

河川治水計画における計画雨量の経済的分析方法 Economic Analysis Method of Design Rainfall for Flood Control Plan in River Basin

○樋口 慶亮* 加藤 亮** 後藤 章***

○Keisuke HIGUCHI*, Tasuku KATO** and Akira GOTO***

背景・目的 日本における大河川の治水安全度には、流域の面積や資産・人口の密度を参考して、100年から200年の計画規模が採用されている。そして計画雨量は、流域における確率降水量の分析結果から、その治水安全度に基づいて決定される。しかし、現在用いられている治水安全度は、流域ごとにおける経済的合理性が検討されていない。また近年、気候変動による治水安全度の低下が懸念されており、将来における適切な治水安全度の検討は喫緊の課題である。過剰な投資を避けつつ、妥当な対策を行うためには、流域の資産の分布状況や気候変動などを数値的に反映できる河川治水計画の決定方法が必要である。本研究では、今後100年間などを考慮した、治水対策における経済的に最適な計画雨量の推定方法の基本的な理論を示した。また、ある河川を例として、洪水被害額の差異を反映した計画雨量が算出可能であることを確認した。

経済的最適化手法 J. M. Kind (2014) や Carel Eijgenraam *et al.* (2014) によって示されている経済的最適化手法を用いた。ある確率雨量における、対策投資費用（堤防）とその対策を超えて起こる期待超過洪水被害額の合計をその確率雨量に対する総社会費用とみなす。総社会費用が最小となるような計画雨量を経済的に最適と考えるものである。概念図を Fig. 1 に示す。

費用算出の方法 治水経済調査マニュアルを参考に、Fig. 2 のように現在の堤防整備状況を始めとして、整備期間・維持管理期間の費用を年ごとに算出する。年ごとの現在価値化した建設費用と維持管理費用の合計が、ある計画雨量に対する投資対策費用である。また現在価値化した期待超過洪水被害額の合計が、ある計画雨量における期待超過洪水被害額である。様々な計画雨

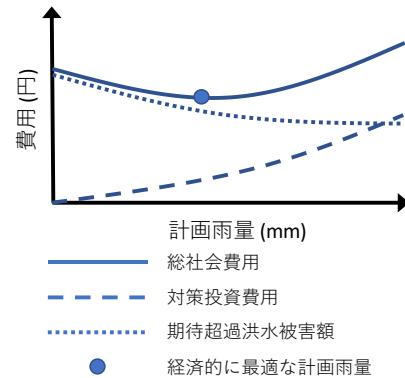


Fig. 1 経済的最適化手法の概念
Concept of economic optimization.

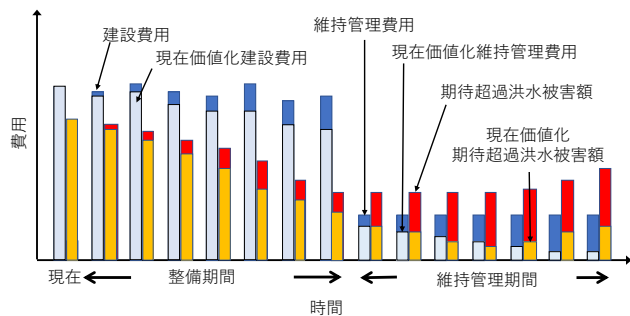


Fig. 2 ある計画雨量における費用
Costs for certain design rainfall

*東京農工大学連合農学研究科（東京農工大学配属），**東京農工大学農学部，***宇都宮大学農学部
* United graduate school of agriculture science, Tokyo University of Agriculture and Technology., **
Department of agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology., *** Department of agriculture,
Utsunomiya Univ.

Key words : 治水対策, 計画雨量, 費用便益分析

量における対策投資費用・期待超過洪水被害額を算出する。

適用河川 栃木県・茨城県を流れる那珂川において、経済的に最適な計画雨量を算出した。那珂川では、100年計画、300 mm / 2 days が採用されている。本稿は、計算を簡便化するために、様々な仮定を用いている。現実的な被害額や投資費用による理論の適応性を確認するのみであり、那珂川における治水計画の是非を論じてはいない。堤防整備の実際の状況は整備終了区間と未整備区間が混在しているが、本計算では 270 mm / 2 days（現在における約 40 年の確率降水量）までの対策が一律に行われていると仮定した。

対策投資費用 整備期間を 100 年、維持管理期間を 50 年と仮定した。年ごとにおける正確な費用を算出には施工計画が必要であるが、作成が困難であるため、現在価値化を考慮して、期間全体の費用が計算された。設定した計画雨量に対応する洪水流量を、河川流解析によって河川水位へと変換して、洪水を安全に流下させるのに必要な堤防高さを推定する。求めた必要堤防高と、既往の工事から算出した原単位から、計画雨量ごとの堤防の建設費用および維持管理費用を算出した。

期待超過洪水被害額 ある計画雨量を設定し、それを超える雨量における被害額に、発生確率乗じることで期待超過洪水被害額を算出する。洪水被害額は、氾濫シミュレーションによる浸水深と治水経済調査マニュアルに基づいて計算した。整備期間における期待評価洪水被害額は、現在から整備終了に向けて、Fig.2 のように単調減少することとした。ここでは、洪水被害額の差異による計画雨量算出結果の変化を確認するため、治水経済マニュアルによって算出した被害額他に、その 1.5 倍の被害額、0.5 倍の被害額による計画雨量を計算した。それぞれを順に被害額中、大、小と表記する。

経済的に最適な計画雨量 被害額中、大、小における計画雨量、総社会費用、対策投資費用、期待超過洪水被害額を Table 1 に示す。それぞれの費用は 150 年分の費用である。被害額小における計画雨量は 295 mm / 2 days、被害額中は 365 mm / 2 days、被害額大は 397 mm / 2 days と算出された。流域の被害額が大きくなると、大きな堤防対策が求められ、土地利用状況が適切に反映されていることが確認できた。

まとめと今後 本研究では、河川治水対策における経済的に最適な計画雨量の推定方法の基本的な理論を示した。また、河川に適用することで、流域土地利用を反映した計画雨量を算出できることを確認した。今回の計算では、簡便化のため破堤箇所を固定したが、正確には地点より破堤後の被害額や破堤確率も異なる。計算の精緻化のためには、流域を地形状況などからブロック分割し、大野ら (2016) などによる破堤確率を導入する必要がある。

Table 1 計画雨量と各費用の算出結果

Calculation results of design rainfall and total social cost and investment cost, expected damage cost				
被害額	計画雨量 (mm / 2 days)	総社会費用 (億円)	対策投資費用 (億円)	期待超過洪水被害額 (億円)
中	365	5017	617	4400
大	397	7108	846	6261
小	295	2708	210	2498

[参考文献] 1)Kind (2014): Economically efficient flood protection standards for the Netherlands. *Journal of Flood Risk Management*, 7, pp. 103-117. 2) Eijgenraam *ea al.* (2014): Economically Efficient Standards to Protect the Netherlands Against Flooding. *Interfaces*, Vol. 44, No. 1 pp. 7-21 3) 大野ら (2016): 破堤確率と上下流の関係を考慮した リスク評価に基づく流域治水計画策定方法. *土木学会論文集 D3*, Vol. 72, No. 5, pp. I_149-I_158.