

□流域治水について

熊本県立大学 特別教授 島谷幸宏

はじめに

2020年、国土交通省は従来の河川改修やダムによる治水対策を、それらに加えて流域全体で洪水防御に当たる流域治水対策へと大きく方針を転換した。この背景には、気候変動による豪雨時の雨量の増加、それにとまう洪水の頻発がある。この流域治水対策は高度成長期に都市に人口が集中し、都市化により洪水量が増大に対処するために行われた総合治水対策の一般河川への拡張と国土交通省は言っている。総合治水対策と流域治水対策の大きな違いは、対象とする地域が拡大され農地、山地、既成市街地なども対象とされたこと、それ以降の技術進歩（計測技術や解析技術）や新しい概念に基づく技術（グリーンインフラや田んぼダム）などが登場したことなどがあげられる。また、流域治水の概念は河川に集まってくる水を対象としていた治水技術を流域全体で降った雨をどのように配分するのかという技術への大きな転換であり、治水のパラダイム転換が行われつつある。

流域治水でいうところの流域とは

流域とは、河川工学の用語で河川の集水域を指す。集水域とは、降った雨水が集まる範囲のことである。山地を持つ河川では山の稜線を境界として、集水域は決まっている。一方、国土交通省が

流域治水対策を実施するために定義した流域という概念は、河川工学でいう流域よりも広い概念であり、集水域+氾濫域を流域としている。川の下流では氾濫流は集水域を超える場合があり、洪水防御の観点から、流域に氾濫域を加えている。

国土交通省によると、「流域治水とは、気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化等を踏まえ、堤防の整備、ダムの建設・再生などの対策をより一層加速するとともに、集水域（雨水が河川に流入する地域）から氾濫域（河川等の氾濫により浸水が想定される地域）にわたる流域に関わるあらゆる関係者が協働して水災害対策を行う考え方」とされる。すなわち、流域全体での全員参加の取り組みが必要とされる。

流域治水の基本概念

流域治水の洪水防御の基本概念は、降った雨を量的あるいは時間的にどのように分配するかという問題に帰着される。流域に降った雨はすべて下流に一気に流れていくわけではなく、一部は浸透、蒸発散、貯留、氾濫などにより、減少あるいは時間的な遅れを生じながら川を流下する。すなわち、川の流下能力を超える降雨を、貯留・浸透・蒸発させ、洪水流量を減らし、それでも氾濫する場合は、被害を最小限にする措置ということができる。

図に球磨川洪水時の市房ダムの集水域の平均雨量とダムへの流入高（流入量を雨量と比較できる

ように高さの次元に変換した値) の関係を示した。この図を見ると、流域平均雨量に比べて、流入高はなだらかな曲線を描き、ピーク雨量が54mm/hであるのに対し、ピークの流入高は26.3mm/hと半分以下になっている。また、雨がやんでもゆっくりとダム湖に流入している様子がわかる。これは、森林の土壌や樹皮、枝葉などで降った雨を、いったん受け止めゆっくりと流していることを示している。また、森林水文学の研究では、豪雨時も森林の降雨遮断量は10-20%相当あると言われており、洪水を減らすのに働いている。

一方、平地部は山地よりも速やかに雨水は排除される。特に、舗装面や屋根面は浸透が起こらず、降った雨はそのまま流れる。土の浸透能力は、雨量に対して決して小さくなく、グラウンドで1時間に7mm程度、手入れのされた庭では1時間に100mmを超えるなど、土の浸透による流出抑制効果は大きい。また、農村地帯の大部分を占める水田も一定の貯留効果を持っている。しかし、近年ではコンクリート化した排水路が整備されており、降った雨は、少しは水田に貯留されるが、ある程度雨が降ると排水口より、速やかに流出する。本流の流量は支流の中小河川の流量が集まって形成される。中小河川が自然の状態の場合、川幅は

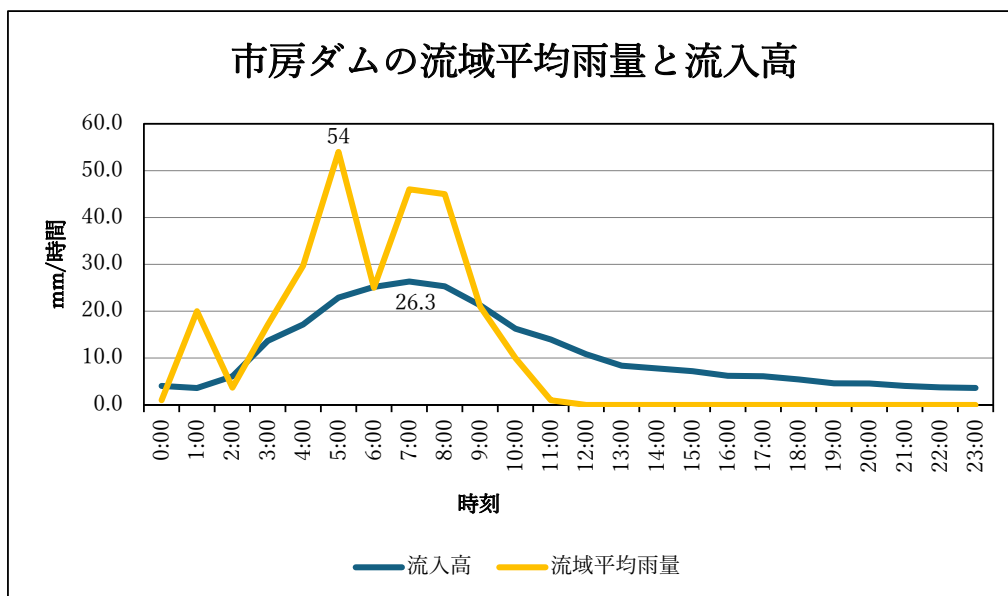
一様ではなく、蛇行し勾配もゆるく、断面も小さい。そのため、各所で河道内の貯留や氾濫が発生し、下流に流下する流量は小さかった。しかし整備が進み、中小河川の氾濫頻度が下がるとともに、河道の断面も一律化され、川の中での貯留空間も減少し、下流に流れる水の量が増えている。このように、近年、国土の排水システムは整い、下流への流出量は増えている。

これまでの治水対策が、河川に集まった水を堤防やダムの建設などの河川対策で対処しようとしたのであるが、それだけでは温暖化による豪雨に耐えられないので、流域対策が実施されることになった。

流域対策の基本は、これまで増やしてきた下流への流量を減らすことである。流域の浸透能力、蒸発散能力、貯留能力などを増強する、それでも氾濫する時には、氾濫流のコントロール対策や避難や土地利用コントロールなどのソフト対策を行い、被害を軽減する。

流域対策にはどのような手法があるのだろうか？

私たちの研究グループは2021年より、JST の競



争的資金である地域共創の場・本格型に採択され、熊本県立大学が実施機関、熊本県、肥後銀行が幹事機関として、「流域治水を核とした復興を起点とする持続社会」という名称の地域共創拠点を形成し、産官学で10年間という長期の研究開発、研究の実装に取り組んでいる。本拠点では流域治水の手法を流出抑制対策、氾濫流コントロール対策、流域治水ソフト対策の3手法に類型化し、実施している。

流出抑制対策とは、それぞれの土地から流出する流量を減らす対策のことで3つの手法がある。1つめは、発生源対策で、それぞれの場所に降った雨をその場所で減らす手法である。2番目は流達過程の対策で、発生源からある地点までの間で洪水を遅らせる、あるいは量を減らす対策である。3番目は合算時の対策で、水路や支流から流れてくる洪水に時間差を与え、合流するときに流量を減らす手法である。

発生源対策は、蒸発、貯留、浸透などの機能を使い実施される。蒸発は樹林からの遮断蒸発を利用する。遮断蒸発とは、樹木の葉や枝により降雨がトラップされ、その過程で蒸発され、地面に到達する雨を減らす現象のことである。その量は降雨量の10-20%もあることが森林水文学の知見として知られている。貯留とは、字のごとく雨水を一時的に貯留することによって、ピーク流量を減らし、洪水を遅らせる。地面をくぼませた雨庭での貯留や水田の畔を活用した貯留、湿地造成による貯留、氾濫域を確保するなどが手法である。浸透とは土の中に水をしみこませることにより、雨水を減少させる手法である。自然の状態では表面流の発生はほとんどないと言われており、私たちが思っているよりも土壌の浸透能力は大きい、浸透ますなどの施設を除いて十分に取り入れられていない手法である。また、森林の管理も重要である。森林の管理が悪いと浸透能の減少、土壌の流亡などが発生し、雨水や土砂の流出量が増大するので、森林伐採後の土壌流亡防止策・枝葉の存

置あるいは密生森林の間伐などが流域治水対策として有効と考えられる。

流達率を減ずるための方策として、氾濫域の確保（例えば霞堤）、蛇行再生、河道貯留量の増加、粗度上昇（粗度とは川の中の粗さで粗度が小さくなると流速が早くなる、川の中に植物が繁茂したり、巨石があると粗度は大きくなる）、などが想定される。これまでの河川整備では粗度を減少させ、直線化を図り、河道を同じ幅で整正し、貯留量を減少させかつ流速を増加させることを主として行ってきたおり、下流に対する流達率を以前より増加させていたものと考えられる。流達率を減少させるためにはこの逆を行う必要があり、河川や用水路の計画論・設計論を変える必要がある。

支流の洪水波形をずらすことによって合算時の流量を減少させることが原理的にありうる。都市化により同じ雨が降っても洪水流量が数倍になることが知られているが、これは浸透域の減少による流量増とピーク時間が短くなることによる合算時刻が重なることによる流量の増加が原因である。すべての支流の洪水の流下時間を長くすることによって、必然的に合算時流量は減少するものと想定されるが、その効果は未検証であり、積極的にピークをずらす対策も含めて研究が必要である。

氾濫流のコントロール対策とは、洪水を100%防ぐことはできないので、氾濫時に、氾濫流の流速や水深を低減させ、家屋や農地などの被害を低減させる手法である。水害防備林、洪水流を一部にとどめる横堤、住宅だけをまもる輪中堤などの手法があるが、現代ではあまり使われなくなった伝統的な技術である。

流域治水ソフト対策とは、流出抑制を進めるための法制度・補助制度・基準などの社会制度、氾濫域への土地利用規制や誘導策、保険制度などである。

流域治水対策の効果と普及の見込み

新たな流域治水対策は気候変動対応策として効果があるのだろうか？国土交通省によると、気温が2度上昇したシナリオ時の洪水流量はおよそ1.2倍になるとしている。前項で紹介した流域治水対策は、それに対応しうるほどの効果があるのかを考えてみたい。

住宅地や駐車場、グラウンドの対策として、雨庭などの流出抑制対策が提案されている。雨庭とは、屋根や駐車場などの不浸透域に降った雨を少し掘った緑豊かな空間に導き、貯留と浸透機能により、流出を抑制する施設である。熊本県立大学に2021年11月に雨庭を設置し、流出抑制効果のモニタリングを実施している。この雨庭は体育館の屋根178㎡の範囲の雨を集め、集水面積の1/5の面積、深さ約60cmで、底には小石を10cmの厚さで敷き詰めている。また、周りや底には在来の植物を植栽し、枯葉などが底にたまってそのままにした。2022年4月26日～2023年9月20日の約17ヶ月間（513日）に降った雨は3094mm、雨庭への流入量は657㎡、流出量は50㎡で、8%しか流出しておらず、約92%が浸透している。土壌浸透能は設置当初1時間に20mm/h程度であったが約1年半たつて40mm/hと2倍程度に大きくなっている。これは植物等の繁茂の影響と思われる。現在の浸透能で令和2年豪雨時の降雨時の計算をすると、総雨量に対する流出抑制率は46%、1時間の降雨に対するピーク流量は10%に低減すると推計され、洪水抑制効果もあることがわかる。土壌浸透能を100mm/hにすると、総量出抑制率76%、1時間当たりのピーク流量は41%低減され、大きな流出抑制効果があることがわかる。土壌改良手法の開発が今後の課題である。

また田んぼダムは、水田の流出口の大きさや形状を工夫し畝の高さを活用し、貯留することに

よって水田に直接降った雨をすぐに出ていかないようにカットする施設である。畔の高さが確保されていることが重要であるが、15-20cm程度の深さが貯水水深として活用できると考えられており、これは雨量換算で150-200mmに相当するため、効果的に活用できれば水田面積の割合が高いところでは、効果が大きい。新潟の見附市などでは、すでに普及し治水効果を上げている。農家の協力が必要なこと、地域によって対象降雨の大小が雨量により出口の構造を変える必要があることなど課題がある。

流達過程の対策として、河道の一部を拡幅し河道貯留量を増加し、洪水の波形を変形させる研究が進んでいる。いわゆる自然に近い河道（多自然川づくり）にすることによって、下流に対する洪水流量を低減させることが名古屋工業大学の研究により明らかになりつつある。支流で10%程度のピーク流量の低減を目標に研究が進んでいる。

以上のように、流出抑制対策の要素技術について、その効果を高めるための研究が進みつつある。流域全体に流出抑制対策が導入されると、流域全体で10-20%程度の効果になると想定され、気候変動による流量増に対応できるレベルになると予想している。特に平地の割合が高い流域、都市化が進んだ流域では、その効果は顕著である。

それでは、このような流域対策を流域全体に進めるためにはどうすればよいのだろうか？道筋は2つあると考えている。1つは、流域対策を実施するときに、治水以外の便益が得られ、個々の土地所有者が導入したくなる仕組みを作り、広げるである。もう1つは、建築物、道路、河川などの設計基準に流出抑制対策を組み込み制度化・義務化することである。

以上のように、流域治水対策はこれまでの治水の枠組みを変える可能性のある面白い取り組みである。