

気候変動による洪水に対する土地利用規制と緩和策の評価

東北大学大学院	学生会員	○山本	道
東北大学大学院	正会員	風間	聡
東北大学大学院	正会員	峠	嘉哉
防衛大学校	正会員	多田	毅
東北大学	非会員	山下	毅

1. はじめに

地球温暖化に伴う気候変動の影響により、日本において洪水リスクの増加が懸念されている。和田らの気象庁・気象研究所の地域気候モデルによると、21世紀末における再現期間100年の日降水量は、現在に比べ全国的に20%程増加すると予測されている¹⁾。これは近年の洪水災害の発生数増加の傾向を示唆している。こうした傾向を踏まえ、その影響と適応策を考察していく必要がある。洪水災害についての既往研究として、Tezukaらは日本全域を対象として将来の洪水被害額を定量的に評価した²⁾。この研究における適応策の評価は、堤防などのハード対策を評価したものであり、ソフト対策による適応策の効果の評価はなされていない。ソフト対策として土地利用規制が挙げられるが、日本全土を対象にした効果の検証は行われていない。更には緩和策の効果は適応策との比較がなされていない。

したがって本研究は、土地利用規制による洪水への適応効果と、緩和策の効果の評価し、更に費用便益比を考察することにより事業としての実現可能性を示すことを目的とする。

2. 洪水被害額推定手法

本研究では氾濫モデルとして既往研究においても用いられてきた二次元不定流モデルを用いた²⁾。

この氾濫計算には、国土数値情報の標高及び土地利用データを用いた。また、日降水量データについてはTezukaらにより作成された集水面積と流出係数の関係から算出された任意の再現期間の洪水を任意の地点で生じさせる降雨分布である確率洪水寄与降雨分布を用いた²⁾。最後に、治水経済調査マニュアル（案）を参考に、上記の方法により算出された浸水深に対応した被害率や土地利用に応じた被害額単価の設定を行い、それらをもとに被害額を算出した。

3. 将来気候における被害額推定手法

将来気候における被害額推定のために、現在の降水

量に対する将来の降水量の増加率を算出する。これには農研機構地域気候シナリオ2017-v2.7rによって1km分解能までダウンスケーリングされた日降水量を用いた³⁾。使用されているGCMは5つであり、RCP8.5とRCP2.6の2つのシナリオが対象である。対象期間は1981年から2000年と2031年から2050年、2081年から2100年の三期間とした。これらについて全国1259地点の各年の最大日降水量からGEV分布により再現期間100年の降水量を算出した。得られた二期間の降水量の比を将来の降水量増加率とし、これを前述した現在気候の確率洪水寄与降雨分布に掛けることにより、将来の確率洪水寄与降雨分布を作成した。そのうちMRI-CGCM3により作成された2100年における増加率と確率洪水寄与降雨の分布図を図-1に示した。この降雨分布を基に氾濫浸水深と被害額を計算した。

次に年期待被害額の算出方法を示す。Tezukaらの手法に従い、治水設備が再現期間50年の洪水に耐え、発生確率の低い再現期間100年以上の洪水は年期待被害額に大きな影響を及ぼさないと仮定した。この仮定に

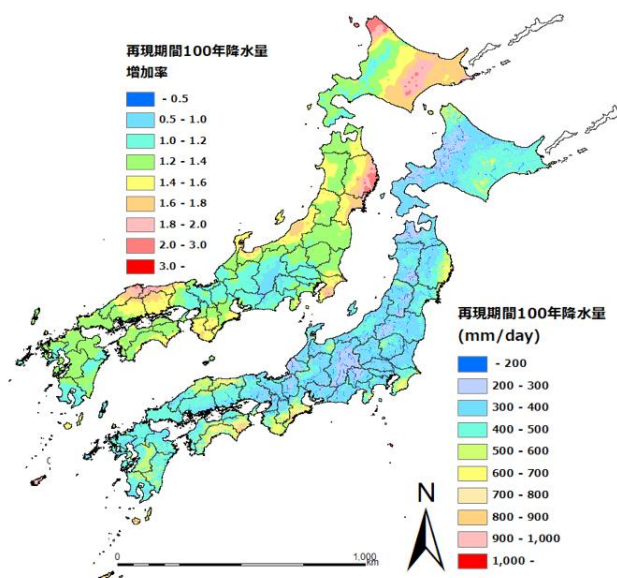


図-1 MRI-CGCM3による降水量増加率（左）
分布と確率洪水寄与降雨分布（右）

キーワード：適応策 緩和策 二次元不定流モデル 将来気候

水環境システム学研究室 <http://kaigan.civil.tohoku.ac.jp/kaigan/index.html>

より、再現期間 100 年と 50 年の間の区間平均被害額と区間確率を乗じることによって、年期待被害額が算出される。

4. 土地利用規制手法

本研究においては現在気候における再現期間 100 年の洪水時に 3m 以上浸水する建物用地を被害額を計上しない森林の土地利用に変えた。すなわち破堤時など潜在的に深く浸水する可能性があるエリアを撤退させた。この規制後の土地利用分布を入力値として再度洪水氾濫解析と被害額計算を実施した。

また、土地利用規制の費用を推定するために国土交通省の用地取得に伴う損失補償基準⁴⁾を参考にして費用推定式を立てた。補償内容は 3 つに限定した。(ア)土地代(イ)建物の再築費(ウ)取り壊し費である。

(ア)土地代については、国土数値情報の都道府県地価調査データの平成 16 年度版を使用した。各メッシュにおいて最近点の調査地価を参照させた。なお林地や農地の地価は除外した。

(イ)建物の再築費については、平成 16 年度の建築着工統計から総床面積と総工事予定額を取得し、事業所用建築単価を 136 千円/m²、住居建築単価を 160 千円/m²とした。また再築補償率は 0.91 と設定した。これらから規制メッシュ面積に建築費と再築補償率、建ぺい率を乗じて再築費とした。

(ウ)取り壊し費は、武田ら⁵⁾を参考に建物のライフサイクルコストから(イ)に 11/148 を乗じた値とした。

5. 費用便益分析

費用便益比は式 (1) により算出した。

$$\frac{\sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^d \frac{C_t}{(1+r)^t}} \quad (1)$$

ここで、 T は事業評価年数であり、100 年としたが、土地利用規制の場合 100 年から整備期間 d を減じた値とした。整備期間 d は土地利用規制の場合 20 年とした。 B_t 、 C_t は基準年(2000 年)から t 年後における便益と費用である。土地利用規制の B_t は軽減年期待被害額とした。緩和策の B_t は RCP8.5 と RCP2.6 の被害額の差額を、「環境省 S-8 温暖化影響評価・適応政策に関する総合的研究」より温暖化影響のうち洪水被害の占める割合 41.6% で除した値とした。土地利用規制の C_t は 4 章により算出した費用を整備年数 d により除したものとした。緩和策の C_t は平成 29 年度地球温暖化対策関係予算案の 8176 億円とした。

6. 結果・考察

全国における洪水による年期待被害額を表-1 に示し

表-1 洪水の年期待被害額（単位：億円）

現在気候	シナリオ別	2050	2100
8808	RCP2.6	9745	9496
	RCP8.5	9737	10054

た。また、2100 年における緩和策の効果は 557 億円と推定された。

土地利用規制の効果は年期待額にして 3032 億円と推定された。この効果は規制なしの年期待被害額の 34% に当たり、軽減効果の大きいことが示された。

次に、費用便益分析の結果を示す。緩和策の費用便益比は 0.12 と推定された。5 モデルの費用便益比には、比が 1.0 を超えるモデルも存在した。一方土地利用規制の費用便益比は 0.00045 と推定された。都道府県別に見ても、最大 0.0011 と厳しい値となり、全国で一律に実施するには大変厳しいと言える。今後より詳細なスケールで適した場所を見ていく必要がある。

謝辞

本研究は、気候変動適応技術社会実装プログラム(SI-CAT)の支援により実施された。本研究の公表について澤本正樹研究発表奨励金の援助を受けた。また、本研究の計算結果の一部は、東北大学サイバーサイエンスセンター大規模科学計算システムを利用して得られた。加えてプログラムの高速化および並列化にあたり、同センター関係各位に有益なご指導とご協力をいただいた。ここに記して、感謝の意を示す。

参考文献

- 1) 和田一範、村瀬勝彦、富澤洋介：地球温暖化に伴う降雨特性の変化と洪水・渇水リスクの評価に関する研究，土木学会論文集，No.796/II-72，pp.23-37，2005.
- 2) S. Tezuka, H. Takiguchi, S. Kazama, A. Sato, S. Kawagoe, R. Sarukkalgied, Estimation of the effects of climate change on flood-triggered economic losses in Japan, International Journal of Disaster Risk Reduction, Vol.9, pp.58-67, 2014.
- 3) 西森基貴・石郷岡康史・桑形恒男・滝本貴弘・遠藤伸彦(2019): 農業利用のための SI-CAT 日本全国 1km 地域気候予測シナリオデータセット (農研機構シナリオ 2017) について. 日本シミュレーション学会誌, 38, 150-154.
- 4) 国土交通省, 国土交通省の公共用地の取得に伴う損失補償基準,
http://www.mlit.go.jp/totikensangyo/totikensangyo_tk1_000023.html (2019/12/2 から継続的にアクセス)
- 5) 武田裕之, 津田泰介: 南海トラフ地震による津波被害地域における震災前都市移転の可能性の検討, 都市計画論文集, Vol.50.No.3, pp.594-601, 2015.