが、イルマでの施設被害は軽微だ

った。その他、プログラム全体での教訓は、
Plan-driven Model --- 計画遂行者の裁量権を尊重、待つなProtect
good-faith decision --- 現場の良識ある判断にまかせるAvoid
cost-based decision --- 災害対応時はビジネス感覚を捨てる



質疑応答

- 災害時にすべてのリスクに対応するのは不可能。CSX 社が存続するためには、ジャクソンビルの本社機能を守ることを中心に考える。災害対応でやるべきことの基本は一つであるが、被災状況に合わせた対応が必要。
- 事後評価はすべてのレベルで必ず実施する。過ちを正さなければまた同じ過ちを繰り返すことになる。それでは鉄道事業を行う資格はない。悪い情報を持っていたも改善はなく、修復により時間がかかるだけ、と車内で申し合わせている。

バプテスト医療センター (Baptist Medical Center)			
場所	Baptist Medical Center	日時	2018年5月24日(木) 14:00-16:00
先方	Karen Ketchie: Director, Emergency Management, Baptist Medical Center Samuel Dean: Director, Plant Operation, Baptist Medical Center		
概要			



- ハリケーン イルマの際には高潮と強風でピーク時には 15 フィート (4.5m) の波が押し寄せた。5 フィートの護岸を越えたため、土嚢とベニヤによる仮堤防をつくったが、土嚢は流された。診察病棟の敷高は海拔 7.5 フィート (2.3m) であり、地下室に 3 インチ (7cm) の浸水があった。外来病棟は敷高 6 フィートで (1.8m)、一階が 6 インチ (15cm) 冠水した。



- ハリケーン・イルマの被害で得られた教訓は次のとおり
 - ・ 事前計画画と防災訓練の重要性

- ・ 資材備蓄の必要：ベニヤ板、留め具、テープ、ポンプ
- ・ 充填済み土のう（災害時の充填では遅い）
- ・ 部門別チームと応援チームの編成
- ・ 復旧チームの確保（遠隔指示、設備業者の調達、応急復旧）

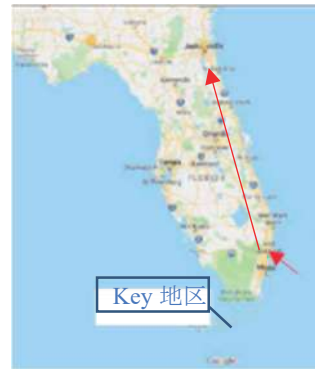
- ・ 生命維持機能が最優先 → 電源、医療ガス、燃料の確保
- ・ 医療行動はその次 → 薬剤、消毒、食糧、緊急搬送
- ・ 施設の保護が必要 → 強化ガラス、防水扉、排水ポンプ



- ・ 人材こそ最大の資産！人材活用には最新の注意を、嵐の前も、最中も、事後も！
- 避難時の患者の受け入れは？
- ・ Duval Council Health Department が Interagency Coordinating Program (ICP) に基づいて行搬送先を調整する。
 - ・ 病院としては受け入れるべき患者を受け入れるだけ。患者の移動はできるだけ早いほうがよい。避難所や在宅に、ケアの必要な患者がいると全体に負荷がかかる。
 - ・ 新生児や妊婦は当病院が受け入れた。転院する場合は、南部の姉妹病院へ送った。患者の移送コストは病院がもつ。
 - ・ 小児科では、15-20 人の患者を受け入れると付き添い家族を含めて相当のスペースや電気が必要になる。治療が不要でも。
- 浸水の実被害は？
- ・ 病院の地下には、外来や事務室になっている。ただ、薬局の薬の移動は大変だった。
 - ・ イルマでは停電はなかった。非常用発電機は、海拔 20 フィート（6m）以上に置いており、送電系統全体が水が来ない高さにある。
 - ・ 飲料水はボトルウォーターを備蓄している。また 1200 フィート（360m）の井戸があり、毎年の水質検査で飲用に適するとされており、これを逆浸透処理すれば人工透析にも使える。
 - ・ 浸水を防ぐための止水扉や角落しなどは、今年のハリケーンシーズンまでに完成させる。
- 病院独自の安全対策は？
- ・ 100 年確率の推移は 6 フィート（1.8m）だが、重要機材は 12.5 フィート（3.8m）以上に置く。
 - ・ 燃料備蓄は 96 時間分あり、天然ガスはパイプラインで供給される。ディーゼルは市内の業者から届ける契約で、これまでに燃料が途絶えたことはない。

フロリダ州危機管理部防災センター (Florida Division of Emergency Management)			
場所	フロリダ州危機管理部防災センター	日時	2018年5月24日(木) 14:30 - 17:00
先方	アルベルトモスコソ危機管理部長、アンジェラボンズ法務課長		
概要	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1992年のハリケーン・アンドリューを契機に防災センターが建設。 ○ 屋根や壁はそれぞれ時速 200 マイル、160 マイルに耐えられるようになっている ○ 8000 ガロンの水 (3~4 日分) やコンピューターのためのバックアップ電力が用意されている。必要があればここは洪水が出る場所ではないが風の影響はあるので風が出る前に発電機を持ち込む。冷暖房の設備もある。燃料はタンクにディーゼルが入っており4~5日はもつ。 ○ この部屋が活動するのは緊急時のみ。年間のある時期だけの何回かだけ活動する。小さいときには2~3の county だけの場合もあるし、昨年イルマのような場合もある。スタッフの大小も必要に応じて決める。 ○ 最長の開設期間は1998年の災害で222日間。イルマでも40日間だった。 ○ Emergency Support Function (ESF)がセンター内にそれぞれ個室で設置されているのが特徴。 ○ ESF は ESF 1~12 までは国内で共通の番号、13 以降はそれぞれカウンティごとに関係の深い分野に応じて設定。(以下のサイトを別途調べたところ、15 までは規定されている模様) https://emilms.fema.gov/IS230c/FEM0104160text.htm ○ 18 の ESF 全てが部屋を持っており、中央のフロアにも席をもつてつながっている。 ○ ESF の各部門は例えば、緊急時にサービスを提供する部門では法の執行機関である警察や医療、軍などが入り、インフラの部門では橋梁、道路、電力、水道などの関係する部署が入っており、人的サービス部門では避難所の提供、ペットの世話、人への水などの提供、赤十字などが入り、テクニカルサービスでは GIS などを扱うなど、それぞれの目的に応じて同じような機能を果たしている機関が入り、一同に会せるようになっている。 ○ フロリダ州には 67 の county があり、county が支援を必要とする時支援する。 ○ county からの要請では何が必要かを求め、それに対して様々な機関を組み合わせ対応する。 ○ メディアルームもEOCの一角に設けており、記者はほのめたいだけいることができる。 ○ ESF は全ての州にあるが、同じフロアになければいけない訳ではないが、フロリダ州としては、一同に会することができるのが効率的と思っている。 ○ [参集(設置)する基準はあるのか?] 予報からハリケーンが来ることが分かっている場合と竜巻のように突然起こる場合など事象は様々だが、竜巻で死亡者が出たらすぐに開設する。ハリケーンの場合は予報に基づき判断するが課題もある。例えば、ハリケーンが来る前に避難のため4~5日前に避難所を開設するので予報よりも早く設置する。また、天候だけではなく山火事が county に影響を与える場合も設置する。自然災害だけではなく、航空機や列車事故の場合もあるし、フロリダの場合ロケットの発射の時やレースの時もある。 ○ [アンドリューの教訓とは何だったのか?] 以前は、各機関がみんな一緒になってうまくいかなかった。ESF がありランチがあるありと区別した方が危機管理しやすく効果的な活動ができると考えた。例えばアンドリューの時、ESF16(法の執行機関)では、それぞれの機関が別々の行動であった。今は、ESF で調整がとられるようになった。 ○ フロリダでは mandatory evacuation 強制避難は、今避難をしないとすぐにはレスキューできなくなる、という意味であり、テキサス州のように避難指示に従わない人をレスキューした場合にレスキュー費用を請求するというような罰則は設けていない(テキサスはテキサスのやり方、うちうち、とのこと)。 ○ フロリダでは、ほとんどが沿岸に住んでいる。800万人がマイアミ、400万人がタンパ、他にオーランドやジャクソンビル。他にはあまりいない。 ○ フロリダのハリケーンでの避難の基本は「高潮から逃げるために少し内陸に入りなさい」というもの。南百マイルも逃げるのではなく、数十マイル内陸側に逃げてもらいシェルターに入ってもらおう。したがってカウンティをまたいで避難は基本的には起こらない。仮に起こる場合は州政府が調整役に入ることになる。想定浸水エリアなど、どこが安全かはカウンティが把握している。 		

- だだ、イルマの時はハービーのことがあり人々は不安になり必要以上に長距離の避難をした。
- 例外が **Key** (キー) 地区。ここが一番避難が難しい。ここは避難場所がない (しない?) ため、3、4日前には避難を開始してもらおう。義務的な避難だと言っても、強制的に出すことは出来ない。ただ、義務なのに避難しなかった場合、すぐには救助できないとしている。州全体でそうしている。強制避難命令が出て避難しないということは、自分で自分を危険にさらす判断をしたことになる。すぐに救助できないということは、平時から周知しているし、新しい住民は知らないかもしれないので発令時にも知らせる。一般にみんな分かっている。出来る限り救助はするが、命令によって逃げなかった人を救助するために他の人を危険にさらすことになってしまう。
- ハリケーン・イルマの時、危機管理の人間として難しかったことは、嵐の経路が変わったこと。ハリケーン・マリアの場合は、多くのハリケーンがフロリダ州を横断するのに対しハリケーン・マリアはフロリダ州の東側から近づき、フロリダ州の南を通過して西側に抜けると思われたが、経路を急ぎよ北に変え、フロリダ州の中央の”背骨”を縦断したこともあり、東側に住むマイアミ住民はいったん内陸側 (西側) に逃げたものの、内陸側をハリケーンが北上することがわかり、ハリケーンから逃れるように北側に避難した (下図赤線はアルベルト部長が手で示した避難ルートを図示したもの)。これはあまり想定しなかったものである。ハリケーンが南側から来ると半島全体に影響があり、イルマは大変だった。



- [フロリダでは観光客が多いが何かやっているか?] 1日 300 万人がフロリダにいる。2000 万人の住民に対して 300~400 万人。それに対するプランを立てる必要がある。多言語での警告などの援助をするし、観光客であろうとシェルターに入ってもらおう。観光客であろうと住民であろうと区別しない。
- [どういう範囲で発令しているか?] それぞれの county が浸水ゾーンを知っている。州も知っているが州としては county を支援する。County がローカルで決定し発令する。
- [発令範囲は county 全体など広めかそれとも限定的か] 想定より広めに避難指示を出すということはない。避難指示は National Hurricane Center の予報に忠実に従い行く。それより過大/過小に出すということはない。NHC が熱帯低気圧の強度を出す。それが最初の警告。警告を EMC に持ってきて取締局や運輸局と協議をし、その情報をもとに county にアドバイスをする。発令は county。EMC は発令範囲を誇大にすることはない。county も脆弱な地域を良く分かっている。フロリダは嵐が多く練習もたくさんしている (冗談ぽく)。移動させる人はなるべく最小にする。本当に避難が必要な人は誰かを見極める。County 全てでどうこうということはない。この人達だけは避難しないとイケないというのを考える。(アルベルト部長が手で示したところとコメン

ト)

- 東京も避難しなければいけない地域を区域して取り扱うと思う。ヒューストンもそうだと思う。ヒューストン全体ではないと思う。ただ、我々もヒューストンと同じでイルマの場合は内陸まで影響があった。ガルバストンはもっとずっと低いところなのでフロリダよりも内陸まで影響が及んでいる。
- [テキサスでは郵便番号を活用した避難対策をやっていたがフロリダも同じか?] 郵便番号ではなく、地理的な条件で決めている。
- everbridge という民間会社のシステムを使用 (ALERTFLORIDA)。自分で地図上に範囲を書いたり、あるいは既定の範囲を選択することによって、選択した範囲内の人たちにアラートメールを送ることができるシステム
- カウンティが避難情報の発令の責任者。カウンティによって County Commissioner の chairman (郡政委員長) が発令したり、Sheriff (カウンティの保安官) が発令したりする。州が発令することはないが先ほどの everbridge でメッセージを送ることはする。その場合、county の発令と衝突しないようにする。市は出さない。
- [避難先の確保は行政か、ホテルや親せき宅、又は赤十字か?] フロリダでは多くの人がホテルや親せき宅に避難する。カウンティが避難所を開く責任がある。ホテル等の行くところがない人は自治体がシェルター (学校や教会) を開放する。開設には赤十字や county の職員、ボランティアの人達など前もって訓練を受けたたくさんの人が支援する。警察が避難所のセキュリティーを担当する。マイアミには 800 万人、タンパには 400 万人ほどの人口がいるが、カウンティが用意するのは 20-30 万人分程度であろう。全員分など不可能なので。
- 事前の避難の呼びかけによる避難者に対しては、寝袋や枕、薬などの持参をお願いする。水や食料はカウンティが提供する。
- 被災したがゆえに避難せざるを得ない人たちに対しては、カウンティが様々提供する。
- [フロリダではなぜ避難命令を出せたのか。テキサスでは移動中の被災を懸念して出さなかったが] Texas はハリケーンの進路も強度も変わったことで出せなかったのかもしれない。フロリダでは、避難の決定は NHC の予報に基づいて行う。地理的な要因によって決まっている。どの地区がどれくらいの避難時間がかかるか分かっている。Key (キー) 地区では 96 時間かかると分かっている。
- [county を跨がる避難について、例えば、避難命令が出ている county から出ていない county に人がいく場合、避難所の開設など課題があるとおもうがどう調整しているのか?] 発令が出ていない county へ出ている county から人がいくことはある。イルマの時は州全てで、州知事の命令が出て全 county が発令した。州知事の命令は避難命令を出す準備をせよ、シェルターを開ける準備をせよというもの。最後は、NHC の情報に基づき county が行動をとる。大都市はシェルターを開く能力がある。学校の建設の時にもシェルターに出来るようにすることが盛り込まれている。カウンティをまたいでの避難は基本的には起こらないが、仮に起こる場合は州政府が調整役に入ることになる。
- 67 のカウンティのうち 44 は高潮の影響を受けうるので、それらカウンティは高潮避難ゾーンを設けている
- また全てのカウンティは大雨により洪水被害を受け得る低平地を有しておりそう認識されている。
- トレーラーハウスや構造上不十分な建物の居住者は避難命令が下される。
- 健康状態を保つための機器などに電力を必要とする人は避難が促される。
- ハリケーン・イルマについては、約 680 万人が避難したと推計している。
- このうち 380 万人は高潮避難ゾーンに住んでいたたりトレーラーハウスの居住者等である。
- 残りの 300 万人は、洪水被害を受け得る低平地の居住者や、shadow evacuation (避難対象者ではないけれども避難した人) の人たちの合算値である。
- shadow evacuation も問題ではあるが、遠すぎるほどに避難してしまうことも問題。道路渋滞や燃料不足、日用品の不足やホテルの不足、近隣州への影響も出てくるため。
- 必要なのは風にも耐えられるきちんとした建造物、それはがれきからも守られているものである

必要があり、かつ高地に建てられている必要がある。

- 課題としては、一人一人の事前の準備をきちんとしてもらうことにある。本来であれば数ヶ月前からこの家庭でハリケーンの備えをする必要があるが、ほとんどの人はハリケーンが近づいてきてから準備を始めている。



米国ハリケーン・ハービー／イルマに関する
現地調査報告書 第二版

2020年5月7日発行 非売品

編集・発行

国土交通省・内閣府・防災研究者合同調査団
事務局 一般財団法人国土技術研究センター

無断で複製・転写することを禁ず