

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目 Study on pluvial flood processes with sensing and modelling of old urban drainage systems in the cities of developed and developing countries

(先進国と途上国の都市における古い排水システムの監視とモデル化による内水氾濫過程に関する研究)

氏 名 AUNG Khaing Min

論 文 内 容 の 要 旨

降雨による浸水は世界中の多くの都市で重大な問題であり、その緩和策のために原因と特徴を整理することが重要です。長く発展してきた都市域においては、過去に整備された雨水貯留・排水施設の多くはその機能が不十分になっている中、気候変動により豪雨の頻度が高まりつつ状況を踏まえるに、多くの都市域では降雨時の浸水リスク低減が喫緊の課題となっています。しかし、特に都市ブロックの規模では、計器による観測はほとんどされていないため、浸水現象の実質的な特徴を理解することは困難です。理想化された条件を用いたモデリングアプローチだけでは、洪水の原因と深刻度を評価するのに十分ではありません。以上を踏まえ、本研究は、降雨に伴う都市浸水の実質的特性を理解するための効果的なデータ収集システムを提案し、これを適用して都市排水施設を含んだ浸水過程を特定することを目的としています。頻繁に浸水害が生じる中部日本の津島市とミャンマーのヤンゴン市を対象地域としました。豪雨時の両都市の浸水プロセスを特定するために、都市の雨水排水路における自記式水位計による監視システムを紹介しました。さらに、NILIM モデル（オープンソース、国土交通省国土技術政策総合研究所）と InfoWorks ICM（商用モデル、Innovyze 社）を使用し、古い雨水排水システムを備えた都市域を対象として、浸水過程を評価し、その深刻度の影響を調査しました。

第 2 章では、氾濫の深刻度は、降雨強度だけでなく、排水路内の土砂堆積、ゴミの詰ま

りや排水先河川の水位変動など、他の制御要因への依存性を調べました。水位計測、現地確認の結果をシミュレーションと比較したところ、排水路内の土砂やゴミの詰まり、および排水先河川の水位変動と同時に氾濫する可能性があることが分かりました。さらに、降雨に伴う浸水に着目した第3章と第6章から、堆積物と降雨量の増加の複合効果により浸水が発生することが明らかになりました。この浸水の深刻度は、排水路の土砂と強く関連しており、浸水時間に敏感に反映されます。

第4章では、費用対効果が高く、最新の技術を必要としない自記式水深計を雨水排水システムに設置することにより、都市部の局地的な浸水プロセスを推定することを示しました。この方法は、解像度の高い標高値の分布と組み合わせることにより、洪水のプロセスを追跡するために適用できます。さらに、下水道だけでなく、開水路を呈する雨水排水路も考慮した都市排水モデリングは、排水路を考慮しない場合よりも雨水を保持し、浸水の深刻さを軽減させ得ることを示すことができました。第5章において、NILIMとInfoWorks ICMによるシミュレーションを比較したところ、InfoWorksは計算時間が短く、浸水深などの時空間的変化も追跡しており、浸水過程を良好に再現可能なことがわかりました。これまでに多くの研究で示されているように、InfoWorksを適用すると、さまざまなシナリオ下のシミュレーションで、洪水リスクをより効果的かつ効率的に識別できることが確認されました。特に本研究では、2つの調査場所を比較した議論から、津島とヤンゴンの類似点の1つとして堆積物が堆積した開水路排水路が認識され、都市部から雨水を排水するための有効性と感度が明らかになりました。したがって、施設管理、保守作業、または緩和策により、排水能力を維持することが重要であることが示唆されています。

特に、開発途上国の洪水リスク管理には、構造的緩和策だけでなく、非構造的緩和策、特に土地利用規制の欠如、違法な廃棄物処理の実施、異なる部門間の協力の弱さなど、多くの課題があります。第7章では、責任の重複とギャップを減らし、洪水リスク管理計画とプログラムのビジョンの橋渡しの概念と、異なる部門間で責任を共有する明確なルールを促進するために、洪水リスク管理のガバナンス構造を整理して説明しました。その結果、私は、シミュレーション結果と現場検査に基づいて、津島市、および、ヤンゴン市の現状に即した、信頼性が高く高い効果が見込まれ、かつ、達成可能と思われるいくつかの浸水緩和策を提案しました。

以上を踏まえて第8章では、本研究において得られた結論を取り纏めたうえで、残された課題を抽出しました。

Pluvial flooding is a critical issue in many cities worldwide and for flood mitigation measures the causes and characteristics behind pluvial flooding are of interest. In the situation that the frequency of rainfall with strong intensity would increase due to climate change, risk reduction of pluvial floods is further challenge. However, it is hard to understand substantial characteristics of pluvial floods especially on the scale of city blocks, because they are seldom measured with instruments. Modelling approach alone is not adequate to evaluate the causes and severity of pluvial floods. The primary goals of this study, therefore, is to propose an effective data collection system for understand substantial characteristics of pluvial floods and applies it to models for identifying pluvial flooding processes including urban drainage models. I set Tsushima, central Japan and Yangon, Myanmar, as the target areas where pluvial floods frequently suffer during monsoon seasons and typhoon approach. I proposed the water logger monitoring system in urban storm drainage to identify the process of pluvial floods in both cities during heavy rain. I used New Integrated Lowland Inundation Model (open source, NILIM) and InfoWorks ICM (commercial models, Innovyze) to assess the pluvial floods and to explore the effects of flood severities in the urban area with old storm drainage systems.

I have examined that flood severity depends on not only rainfall intensity but also other controlling factors in the urban area such as sediment depositions and garbage clogging inside drainage channels and water level variation of a river that receives the water from drainage systems in the chapter 2. Urban flood inundations can be occurred coincide with sediment and garbage clogging inside drainage channels and water level variation of a river that receives the water from the drainage systems, according to the comparison of the logger and site inspection withsimulation results. Moreover, as results of the chapter 3 and 6 conducted for pluvial flood situations, it has been clarified that inundation occur due to the combined effects of deposited sediment and increased rainfall, which pluvial flood severity is strongly related to the sediment in the drains and is sensitively reflected in inundation duration.

In the chapter 4, I have demonstrated that estimating local pluvial flooding process in an urban area using water depth loggers installed in storm water drainage systems, which are cost-effective and do not require the latest technology. This method could be applied for tracking the pluvial flooding process by combining it with high-resolution altitude distribution. Furthermore, I could show that the urban drain modelling considered not only with the sewer system but also with open channel storm drains retain flood water and mitigate the flood severity than without considering open channel storm drain. By comparing the results of modelling in the chapter 5, I have found that InfoWorks ICM provides shorter calculating time, accurate flood characteristics of the simulation results like flood depth. Applying InfoWorks ICM can be identified more effective and efficient for flood risk evaluation and identification in all of the simulations with different scenarios for this study. According to the discussion comparing two study locations, I could

recognize open channel drains with deposited sediment as one of their similarities between Tsushima and Yangon, which clarify their effectiveness and sensitivities for draining storm water from urban area. Hence, it has suggested importance to keep their effluent capacities with facility management, maintenance works or mitigation measures.

Especially, flood risk management of developing countries have a lot of challenges, not only structural mitigation measures but also non-structural mitigation measures especially lack of land use regulation, enforcement of illegal waste disposal, and weakness of collaboration among different departments. In the chapter 7, I have arranged and discussed pluvial flood risk management governance structure, to reduce overlap and gap in responsibilities and to promote bridging concepts of visions for flood risk management plans and programs and clear rules of sharing responsibilities among different departments. I consequently have suggested some pluvial mitigation measures based on simulation results and field inspection that are reliable and achievable. Flood risk management of developing countries have a lot of challenges, not only structural mitigation measures but also non-structural mitigation measures especially lack of land use regulation, enforcement of illegal waste disposal, and weakness of collaboration among different departments. I set pluvial flood risk management governance structure of Yangon, to reduce overlap and gap in responsibilities and to promote bridging concepts of visions for flood risk management plans and programs, clear rules of sharing responsibilities among different departments. I suggested some pluvial mitigation measures based on simulation results and field inspection that are reliable and achievable.