

2009年台風オンDOIによるマニラ首都圏東部の洪水被害

2002年論文結果との比較による洪水特性変化要因の考察

誌名	農村計画学会誌 = Journal of Rural Planning Association
ISSN	09129731
著者名	原, 祐二
発行元	農村計画学会
巻/号	30巻
巻号補足	論文特集号
掲載ページ	p. 207-212
発行年月	2011年11月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



2009 年台風オンドイによるマニラ首都圏東部の洪水被害

2002 年論文結果との比較による洪水特性変化要因の考察

Flood damage in the eastern fringe of Metro Manila by 2009 tropical storm *Ondoy*

In comparison with the results of 2001 field survey

原 祐二

Yuji HARA

(和歌山大学システム工学部)

(Faculty of Systems Engineering, Wakayama University)

I はじめに

モンスーン・アジアの多くの大都市が、河川最下流域の沖積平野に立地している。都市化以前は、自然堤防などの微高地上に集落があり、後背湿地には水田が広がるという農村景観が一般的だった。雨季に生じる洪水は水田に貯留され、人々も水上交通を移動手段として生活していた。都市化にともない、こうした場所では水田に盛土する形で宅地開発が行われ、都市農村混在土地利用が拡大していく。その結果、洪水許容量が低下し、排水不良による長期の内水湛水被害、破堤による外水被害などが生じる。地球温暖化により豪雨頻度が上昇するという予測もあり¹⁾、計画的な土地利用誘導による排水不良地の拡大防止、洪水対策インフラ整備による洪水流制御の必要性が、今後ますます高まると考えられる。

フィリピンのルソン島中部の沖積平野に立地するマニラ首都圏では、2009 年 9 月 26 日、台風オンドイによる大きな被害を受けた。24 時間雨量は 450mm に達し、これは当地における 100 年確率の降水量に相当する²⁾。マニラ首都圏で 288 名の死者を出し、インフラ被害額は 1300 万米ドルに達した³⁾。とりわけ台風進路上にあり、低湿地であるマニラ首都圏東部の洪水被害は甚大であった。著者は 2009 年 12 月 4 日～6 日に、被災地において、洪水時の状況について住民にインタビュー調査を実施した。その後、2010 年 9 月 24 日には、国土地理・資源情報庁において被害直後の湛水深デジタルデータを取得した。

ところで著者は、2001 年 10 月に、オンドイの中心的な被害域であるマニラ首都圏東部において現地調査を行い、微地形、土地利用、洪水特性の相互関係について考察している⁴⁾。盛土をとまなう水田の宅地転用が内水被

害を増加させることを示し、自然微地形に依拠した土地利用計画の必要性を指摘した。その後、現在に至るまで、当該地域で土地利用変化は継続している。さらには、新たに湖岸堤や排水機場など洪水対策インフラが整備されてきた。すなわち、この間、地域の洪水特性は変容してきており、オンドイの洪水被害の空間パターンにも影響を及ぼしていることが想定される。

こうした点をふまえ、本研究では、2009 年台風オンドイによるマニラ首都圏東部(図 1)における洪水に関し、湛水深と微地形の関係を解析した。さらには、特に被害が大きく特徴的な洪水がみられた地点を中心に、住民へのインタビューにより洪水当時の状況を復元した。それらの結果を 2001 年時の調査結果と比較検証し、土地利用変化および洪水対策インフラの整備がもたらした洪水特性の変容について考察した。

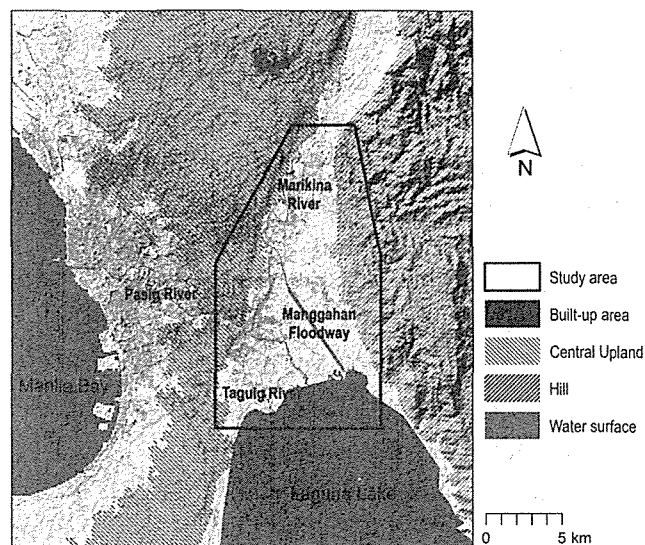


図 1 調査対象地

Fig. 1 Study area

II 研究方法

1 微地形と湛水深の関係把握

対象地における微地形情報として、著者らが作製⁴⁾していたデジタル微地形分類図を用いた。湛水深の情報としては、国土地理・資源情報庁作製のデジタル湛水深ポイントデータおよび推定洪水水位ベクタデータを用いた。前者は当庁職員により2009年9月26日の台風オンDOI被害時に実測された湛水深およびその後数週間以内に現地住民への聞き取り調査により復元された地点最高水位合わせて710ポイントのデータであり、うち634ポイントが微地形分類図範囲内に存在している。後者はポイントデータを基に、9月26日14:15観測のALOS PALSAR画像を用いて内挿した推定洪水水位分布データである。

まず、微地形分類図と湛水深ポイントデータをオーバーレイし、地形単位毎の湛水深平均値を多重比較検定(Bonferroni補正)した。その際、100ポイント以上の湛水深データが存在する地形単位のみを対象とした。次に、推定洪水水位分布データと、1989年の洪水分布推定図⁴⁾の比較検討を試みた。この推定図は、Landsat TM画像から教師付き分類により湛水域を抽出したものである。トレーニングエリアとして、対象地内の水深2m弱の小河川(パッシング・タギグ川)の水面を選択している。これを考慮し、オンDOI洪水水位分布データについても、国土地理・資源情報庁定義の水位カテゴリー3(洪水水位約1m)以上の部分を検討対象とした。具体的な作業としては、まず微地形分類図と二時期の洪水分布推定図をオーバーレイし、地形単位毎の湛水面積を算出した。その後、湛水の地形単位毎の特化度を求め、両時期の値を比較した。

2 住民インタビューによる洪水特性の把握と新旧空中写真・地図判読による洪水特性変化要因の推定

上1の解析だけでは、現場における洪水特性、すなわち時間軸に沿った湛水深の変化は抽出できない。これを把握するため、2009年12月4日～6日にかけて、洪水被災地の住民に対し、現地インタビュー調査を実施した。インタビュー対象地として、上1の作業の結果、二時期間で湛水域が顕著に拡大したマリキナ川上流蛇行部と、湛水域が縮小したタギグ川最下流部の2地点を設定した。現地では、洪水最高水位、水位変化、避難行動、近年の洪水特性変化の推定要因について聞き取った。インタビューは各地点5名ずつ、1人あたり15分程度行われた。

インタビューを実施した2地点における近年の土地利用変化および治水・公共インフラの整備状況を把握するため、1982年の1:32,000空中写真、1987年の1:10,000土地利用図、1997年の1:8000空中写真、2003年の1:5000

空中写真および都市計画基本図、グーグルアース上の衛星画像(2010年2月5日観測)を判読・比較検証した。判読された新たに建設された公共インフラについては、インタビュー調査実施時に現場確認を行った。

最終的にはインタビュー調査により抽出された洪水特性と、近年の土地利用変化・インフラ整備との関係性を考察した。

III 調査結果および考察

1 対象地全域の微地形と湛水深の関係解析

微地形分類図にデジタル湛水深ポイントデータおよび推定洪水水位ベクタデータを重ね、図2として示す。同範囲の1989年洪水分布推定図も併せて示した。さらに、微地形分類図と湛水深ポイントデータのオーバーレイ結果を図3に、微地形分類図と1989年・2009年の洪水分布推定図とのオーバーレイによる洪水域の地形単位毎の特化度を表1として示す。

図2より、3m以上の湛水深を記録した場所が、図北部のマリキナ川上流域の蛇行部に集中していることが分かる。当該河川区間の河道流下能力は1500-1800m³/secであるのに対し、洪水当時4150m³/secが記録されている³⁾。2001年10月調査時には、当該区間において、2900m³/secを目標とした河道改修事業が計画段階にあった⁵⁾。オンDOIによる洪水は計画流量をはるかに上回る出水であり、河道改修事業も大幅な進展をみなかったため、大規模な外水氾濫が生じたといえる。

一方、表1より1989年時点では特異的に湛水している、図2南部のラグナ湖北岸の低湿地については、上述したマリキナ川流域に比べ湛水深は小さい。また、図3より、自然堤防帯における湛水深は上位・下位湖岸段丘面よりも有意に小さく、微地形に対応した洪水特性がみられる。

以上抽出された洪水特性変化地点について、その変化要因を、現地調査結果もふまえて次節において検討する。

2 詳細現地調査地点における洪水特性とその変化要因

(1) マリキナ川上流蛇行部 Holy Family Village 付近

図4にマリキナ川上流蛇行部に位置する住宅地(Holy Family Village)周辺の詳細地盤高図を、図5に当該地区新旧画像を、図6に現地撮影写真を示す。現地での聞き取りによれば、本住宅地は1980年に建設されたとのことで、実際に1982年空中写真でも確認された。図4より、マリキナ川旧河道を埋め立てて建設されたと考えられる。住民への聞き取りによれば、洪水当日、水位は瞬時に道路路面より+5.5mまで上昇、その後一日をかけて+50cmまで低下したとのことである。

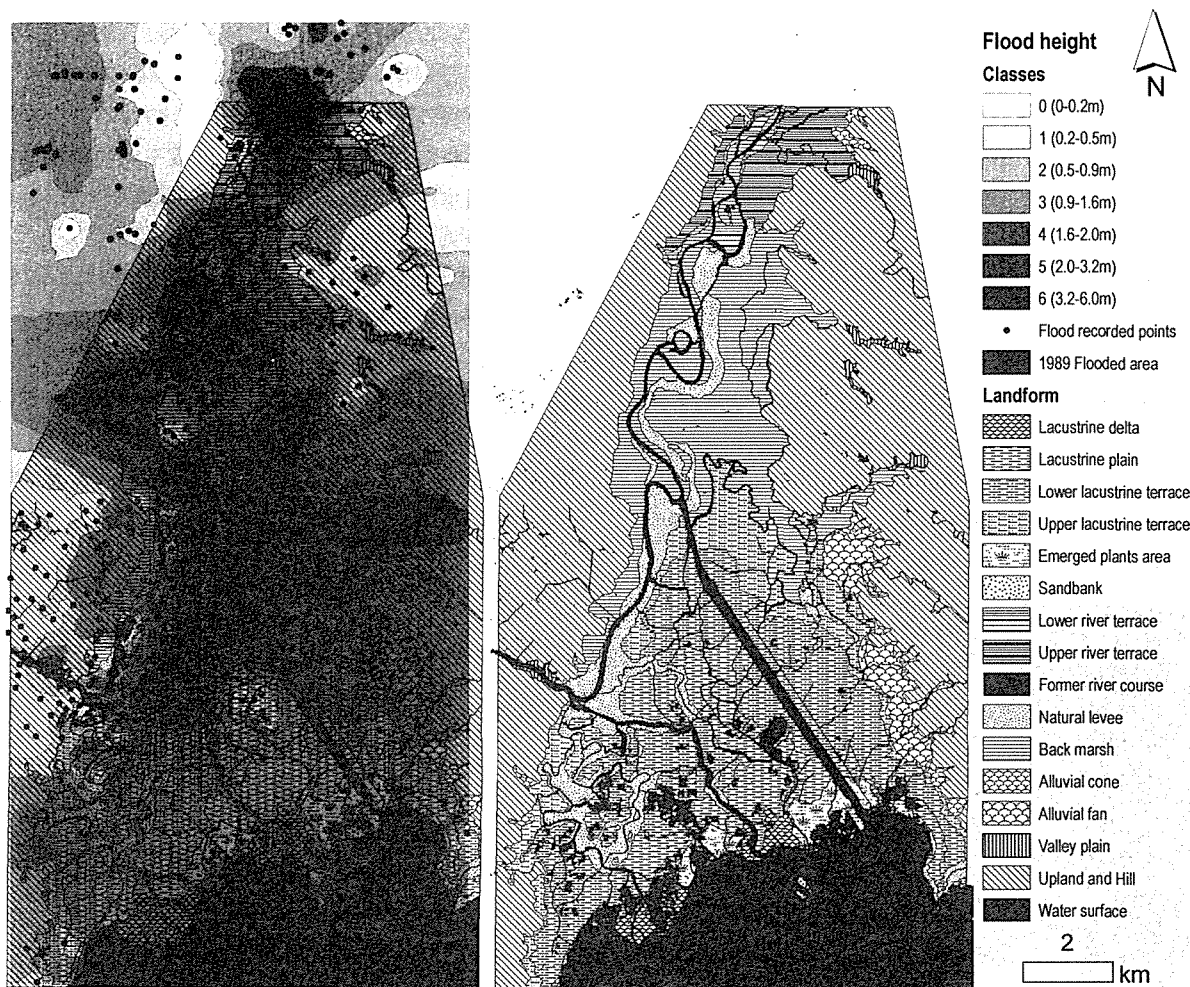


図2 微地形分類図と湛水深重ね合わせ図（左：2009年；右：1989年）

Fig. 2 Distribution of flooded area overlaid with landform classification map (left: for 2009; right: for 1989)

表1 洪水域の地形単位毎の特化度

Table 1 Specialization ratio of flooded area to landform

Landform	1989	2009
Lacustrine delta	6.95	0.00
Lacustrine plain	2.78	0.48
Lower lacustrine terrace (LLT)	2.01	0.86
Upper lacustrine terrace (ULT)	0.47	1.51
Emerged plants area	5.10	0.00
Sandbank	8.04	0.00
Lower river terrace	0.10	1.78
Upper river terrace	0.08	1.05
Former river course	2.18	1.26
Natural levee (NL)	1.78	0.76
Back marsh (BM)	0.25	1.68
Alluvial cone	0	0.63
Alluvial fan	0.04	1.95
Valley plain	1.65	0.42
Upland and Hill (UH)	0.13	0.93

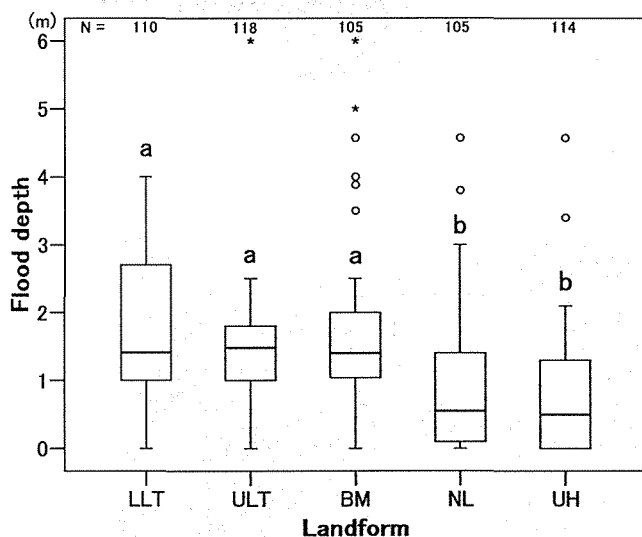


図3 地形単位毎の湛水深（略称は表1参照）

(a-b 間には5%水準で平均値に有意差)

Fig. 3 Flood depth by each landform

洪水時、2 階建て家屋の屋根に避難した住民は一命をとりとめていたが、出水直後に自家用車で団地内のクラブハウスに逃げようとした住民の多くは流された。急激な増水から、マリキナ川からの洪水流が団地内に流れ込んだものと考えられた。

図 6-A は、Holy Family Village より下流部に位置する道路およびライトレールの橋梁下で撮影した写真である。当該地点付近のショッピングモール警備員へのインタビューによれば、洪水当時、この橋梁部に多くの瓦礫がトラップされ、一時的にダム化したとのことである。また、図 6-B は、住宅地の外周堤防を修理している現場で撮影されたもので、洪水時の破堤地点と考えられる。

図 5 より、A 地点では近年、道路の拡幅・新設およびライトレールの開通により、限られた場所で橋梁が大幅

に増加していることが分かる。現場では、拡幅 2 車線道路で 8 本、ライトレールで 7 本、新設 4 車線道路で 24 本の橋脚が堤外区間で確認された。このため、洪水時に瓦礫により当該地点でマリキナ川の流下能力が極端に低下し、本川水位が急上昇して旧河道分岐点付近で破堤、住宅地が一気に冠水したものと考えられた。

(2) タググ川最下流 Bay Breeze Executive Village 付近

図 7 にタググ川最下流部の湖岸デルタ地帯に位置する住宅地 (Bay Breeze Executive Village) 周辺の詳細地盤高図を、図 8 に当該地区新旧画像を、図 9 に現地撮影写真を示す。図 9-C に示された湖岸堤および排水機場は、JICA 支援により 2004 年に完成した。マニラ首都圏を洪水から防御するため、1985 年にマンガハン放水路 (計画流量 2400m³/sec) が完成、それにより遊水機能を附加さ



図 4 Holy Family Village 付近の詳細地盤高図
(微地形分類図および 2003 年都市計画基本図データより作製)

Fig. 4 Detailed topographic map around Holy Family Village

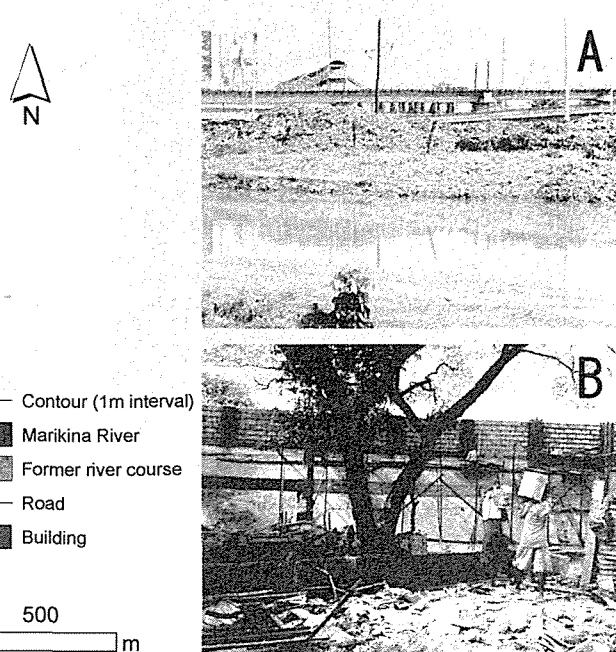


図 6 2009 年 12 月撮影の現場写真
(A: 橋梁下の瓦礫; B: 破堤部分)

Fig. 6 Photos taken in the field



図 5 新旧画像比較 (橋梁およびショッピングモールの増設が認められる)

Fig. 5 Old and new images for the site around Holy Family Village

れたラグナ湖岸平野の長期湛水を改善するために整備されたのが当該施設である⁵⁾。著者が現地調査を行った2001年10月の時点では、事業前の地質調査の段階であった。湖岸堤はマニラ首都圏の環状高速道路C6の一部として、盛土により整備されている。自動車道としての開通には至っていないが、近隣住民に加え、遠方市街地からサイクリング目的で訪れる人々が多く、両方から多目的インフラとして評価する発言があった。現地担当者への聞き取りによれば、排水機場は湖岸堤沿いに計4施設あり、うち2施設は吐出量15m³/secのポンプ4台を、残りの2施設は同ポンプ2台をそれぞれ備えている。

C地点付近の堤内地にあるHagonoy School（日本の援助にて設立）での聞き取りによれば、オンドイの洪水当時、水位は+1.6mまで上昇したが、その後低下し、+40cm

で安定したとのことである。ポンプ排水が一定の効果をあげたものと推定される。一方、著者が2002年論文⁴⁾にて指摘した非計画的な盛土開発による遊水機能の低減と排水不良地の出現についても、住民の意見が得られた。それによれば、湖岸堤と排水機場の設置により、地区全体としての湛水深度と継続期間は縮小改善されたものの、ラグナ湖の高水位が継続するため、一部排水不良地では水はけが悪化したということである。「水の行き場が我々の最大の関心事だ」という発言に端的に表れているように、住民は埋立開発による一時湛水域の喪失、ラグナ湖に洪水を貯留する意義、それによる一部地区への影響を正確に理解していた。なお、地元の建設コンサルタントによれば、近年、本地区を含むタギグ町および周辺自治体では、開発に附随して産出される基盤岩の破砕石（地

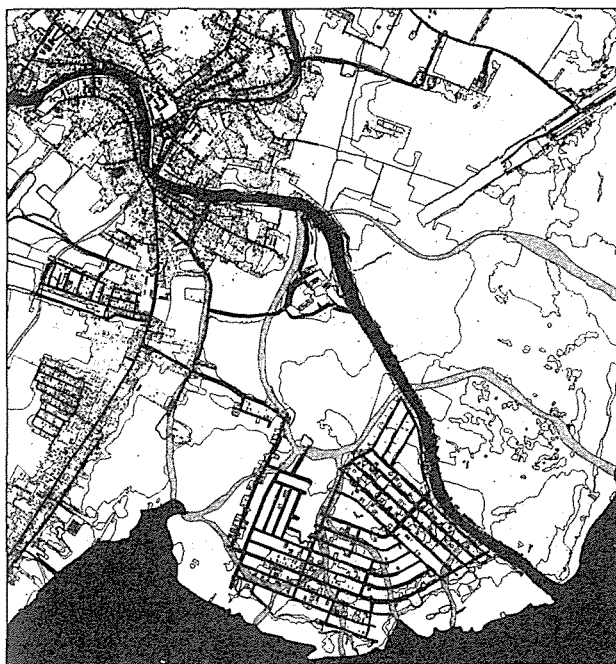


図7 Bay Breeze Executive Village 付近の詳細地盤高図
(微地形分類図および2003年都市計画基本図データより作製)

Fig. 7 Detailed topographic map around Bay Breeze Executive Village

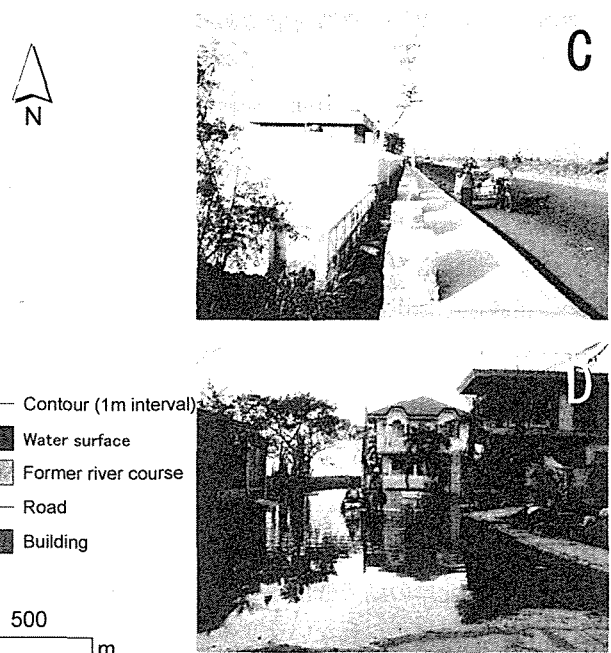


図9 2009年12月撮影の現場写真
(C:湖岸堤と排水機場; D:冠水した堤外地住宅地)

Fig. 9 Photos taken in the field

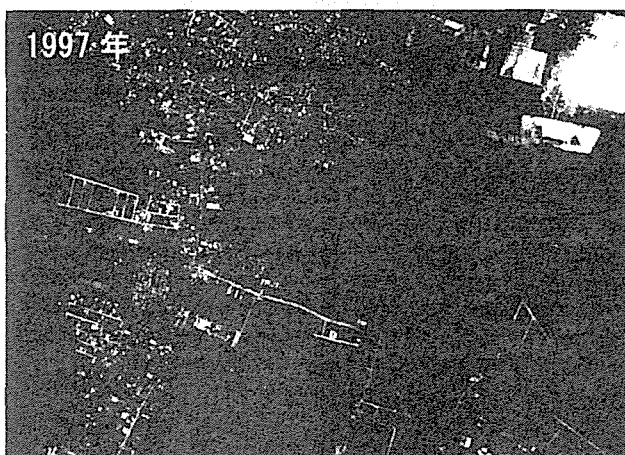


図8 新旧画像比較（排水機場を備えた湖岸堤の建設が認められる）

Fig. 8 Old and new images for the site around Bay Breeze Executive Village

元では「adobe」と総称), および建造物解体にともなう瓦礫について, 発生した自治体内での利用を規定する条例が定められた。著者らが指摘⁶⁾したような, 無機資源の地産地消による埋立促進をねらったものと推察される。その効果については今後検証していく必要がある。

図8で明らかのように, D地点のBay Breeze Executive Villageは堤外地に立地しており, 図9-Dに示すように長期湛水が必然的に発生する。当該住宅地は1987年の土地利用図において「建設中」と表記されていることから, マンガハン放水路建設後, 湖岸堤も含む洪水防備計画策定と同時期に建設されていたものと考えられる。一方, マニラ首都圏内の各自治体が新地方自治法により独自の土地利用計画の策定を開始したのは1991年であり, また, そもそも運用面で規制の実行力が弱い⁷⁾ことから, 当該住宅地は湖岸デルタに建造可能であったと考えられる。現行のタギグ町の土地利用ゾーニング⁸⁾では, 当該住宅地は「Low-Density Development Zone」に位置付けられている。周辺を全て「Tourism Development Zone」により取り囲まれた飛び地であることから, 既開発地として現状追認されたものと推察される。将来的な湖岸堤の建設を見越した投機的開発であったかどうかは検証できていない。当該住宅地が開発時にグレープロセスを経ており, それ故に堤外地となった可能性もあるのではないかと推察される。

IV まとめ

本研究結果は以下のようにまとめられる。

- 1) オンドイによる洪水被害は, 1989年洪水において湛水したラグナ湖北岸の湖成低湿地ではなく, 1989年洪水においては被害が認められないマリキナ川上流の旧河道沿いにおいて顕著である。
- 2) マリキナ川上流蛇行部では, 近年同一地点に複数増設された橋梁の橋脚が瓦礫をトラップし, その後背地点で破堤, 旧河道に位置する住宅地が甚大な被害を受けた。
- 3) ラグナ湖岸平野では新造された湖岸堤および排水機が長期湛水被害を抑制したが, 冠水した堤外地の住宅団

地や, 埋立地に取り囲まれた排水不良地も存在する。

なお, オンドイの洪水被害を, 人災としてとらえる論調も存在するようである⁹⁾。著者が現地調査を行った2001年10月当時, JICA支援により洪水警報システム(EFCOSと称する)が運用されており, その事務所において蓄積された8年分の雨量・水位データ(マニラ首都圏を含む流域のもの)を提供いただいた。このEFCOSは, 2002年に公共事業省からマニラ首都圏庁に移管され, その後システムの維持・管理コストが成果に見合わないとして運用が停止されたとのことである。オンドイによる洪水被害は, ソフトインフラの重要性を図らずも示す結果となったといえる。

引用文献

- 1) The World Bank: Climate risks and adaptation in Asian coastal megacities: a synthesis report.
http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2010/10/20/000333038_20101020234456/Rendered/PDF/571100WP0REPLA1egacities01019110web.pdf (2010/09/01)
- 2) The World Bank: Typhoons *Ondoy* and *Pepeng*: Post-Disaster Needs Assessment.
<http://siteresources.worldbank.org/INTPHILIPPINES/Resources/PDNAExecutiveSummary.pdf> (2009/12/02)
- 3) 防災科学技術研究所: フィリピン台風災害調査速報.
http://dil.bosai.go.jp/library/disaster_research/2009philippine/ (2011/02/10 最終参照)
- 4) 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在地域における盛土を伴う水田の宅地転用と洪水特性変化. 農村計画学会誌, 21(論文特集号), 19-24.
- 5) CTI Engineering International Co., Ltd. (2001): Internal Report on Pasig-Marikina River Channel Improvement Project, CTI Manila Liaison Office.
- 6) Hara, Y., Takeuchi, K., Palijon, A.M. and Murakami, A. (2008): Landfill development in the urban fringe of Metro Manila. *GeoJournal*, 71, 127-141.
- 7) 城所哲夫(1994): 東南アジア大都市の土地利用規制の特質に関する研究. 都市計画, 190, 67-73.
- 8) City of Taguig (2005): Comprehensive Land Use Plan, City Development and Planning Office, Taguig.
- 9) ABS-CBN News: P1-B flood warning system wasted due to neglect. <http://www.abs-cbnnews.com/nation/10/07/09/p1-b-flood-warning-system-wasted-due-to-neglect> (2009/10/07)

Summary: This study aims at examining flood damage in the eastern fringe of Metro Manila by 2009 tropical storm *Ondoy* in comparison with the previous study for the 1989 flood in the same area. Data on distribution of flood depth were obtained from the National Mapping and Resource Information Authority and overlaid with the landform classification map using GIS in order to understand landform-flood relationships for the whole study area. Then the two sample sites for detailed field investigation were selected and field interviews with local people were conducted for verifying field situations of flooding. As the results, it was revealed that 100-year return period heavy rainfall by *Ondoy* was causing higher floodwater level at the meandering point along the Marikina River accelerated by the recent completion of the several bridges, and the subdivision situated on a former river course was got serious flood damage due to the dyke break. In contrast, a lacustrine plain was not seriously submerged as reported by the previous study due to the completion of the lakeshore dyke and drainage pumping stations; however, the lakeside subdivision built in an informal planning process was inevitably submerged.

キーワード (Keywords): 洪水特性 (Flood characteristics), マニラ首都圏 (Metro Manila), オンドイ (Ondoy)

(2011年5月21日 受付)

(2011年9月17日 受理)