

雨水流出抑制と土地利用管理に基づく治水対策の費用便益評価に関する研究

京都大学大学院 学生員 ○ 西澤諒亮
 山梨大学大学院 正員 市川 温
 京都大学大学院 正員 立川康人
 京都大学大学院 正員 椎葉充晴

1 はじめに 集中豪雨に伴う都市部での水害が頻発している。これに対して、河川沿いの線的な治水施設の整備だけでなく、流域全体で雨水処理を分担する面的な治水対策の必要性が再認識されている。本研究では、都市部における面的な治水対策として、雨水流出抑制と土地利用管理を取り上げ、その費用便益評価を行う。土地利用管理とは、降雨時に浸水が予想される箇所においては宅地利用を規制したり、建造物をピロティ建築などで耐水化するなど、浸水時にも被害が軽微で済むような土地利用を行う手法である。対象地域は東京都河川流域とした。

2 想定する面的な治水対策 本研究では、雨水流出抑制施設の設置箇所として、1. 全ての公共公益施設用地, 2. 全ての宅地系用地, の二つのケースを想定した。また、土地利用管理としては、1. 最大浸水深が 0.15 m となる地域の宅地利用規制, 2. 最大浸水深が 0.45 m となる地域の宅地利用規制, の二ケースを想定した。最大浸水深が 0.15 m になると床下浸水による被害が、0.45 m になると床上浸水による被害が発生すると仮定している [1]。

3 費用便益評価の手順 本研究で用いる治水対策の評価手順は、(1) 雨水氾濫解析による水災害危険度の評価, (2) 立地均衡分析による土地利用管理下での立地状況の予測, (3) 治水対策に伴う費用便益の評価から構成されている。

4 雨水氾濫計算による水災害危険度の評価

4.1 浸透を考慮した雨水氾濫計算 雨水氾濫計算には平面2次元浅水方程式を用いた。雨水浸透施設と浸透域の雨水浸透強度は Green-Ampt 式 [3] を用いて求め、これを雨水氾濫計算の中で用いた。この計算で得られた最大浸水深を水災害危険度の指標とした。

4.2 雨水浸透施設のモデル化 本研究では、雨水浸透施設として、浸透ます・浸透トレンチの2種類を想定した。流出抑制能力と設置費用は参考資料 [4, 5]

表1 雨水浸透施設の浸透能力と単価

浸透施設	浸透能力	価格
浸透ます	0.7 m ³ /hr/個	1 個あたり 80000 円
浸透トレンチ	0.7 m ³ /hr/m	1m あたり 18000 円

表2 想定した建ぺい率と雨水浸透施設設置量

土地利用	面積	建ぺい率	トレンチ	ます
公共公益施設	1ha	40%	400m	0 個
一般低層住宅	100 m ²	50%	5m	2 個
密集低層住宅	80 m ²	80%	0m	1 個
中高層住宅	1ha	40%	400m	0 個

をもとに表1のように決定した。また、浸透施設は、屋根に降った雨水のみを集水して浸透させるものとした。したがって、単位時間あたりに浸透施設に流入する雨水は、降水強度に敷地面積と建ぺい率を乗じたものとなる。基準となる敷地面積と、雨水浸透施設の設置量及び建ぺい率は、前述資料 [4] の設計手順の具体例と戸建住宅における設置マニュアル [6] をもとに表2のように定めた。

5 立地均衡分析による土地利用管理下での立地状況の予測 立地均衡分析とはある閉じられた地域内において、土地地代と世帯の立地量の空間分布を推定する手法である。地域内を複数のゾーンに分割し、それぞれのゾーンで建物面積の需給量が均衡する地代及び世帯の立地量を求める。以下に基礎式を示す。

$$V_j = f(Y, R_j, E_j) \quad (1) \quad P_j = \frac{\exp(\theta V_j)}{\sum_{k=1}^M \exp(\theta V_k)} \quad (2)$$

$$N_j = NP_j \quad (3)$$

$$q_j = -\frac{\partial V_j / \partial R_j}{\partial V_j / \partial Y} \quad (4)$$

$$L_j = K_j \left(1 - \frac{\sigma_j}{R_j}\right) \quad (5) \quad L_j = q_j N_j \quad (6)$$

これらの式において、 $j = 1, 2, \dots, M$, M はゾーンの個数、 V_j は世帯があるゾーン j を選択した時の効用、 Y は世帯の所得、 R_j, E_j はそれぞれゾーン j の地代と環境質、 P_j は世帯がゾーン j を選択する確率、 N は地域内の総世帯数、 q_j はゾーン j における 1 世帯当たりの住宅床面積需要量、 L_j はゾーン j における地主の住宅床面積供給量、 K_j は住宅床面積供給可能

キーワード：雨水流出抑制, 土地利用管理, 雨水氾濫解析, 立地均衡分析, 費用便益評価

住所：〒 615-8540 京都市西京区京都大学桂 C クラスター C1 棟, 電話：075-383-3363, ファックス：075-383-3360

量、 θ , σ_j はパラメタである。土地利用管理はこの K_j から宅地利用が規制される面積を引くことで表現する。各ゾーンごとの賃貸住宅市場において需給量が均衡すると仮定すると(6)式の立地均衡条件が成り立つ。 q_j は間接効用関数の(1)式から Roy の定理を用いて導出される。

6 費用と便益の算出 何らかの治水対策を実施すると水害被害額は軽減する。これがその治水対策の便益である。ここでは再現期間が2~500年の計画降雨を用いて年期待水害被害額を求め、治水対策の有無で被害額がどの程度低減するか算出した。雨水流出抑制の費用は雨水浸透施設の設置費用を耐用年数で除したものである。土地利用管理における世帯の費用は、居住地が変わったことによる効用の減少分である。これを非限定的等価的偏差 [7] で算出する。地主の費用は供給者余剰の減少分として計測する。

7 費用便益評価の結果 雨水流出抑制単独での結果を表3に示す。浸透施設を公共公益施設用地に設置した場合は総便益が正となったが、宅地系用地に設置した場合は負となった。これは設置対象面積が広く費用が大きすぎるためと考えられる。

土地利用管理の結果を、規制の基準とする浸水深ごとに図1, 2に示す。図中には土地利用管理のみ行った場合、土地利用管理と2種類の雨水流出抑制をそれぞれ組み合わせた場合の、3種類の治水対策の総便益を示している。縦軸は総便益、横軸は土地利用管理の規制レベルである。例えば横軸が50年であれば、再現期間が50年の計画降雨下で最大浸水深が基準値以上となった箇所の宅地利用を規制するということである。横軸の値が大きくなるほど、計画降雨の規模が大きくなり規制面積は広くなる。

土地利用管理単独でみると、規制の基準を0.45m(床下浸水は許容する)とした方が総便益が大きいことが分かる。また規制レベルが小さい場合(弱い降雨で浸水する箇所のみ規制した場合)の方が総便益が大きくなる。雨水流出抑制との組み合わせでは、宅地系用地に設置した場合は費用が大きく総便益が負となった。公共公益施設用地に設置した場合は、土地利用管理単独の場合に比べ総便益が僅かに低下した。

以上の結果から、土地利用管理は高頻度に床上浸水が起きる箇所のみ行うのが適切であること、雨水流出抑制と組み合わせてもあまり効果は認められない

表3 流出抑制単独での費用便益評価

流出抑制設置場所	被害額(億円/年)	対象面積(ha)	費用(億円/年)	総便益(億円)
未設置	80.6	—	—	—
公共公益	64.5	3757.2	9	7.1
宅地系	30.5	14999.15	103.6	-54.1

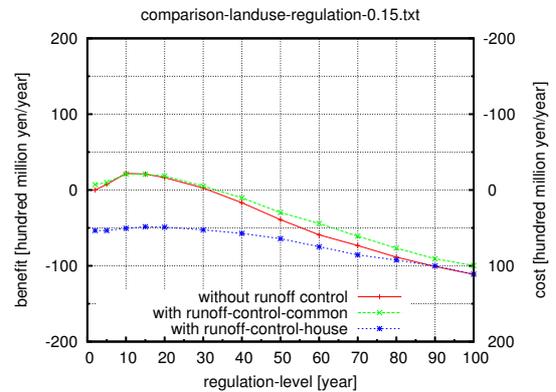


図1 3つの治水対策の総便益の比較(0.15m)

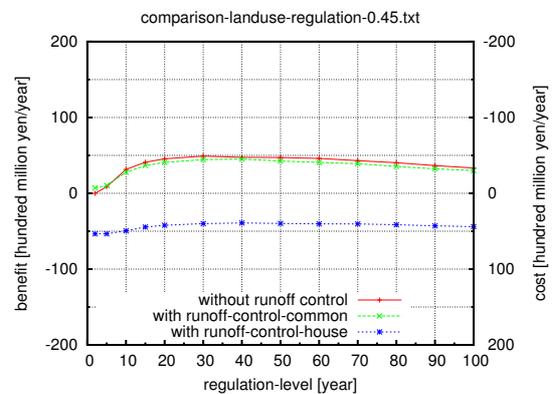


図2 3つの治水対策の総便益の比較(0.45m)

ことなどが明らかとなった。今後は、浸透施設の設置箇所を予想される浸水深に応じて設定するなど、より現実的・効果的なものにして分析する必要がある。

参考文献

- [1] 市川温・松下将士・堀智晴・椎葉充晴: 水災害危険度に基づく土地利用規制政策の費用便益評価に関する研究, 土木学会論文集 B, Vol. 63, No. 1, pp. 1-15, 2007.
- [2] 川池健司・井上和也・戸田圭一・坂井広正・相良亮輔: 低平地河川流域における内水氾濫解析法とその寝屋川流域への適用, 水工学論文集, 第46巻, pp. 367-372, 2002.
- [3] Chow, T. V., Maidment, R. D. and Mays, W. L: Applied Hydrology, McGraw-Hill, pp. 110-126, 1988.
- [4] 東京都区部中小河川流域総合治水対策協議会: 東京都雨水貯留・浸透施設技術指針(案)(資料編), pp. 107-113, 1991.
- [5] Nguyen Son Hung: 雨水浸透施設の概算コスト, 雨水技術資料, 第36号, pp. 125, 2000.
- [6] 社団法人雨水貯留浸透技術協会編: 戸建住宅における雨水貯留浸透施設設置マニュアル, pp. 123-127, 2006.
- [7] 森杉壽芳: 社会資本整備の便益評価 — 一般均衡理論によるアプローチ, 勁草書房, 1997.