

審査の結果の要旨

氏名 山田 真史

気候変動による災害外力の増大や、少子高齢化に伴う財源不足が予測される中、効果的な治水事業への選択と集中が求められる。そのため、水害リスクの確率的特徴に注目し、各水系における治水水準を同一基準で比較し、見直す必要があると考えている。これには、対象領域内の想定被害額と洪水の年超過確率の関係を表すリスクカーブを作成し、評価することが有効であると考えられるものの、本手法は、治水事業効果の裏付けのため、一部水系で個別に用いられたのみで、治水水準の検討に用いられることはなかった。そこで、日本の全一級河川及び市町村を対象に水害リスクカーブを作成し、水害リスク特性を比較することを第一の目的とした。ここでは、切り分けられた領域に対して作られる面的なリスクカーブを用いるが、対象領域内の各点について点的な水害リスクカーブを作成すれば、その形状の類似性に基づく類型化により、水害リスクの確率的・空間的情報を踏まえた領域区分が可能となる。これを第二の目的とした。そして、水害リスク特性の地理的構造と、自然的・社会的要因との関係を分析することを第三の目的とした。そして、水害リスクの確率的特徴及びその形成要因を明らかにし、治水水準を見直すための一助とすることを目指す。

まず、水害統計を用いた **Frequency-Damage 法 (FD 法)** により、全一級河川流域を対象に面的なリスクカーブを作成し、特徴を比較した。大量の水害リスクカーブを定量的に比較するため、大被害低頻度年のリスク寄与率が最も大きい水系群 (類型 A)、大被害低頻度年のリスク寄与率が最も小さい水系群 (類型 C) とその他に分類する手法を提案した。類型 A は、大規模な平野・盆地の発達と人口の偏在が生じるフォッサマグナ周辺の関東・東北南部に偏在すること、類型 C は、台風等の外力に対する高い治水水準とそれを上回る外力が生じる西南日本、及び稀に台風等が来襲する北海道東部の小流域に偏在するなど、確率的リスク特性の地域性に、自然的・社会的条件が影響している可能性を指摘した。次に、対象を市区町村単位に落とし同様の分析を行ったが、市町村単位では記録年度の大半で災害は発生しておらず、従来の **FD 法** では特徴が表現できない。そこで、災害発生の有無を考慮するベルヌイ分布と災害発生時の被

害を表す条件付き確率の連続確率分布を複合した改良 FD 法を提案し、その効果を検証した。そして、再帰期間ごとのリスク寄与率に基づいて市町村を類型化した結果、地域性は見られず、隣接した市区町村で水害リスク特性が異なる事例があることも明らかとなった。このように、対象領域のスケールに応じた自然的・社会的条件が水害リスク特性に影響している可能性を指摘した。

次に、同一流域内部の隣接した市区町村で、確率的リスク特性が大きく異なった徳島県吉野川市・石井町を対象に解析を行った。ここでは、氾濫アンサンブル解析による点的なリスクカーブに加え、浸水深を用いたハザードカーブも作成し、それらによる領域の構造化を試みた。ここでは、降雨アンサンブルデータセット d4PDF と降雨流出氾濫一体モデル RRI を用いた 1500 仮想年の解析から、セルごとに水害リスクカーブ・ハザードカーブを作成した。大多数の年超過確率曲線群の分類手法としては、上述した再帰期間ごとのリスク寄与率に基づく類型化に加え、年超過確率曲線の類似性に基づく類型化手法も提案した。双方の手法により、どちらも同様の地理的構造を抽出でき、その適用性を確認している。こうした点的リスクカーブ・ハザードカーブに基づく構造化の結果、吉野川市では、上流から下流に向けて縦断的に確率的リスク・ハザード特性が移り変わるのに対し、石井町では、本川からの距離に応じて確率的リスク・ハザード特性が移り変わるという差異が明らかとなった。

最後に、隣接する市町村で確率的リスク特性が異なる要因を考察した。吉野川中下流域は中央構造線に沿って東西に延びる直線的な谷底平野が特徴的であるが、北岸（左岸）の山は活発な土砂生産により急勾配の扇状地を形成する一方、南岸（右岸）の山の土砂生産量は少ない。吉野川市川島町上流はこうした区間に位置し、本川河道は谷底平野南岸へ押しつけられ、山塊に河道が接する箇所ができる。こうして、下流側が閉塞した谷底平野では、支川が閉塞部に行く手を阻まれて本川へ合流する。そのため、最下流端の頻繁な湛水区域から上流に移動するにつれリスク・ハザードが変化する。一方、川島町下流では、谷幅が拡大し北岸の扇状地も小規模になるため閉塞部は形成されず、度重なる流路の変化で本川と平行な支派川・旧河道群が発達した。支派川周りの低地は帯状の氾濫地帯となったが、洪水客土による藍作に加え、下流部への洪水流を抑える目的で本川との間に堤防は設置されなかった。その後、連続堤防が築堤されると、かつての派川が帯状浸水域となる一方、その周囲の微高地・自然堤防が、島状・帯状の低リスク・ハザード域となった。こうして、現河川と平行な確率的リスク・ハザード構造が形成された。

本研究は、面的および点的な確率的リスク情報を明示すると共にその要因を明らかにしており、今後の治水政策上有用な知見を与えていると判断される。よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。