

2009年台風オンドイ（16号）によるマニラ首都圏の水害

佐藤照子*・中須 正**

2009 Typhoon Ondoy Flood Disasters in Metro Manila

Teruko SATO* and Tadashi NAKASU**

**Visiting Researcher, National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention,*

**Tokiwa University, Japan*

***International Centre for Water Hazard and Risk Management under the auspices of UNESCO (ICHARM), Japan*

Abstract

From September 25 – 26, 2009, Typhoon #16 (Ondoy) struck southwest Luzon in the Philippines. Flood disasters caused by this heavy rainfall affected 872,097 people throughout the entire metropolitan area, causing 241 fatalities, 394 injuries, and damaging 65,521 buildings (of which 12,563 were completely destroyed). Infrastructure damages (not including agricultural losses) amounted to 570,187,587 Philippine pesos (NDCC, 2009a). We investigated the great urban flood disaster that occurred in the megacities of the developing country, which are expected to grow to a population of 25 million by 2015. The conditions caused by runoff, flooding, and damages as well as mitigation measures relating to the hydrological conditions, land environments, and social economic conditions in the Philippines are reported based on field investigations and interviews with related parties.

Key words: Monsoon Asia, 2009 Typhoon Ondoy, Urban flood, Pasig River - Marikina River - Laguna Lake complex.

1. はじめに

アジアは世界でも水害リスクの高い地域であり、世界の水害被害の約2/3がこの地域で発生する。さらに、地球温暖化に伴う海面上昇や豪雨規模の増大、流域の開発等による洪水流出の大規模化や、人口爆発等に伴う氾濫原の被害ポテンシャルの増大が水災害リスクを上昇させる可能性がある。このような脆弱な水災害環境を持つアジアにおいては、水災害軽減が重要な課題の一つとなっている。

このアジアに位置するフィリピンを、2009年9月から10月にかけて3つの台風が通過し、ルソン島中部から北部にかけて洪水災害や土砂災害による甚大な被害を発生させた。まず、2009年9月25日から26日にかけて台風16号（オンドイ Ondoy）がもたらした豪雨が、人口1,157万人（2007年人口センサス）に達するマニラ首都圏（メトロマニラ Metro Manila, National Capital Region (NCR)とも呼ばれる）やリサル（Rizal）州を中心に洪水氾濫を発生させた。その被災者は4,901,234人、死者464人、行方不明者

37人に達した。さらに、10月中旬には、台風17号（ペペン Pepenng）がルソン島北部のバギオ（Bagio）市周辺にもたらした豪雨により、土砂災害が多発した。続いて、10月下旬には台風18号（サンテ Sante）が再びマニラ首都圏とその周辺を襲った。

これらの被害の中でも、とりわけ、台風オンドイによるマニラ首都圏の水害被害は甚大であった。外水氾濫や内水氾濫の被災域はマニラ首都圏全域におよび239バラガイ（barangays；最小行政単位）が被災した。浸水深は2階の屋根まで達した所もあり、被災者数は872,097人、死者241人、負傷者394人、家屋被害は65,521棟（全壊12,563棟、一部損壊52,958棟）に達した。被害額は（インフラのみ、農業被害なし）は、570,182,587ペソ（10月27日付NDCC Report No.42）であった。マニラ首都圏では浸水のため37の道路で交通止めとなり、例えば、都市中心部では、エドサ通り（EDOSA Avenue）などの主要幹線道路が冠水、寸断され、交通マヒが発生、また、マニラ空港では国内・国際線が欠航（マニラ新聞9月27日）するなど

* 独立行政法人 防災科学技術研究所 客員研究員（常磐大学）

** 独立行政法人 土木研究所 水災害・リスクマネジメント国際センター（元 防災科学技術研究所 契約研究員）

の被害が発生した。また、住宅地での湛水による不健康な生活環境が多数の感染症の罹患者や死者を出した。

フィリピンで発生した台風による水災害や土砂災害の実態を把握し、今後の防災研究に資するために、防災研究フォーラムと防災科学技術研究所は、先遣隊を現地に派遣した。本稿では、この現地調査により明らかになった災害の実態の中から、マニラ首都圏の大規模都市水害とりあげ、この地域の洪水氾濫や被災状況から明らかになった水害リスクの概要を報告する。

なお、本稿は防災科学技術研究所の自然災害情報室ホームページ (<http://deil.bosai.go.jp/cube>) 上で公開している現地調査報告書をもとにしている。

2. 調査方法

2.1 対象地域概要

本稿では、台風オンドイによるマニラ首都圏の大規模水害を対象とするが、オンドイによりもたらされた全家屋被害の1/3、全人的被害の1/2、全経済被害の1/2がこのマニラ首都圏で発生した。大水害の発生したフィリピンの首都であるマニラ首都圏は、ルソン島南西部に位置する政治・経済の中心地である。その範囲は東西約25 km、南北約40 km、面積636 km²におよび、**図1**に示すように17の行政単位で構成されている。都市圏中心部のケソン(Quezon)市には国の行政機関が集中し、商業の中心地であるマカティ(Makati)市には高層ビルが林立し、マニラ(Manila)市は古い歴史をもつ旧市街地で、観光地としても知られている。

台風オンドイがもたらした豪雨は、マニラ首都圏全域において水害を発生させたが、本報告では、パッシング(Pasig)川・マリキナ(Marikina)川・ラグナ湖(Laguna Lake またはLaguna de Bay)流域(Pasig River-Marikina River-Laguna Lake Complex)に焦点をあてて報告する(**図2**)。なお、この流域にマニラ首都圏の大部分が含まれ、流域外となるのは北部と最南端のマニラ湾沿いの一部地域だけである。

2.2 調査の視点

水害リスクは自然的要因から社会・経済的要因まで、多数の要因が複雑に関係する社会事象である。現地調査では、水害をリスク現象という視点から、被災地域の水害リスクの特徴を洪水氾濫から被害の発生まで、総合的に把握することに努めた。

そのためには、様々な調査が必要となるが、今回の現地調査は時間が限られていたことから、この地域の水文・土地環境の特徴とその変化、洪水氾濫や被害の様相、災害軽減対応等に焦点をあて、それらが概観できるような情報を収集した。

(水害リスクの構造)



図1 マニラ首都圏の17市の位置図(MMDA 提供を編集)
Fig. 1 Map of Metro Manila (MMDA, 2009).

ここで、水害リスクの構造を整理しておく。水害リスクは、①ハザード(災害をもたらす自然の外力)、②Exposure(ハザードに曝される洪水氾濫原の人口や資産)、③被害、④社会の水害リスク軽減対応(社会の防災力)の4要素からなる(T.SATO, 2004)。そして、各要素は、地域の自然環境、時代の社会・経済環境、技術、文化、地域の資源等々の影響を強く受け、時代とともに変化する。水害の場合、自然現象の性質の強い外力であるハザードでさえ、人間活動の影響を受け、時代とともに変化し続けている。

被害は、ハザードがExposureと出会ったところに発生する社会的現象であり、ハザードの規模や社会の防災力によって変わってくる。なお、水害リスクの場合、社会のリスク軽減対応(社会の防災力)が新たな種類の被害を生み出すことがある。例えば、堤防などの大規模治水施設の整備は、それが破壊された際には大規模洪水氾濫を発生させる可能性を増大させるし、環境被害を引き起こすこともある。

そして、社会の水害リスク軽減対応はそれぞれの要素に対して様々な対策を取ることができる。例えば、ハザー

表1 防災関係機関等の略称一覧

Table 1 Abbreviations list.

(フィリピン国行政機関)		
DPWH	Department of Public Works and Highways	公共事業道路省
DOH	Department of Health	保健省
LLDA	Laguna Lake Development Authority	ラグナ湖開発公団(環境天然資源省)
MGB	The Mines and Geosciences Bureau / Department of Environment and Natural Resources	鉱業・地球科学部(環境資源省)
MMDA	Metro Manila Developing Authority	マニラ首都圏庁
NDCC	National Disaster Coordination Council	国家災害調整委員会
NMRIA	National Mapping and resource Information Authority	国土地理資源情報庁
OCD	Office of Civil Defence	市民防衛局
PAGASA	Philippine Atmospheric, Geophysical & Astronomical Services Administration	フィリピン気象天文庁
(国際機関)		
ADB	Asian Development Bank	アジア開発銀行
JICA	Japan International Corporation Agency	日本国際協力機構
PNRC	Philippines National Red Cross	フィリピン赤十字社
WB	World Bank	世界銀行

11月30日

マリキナ川・パシグ川流域, ラグナ湖岸低地の外水・内水氾濫状況と治水施設調査
<インタビュー調査>

12月1日

- ・国家災害調整委員会(NDCC):
災害時の活動や災害対応の組織
- ・市民防衛局(OCD): 災害対応
- ・フィリピン気象天文庁(PAGASA):
台風の気象特性と被害
- ・環境資源省鉱業地球科学局(MGB):
土砂災害対応とハザードマップ
- ・マニラ首都圏庁(MMDA):
災害対応とマニラ首都圏の洪水制御
- ・フィリピン赤十字社(PNRC): NGOとしての災害対応

12月2日

- ・日本国際協力機構(JICA):
二国間協力, 災害後のニーズアセスメント

12月3日(午前)

- ・アジア開発銀行(ADB):
多国間協力機関の台風オンダイ災害への対応

3. マニラ首都圏の水文環境と地形環境

まず, マニラ首都圏の気候と災害, 河川環境, 地形環境について述べる。

3.1 気象概要

熱帯気候に属するフィリピンは, アジヤモンスーン地帯に位置し, 台風とモンスーンによってもたらされる豪雨による風水害のリスクを抱えている。例えば, マニラ首都圏の台風被害を国家災害調整委員会(NDCC)の統計でみると, 1991~2003年(1998年のデータは無)の12年間に destructive typhoon に34回襲われ, 112人の人的被害(死者63人, 負傷者40人, 行方不明者9人), 被災世帯186,964世帯, 被災者1,035,063人, 全壊家屋1,342棟, 半壊・一部損壊家屋14,860棟, インフラ被害87,078,000ペソが発生している(WB, 2005)。

マニラ首都圏の気候は雨期と乾期の区別が明瞭で, 雨

期は5月~10月, 乾期は11月~4月である。年平均降水量1,700-3,000mmの80%以上は雨期に降る。雨期の降水量は, ケソン市のサイエンスガーデン(Science Garden)の記録によると, 8月の降水量が最も多く約500mm, 次いで7月が480mm, 9月が380mm, 6月が340mmである。一方, 乾期の降水量は, 2月で約10mm, 次いで1月, 3月の30mmと少ない。なお, 同地点における年平均気温は27℃である(JICA, 1994)。

台風オンダイは, 雨期末期の9月25日から26日にかけて, マニラ都市圏に24時間雨量, サイエンスガーデンで455.0mm, ポートエリア(Port Area)で258.5mmという豪雨を降らせた。サイエンスガーデンの455mmは24時間雨量で100年確率降水量以上, 12時間降水量は150年確率降水量以上に相当する。また, 11~12時の時間降水量92mmは5-10年確率降水量に匹敵する豪雨であったと推定されている(PAGASA, 2009)。

3.2 河川環境

パシグ川・マリキナ川・ラグナ湖流域は流域面積4,678km²で, 図2に示すように, 2つの河川と1つ湖からなる。広大なラグナ湖が流域の南部に横たわり, その湖からの唯一の流出河川であるパシグ川が湖北岸から北流しマニラ湾に向かう。そのパシグ川に, 流域東部に位置し, 急勾配で比較的洪水流出が速いマリキナ川が合流する。

まずラグナ湖であるが, 流域中央部から南部にかけて広がり, その流域面積3,820km²は全流域の約8割を占める。ラグナ湖はフィリピン最大の湖水面積900km²を持ち, この広くて浅い湖は, 20以上の支川流域から流出した水を一時的に貯留するとともに, 洪水時にはマンガハン放水路で分流されたマリキナ川の洪水の遊水池として機能する。

ラグナ湖の水位は季節によって変動し, 9月~11月に最大水位(年平均12.5m)となり, 5月か6月に最低水位(年平均10.5m)となる。なお, 年平均水位は11.32mである(Edgardo C. Manda, 2008)。湖水面がマニラ湾の海面より低くなる乾期には, パシグ川を海水が湖へと逆流する。

パシグ川はラグナ湖のただ一つの流出河川である。ラ

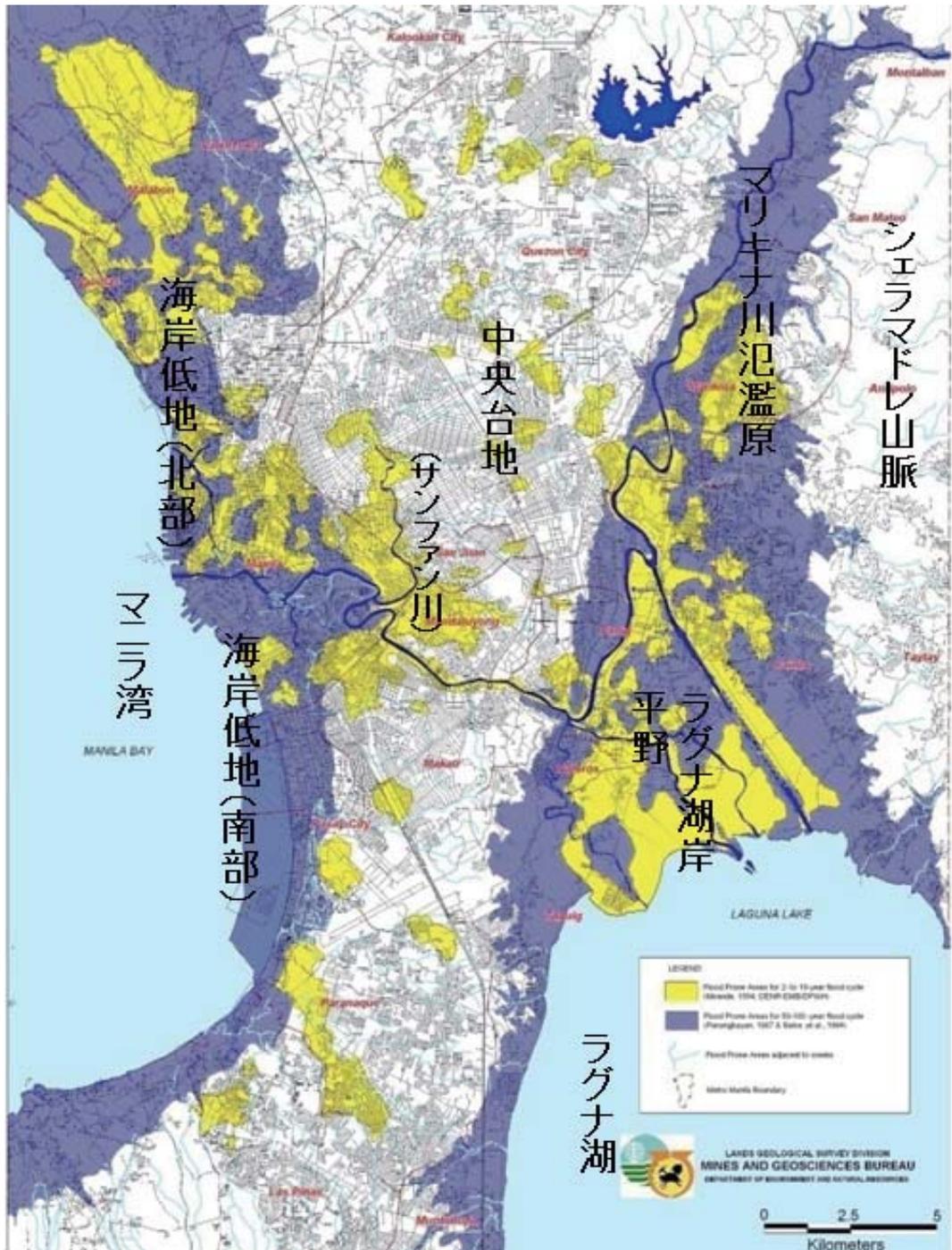


図3 マニラ首都圏の洪水ハザードマップ (MGB, 2009) を編集
 黄：2-10 確率洪水の浸水域，青：50-100 年確率洪水による浸水域
Fig. 3 Flood hazard map of Metro Manila (MGB, 2009).

グナ湖北岸からナピンダン水路 (Napindan channel, 長さ 8 km, 幅 70 m : 1983 年建設) を北流し, ナピンダン合流点 (Napindan junction) でその流れを北西へと変え, 中央台地を横切りマニラ湾岸沿いの海岸低地へと入り, 低地中央部の旧市街地付近でマニラ湾に注ぐ。この間の流路長は 19.5 km, 河道幅は約 100 m である。このマニラ湾沿いの海岸低地で, 右岸側中央台地を流域とする右支川のサンファン (San Juan) 川が流入する。

ラグナ湖から北流してきたパシグ川にナピンダン合流点右岸で合流するのがマリキナ川である。流域北東部シエラマドレ山脈 (Sierra Madre Mountain Range, 最高標高 1,122 m) から流れ出す流域面積 516.50 km² の河川である。マリキナ川は, マリキナ川氾濫原を蛇行しながら南流する。そして, 洪水は左岸のロザリオ水門 (Rosario weir) で, マンガハン洪水放水路 (Mangahan Floodway, 長さ 8.5 km, 幅 220 m) に分流され, ラグナ湖へと流れる。ロザリオ水門より

表2 台風オンдойによる水害における氾濫原別水害の状況

Table 2 Conditions of flood disasters caused by Typhoon Ondoy in Metro Manila in relation to landforms.

	地形区分	河川・湖等	洪水氾濫			被害				
			主な氾濫形態	湛水期間	浸水深	行政単位	被災者数	死者	全壊家屋	経済被害(社会基盤)
パシグ・マリキナ・ラグナ流域	マリキナ川氾濫原	マリキナ川	外水氾濫	～3日	～2階床上	Marikina city	178,985	73	1,083	39,639,300
						Quezon city		48		
						小計		121	(1,083)	
	谷底平野(中央台地)	パシグ川支川・サンファン川	内水氾濫	～1日	～背丈	Quezon city	113,420	57	140	58,285,016
						San Juan city	2,234	3	0	24,720,000
						Mandaluyong city	19,660	3	1	6,999,370
						小計	135,314	63	(140)	
	マニラ湾沿の海岸低地(南部)	パシグ川・都市排水路・マニラ湾	内水氾濫	～1週間	～胸	Manila city	5,790	9	0	14,521,714
						Makati city	3,395	7	0	409,490
						Pasay city	8,537	0	0	9,524,500
						小計	17,722	16	0	
	ラグナ湖岸平野	ラグナ湖、パシグ川、マンガハン放水路、タギグ川	内水氾濫	2週間以上	～背丈	pasig city	127,110	23	499	37,308,780
Pateros						32,320	0	0	0	
Taguig city						132,630	0	48	10,139,500	
Mantinelupa city						111,850	3	3,839	16,550,500	
小計						403,910	26	4,386		
上記流域以外	北部	海岸低地(北部)			Malabon city	9,851	1	159	20,354,400	
					Nvotas city	194	0	6,748	0	
					Caloocan city	89,450	3	0	7,195,896	
					小計	99,495	4	6,807		
	最南部	海岸低地(最南部)				Paranaque city	2,250	2	8	38,525,642
Las Pinas city						26,330	1	3	25,658,550	
小計						28,580	3	46		
(行政単位毎に分類できなかった経済被害額)									254,232,534	
マニラ首都圏総計						872,097	241	12,563	570,182,587	

ケソン市の死者は、発生場所により2つの地形区分に分けた。* 湛水期間はJICA(2009)、マニラ新聞記事等による
* 被害の統計はNDCC Report No.42から作成

上流を Upper Marikina River, その下流を Lower Marikina River と呼ぶ。

3.3 氾濫原の地形環境

パシグ川・マリキナ川・ラグナ湖流域における氾濫原、すなわち洪水氾濫危険地帯の地形環境について述べる。図3のMGB発行の洪水ハザードマップが、マニラ首都圏の氾濫原をよく表している。図では50～100年確率洪水による浸水予想区域が青色で、2年～10年確率洪水によるものが黄色で示されている。前者の規模の豪雨は、パシグ川やマリキナ川沿いの低地やラグナ湖岸平野などの氾濫原を全域にわたり浸水させる可能性があることを示している。また、2年～10年確率洪水でも、かなりの部分に浸水の危険があることを示している。

この洪水ハザードマップで浸水が予想される氾濫原は地形的な特徴から、4つに区分できる。すなわち、パシグ川が流れるマニラ湾沿いの海岸低地、中央台地を開析するサンファン川などに沿う谷底平野、マリキナ川沿いのマリキナ川氾濫原、そして、ラグナ湖岸平野である。

次に、4つの氾濫原の特徴を概観しておく。

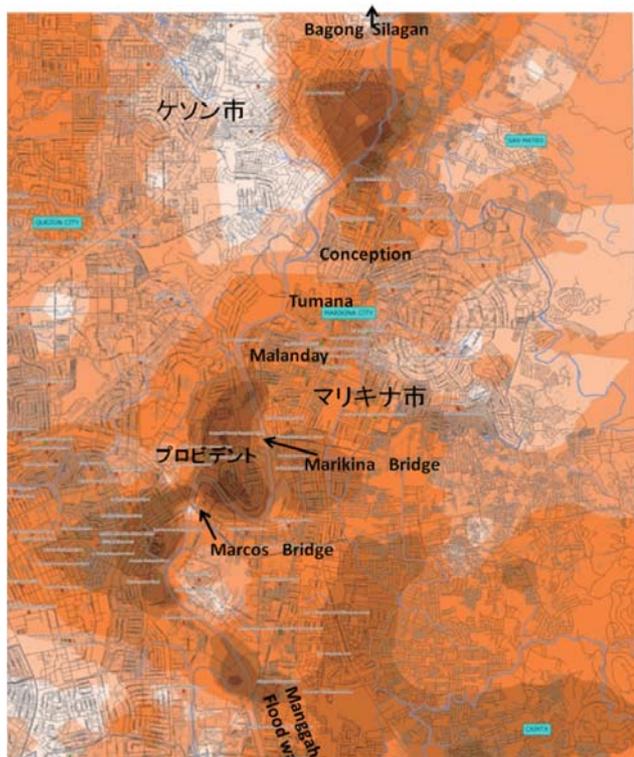
1) マニラ湾に沿う海岸低地(Coastal lowland) : この低地はマニラ湾に沿う標高3m以下の海岸低地である。西をマニラ湾、東を中央台地(Central Plateau)で境される。海

岸低地をパシグ川が流れ、マニラ湾に注ぐ。この低地は、パシグ川・マリキナ川・ラグナ湖流域の最下流部に位置する。

ここはマニラ首都圏の中心部に当たり、マニラ市、マカティ市、パサイ(Pasai)市などが位置する。

2) 中央台地を開析する河川沿いの谷底平野(Valley Plain) : マニラ湾沿いの海岸低地東側は標高約30～50mの中央台地である。ラグナ湖岸平野を北上したパシグ川はこの中央台地を横切りマニラ湾沿いの海岸低地へと流れ込む。中央台地には、パシグ川支川のサンファン川が流れるが、サンファン川沿いの低地、谷底平野は洪水氾濫の危険地帯である。サンファン川は南をパシグ川、東をマリキナ川、北と西はマニラ首都圏北部でマニラ湾に注ぐマラボン川(Malabon River)で境された東西約10km、南北10kmの流域をもつ中小河川である(図2)。流域の最高標高は95m、標高2mのパシグ川合流点まで流路長が約15km、平均勾配が約6/1000という急勾配をする。流域の開発が進み、図3に見られるように斜面には道路網が展開する都市河川である。また、谷底平野は幅が限られるため、一般的に浸水深の大きい激しい洪水氾濫が発生しやすい地形条件をしている。

サンファン川の流域には、国の行政機関が集中するケ



Flood Water Level (m)

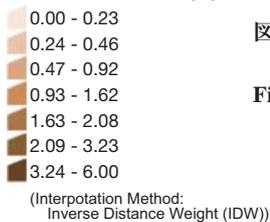


図4 マリキナ氾濫原の浸水深図 (NAMRIA (2009) を編集)
Fig. 4 Inundation depth by Typhoon Ondoy in Marikina River flood plain (NAMRIA, 2009).

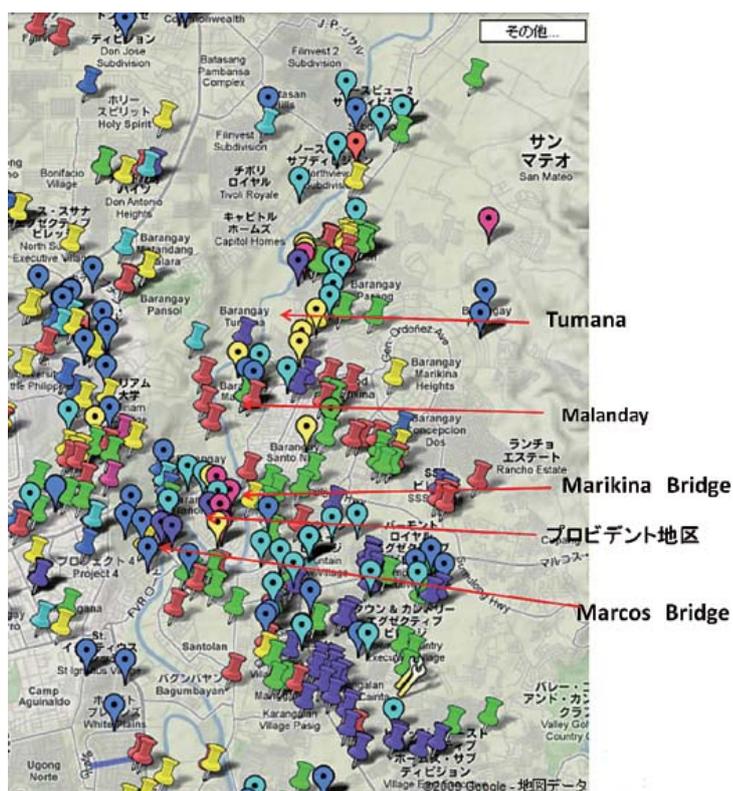


図5 マリキナ川氾濫原の最大浸水深図 (Google, 2009)
Fig. 5 Maximum inundation depth in Marikina flood plain (Google, 2009).

ソン市やサンファン市, マンダラヨン (Mandaluyong) 市がある。

3) マリキナ川氾濫原 (Marikina Flood Plain) : 中央台地の東には, この台地の縁に沿うように, マリキナ川が流れる標高 30 m ~ 5 m の沖積低地が南北に発達する。低地の東側はマリキナ川の水源地であるシェラマドレ山脈で境される。洪水はこの 1,000 m 級の山地から一気に標高 30-5 m の低地へと流れ下るため, 河川は急増水する危険がある。

マリキナ川氾濫原の大部分はマリキナ (Marikina) 市であるが, 上流部右岸側にケソン市の一部がある。

4) ラグナ湖岸平野 (Laguna Lake Plain) : マリキナ川氾濫原はラグナ湖の湖岸平野へと続く。標高数メートルの低湿な地域で, ラグナ湖水位上昇の影響を受け内水氾濫のリスクが高い地域であるが, 一方でラグナ湖の遊水機能がバシグ川の急激な増水を緩和する方向に働き, 激しい外水氾濫のリスクは軽減されている。

前述したラグナ湖の年平均最大水位 12.5 m と年平均最低水位 10.5 m との間は湖岸の湿地帯 Shoreland area である。ラグナ湖周辺の人口は 3,900 万人と言われ, 湖水位が年平均最大平均水位を越えると, 浸水する住居が急増すると言われている (Edgardo C.Manda, 2008)。

ラグナ湖岸平野には, バシグ市やパテロス (Pateros) 市, タギグ (Taguig) 市などがある。なお, タギグ (Taguig) 市の

南, 湖を取り巻く低地にマンテンルパ (Muntinlupa) 市が立地する。

4. 4つの氾濫原における洪水氾濫と被害状況

台風オンドイがもたらした豪雨がマニラ首都圏で発生させた水害の状況について述べる。前述したように洪水氾濫の危険地帯は地形的な特徴から4つに区分できたが, ここでは, 洪水氾濫や水害の様相が異なっていた。

表2は, マニラ首都圏の洪水氾濫と被害とを, 4つの氾濫原毎に整理したものである。洪水氾濫の形態では, 外水氾濫が激しい流域でも, 内水氾濫は発生していたであろうし, 内水氾濫の地域でも外水氾濫による被害はあったであろうが, 特徴ある被害をもたらした主たる洪水氾濫現象で整理した。次に, 浸水深や湛水期間については, 現地調査, 国立地理資源情報庁 (NAMRIA: National Mapping and Resource Information Authority) の浸水深図, Google の最大浸水地図, JICA (2009) 浸水域図, 現地新聞の情報等に基づいている。なお, Google の地図は被災者等が浸水深と場所とを Web 上の地図に登録することにより作成された地図である。

また, 行政単位の被害状況 (NDCC Report No.42) であるが, 1つの行政単位が複数の地形区分にまたがる場合は,



写真1 マリキナ川氾濫原プロビデント地区の堤防

写真2 マリキナ川氾濫原プロビデント地区 電線にゴミか架かっている (PNRC-Rezal 提供)

Photo 1 & 2 Provident village damaged by flooding (Courtesy of the PNRC-Rizal, 2009).



写真3 (左), 写真4 (右) マリキナ川氾濫原災害直後のプロビデント地区 (PNRC-Rezal 提供)

Photo 3 & 4 Provident village damaged by flooding (Courtesy of the PNRC-Rizal, 2009).

主たる地形区分で分類した。なお、ケソン市の死者数については、国家災害調整委員会 (NDCC: National Disaster Coordinating Council) Report や新聞記事から特定できた発生地点 (バラングイ名) でサンファン川流域とマリキナ川氾濫原とに分けた。

表2のように、マニラ首都圏の水害は、氾濫現象により「主に外水氾濫により大きな被害を受けた地域」と、「主に内水氾濫により被害を受けた地域」とに区分できた。前者に区分できるのがマリキナ川氾濫原、サンファン川沿いの谷底平野である。そして、後者にはマニラ湾岸沿いの海岸低地とラグナ湖岸平野が入る。後者はさらに湛水期間で、短い海岸低地と、1か月以上に及んだラグナ湖岸平野とに分けられた。

続いて、4つの氾濫原における水害の様相を具体的に述べる。

4.1 主に外水氾濫により大きな被害を受けたマリキナ川氾濫原

(1) 被害概要

マリキナ川氾濫原では、河道の流下能力を超える洪水

が激しい外水氾濫を引き起こし、浸水深は深いところで7mにも達した。全壊家屋はマリキナ市だけで1,083棟を越え、被災者数はマリキナ市だけで約18万人に達した。そして、マニラ首都圏の死者総数の半数にあたる121人が亡くなった。またLeptospirosis感染症が多発し、マリキナ市トゥマナ (Tumana)、マランダイ (Malanday)、コンセプション (Conception) の3地区 (バラングイ) は流行地域に指定された (10月17日付マニラ新聞)。

(2) 洪水氾濫

マリキナ川氾濫原では、河川の水位が急上昇した。その様子をマリキナ橋 (Marikina Bridge, St. Nino 観測所地点) の水位記録で見ると、26日午前10時から1時間で0.8m上昇、2時間で1.8m上昇、3時間で2.9m上昇、4時間で3.7m上昇、5時間で4.3m上昇、6時間で4.6m上昇した。特に、10時からの3時間には3m近く水位が急上昇していた。

そして、100年確率降水量以上という豪雨がもたらした最大洪水流量は、河道流下能力の2倍を大きく越えるものであった。例えば、St. Nino 観測所では、河道流下能

力 1,500-1,800 m³/秒の2倍を大きく越える最大洪水流量 4,150 m³/秒が観測された(P.B.Gatan, 2009).

浸水深については、NAMRIA作成の浸水域図(図4)とGoogleの最大浸水深図(図5)を合わせてみると、1階以上の浸水深、あるいは3-6mの浸水深となった地区がマリキナ川沿いに分布している様子が分かる。

このように、急激な水位上昇を伴う激しい洪水氾濫のため、住民は逃げ遅れたり、水の流れが速く強すぎて避難が難しかったと推測できる。

(3) 被害の様相

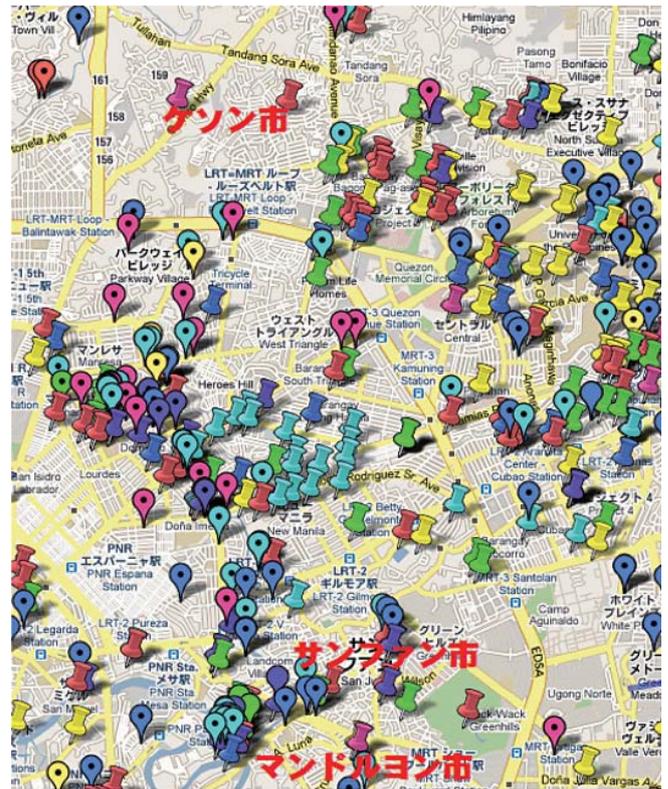
特に甚大な被害となったのが、高級住宅地プロビデント(Provident Village)地区(標高約8m)である。この地区は、河川の蛇行部(マリキナ川右岸)に位置し、東、南、西の三方を河川に取り囲まれ、北側が上流側低地に向かって開いている。また、北東は高い中央台地となっている。ここでは、コンクリート堤防(高さ7m)が10m幅で決壊したり(10月11日付マニラ新聞)、堤防上部が決壊したり、あるいは堤防(写真1)を越流したりした氾濫流が住宅地を襲った。この地区が、2階が水没するような浸水深となっていたことを、電線にぶら下がるゴミ(写真2)が示している。

この地区では、10月1日までに数十人の遺体が見つかった。家屋の中での遺体発見も多かったが、これは逃げ遅れたり、水の流れが速く強すぎて避難できなかつたりしたと考えられる。そして、一戸建ての家は孤島のような状況になるとともに、頑丈な家が屋根等への脱出を困難にしたことも考えられる。また、自家用車で避難し、車の中で亡くなった人もいた(10月2日付マニラ新聞)。水が引いた直後(写真3, 4)には、泥水で覆われた道路に、被災した車を取り残され、魚や犬や鶏の死骸が放置され異臭が漂っていた(9月30日付マニラ新聞)。

プロビデント地区対岸、川に沿った庶民の住宅が密集するマランガイ地区(バランガイ)は、主要道路から一段低くなっており、氾濫した泥水が屋根まで達した。隣家とは密接しているため、住民は濁流の中、廃材を渡して隣人を助けたりした。また、他の住民も窓を割ったり、トタン屋根を壊すなどして家屋から脱出したり、屋根づたいに高い方へ避難したりした。この地区の死者は数人と、プロビデント地区での死者の多さと対照的であった(10月2日付マニラ新聞)。

プロビデント地区下流の右岸側リバーバンクショッピングモール(Riverbanks Mall)付近でも、フェリー乗り場やショッピングセンターの一階が水没し、また、対岸の大型デパートも一階が水没するなどの被害を受けた。この地区のすぐ下流にあるマルコス橋(Marcos Bridge)では、橋桁直下まで水位があがった。災害から2か月後の調査時には、浸水したショッピングモールでは、閉店した店も見受けられた。

マリキナ川では本川沿いだけではなく、氾濫原上流部において、台地を開析するマリキナ川の右支川でも激しい洪水に襲われたことがマスコミの報道で分かる。9月28日付けABS-CBN Newsは『ケソン市の bagong silangan



- 凡例 浸水深
- 浸水無
 - 踝まで浸水
 - 膝まで浸水
 - 腰まで浸水
 - 首まで浸水
 - 頭まで浸水
 - 1階まで浸水
 - 1.5階まで浸水
 - 2階まで浸水
 - 2階以上浸水

図6 サンファン川流域の最大浸水深図(Google, 2009)
 Fig. 6 Maximum inundation depth by 2009's Typhoon Ondoy in San Juan River flood plain (Google, 2009).



写真5 サンファン川沿いのコンクリート堤防
 Photo 5 Floodwall along San Juan River.

地区(バランガイ)の東部では、9月26日土曜日の午後、増水した小河川による洪水氾濫に襲われ少なくとも80名が流され、27名が亡くなった。この死者数は、1つの地区(バランガイ)では最大となった。なお、この洪水では、30名もの人を泳いで救出した後、亡くなった青年には、栄誉賞が贈られた。』と伝えている。

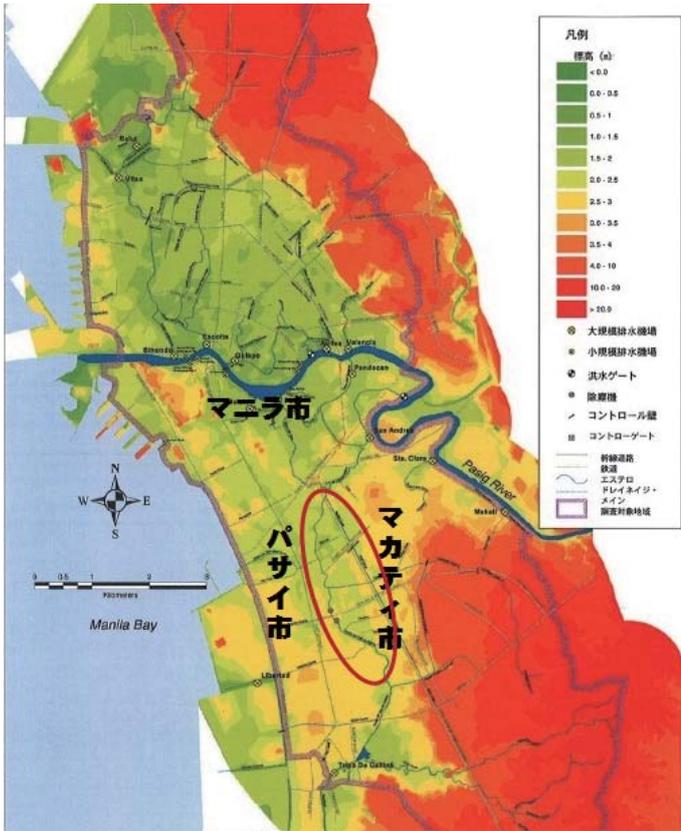


図7 マニラ首都圏中心部が立地する海岸低地部の地形図 (JICA, 2004)

Fig. 7 Geographical map of the low land along Manila Bay (JICA, 2004).

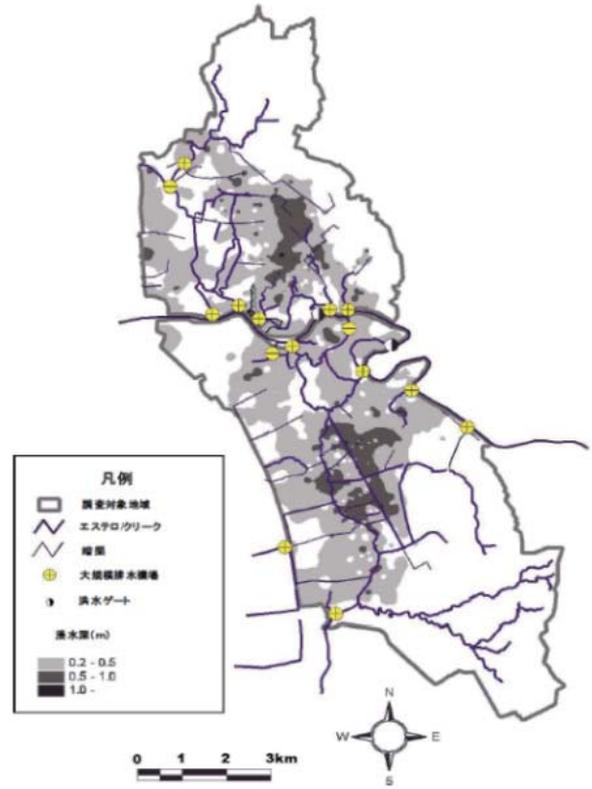


図 S.2.3 1999年浸水時の最大浸水深

図8 1999年マニラ首都圏中心部水害の浸水深 (JICA, 2005)

Fig. 8 1999 Flooding in the Lowland along Manila Bay (JICA, 2005).

4.2 主に外水氾濫により大きな被害を受けたサンファン川沿いの谷底平野

(1) 被害概要

マリキナ川氾濫原と同様、主に外水氾濫によって大被害を受けたのが、サンファン川沿いの谷底平野である。激しい短時間豪雨により発生した大洪水が、浸水深の大きい激しい外水氾濫を引き起こした。これによりマリキナ川氾濫原に次ぐ111人という大きな人的被害を発生させ、ケソン市、サンファン市、マンダルヨン市の被災者は13.5万人に達した。

(2) 洪水氾濫

都市河川サンファン川流域内のケソン市サイエンスガーデンでは24時間雨量が455 mm、11～12時の時間雨量が92 mmであった。この豪雨は、河道の流下能力を越える洪水を発生させ、サンファン川が溢れた。洪水流出量や水位データは入手していないが、流域の開発が進んだ急勾配の中小河川であることや、流域面積はマリキナ川の約1/5と小さいことなどから、マリキナ川に比べより出足の速い、急激な水位の上昇を伴う激しい洪水氾濫が発生したことが想像できる。なお、サンファン川の河道計画規模は30年確率洪水で600 m³/秒であるが、まだそこまでの改修は行われていない。

谷底平野の幅は狭く、氾濫域が限られるため、一般的に浸水深が大きく激しい洪水が発生しやすい特徴をもつが、



図9 マニラ湾沿岸低地最大浸水深図 (Google, 2009)

Fig. 9 Maximum inundation depth by 2009's Typhoon Ondoy in the Laguna Lake Plain (Google, 2009).



写真6 マカティ市の内水氾濫状況(志賀和民氏撮影)



写真7 マカティ市の内水氾濫状況2(志賀和民氏撮影)

Photo 6 & 7 Inner flooding in Makati City (taken by Kazutami Shiga).

サンファン川沿いの谷底平野でも浸水深の大きい激しい洪水氾濫が発生していた。例えば、Google の最大浸水深図(図6)では、浸水域は下流から上流まで広がっている。実際、上流域の Culiati, Roman Magsay, Apolonio Samson, Pnyanan, Silangan 地区(バラングイ)でも死者が発生している(NDCC Report)。浸水深も1階以上の浸水深を表す「気球の印」が本川沿いに多く見られ、上流でも腰～背丈の浸水深となっている。なお、場所は特定できないが、ケソン市の橋の下で生活していた約60家族(約420人)が、急激な増水により、家財を持ち出す時間もなく家が流された(10月1日付けマニラ新聞)との新聞報道もある。

なお、写真5はサンファン川最下流部マニラ市 Landcom Village における堤防の様子を示す。ここでは、このコンクリート堤防の越流により浸水被害を受け、一階が水没するような浸水深となった。

このように、サンファン川沿いの谷底平野では激しい外水氾濫が発生し、マリキナ川氾濫原の次に多い死者が発生した。

4.3 主に内水氾濫により被害を受けたマニラ湾沿いの海岸低地

(1) 被害概要

マニラ首都圏中心部のマニラ市、マカティ市、パサイ市が位置するマニラ湾沿いの海岸低地では、激しい外水氾濫により被災した上述の2つの氾濫原とは異なり、内水氾濫を主とする洪水氾濫となった。全壊家屋は無く、被災者数は17,722人とマニラ首都圏全体の約2%と少なく、死者数も16人とマリキナ川氾濫原やサンファン川沿いの谷低平野と比較すると1/5以下であった。そして、16人の死者のうち12人(マカティ市で3人、マニラ市で9人)は、Leptospirosis 感染症で死亡したと確認された。

激しい外水氾濫は発生しなかったが、内水氾濫により、主要道路の冠水、住宅の床上浸水、停電などの被害が発生し、市民生活に大きな打撃を与えた(マニラ新聞)。

(2) 洪水氾濫

マニラ湾岸低地では、パシグ川は一部で氾濫したが、低地の内水をパシグ川へ排水するポンプの稼働は続ける

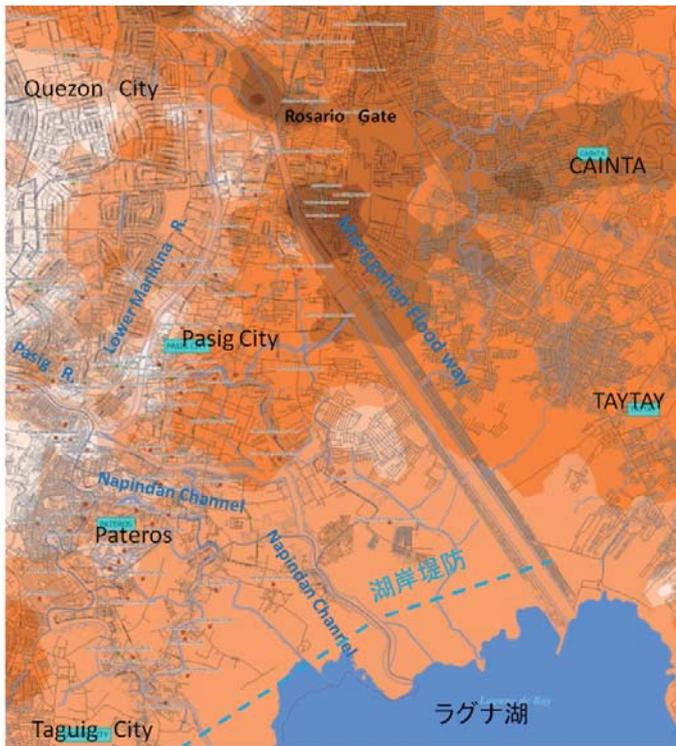
ことができた。しかし、内水を捌けきれず氾濫が発生した。その内水湛水継続時間は半日～数日程度と短かった。

ここでは、都市中心部を流れるパシグ川が一部で氾濫するのに止まったのは、上流マリキナ川が氾濫したことや、マリキナ川の洪水をマンガハン洪水放水路から3,000 m³/秒、ナピンダン水路から150 m³/秒、ラグナ湖へと分流し、パシグ川下流へと流れ下る洪水流量を減少させることができたためである(LLDA, 2009)。

都市圏中央部で9月26日11～12時に記録されたサイエンスガーデンの時間雨量92 mmは、5-10年確率降水量(PAGASA, 2009)で、10年確率降水量を排水できるように計画されていた都市の排水システムの能力を上回るものでは無かった。しかし、マニラ湾沿いの海岸低地では上述のように、内水氾濫による浸水被害が発生した。これは、排水システムの能力低下と流域の開発に伴う洪水流出量の増大に主要な要因があると考えられている。

まず、排水システムの能力低下であるが、この地域の70%(52 km²)は内水の排除をポンプ排水に依存し、地域の排水施設は主要排水機場15か所、排水路74 km、暗渠35 km、管渠約400 kmが整備されている(JICA, 2005)。しかし、排水機場の老朽化、不法投棄による大量の固形廃棄物や土砂の堆積、水路内への不法占拠建物の建設などにより、排水システムの能力は2年確率洪水(1/2～1/5年)規模まで低下していたと指摘されている(JICA, 2005)。次に、流域の開発とともに流出量の増大をみると、マニラ中心部の都市排水路の計画策定時には浸透域50%とし、流出係数0.4～0.5を用いていたが、現在では、流域の開発により流出係数が0.95まで上昇している(P. B. Gatán, 2009)。このように、都市排水路では、開発の進展に伴う洪水流出特性の変化が、洪水流出量の増大をもたらす相対的に治水施設の計画規模を低下させていることが分かる。

マニラ湾沿いの海岸低地は、地盤高3 m以下の低平で、水捌けの悪い土地環境をし、内水の排除は都市雨水排水システムに依存している。図7の地形図から沿岸部に微高地があり、その背後の標高2.5 m以下の地盤高の低い



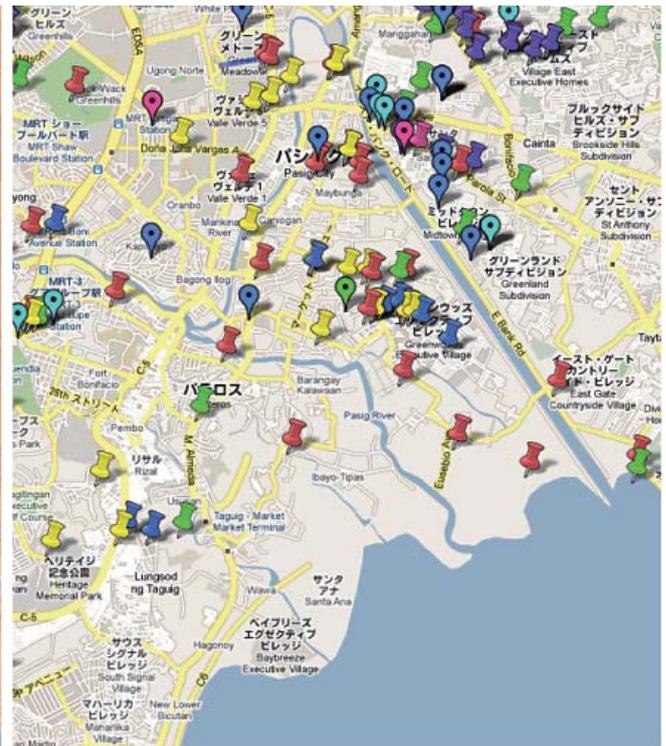
Flood Water Level (m)

- 0.00 - 0.23
- 0.24 - 0.46
- 0.47 - 0.92
- 0.93 - 1.62
- 1.63 - 2.08
- 2.09 - 3.23
- 3.24 - 6.00

(Interpolation Method: Inverse Distance Weight (IDW))

図10 ラグナ湖岸平野浸水深図 (NAMRIA (2009) を編集)

Fig. 10 Inundation depth in Laguna Lake Plain (NAMRIA, 2009).



凡例 浸水深

- 浸水無
- 踝まで浸水
- 膝まで浸水
- 腰まで浸水
- 首まで浸水
- 頭まで浸水
- 1階まで浸水
- 1.5階まで浸水
- 2階まで浸水
- 2階以上浸水

図11 ラグナ湖岸平野最大浸水深図 (Google, 2009)

Fig. 11 Maximum inundation depth in the Laguna Lake Plain (Google, 2009).

部分に排水河川が流れている様子が分かる。この排水河川が流れる水捌けの悪い部分は浸水被害を受けやすい場所でもある。例えば、中心地域の約半分が浸水し124万人が被害を受けた1999年水害時の浸水深図(図8)にも、この排水河川が流れる場所や、人工構造物(フィリピン国鉄)沿いに深い浸水域がみられた(JICA, 2005)。この地域は、台風オンドイによる水害でも図9の最大浸水深図(Google, 2009)には、腰~背丈位の浸水深を示す情報が集中し、場所によっては1階以上浸水の印もあり、浸水の大きい内水氾濫が発生したことが伺える。このように、マニラ都市圏中心部では、微高地背後の凹地に浸水域が分布し、被害が大きかったことが伺える。写真6, 7にマカティ市の内水氾濫の状況を示しておく。

4.4 主に内水氾濫により被害を受け長期間湛水したラグナ湖岸平野

(1) 被害概要

主に内水氾濫により被害を受け、湛水期間が長期間に及んだのがラグナ湖岸平野である。ラグナ湖水位上昇の影響を受け、浸水深も大きく、湖岸に近い地域では浸水期間が1か月以上に及んだ。マリキナ氾濫原のような洪水氾濫の激しさはないが、浸水深も背丈まで達した場所もあり、被災者数は、首都圏の中でも最も多く、首都圏

の被災者総数約87万人の半数にあたる40万人となった。パシグ市で12.7万人と最も多く、次いでタギグ市で13万人、ペテオス市で3.2万人であった。そして、少し離れた湖西岸沿いのモンテンルパ市で11万人が被災した。

死者は、パシグ市で23人、モンテンルパ市で3人と、計26人であった。これはマニラ首都圏の全死者数の約11%に当たる。被災者に対する死者数の割合の高いマリキナ川氾濫原やサンファン川沿いの谷底平野の激しい氾濫とは異なり、低平な平野での氾濫では、被災者の多さに対して相対的に死者の数が少なかった。

同じように内水氾濫を主な浸水原因としているマニラ湾岸沿いのラグナ海岸平野の被害を比較すると、湛水深が大きく、湛水期間が長かったラグナ湖岸平野のほうが被災者数、死者数ともに多かった。

ラグナ湖岸全体の被災域はマニラ首都圏の4市を含めて29市町に達し、そこでは住民約100万人が被害を受けた。その半数は沿岸部や排水路沿いの違法占拠住宅の住民であったとの報告がある。

(2) 洪水氾濫

ラグナ湖岸平野は、マリキナ川氾濫原に続く標高数mの平野で、湖岸低地は海拔2m以下の地盤高しかなく、



写真8 ラグナ湖沿岸住宅地の浸水状況1
(タギグ市パイブリーズ地区 11月30日撮影)



写真9 ラグナ湖沿岸浸水状況2
(タギグ市パイブリーズ地区 11月30日撮影)

Photo 8 & 9 Flooding along Laguna Lake on Nov. 30, 2009 in Taguig City.

勾配も緩い水捌けが悪い地域である。そして、ラグナ湖の水位上昇の影響を受け、長い湛水期間が予想される地域でもある。このように水害に対して脆弱な地域であり、洪水ハザードマップ(図3)でも、50年確率洪水が発生すると平野全体が浸水する可能性があることが示されている。実際、台風オンドイによる洪水氾濫では、この予想が現実となったのである。

ラグナ湖の水位は9月～11月に最大(年最大平均12.5m)となり、5月か6月に最低水位(年最低平均10.5m)となり、年平均水位は11.32mである。台風オンドイ来襲前は、ラグナ湖の水位は上昇期にあり13.0mとなっていた。そこに、台風オンドイがラグナ湖流域にもたらした豪雨やマリキナ川からの洪水流入により、26日9時に13.0mであった湖水位が、4時間後の13時には+0.5m、24時間後の27日9時までには1m上昇し、そして、最大水位13.84mを記録した(A. Bongco, 2009)。すなわち、海拔3.32mまで水位が上昇し、湖水位は湖岸低地の地盤高より高くなったのである。湖水位より低くなった住宅地では、水の中での生活を余儀なくされた。

しかも、湖水面積が900km²と広大なラグナ湖の流出河川は一つしかなく、しかも河道の流下能力も低いいため、上昇した湖水位の低下には長期間を要し、湖水位より地盤高が低い地域では長期間の湛水となった。具体的には、豪雨から6日後の10月2日に、ラグナ湖開発公団(LLDA:Laguna Lake Development Authority)は湖水位の低下が、パシグ川へ通じる水路の機能低下で豪雨前の水準にもどるには数か月かかると発表した(10月3日付けマニラ新聞)。そして、洪水発生から11日が経過した10月6日でも大人の首くらいまで水位がある地区があり、ラグナ湖周辺は家屋ごと水浸し状態が続いていた(10月7日付けマニラ新聞)。また、我々調査チームがラグナ湖畔に行った11月30日は、災害から2か月が過ぎていたが、湖岸デルタに開発されたタギグ市パイブリーズ(Bay Breeze)地区(写真8, 9)では、道路上でも膝位まで浸水水位があり、車は使えず、ボートが重要な足となっていた。

なお、既往最大の湖水位である1919年9月の14.62m、2位の1972年8月の14.03mには達しなかった。

台風オンドイでは、図3の洪水ハザードマップに示さ

れているように、24時間雨量が100年確率降水量以上という豪雨により湖岸平野全域が浸水した。図10の浸水深図でも、浸水域は湖岸平野全体に広がっていることを示している。また、図11最大浸水深図は、腰～首位の浸水深を示している。また、JICA(2009)では、湖岸沿いでは1.5m以上の浸水深となった地域もあるが、広い地域で浸水深は0.5～1.5mであったこと、湛水期間は、湖岸沿いでは1か月以上続いたが、殆どは2週間～1か月の間であったとしている。

湖岸には、湖岸低地を水害から守るための堤防(道路兼用)9.5kmと内水排除用の排水機場が整備されている。この施設は、低湿なこの地域の湛水期間を短縮したとされている(JICA, 2009)が、内水を完全に除去するまでの能力は無かった。

(3) マンガハン洪水放水路東側の浸水域

図10, 11は、マンガハン洪水放水路の東側で、マリキナ川氾濫原に続く海拔4～7mの高位湖岸段丘面や海拔2～4mの低位湖岸段丘面が浸水し、その浸水深も一階が水没するような深い浸水深の地域があることを示している。この浸水原因であるが、マンガハン洪水放水路には3,000m³/秒という洪水流量が流れたが、大規模な越流はなかったとの話を聞いた。洪水放水路からの大規模な越流がないとすれば、丘陵地から流れ下る河川の洪水流出がマンガハン洪水放水路で排水されにくいことや、マリキナ川の激しい外水氾濫流が流れ込み、浸水深が大きくなったと考えられる。この地域の浸水について新聞は、パシグ市ロザリオでは、26日に天井迄浸水し天窓部分に避難し、28日には水が引きはじめ階下に降りたとの報道している(9月29日マニラ新聞)。マンガハン洪水放水路の東側の排水改善のための治水事業は、現在計画されているところである。

5. 水害に対する社会の防災力

4つの氾濫原における水害の状況について述べてきたが、本章では、この水害の様相に影響を与えている社会の防災力、すなわち社会の水害被害軽減対応をみていく。そこには社会・経済環境が映され、フィリピン特有の災害に対する脆弱性が現れている。

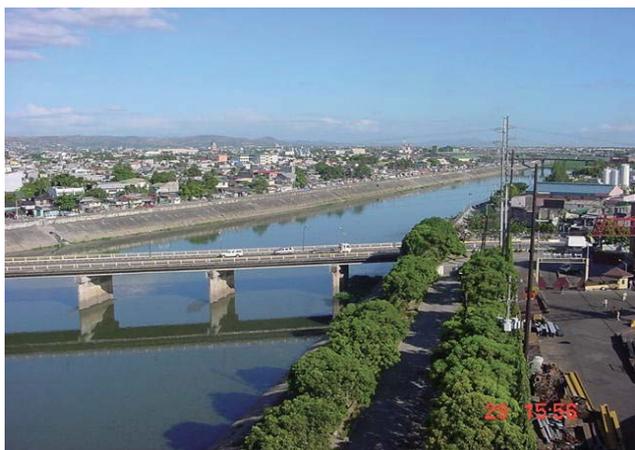


写真10 マンガハン放水路(MMDA 提供)
Photo 10 Mangahan Floodway (Courtesy of the MMDA, 2009).



写真11 マンガハン放水路取水口・ロザリオ水門(MMDA 提供)
Photo 11 Rosario Weir of the Mangahan Flood way (Coutesy of MMDA).

ここでは、水害軽減対応のうち、洪水氾濫の軽減策と氾濫原の水害に対する脆弱性の軽減策を取り上げる。なお、災害発生時の被害軽減対応は6編(中須, 2011)で取り上げる。

5.1 洪水氾濫の制御

洪水氾濫現象は地表面近くで発生するため、洪水流出から河道流下、河道からの氾濫、そして氾濫した洪水までを、人間がその量や空間分布をある程度まで制御することができる。例えば、我が国では洪水を河道に閉じ込め氾濫をさせずに速やかに海へ流すという治水政策のもと、明治以来大規模な河川改修や治水構造物の整備をすすめて、洪水氾濫を制御し、水害被害を激減させた歴史を持つ。また、我が国においては、このような近代的な大規模土木工事による洪水制御がなされる以前は、大河川下流部の沖積低地などは水害の常襲地帯であったため、洪水氾濫を防ぐための水防活動や洪水氾濫を前提にした氾濫原での氾濫流の制御や住居の浸水被害軽減策など、多様な手法による洪水氾濫の制御が行われていた。

(1) 治水施設による洪水氾濫の制御

まず、パシグ川・マリキナ川・ラグナ湖流域における治水施設の整備状況について述べる。パシグ川・マリキナ川河道の計画規模は30年確率洪水(マリキナ川約2,600~2,900 m³/秒、パシグ川500~600 m³/秒、パシグ川最下流1,200 m³/秒)であるが、計画規模程度の洪水流下能力があるのは都市中心部を流れるパシグ川中流部だけで、他の区間は未完成である。例えば、マリキナ川の現在の流下能力は1,500-1,800 m³/秒と計画規模より大分低い。

その結果、マリキナ川氾濫原やパシグ川支川サンファン川では、台風オンドイの100年確率降水量という豪雨により発生した河道流下能力を大きく越える洪水が河道から溢れ、大規模な外水氾濫となった。一方、マニラ湾

表3 海外援助によるマニラ首都圏の治水整備プロジェクト(P.B.Gatan, 2009)

Table 3 FLOOD CONTROL PROJECTS IN METRO MANILA by Foreign Assisted Projects (P.B.Gatan, 2009).

1	Mangahan Floodway Project (Yen Loan, completed in 1988)
2	Effective Flood Control Operation and Warning System Project (EFCOS: 10th Yen Loan, completed in 1992) The Project for Rehabilitation of Flood Control Operation and Warning System (EFCOS) in Metro Manila (Japanese Grant, completed in December 2001)
3	Metro Manila Flood Control Project – West of Mangahan Floodway (21st Yen Loan, completed in August 2007)
4	KAMANAVA Area Flood Control and Drainage System Improvement Project (Special Yen Loan, construction to be completed in 2009)
5	Pasig-Marikina River Channel Improvement Project (26th Yen STEP Loan, construction of Phase I started in September 2009)
6	Valenzuela-Obando-Meycauayan Area Drainage System Improvement and Related Works Project (Requested for Yen Loan)
7	Integrated Drainage Improvement Project in Ninoy Aquino International Airport and its Vicinity (Study was completed in March 2004: JETRO)
8	Drainage Improvement in the Core Area of Metropolitan Manila (Study was completed in March 2005: JICA) East Mangahan Floodway Area Flood Mitigation Project (Study was completed in June 2007 and to be requested for implementation to JICA)
9	San Juan River Flood Control Project (Feasibility Study was completed in 2002: JICA)
10	Upper Marikina River Channel Improvement Project (Feasibility study was completed in 2002: JICA) ・1980~1983: Napindan Hydraulic Control Structure: ・1974~1997: Manila Drainage System Improvement ・2000~2007: Drainage pumping stations (15), flood gates, drainage channel improvement West of Mangahan Floodway ・2002~2009: Lake dike (9.4 km), drainage pumping stations (7), Napindan river channel dike/parapet wall (6.1 km), Floodgates (8), Drainage channel improvement
11	KAMANAVA Area Flood Control and Drainage System Improvement project ・1978, 1992, 2000~2002: Ring dike (8.6 km), Drainage pumping stations (5), EFCOS Project ・2009~ : Pasig-Marikina river improvement



写真 12(左), 写真 13(右) マニラ首都圏の都市排水路の浚渫状況(MMDA 提供)
 Photo 12 & 13 Dredging urban drainage channels in Metro Manila (Courtesy of the MMDA, 2009).

岸沿いの低地を流れるパシグ川を流れ下る洪水流量は河道の流下能力を大きく超えることはなかった。マンガハン洪水放水路(1986年建設, 計画規模は100年確率洪水, 平均水路幅220m, 流下能力 $2,400\text{ m}^3/\text{秒}$) (写真 10, 11) がロザリオ水門からマリキナ川洪水流量の70%にあたる $3,000\text{ m}^3/\text{秒}$ をラグナ湖へと分流し, さらに, ナピンダンジャンクションで $150\text{ m}^3/\text{秒}$ の洪水がナピンダン水路へと分流された。そして, パシグ川へと合流する洪水流量を減少させた。このため, 最大洪水流量は河道の流下能力を大きく越えることはなく, 外水氾濫が発生したのは一部だけであり, 内水排除のポンプも稼働を継続できた。マニラ湾沿いの低地に展開する都市中央部の水害軽減に大きな役割を果たしたマンガハン洪水放水路は, マニラ首都圏の治水の要とも言える。

ラグナ湖岸平野では, マリキナ川の洪水がマンガハン洪水放水路やナピンダン水路をラグナ湖へと流れ下った。マンガハン洪水放水路やナピンダン水路から, 場所により外水氾濫が発生したらしいが, 長期間, しかも広域にわたる浸水をもたらしたのはラグナ湖水位上昇による内水氾濫であった。ラグナ湖の水位上昇による内水氾濫から守るために, ラグナ湖岸沿いに長さ9.5kmの湖岸堤防, 8機の水門, 4か所の排水機場(内水排水能力は $36\text{ m}^3/\text{秒}$)は, 台風オンディによる内水氾濫を防ぐことできなかったが, 湛水期間を短縮させるなどの効果を発揮した(JICA, 2009)。

このように, マニラ首都圏では, 人口1,000万人の首都圏を水害からまもる治水

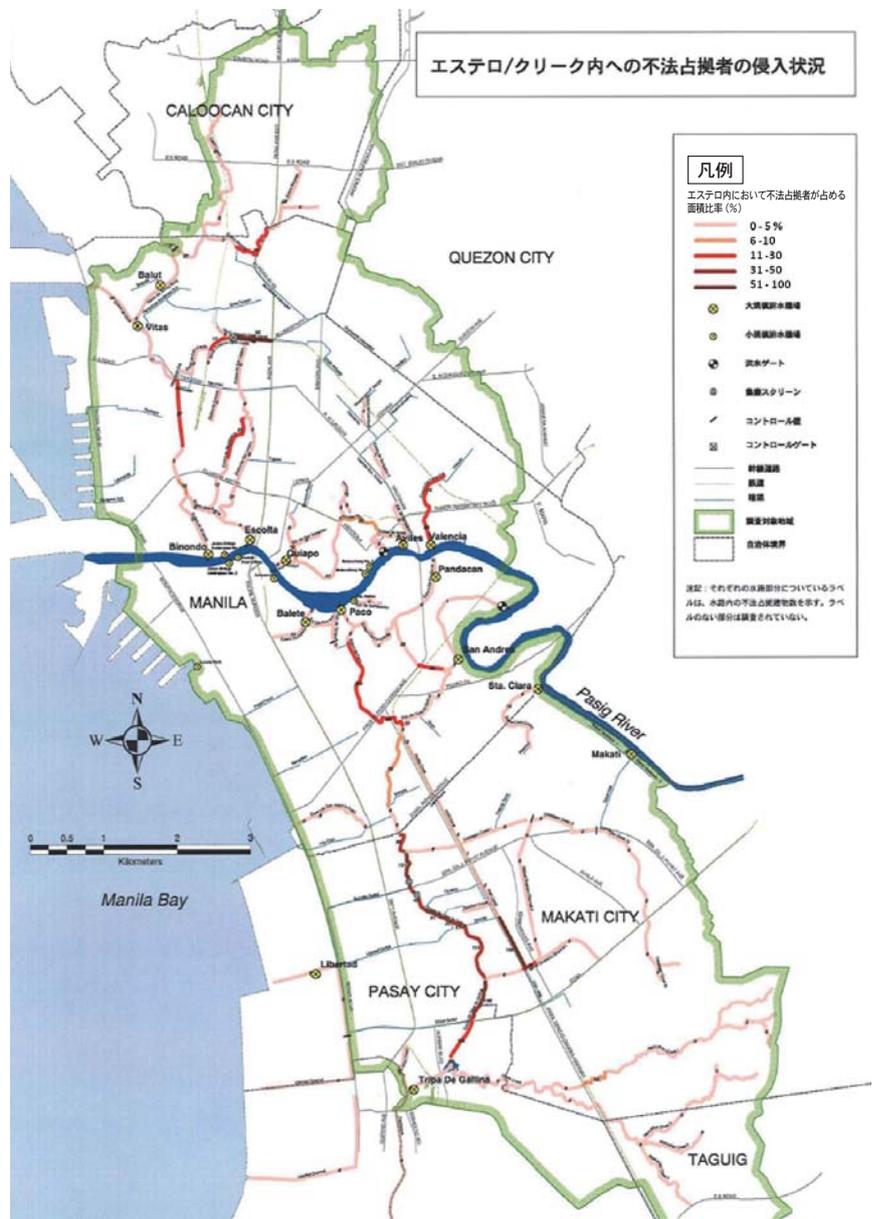


図 12 都市排水路への不法占拠者の進入状況(JICA, 2005)
 Fig. 12 Illegal settlements in the city drainage channels (Jica, 2005).

施設の整備が進められているが、まだ30年確率洪水が流下できる河道が整備されているのは一部というのが現状である。その結果、治水施設の計画規模を越える外水氾濫の発生可能性が高い状況があるが、マンガハン洪水放水路の整備により、都市中心部を大規模洪水氾濫から守ることができた。しかし、治水施設整備の他に、住宅地が激しい大規模洪水氾濫に曝されないようにする対応についての情報は得ることができなかった。

今後、河道の整備が求められる所であるが、マリキナ川やサンファン川の整備は下流のバシグ川の最大洪水流量を増加させる要因となり、都市中心部を流れるバシグ川河道の流下能力のさらなる増強が求められることになる。また、洪水時の遊水地として機能するラグナ湖周辺の開発が進み、湖水位上昇時の影響についての配慮が必要となるなど、水文環境の地域性を考慮した整備が求められている。

それらに加え、バシグ川、サンファン川、マリキナ川の氾濫原はすでに都市化が進行しており、都市の中での治水整備の難しさもある。さらに、発展途上国のフィリピンでは、治水整備を自力だけで達成することには経済的な困難などがあり、海外からの技術支援や財政支援を得て実施されているのが現状である。表3には、マニラ首都圏の治水整備プロジェクトが日本などの海外の支援によって実施されていることを示している。前述のマンガハン洪水放水路も、ラグナ湖岸堤防等の建設事業、マニラ首都圏中心部の都市排水システムも含め、日本が支援した治水事業である。そして、今回の災害後も、JICAやADBがマニラ首都圏の水害軽減についてアセスメントを行い、今後の支援についての検討を行った(JICA, 2009; ADB, 2009)。

(2) 治水施設の維持管理

治水施設の機能維持には、建設するだけでは不十分で、維持管理も重要である。しかし、バシグ川・マリキナ川・ラグナ湖流域では、河川区域への不法占拠や水路へのゴミの投棄が治水施設の機能を低下させている状況がみられた。例えば、マニラ湾岸沿いの低地に展開する都市中心部では、内水排除の都市排水路が10年確率降水量を流せるように整備された。しかし、排水路へのゴミの投棄や建物の不法占拠などが、排水路の流下能力を2年～5年確率降雨の規模まで低下させている(JICA, 2005)。都市排水路の管理者であるマニラ首都圏庁(MMDA: Metro Manila Development Authority)の話では、多額の予算を投入し水路の浚渫を実施しているが(写真12, 13)、厳しい財政環境下では、完全除去は難しいとのことであった(MMDA, 2009)。

また、河川敷地は公有地であるため不法占拠されやすく、住宅地が水路の河積を減少させ、流下能力を低下させている。図12はJICA(2005)が調査したマニラ首都圏の都市排水路の不法占拠状況であるが、水路の多くが不法占拠され、中には占拠率が30%以上の所さえ見られる。前述のマンガハン洪水放水路においても、堤外地すなわち堤防斜面内側に不法占拠の家屋が建ち並び、河積を狭

めている。

ラグナ湖岸堤防の建設に携わった七十刈昭夫(2008)は、不法占拠住宅の形成について次のように記している。『事業がスタートしてまもなく、突如として貧困者のコミュニティが10kmの堤防のうち、1.5km区間(国有地)に一夜城のごとく出現した。現在ではその地区は数万人が住む住宅地になっている。コミュニティの最初の形成は、いわゆるProfessional squatterと呼ばれる組織が、不法に突如として土地に入り込み勝手に分割し、貧困者に土地の権利を売っていく。その権利を買った人は、住宅組合を組織する。そして、この住宅組合は、湖岸堤防の位置変更要求運動を行うようになり、それは、次第に多く組織や政治家を巻き込んだ運動へと展開していった。』

このように、マニラ首都圏では完成した治水施設の機能が十分に発揮できていない状況がある。そして、これらは社会・経済・政治的環境が影響する複雑な課題であり、その解決には知恵と時間が必要な課題でもある。

(3) 流域の開発と洪水流出の大規模化

人口が増大を続けるマニラ首都圏では、都市域が拡大を続けている。そして、この土地利用の変化は洪水流出の増大や洪水氾濫の空間分布の変化などをもたらしている。例えば、前述したようにマニラ中心部の都市排水路の計画策定時には浸透域50%とし、流出係数0.4-0.5を用いていたが、現在では、流域の開発により流出係数が0.95まで上昇している(P. B. Gatan, 2009)。このように、開発にともなう洪水流出特性の変化が相対的に治水施設の計画規模を低下させている現状がある。

また、マニラの東30kmに位置するマリキナ川流域はマニラ首都圏の主要な水源のひとつであり、水源保全地域に指定されている。しかし、不法伐採、不法居住者による焼畑耕作、無秩序な農耕により、同流域の森林は急速に減少しつつある。森林の減少は大小の洪水発生、人口増大が著しいマニラ首都圏の水不足等の問題を惹起し、フィリピン国発展の阻害要因となりつつある。また、流域南部のボソボソ川(Bosoboso R.)上流の平坦な地域の養豚場の排水による河川の汚染がすすんでいるとともに、このボソボソ川の南に位置し、丘陵状のナンガ川(Nangka R.)流域では住宅地開発が進んでいると報告されている(JICA, 1994)。

このように、人口が急激に増加中のマニラ首都圏では、洪水流出特性が変わり、洪水流出が大規模化しつつある。

洪水氾濫を軽減するためには、治水構造物の整備とともに、洪水流出を増大させないような流域の管理も重要であるが、これへの対応は後手に回っているのが現状である。

5.2 氾濫原の開発と被害ポテンシャル

マニラ首都圏では、1970年代に400万人だった人口は、80年代に600万人、そして2007年には1,156万人を越え、さらに急増中である。このように、この地域は東南アジアの中でも有数の人口過密都市である(JICA, 2004)。この人口増大が、結果として氾濫原の開発に伴う水災害の被害ポテンシャル増大や感染症の発生、貧困層の被災者増大等となって現れている。事例で紹介する。

(1) 洪水氾濫原の開発と被害ポテンシャルの増大

アジアモンスーンの稲作地帯共通の課題として、人口増大に伴う都市化が水田等として使われていた低湿な氾濫原の開発を促進し、その結果、水災害の被害ポテンシャルが増大する状況が見られる。ラグナ湖岸平野の例でみよう。ここでは、50年前の1966年頃は住宅地が自然堤防上と高位湖岸段丘面(海拔4~7m)に立地していたが、次第に水捌けの悪い後背湿地を盛土しながら地盤高の低い地域へと進出し、1986年になると低位湖岸段丘面(海拔2~4m)に、1996年になると湖岸低地(海拔2m以下)、さらに湖岸沿いの湖成デルタにまで及んだ(原ら, 2002)。このように水災害に対して非常に脆弱な湖岸低地が乱開発された結果、台風オンドイによる災害の被災者数は、マニラ首都圏全体の40%にあたる40万人に達した。しかも、住宅地や学校は数か月水没したままになり、その中で人々は生活した(マニラ新聞)。さらに、盛土による地形改変は、人工的に湛水しやすい凹地をつくりだし、氾濫の空間分布を変えていった(原ら, 2002)。

このように、マニラ首都圏においても、低湿地の乱開発が水災害に対する被害ポテンシャルを増大させ、被害者を増加させている。

(2) 感染症発生と死亡リスク増大

十分な内水氾濫対策がないまま、低湿な氾濫原が開発されたり、不法占拠住宅が水災害に対して脆弱な地域に進入したりすることにより、洪水氾濫水が長期間湛水する排水不良住宅地が生まれている。この湛水が後述する環境汚染と相まって悪化した生活環境が、Leptospirosis感染症の爆発的大発生を招き、人的被害のリスクを増大させていた。

フィリピン保健省(DOH: Department of Health)は、マニラ首都圏で発生したLeptospirosis感染症について、オンドイ台風災害後10月1日から11月19日の間に、首都圏の15の病院で罹患者2,299人と178人の死者が発生した(NDCC Final Report)と報告している。この死者数と、水害による死者数との関係が確認できないが、首都圏の水害による死者数241人に対して、178人という死者数は非常に多いと言える。水害による死者数を減らすためには感染症への対処が重要であることが分かる。(なお、10月27日付NDCC Report No.42は水害による死者名を公表しているが、死因がLeptospirosis感染症と記載されている被災者が67人いる。)

マニラ首都圏で感染者が多かったのは、ケソン市、マリキナ市、マニラ市、パラニャーケ市、パシグ市、マラボン市で、感染者の集中したマリキナ市トゥマナ、マランダイ、コンセプションの3バラングイが流行地域に指定された(10月17日付マニラ新聞)。

UNEP/OCHAは、感染症の発生を防ぐためには、マニラ首都圏において、内水の排水能力向上、堤防で守られていない地域の移動式ポンプによる排水による湛水の早期排除や、湛水している水を洗濯や飲料水、遊びに使わないことを住民に広報することが重要であると指摘している(NDCC Report, No.50)。

(3) 氾濫水の汚染

上述の感染症の発生には、汚染された氾濫水を生み出した流域内の環境問題も関わっているとUNEP/OCHAは次のように指摘している。『マリキナ川流域では、被災地域にある中小の工場からの汚染物質が氾濫水に混入したこと、その大部分がラグナ湖へと流入したことや、内水氾濫による湛水により、被災地域では、清潔な飲料水や生活用水が不足し、この汚染された水を使用するとともに、子供達が汚染された氾濫水の中で遊んだことなど、不健康な生活環境が病気の爆発的な発生の要因となった』(NDCC Report, No.50)。

例えば、激しい洪水がマリキナ市の製紙工場の燃料タンクを傾け、油約10万リットルが流出した(9月29日付マニラ新聞)。また、前述したように、養豚場の排水による河川の汚染もある。さらに、マリキナ川氾濫原上流の右岸の中央台地(ケソン市)にはスモークーマウンテンと呼ばれる巨大なゴミ集積場があり、それを材料として利用する様々な小さな工場が建ち並んでいる地域ある。ここからも、大雨時には汚染された表流水が流れ出している(UNEP/OCHA, 2009)。

(4) 不法占拠住宅と被災者数増大

河川周辺への違法占拠住宅地の進入と河道の流下能力とについては前述したが、一方で、違法占拠住宅は、マンガハン洪水放水路にみられるように本来洪水が流れる水路内や湖周辺など、水災害のリスクが非常に高い場所に建設されるため、結果として被災者数を増加することになり、被害ポテンシャルを増大させていることが考えられる。実際、多くの違法占拠住宅の住民が被災していることが、台風オンドイ水害を伝える新聞記事からも分かる。例えば、ケソン市では、橋の下で生活していた約60家族(約420人)が、急激な増水により、家財を持ち出す時間も無く家が流されたとの報道があるが、(10月1日付マニラ新聞)これも不法占拠の住民であろう。また、10月6日現在、避難所に避難していた住民の数は約56,400世帯、約28万1,500人であった。そして、残っている避難住民の多くは、河川や道路沿いの違法占拠住宅で生活し、台風で家を失った住民とみられている(10月7日付マニラ新聞)。このように、30万人近い違法占拠住宅の住民が被災していることが伝えられている。

なお、アヨロ大統領は、避難所に残っている住民を、首都圏近郊の州に集団移転させるようが関係政府機関に命じた。これと並行して、首都圏から出身地へのUターンを促す事業を進めることが報道された(10月7日付マニラ新聞)。

6. まとめ

2009年台風オンドイがもたらした豪雨は、マニラ首都圏に大水害を発生させた。アジアモンスーン地帯に位置するマニラ首都圏は人口1,000万人に達し、現在も人口が急激に増加している開発途上国の大都市である。この地域における水害リスクの特徴を明からにするために、水害の実態を洪水氾濫、水害被害の状況等に焦点を当てた

調査を行った。調査は短期間であり、概要を把握するにとどまったがマニラ首都圏で発生した都市水害には、自然の水文・土地環境とともに、人口増加著しい開発途上国の大都市という社会・経済環境や、それに伴い変化する水文・土地環境などの影響が色濃く映し出されていた。それをまとめると次のようになる。

(1) マニラ首都圏の水害は、主に激しい外水氾濫により被災した氾濫原と、主に内水氾濫により被災した氾濫原に区分できるなど、氾濫原により水害リスクが異なっていた。各氾濫原の洪水氾濫のリスクには、次のような特徴がみられた。

前者のマリキナ川氾濫原とバシグ川支川サンファン川沿いの谷低平野では、河道流下能力を越える洪水により激しい外水氾濫が発生した。ここでは、河道流下能力が計画規模の30年確率洪水まで達していないなど、都市化した氾濫原を流れる河川であるが、河道整備はこれからという状態であり、外水氾濫のリスクが大きい状態であった。

主に内水氾濫により被災した氾濫原のうち、マニラ中心部が位置するマニラ湾岸沿いの海岸低地は、100年確率洪水の計画規模をもつマンガハン洪水放水路が機能し、バシグ川からの外水氾濫が軽減されていた。治水整備に様々な制約がある中で、治水施設の重点的整備により都市中心部の外水氾濫のリスクが軽減されていた。しかし、一方で、流域の開発に伴う流洪水量増大やゴミの投棄、水路の不法占拠が都市排水路機能を低下させるなど、内水氾濫を激化する社会・経済的要因があった。

主に内水氾濫により被災したもう1つの氾濫原ラグナ湖岸平野では、ラグナ湖水位上昇の影響を受け内水氾濫による長期間浸水のリスクが高かった。しかし、一方でラグナ湖の遊水機能が流出河川バシグ川の急激な増水を緩和する方向に働き、激しい外水氾濫のリスクを軽減しているとも言える。

(2) マニラ首都圏の河川では、開発が洪水流出を増大させ、洪水氾濫のリスクを上昇させる要因の一つとなっていた。その例として、マニラ湾岸沿いの海岸低地において、流域の開発進展に伴う洪水流出量の増大が、排水システムの計画規模を相対的に低下させていたことや、マリキナ川流域において、流域における不法伐採、不法居住者による焼畑耕作、無秩序な農耕による森林の減少や住宅地開発が洪水流出を増大させる要因となっていたことなどをあげた。

(3) また、水路へのゴミ投棄や不法占拠住宅の建設などの社会・経済的要因が治水施設の機能維持を難しくしていた。それは、都市への人口流入に伴う、河川敷地や水路への不法占拠住宅の建設が水路の河積を狭め、流下能力を減じているものなどである。また、都市排水路へのゴミの投入による影響を少なくするため、水路の浚渫が行われているが、追いつかない状況があった。

(4) 社会・経済環境の影響を受け、氾濫原の土地環境の変化に伴う被害ポテンシャル増大がみられた。その一つ、ラグナ湖岸低地では、マニラ首都圏の人口増大にともな

い水害に対して脆弱な低地の開発が進み、被害ポテンシャルが増大したことで、マニラ首都圏の被災者87万人の約半分にあたる40万人の住民が被災した。

また、河川敷や湖周辺などの水災害に対して脆弱な地域への違法占拠住宅の進入が被害ポテンシャルを増大させていた。ラグナ湖周辺の全被災者数100万人の半数は沿岸部や排水路沿いの違法占拠住宅の住民であったとの推定がある。

(5) 感染症による人的被害のリスクが高く、Leptospirosis感染症の爆発的大発生により178人が亡くなった。この背景に、洪水氾濫水の長期間湛水と環境汚染がある。被害の実態に即し、洪水氾濫水の排水不良による長期間湛水や環境汚染がもたらす感染症の発生を防止する対策が不可欠であろう。後者は、内水の早期排除施設の整備という技術的問題だけではなく、不法占拠住宅や環境汚染の課題も含む社会的な問題でもある。

以上のように、台風オンディによるマニラ首都圏の大水害調査により、開発途上国フィリピンの大都市圏における水害リスクの特徴を、一部であるが垣間みることができた。それは、この地域における水害リスクの軽減には、激しい洪水氾濫の発生頻度を低下させる河道対策とともに、洪水流出特性の激化を抑制するための流域対策、多数の死者を出す感染症予防のための排水対策や環境対策なども不可欠であることを示し、さらに、治水施設の機能を持続的に維持できる社会システムの構築等々の課題、いずれも財政的、社会的、政治的要因が関わる解決に時間のかかる問題が山積していることを示した。

また、マリキナ川等の河道整備一つとっても、下流の都市中心部を流れるバシグ川の整備やラグナ湖の水位調整とも関わる問題で、流域内での治水安全度の空間分布をどうするかという議論も必要であろうし、すでに都市化が進んでいる流域での工事には様々な困難が伴う。さらに、発展途上国のフィリピンでは自力での治水整備に困難があり、首都圏の治水整備も外国の支援に頼っている状況がある。このように、治水整備にも様々な制約がある。

この地域の水害リスクを軽減するためには、土木技術者だけでなく社会学者などの専門家との協力により長期的な視点から議論を進める必要となろう。日本は長年にわたりマニラ首都圏の治水整備に貢献し、それを通して蓄積してきたソフト力、すなわち、この地域の社会や水害地域性等についての豊かな知識や情報力がある。このソフト力を活かして、マニラ首都圏が抱えている水害リスクの軽減を一步先に進めるために、新たな視点からのアプローチによる日本の支援のさらなる進展が臨まれる。

なお、本編では災害軽減対応について取り上げなかったが、行政機関等での聞き取り調査の際に、コミュニティの災害対応能力の向上の取り組みが始まっていることや、災害ボランティアが活発な活動を繰り返しているとの話を聞いた。あらゆる資源（災害軽減対応の主体）をフィリ

ピンの社会に適応する方法で活性化し、水害被害軽減策を持続的に維持する仕組みの模索も必要となろう。

謝辞

防災研究フォーラムには、2009年台風オンドイによる被災状況現地調査先遣隊として派遣し、旅費等の支援をしていただいた。防災科学技術研究所には、現地調査を実施するに際し様々な支援をいただいた。また、現地調査においては、フィリピン国家災害調整委員会 (NDCC)、市民防衛局 (OCD)、フィリピン気象天文庁 (PAGASA)、環境資源省鉱業・地球科学部 (MGB)、マニラ首都圏庁 (MMDA)、フィリピン赤十字社 (PNRC)、日本国際協力機構 (JICA)、アジア開発銀行 (ADB) の方々には、お忙しい中調査にご協力いただくとともに、貴重な災害資料や情報のご提供をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) ABS-CBN News (www.abs-cbsnews.com)
- 2) Accu-map (2009) : Metro Manila 1:30,000
- 3) ADB (2009) : 2009年現地調査時におけるADBインタビュー調査収集情報・資料。
- 4) Alicia Bongco, Laguna Lake Development Authority (2009) : Presentation at ADB Short Seminar “Water for all: Learning from the Ondoy flood: A Dialogue with Experts” held on 14 Oct. 2009, Asian Development Bank.
- 5) Edgardo C.Manda, Laguna Lake Development Authority (2008): The case of the Lauguna de Bay basin in the Phillipines, Water and Climate Change Adaption in Asian River Basins, 1-5 Dec. 2008, Malaysia.
- 6) 原 祐二, 春山成子, 大久保悟, 武内和彦(2002) : マニラ首都圏都市農村混住地域における盛土を伴う水田の宅地転用と洪水流出特性変化. 農村計画学会論文集, 第4集, 19-24.
- 7) Google (2009) : Typhoon Ondoy Maximum Flood Height, 台風オンドイによる最大浸水深のネット上に蓄積し共有する google サイト. (<http://maps.google.com/maps/ms?msa=0&msid=115956470311312588880.000474a230d17e01a3021&ie=UTF8&z=13>)
- 8) JICA (1994) : フィリピン共和国マリキナ水源林造成計画ファイナルレポート, 社)海外林業コンサルタント協会.
- 9) JICA (2004) : フィリピン国マニラ首都圏地震防災対策計画調査最終報告書, Vol.7pp.
- 10) JICA (2005) : フィリピン国マニラ首都圏中心地域排水機能向上調査, 最終報告(要約版), 97pp.
- 11) JICA (2009) : 2009年現地調査時におけるJICAインタビュー調査収集情報・資料。
- 12) L. Q. Liongson, National Hydraulic Research Center and Institute of Civil Engineering, University of the Philippines-Diliman (2009): Presentation at ADB Short Seminar “Water for all: Learning from the Ondoy flood: A Dialogue with Experts” held on 14 Oct. 2009, Asian Development Bank.
- 13) 七十刈昭夫(2008) : 建設コンサルティング・サービス海外滞在20年. 国建協情報2008年11月小沢賞受賞記念寄稿, 16-22.
- 14) MMDA (2009) : 2009年現地調査時におけるMMDAインタビュー調査収集情報・資料。
- 15) MGB (2009) : “Flood Hazard Map in Metro Manila”.
- 16) まにら新聞 2009年9月～11月号
- 17) NDCC (2009a) : National Disaster Coordinating Council Situation Report No.1 ~ Final Report.
- 18) NDCC (2009b) : 2009年現地調査時におけるNDCCにおけるインタビュー調査収集情報・資料。
- 19) 中須 正(2011) : 台風オンドイおよびペベン災害における人的被害拡大と災害対応—マニラ首都圏およびバギオ市の事例—. 防災科学技術研究所主要災害調査, 45, 87-96.
- 20) NAMRIA (2009) : Flooded Area in eastern Metro Manila ts “Ondoy” 26 September, 2009 (1:15,000).
- 21) NAMRIA 発行地形図(1:250,000 ; 1:25,000 ; 1:10,000).
- 22) PAGASA (2009) : 2009年現地調査時におけるNDCCにおけるPAGASA 専門家とのインタビュー調査収集情報・資料。
- 23) P. B. GATAN, Department of Public Works and Highways (2009) : Presentation at at ADB Short Seminar “Water for all: Learning from the Ondoy flood: A Dialogue with Experts” held on 14 Oct. 2009, Asian Development Bank.
- 24) PNRC (2009) : 2009年現地調査時におけるPNRCインタビュー調査収集情報・資料。
- 25) Teruko SATO (2006) : Fundamental Characteristics of Flood Risk in urban areas in Japan, A Better Integrated Governance of Disaster Risks-Toward Resilient Society to Emerging Risks in Mega Cities, 23-40, Terra Pub.
- 26) Sofia Santiago (2009) : Presentation at ADB Short Seminar “Water for all: Learning from the Ondoy flood: A Dialogue with Experts” held on 14 Oct. 2009, Asian Development Bank.
- 27) UNEP/OCHA (2009) : Environmental Assessment: Philippines-Tropical Storm Ketsana 8-20 October 2009, 19pp.
- 28) WB (2005) : Natural disaster risk management in the Philippines: reducing vulnerability follow-on study final report.

(原稿受理日 2010年11月25日)

要 旨

2009年9月25日～26日にかけて、台風オンドイがフィリピンのマニラ首都圏にもたらした豪雨は、大水害を発生させた。アジアモンスーン地帯に位置するマニラ首都圏は人口1,000万人に達し、現在も人口が急激に増加している開発途上国の大都市である。この地域における水害リスクの特徴を明らかにするために、水害の実態を洪水流出、洪水氾濫、被害、被害軽減対応等に焦点を当てた調査を行った。

調査により、マニラ首都圏発生した水害は一様ではなく、「主に外水氾濫によって被災した」マリキナ川氾濫原とサンファン川沿いの谷底平野と、「主に内水氾濫によって被災した」マニラ湾沿いの海岸低地とラグナ湖岸平野とに大きく4区分できた。これらの氾濫原で発生した都市水害には、自然の水文・土地環境とともに、人口増加が著しい開発途上国の大都市という社会・経済環境や、それに伴い変化する水文・土地環境などの影響が色濃く映し出されていた。

キーワード：モンスーンアジア，2009年台風オンドイ(16号)，水害，パシグ川・マリキナ川・ラグナ湖流域