

図3 ハリケーンの上陸地点及び高潮の発生要因
(出典：経路NOAA1), 地図Google. 時間は米国東部夏時間)



写真1 調査団一行

沿岸レポート

国際

ハリケーン・サンディによる米国東岸高潮災害の現地調査

一般財団法人 沿岸技術研究センター
独立行政法人 港湾空港技術研究所 調査団

はじめに

2012年10月29日夕刻にニュージャージー州南部に上陸したハリケーン・サンディ(Hurricane Sandy)に伴う高潮・高波により、米国東海岸ではニューヨーク州とニュージャージー州を中心に大きな被害が生じた。

そこで一般財団法人沿岸技術研究センターと独立行政法人港湾空港技術研究所は調査団を結成し、現地における被災状況の調査を行った。写真1の調査団(独立行政法人港湾空港技術研究所・高橋重雄・松崎義孝・伴野雅之、一般財団法人沿岸技術研究センター・高山知司・合田和弘)は、初日にThe Port Authority of New York & New Jerseyを訪問し、港湾部長のRichard M. Larrabee氏らに被災状況のヒヤリングをした。Port Authorityはニューヨーク州とニュージャージー州の港湾、空港のみならず、PATH(鉄道)、橋、トンネル、ワールドトレードセンターを運営しているため、各種の施設や大都市部における被災の情報を入手できると考えた。二日目以降はニューヨーク州、ニュージャージー州沿岸の被災状況調査を行った。

【調査期間】 2012年12月7日~14日(移動を含む)



図1 現地調査を行った場所(地図出典:Google)

【調査行程】 12月7日:The Port Authority of New York & New Jersey訪問、情報収集。
12月8~12日:ニューヨーク州、ニュージャージー州調査。

【調査場所】 ニューヨーク州都市部Manhattanとその周辺のBrooklyn, Queens, Staten Island, Long Islandsの各地、ニュージャージー州Hoboken, Atlantic City、ニュージャージー州郊外住宅地詳しくは図1参照。

ハリケーン・サンディの概要

ハリケーン・サンディは2012年10月22日に西経78.7度、北緯12.7度付近で熱帯低気圧として発生し、その後ハリケーンとなった。Categoryは1から2で最大風速は51m/s、最低気圧は940hPa、最大直径は1600kmであった。

ハリケーン・サンディの経路を図2に示す。はじめは南に進み、途中から進路を北に変えてそのまま北上し、勢力を拡大しハリケーンとなった。ハリケーンはCategory1の状態で大西洋を北西、北、北東、北と進路を変えながら移動した。最後は北西に向きを変えて、10月29日18:00頃米国ニュージャージー州のAtlantic City周辺に上陸した。ハリケーン・サンディの上陸地点を図3に示す。

不幸なことに死者(2次的なものも含む)、行方不明者

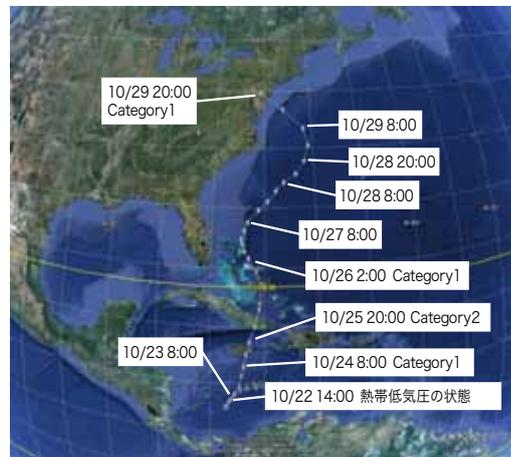


図2 ハリケーン・サンディ経路
(出典：経路NOAA*1, 地図Google. 時間は米国東部夏時間。)

は8カ国(米国、ハイチ、キューバ、バハマ、カナダ、ドミニカ共和国、ジャマイカ、プエルトリコ)で300名以上とも言われており非常に多い。米国の被害金額は少なくとも500億ドル(約5兆円)と言われており、これは米国東海岸においてハリケーン・カトリナ(約1089億ドル)に次ぐ被害額である。

図4はニュージャージー州の沖合(NOAA NODC測定地点名:44065)で計測された風向風速および波高波向である。これを見るとハリケーンの上陸した29日は20m/s程度の北東風が吹き続けていることが分かる。この海域では図3に示すように、北東風の時にフェッチが長くとれる。また、この海域では幅が約100km、水深100m未満の大陸棚が続いており、比較的水深の浅い大陸棚によって高潮が大きく発達したと考えられる。図4の波高と波向を見ると、30日0:00頃に有義波高が最大で10m近くまで発達しており、この波は南東の方向から来襲している。

図5は各地の天文潮位、観測潮位、観測潮位と天文潮位の差(高潮偏差)の時系列と平均満潮位を示している。基準は大潮平均低潮位(MLLW: Mean Lower Low Water)である。図5から、ニューヨーク州、ニュージャージー州沿岸域で2~4mの高潮が生じていたことがわかる。潮

参考文献 ※1 Tropical Cyclone Report Hurricane Sandy, National Hurricane Center in National Ocean and Atmosphere Administration, http://www.nhc.noaa.gov/data/tcr/AL182012_Sandy.pdf
※2 New York City Office of Emergency Management, http://www.nyc.gov/html/oem/downloads/pdf/hurricane_brochure_english.pdf



写真4 Breezy Pointにおける高潮による家屋の被害



写真3 Manhattan 14th Street周辺 (図6参照)
(点線は浸水痕。地盤から1.3m)



写真2 被災時のHoboken PATH Station (図6参照)
(The Port Authority of New York and New Jersey提供)

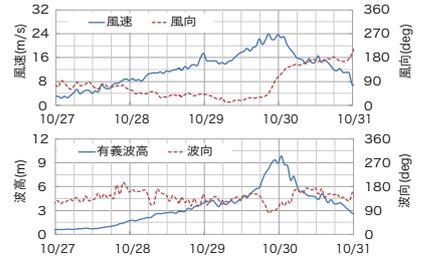


図4 ニュージャージー州沖における風と波の観測結果
NOAA NODC測定地点名: 44065 (図3参照)、風向風速計測高度: 海面より5m

位置は南部より北部が高い傾向があり、Kings Point, The Batteryといったニューヨーク市街地及びその近郊において観測最大潮位は4 m以上となった。Kings Pointの高潮が高いのは、図1で分かるように北東風によりLong Island湾で特に吹き寄せの効果があつたためと考えられる。The Batteryでは、天文潮位が高い時に高潮が来襲し大きな浸水被害が発生した。図5において紫色の水平線が示す平均満潮位を超える潮位の継続時間は24時間程度で、潮位が長時間に及び高い状況であつたことが分かる。

都市部における災害

ハリケーン・サンディによる災害の特徴の一つは、Manhattanのような大都市部における社会基盤関係の被害が大きいことである。特に地下トンネル、地下鉄、地下街、地下駐車場、発電所施設は深刻な被害を受けた。図6は10月28日午前(ハリケーン上陸1日前)にBloomberg、ニューヨーク市長が発表した、ニューヨークの浸水予想図と指定避難場所及び写真2と写真3の場所を示している。予測浸水図は実際の浸水場所とよく一致しており、浸水した範囲はZone Aのほぼ全てとZone Bの一部の地域と考えられる。写真2は被災時のHoboken PATH Station が浸水している様子である。ManhattanのWorld Trade Center駅とニュージャージー州のHoboken駅を結ぶ地下鉄は約3ヶ

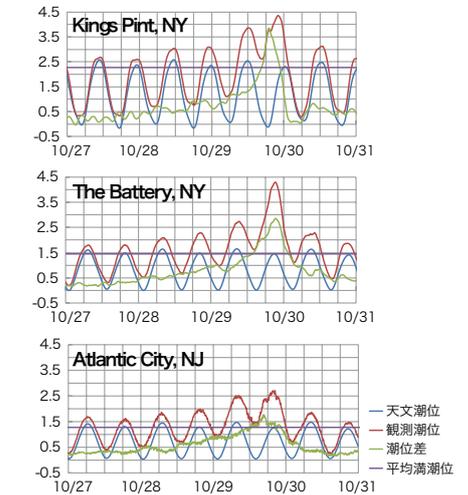


図5 各地の潮位の時系列。基準は大潮平均低潮位(MLLW)
(出典: NOAA NODC、位置は図1参照)

月後の2013年1月30日に運行再開した。Manhattan南部にあるBattery Tunnelも浸水被害を受け、約2週間後である11月13日に一般車両の通行が再開された。Manhattanは島であり、Manhattanへ通勤等する際はトンネルか橋を通らなければならないため市民生活が大変混乱した。写真2はManhattanの14th Street周辺である。この辺りは浸水深が地盤高から1.3 mであり、Manhattanの中心で浸水深が大きい地域と考えられる。また、14th Streetには発電所施設があり、被災時には爆発事故を起こしてManhattan南部39th Street以南、図6参照が停電した。Manhattan島の停電は1週間以内で回復したが、その他の地域では3週間以上にも渡った地域もあり、災害からの復旧復興を遅らせる原因となった。また、Manhattan南部では建設中の新しいワールドトレードセンターや地下駐車場が浸水被害を受けていた。

大都市周辺部の災害

Port Authorityによると、港湾施設の被害は以下のとおりである。まず、商用電源施設や下水ポンプ、消火ポンプのモーター等が機能しなかったため、排水等の復旧作業に遅れが生じた。また、保安用のフェンスや守衛室が破壊され、瓦礫が道路や水路、バスに散乱した。コンテナ15000個、自動車90000台が浸水し、いくつかの空コンテナは移動し海底に沈んだ。バジが岸壁へ乗り上げ、道路やレールが破壊するなどの被害もあつた。岸壁の大規模な破壊はなかったとのことである。

Manhattanの周辺にはJFK国際空港とNewark国際空港、LaGuardia空港、Teeterboro空港といった4つの空港があるが、ハリケーンの影響ですべての空港が一時閉鎖した。また、LaGuardia空港ではターミナルの広い範囲が浸水し、ハリケーン通過後の11月2日まで営業再開できなかった。JFK国際空港やTeeterboro空港においても部分的に浸水被害を受けた。

沿岸部住宅地区での災害

浸水被害はManhattanのような都市部以外にも、ニューヨーク州、ニュージャージー州の広範囲にわたる海岸、特にバリアー島において生じた。バリアー島とは、沿岸砂洲が発達してできたところで、米国沿岸ではよく見られる地形である。このような場所は地盤が低く、防潮堤などの施設がないところが多いため、被害が大きかった。

Breezy Point Seaside heights (図1参照)では、火災の発生を含めた家屋等への被害が特に甚大であり、一ヶ月以上経つても街中の片づけは済んでおらず、警察が一部立ち入りを制限していた。写真4はBreezy Pointの被災状況である。火災も発生し、100件以上が焼失する被害を受けた。

おわりに

今回のハリケーン・サンディは、広範囲に及び被害をもたらした。この災害の特徴として、地下トンネル、地下鉄、地下街の浸水、停電、港湾・空港施設の被害、発電所、工場製油所の浸水被害、油流出など、大都市特有の高潮災害であつたことが挙げられる。日本の東京や大阪などの大都市で高潮災害が起きた場合、ニューヨーク州やニュージャージー州で発生したのと同じような大都市の主要社会基盤の機能喪失が考えられる。そのため、この災害を教訓として我が国の大都市における高潮対策を再度考えておくことが非常に重要である。



図6 ニューヨーク市内周辺のハリケーン・サンディによる浸水予想図、指定避難場所と調査地点
(出典: NYC Office of Emergency Management※2に加筆)

謝辞: The Port Authority of New York & New Jersey訪問の際はRichard Larrabee氏、Dennis Lombardi氏及びKenneth Spahn氏にハリケーン・サンディによる被害状況に関して親切に教えていただいた。また、国際港湾協会の成瀬進氏にThe Port Authority of New York & New Jersey訪問の際に便宜を図っていただいた。ここに感謝の意を記す。