

栃木県小山市大行寺・立木地区における雨水貯留施設と
グリーンインフラストラクチャによる内水氾濫対策の経済評価

宇都宮大学工学部 学生会員 ○加藤 拓也, 林 天揚

宇都宮大学地域デザイン科学部 正会員 山岡 暁, 近藤 伸也, 松本 美紀

1.背景と目的

平成 27 年 9 月関東・東北豪雨災害により栃木県をはじめ各地において甚大な被害に見舞われた。栃木県小山市大行寺・立木地区では、道路の冠水や建物の浸水など、甚大な浸水被害が発生した。床下浸水と床上浸水の発生件数はそれぞれ 226 戸, 689 戸にまで及んだ。

この地区は、思川に沿って位置しており、思川から分岐した豊穂川が地区の中心を走っている。被害当時この地区での総雨量は 376mm であり、下流側の思川の水位が急激に上昇したことで、上流側の豊穂川に背水が生じた。これにより豊穂川が溢水したことが、大きな被害の発生要因と考えられている。またこの地区は、北から南、西から東にかけて低くなっていく地形であることから被害が大きくなったといわれている¹⁾。当時の栃木県小山市大行寺・立木地区の浸水状況を図-1 に示す。

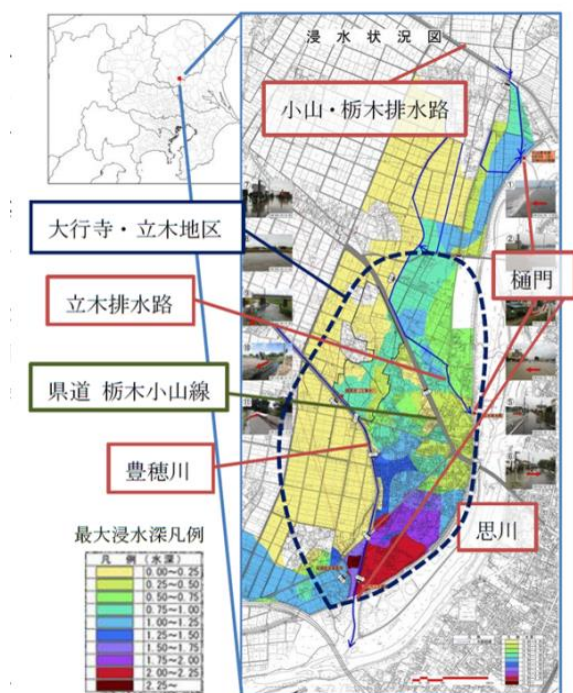


図-1 栃木県小山市 大行寺・立木地区の浸水状況

この被災経験を踏まえ、小山市では、平成 29 年 3 月に豊穂川と思川の合流地点に樋門が建設された。さらに、現在、氾濫対策として調整池の導入を検討しているところである²⁾。しかし、調整池をつくるためには土地を新たに確保する必要があり、建設には多額の費用がかかる。

このような氾濫対策は従来から用いられているが、近年治水機能や温暖化抑制などの多様な機能を有しているグリーンインフラストラクチャ(以下、グリーンインフラ)が注目されている。グリーンインフラは植生など既存の資源を活かした社会資本整備として我が国の国土形成計画で取り上げられ、アメリカなど海外で実用化されている³⁾。

そこで、本研究では、グリーンインフラを用いた対策を小山市大行寺・立木地区で導入の可能性を検討する。また小山市が検討中の氾濫対策事業と、本研究で提案する内水氾濫対策事業について氾濫解析を実施し、費用便益分析をおこなう。

2.研究方法

2-1. 汜濫解析

本研究で提案する対策を、ケース 1 とする。ケース 1 では、グリーンインフラと雨水貯留施設を導入した内水氾濫対策としている。グリーンインフラとして屋上緑化を検討し、雨水貯留施設は各世帯で屋上緑化と併用することができることから対策として導入した⁴⁾。

解析により被害に遭うと推測できる 605 世帯にグリーンインフラとして傾斜 10 度の屋根でも 1m²あたり 10 ℓ 貯留可能な工法⁵⁾を用いた屋上緑化，雨水貯留施設は 605 世帯に貯留タンク 200ℓ/基/世帯の導入を検討した．貯留タンクの容量は都市型水害の抑制に用いられた研究を参考に設定した^{4),6)}．

比較対象として、対策なし（対策前）のベースケ

ースと小山市が検討している調整池(貯留量 800m³)とポンプ場を導入するケース2を設定した。

これらのケースを対象に、氾濫シミュレーションを行い、それぞれの事業による氾濫被害軽減効果を確認した。氾濫解析は xp-swmm を用いた。

2-2.費用便益分析

解析結果を踏まえ便益を算出した。

費用便益の分析については、治水経済調査マニュアル(以下、治水マニュアル)⁸⁾に基づき50年間で評価をした。社会的割引率は4%/年を使用し現在価値で算出した。便益は付加便益と被害軽減額と残存価値の和とした。被害額の算出方法は治水マニュアルに基づき算出した。総被害額は一般資産被害額と公共土木施設の被害額の和とし、一般資産被害額は家屋と家庭用品の被害額とした。被害軽減額はベースケースの被害額から対策後の被害額の差とした。被害軽減額を確率規模ごとに除し、ケースごとに年平均被害軽減額を求め、供用期間50年の被害軽減額による便益を求めた。ケース1の付加便益として、屋上緑化による電気代削減と雨水貯留タンクによる上水利用を加えた。ケース2では調整池による土地利用を経済損失とした。残存価値は供用期間終了後の用地費とし、調整池とポンプ場建設に必要な用地面積から求め、ケース2の便益に加えた。

屋上緑化による電気代の削減は、緑化により年間約2.8kWh/m²の電力を削減できるとして算出した⁹⁾。土地利用の経済損失は、ケース2の調整池とポン

プ場建設に田畑を1000m²利用するとし、用地面積当たりの年間生産量と農作物の価値を乗じて算出した。農作物は米とし、単位面積当たりの年間生産量と農作物の価格は治水マニュアルの巻末参考資料を参考にした⁸⁾。

雨水貯留タンクによる便益の算出は、過去5年間の小山市の降雨をもとに年間に使用できる雨水容量を求め、各家庭に溜まった雨水を各家庭がすべて利用すると仮定し算出した。

費用は用地費と建設費、維持管理費の和とした。調整池とポンプ場の費用は費用関数で算出した^{10),11)}。

屋上緑化と緑化駐車場、雨水貯留施設の費用は2-1節に従って算出した^{4),5)}。耐用年数は屋上緑化と貯留タンクを15年で設定し、調整池は50年とした。

ケース1の整備期間は6年、ケース2は2年とした。

3.結果

解析結果をもとに便益を算出し、ケース別に比較を行った。

3-1.氾濫解析結果

降水確率規模は岩井法⁷⁾により気象庁から過去40年の小山市のデータを収集し、時間最大雨量で算出した。確率規模は150年、50年、10年に対して解析を行った。確率降雨の算出結果を表-1に示す。

確率規模50年の氾濫解析結果をベースケース、ケース1、ケース2の順に図-2～4に示す。

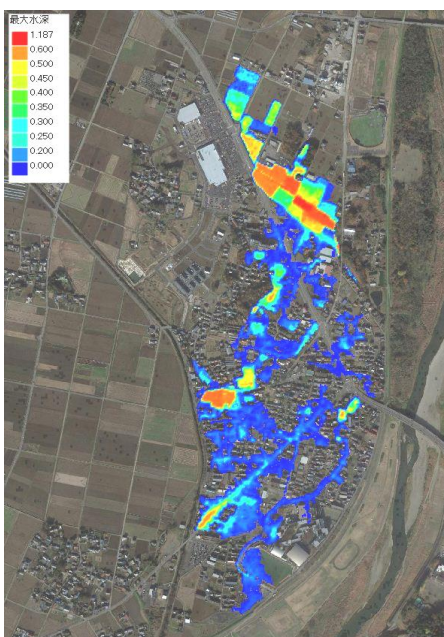


図-2 ベースケースの解析結果

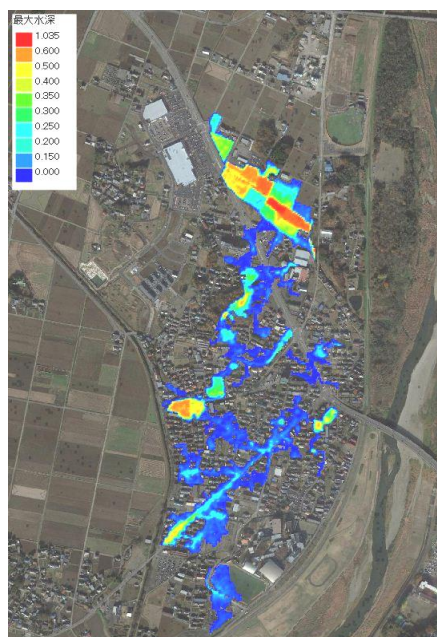


図-3 ケース1の解析結果

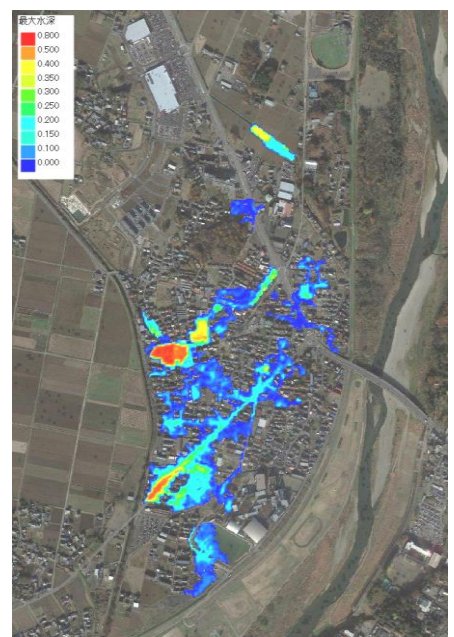


図-4 ケース2の解析結果

表-1 時間最大雨量の確率降雨の算出

確率規模	時間最大雨量(mm)
150 年	108
50 年	100
10 年	62

表-2 確率降雨毎の被害額(ベースケース)

確率規模	被害額(円)	床下浸水(戸)	床上浸水(戸)
150 年	7 億 9592 万円	284	18
50 年	7 億 2 万円	261	16
10 年	1 億 4740 万円	115	0

表-3 ケース 1 と 2 の確率降雨毎の被害額

被害額 確率規模	ケース 1	ケース 2
150 年	5 億 5647 万円	5 億 2999 万円
50 年	4 億 2807 万円	4 億 8002 万円
10 年	1 億 6919 万円	2 億 2830 万円

表-4 ケース 1 と 2 の確率降雨毎の被害軽減期待額

被害軽減期待額 確率規模	ケース 1	ケース 2
150 年	2 億 3944 万円	2 億 6592 万円
50 年	2 億 7194 万円	2 億 1999 万円
10 年	6523 万円	611 万円

表-5 費用の算出結果

	ケース 1	ケース 2
用地費	0 円	2104 万円
建設費	18 億 9860 万円	18 億 8430 万円
維持管理費	3 億 238 万円	6 億 2644 万円
合計	22 億 98 万円	25 億 3178 万円

表-6 ケース 1 と 2 の費用対被害軽減額

	ケース 1	ケース 2
50 年間の被害軽減額	40 億 9179 万円	38 億 1977 万円
費用	22 億 98 万円	25 億 3178 万円
被害軽減額／費用	1.86	1.51

表-7 付加便益の算出結果(ケース 1)

項目	50 年間の便益
電気代削減	5942 万円
雨水貯留施設導入による上水利用	25 万円
50 年間の便益の合計	5967 万円

表-8 経済損失の算出結果(ケース 2)

項目	50 年間の経済損失
土地利用の経済損失	3439 万円

3-2.対策前の被害額の算出結果

確率降雨毎の被害額と床下浸水, 床上浸水の発生件数を表-2 に示す. 国土交通省より地表から 50cm 以上の浸水を床上浸水, 0cm から 50cm 未満の浸水を床下浸水として算出した.

3-3.対策後の被害額の算出結果

ケース 1 と 2 による被害額の算出結果及び被害軽減額を表-3, 4 に示す. 被害軽減額は表-3 で求めた確率規模ごとの被害額からケース 1 と 2 の対策による被害額を引いた値とした.

3-4.費用の算出結果

ケース 2 の調整池とポンプ場 1 機分の建設にかかる用地面積は 1000m², 単位坪価格は 72,200 円とした. 両ケースの費用算出結果を表-5 に示す.

3-5.被害軽減額と費用の比

表-3 と表-4 からケース 1 と 2 の供用期間 50 年の被害軽減額を算出した結果を表-6 に示す.

3-6.電気代削減

電気代 19.52 円/kWh として屋上緑化により各家庭では年間約 8000 円電気代を削減できることがわかった.

3-7.土地利用の経済損失

年間約 320 万円の農作物が調整池に利用される土地で生産される.

3-8.雨水貯留施設導入による上水利用

雨水貯留施設を導入した全世帯で年間に使用できる雨水容量は年間約 49m³となった. 水道料金を 21.6 円/m³とした結果, 年間約 15,000 円の便益となった.

これらの付加便益と経済損失を供用期間 50 年間で算出した結果を表-7, 8 に示す.

3-9.調整池用地の残存価値

調整池用地の供用期間終了後の残存価値は約 285 万円となった.

3-10.費用便益比の算出

節 3-2~3.9 の算出結果から費用便益比を求めた結果を表-9 に示す.

表-9 費用便益比算出結果

	ケース 1	ケース 2
便益	41 億 5146 万円	37 億 8822 万円
費用	22 億 98 万円	25 億 3178 万円
費用便益比	1.89	1.50

4.考察

ケース 1 の屋上緑化と雨水貯留タンクによる対策は 50 年の供用期間で約 41 億円の被害を軽減できることがわかった。ケース 1 と 2 とともに費用便益比が 1 を超えたため、現状のまま対策をしないベースケースに対して経済的価値が認められた。またケース 1 の方が費用便益比が大きく、ケース 2 の調整池とポンプ場による対策の代替となりうることからケース 1 は導入の可能性が高いといえる。

ケース 1 の便益がケース 2 よりも大きくなった要因として、付加便益が加算されたこと、調整池の土地利用による経済損失、住宅密集地における被害を軽減の軽減が考えられる。

5.今後の課題

平成 27 年度の関東・東北豪雨は 3 日間にわたり雨が降り続けた。また思川の上流域でも集中豪雨が降ったため本研究対象地域の被害が大きくなった。本研究では 1 日降雨で氾濫解析をおこない、思川上流域の降雨は考慮していないため、本研究結果よりも実際の被害額が大きくなる可能性がある。

グリーンインフラにより期待できる評価項目はこの他に空気がきれいになることによる健康の項目やランドスケープによる観光収入の増加が考えられるが、これらの項目は検討中のため便益の算出ができなかった。

今後グリーンインフラにより追加できる便益を定量的に評価することが期待される。

参考文献

- 1) 柴沼莉沙・池田裕一・飯村耕介：平成 27 年度 9 月関東・東北豪雨での栃木県小山市における浸水被害の発生状況，土木学会関東支部技術発表会概要集 Vol.43，II -40，2016.
- 2) 小山市役所：豊穂川流域の排水強化対策，P.4，2017.
- 3) 国土交通省：国土利用計画(全国計画)，p5,2015
- 4) 渡辺亮一・伊豫岡宏樹・山崎惟義・皆川朋子・山下輝和・角銅久美子：雨水利用実験住宅による都市型水害抑制効果の実証的実験，第 40 回環境システム研究論文発表会講演集，2012.
- 5) 積水化成品工業株式会社：セキスイスーパーソイレックス工法パンフレット，2017.
- 6) 株式会社日盛興産：英国ハーコスター社(harcoster)製 ウォーターストレージ 雨水タンク，2017.
- 7) 株式会社沖橋エンジニアリング・大塚裕治：岩井法，P26. 2017.
- 8) 国土交通省・河川局：治水経済調査マニュアル(案)，2017.
- 9) 唐沢明彦・土田保：建築物の熱環境に及ぼす計量ポーラスコンクリート屋上緑化システムの効果，日本緑化工学会誌，第 27 巻，第 1 号，pp.205-208，2001.
- 10) 日本下水道新技術機構：浸水対策事業の効率化に関する調査研究，2017.
- 11) 一般社団法人全国上下水道コンサルタント協会：下水道雨水管理計画策定マニュアル，2017.