

流域治水から国土の再編へ

FROM CATCHMENT BASED FLOOD MANAGEMENT TO LAND RESTRUCTUREING

島谷幸宏¹, 皆川朋子²
Yukihiro SHIMATANI and Tomoko MINAGAWA

¹フェロー会員 博士(工学) 熊本県立大学(〒862-8502 熊本市東区月出3-1-100)、大正大学地域構想研究所(〒170-0001 豊島区西巣鴨3-20-1)、九州大学工学研究院(〒819-0135 福岡市西区元岡744)

²正会員 博士(工学) 熊本大学大学院先端科学研究部(〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪2-39-1)

Considering future climate change, it is important to consider catchment-based flood management (CBFM) as a major paradigm shift from the conventional hydraulic control methods centered on river improvement and dam development to catchment-based flood control methods with a view to the entire basin. In this report, we reviewed the basic concept of CBFM and organized the points of discussion regarding the methodologies of CBFM. After all, we argued that CBFM can be thought of as an initiative for national land restructuring, asking the ideal state of the entire country from the perspective of hydraulic control.

Key Words: *natural flood management, storage, infiltration, delay, evaporation*

1. はじめに

流域治水対策は、今後の気候変動を踏まえ、これまでの河川改修やダム整備のみの治水方式から、流域全体を視野においた治水方式への大きなパラダイム転換として捉えることが重要であると考えます。本報では流域治水の基本概念のレビュー及び整理を行い、流域治水の手法論などについて論点を整理し、流域治水が持続的な国土形成への再編に向けた大きなトリガーとなりうることを論ずる。

2. 流域治水の概念と手法のレビュー

本節ではこれまで取り組まれてきた流域治水に関する概念についてレビューを行う。

2009年7月24日、福岡市中心部を流下する樋井川が氾濫し樋井川沿いの住宅地が被害を被ったことを契機に、同年10月4日、九州大学・福岡大学・九州産業大学などの学識者と地元住民らで樋井川流域治水市民会議（市民会議）が立ち上げられた。市民会議は2010年1月に福岡県知事及び福岡市長に対して、「樋井川流域治水に関する市民提言」¹⁾を行っている。提言では「流域治水は、流域全体で取り組む治水のことです。河道改修と下水道整備だけにとどまらず、流域全体で、雨水の貯留・遊水・浸透などの流出抑制を図り、かつソフトな防災対策を含んだ総合的な取り組みです。流域治水では洪水抑制

に加え、氾濫をある程度許容する一方で、被害を最小限にするあらゆる方策を講じます。流域治水対策は、河道改修と下水道整備を中心とした緊急対策と、流域における貯留・遊水、浸透などの流域対策の双方を実施するものです。樋井川の流域治水では、治水対策を環境、福祉へとつながる地域づくりとしての広い概念で流域治水という用語を用いています。」と定義している。樋井川流域治水では、治水対策と合わせて環境を改善し、環境教育、福祉、地域づくりへと発展させる、としており、治水対策を地域づくりの一環として行うところに特徴がある。

市民会議の提言の具体的対策としては、2009年7月洪水に対応する緊急対策と流域対策に分けられており、前者として堆積土砂の掘削、拡幅、横断工作物の見直しなどによる河川整備、下水道・用水路の逆流防止策の実施、後者として森林土壌の保時、農地保全、公園・学校・公共施設・道路・住宅などでの貯留・浸透対策などをあげている。市民会議の成果は樋井川の河川整備計画に位置付けられたが、流域対策は行政施策として推進されるまでには至っていない。市民会議は45回開催され、2015年11月に終了し、「あまみず社会研究会」にその活動は引き継がれている。

滋賀県は、2011年5月に滋賀県流域治水基本方針(案)²⁾を発表し、わが国の行政政策の流域治水対策としては嚆矢となった。さらに2014年3月には、滋賀県流域治水の推進に関する条例が施行された。流域治水を、「どのよ

うな洪水にあっても、①人命が失われることを避け（最優先）、②生活再建が困難となる被害を避けることを目的として、自助・共助・公助が一体となって、川の中の対策に加えて川の外の対策を、総合的に進めていく治水」と定義している。

滋賀県の流域治水の方策は、「ながす（河道内で洪水を安全に流下させる対策、河道内に整備される洪水調節施設（ダムなど）も含む）」「ためる（流域貯留対策）調整池、グラウンド、森林土壌、水田、ため池での雨水貯留など、河川や水路等への急激な洪水流出を緩和する対策」「とどめる（はん濫原減災対策）輪中堤、二線堤、霞堤、水害防備林、土地利用規制、建築物の耐水化など、河川や水路等の整備水準を超える洪水によりはん濫が生じた場合にも、まちづくりの中で被害を最小限に抑える対策」「そなえる（地域防災力向上対策）防災訓練や防災情報の発信など、避難行動や水防活動など即時的判断を伴う災害対応をより強化する対策」の4方策を流域治水対策と分類している。

滋賀県の取り組みは、洪水防御対策として行政が流域を視野に、幅広い対策を実施する画期的な取り組みとあってよい。ただし、環境面への言及は特になく、治水対策に特化した施策ということができる。

国土交通省は、2020年7月社会資本整備審議会の「気候変動を踏まえた水災害対策のあり方について～あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な「流域治水」への転換～」の答申³⁾を受けて、治水対策を流域治水へと大きく転換を図りつつある。「河川、下水道等の管理者が主体となって行う従来の治水対策に加え、集水域と河川区域のみならず、氾濫域も含めて一つの流域として捉え、その河川の流域全体のあらゆる関係者がさらに協働して流域全体で水害を軽減させる治水対策」としている。すなわち、流域におけるあらゆる主体の参画のもと、地域の特性に応じ、①なるべく氾濫を防げるよう治水施設の整備等を進めることに加え【氾濫を防ぐための対策（ハザードへの対応）】②治水施設的能力を上回る大洪水の発生により、氾濫した場合を想定して被害を回避するためのまちづくりや住まい方の工夫等の対策【被害対象を減少させるための対策（暴露への対応）】③氾濫の発生に際し、的確・適切に避難できるようにするための体制の充実といった被害軽減のための対策と、被災地における早期の復旧・復興のための対策【被害の軽減・早期復旧・復興のための対策（脆弱性への対応）】の3要素を多層的に進める「流域治水」に流域一体となって取り組みとしている。具体的な対策としては①氾濫水を減らす（粘り強い堤防、土地利用規制、水防など）、②流水をためる（既存ダムの有効活用、霞堤など遊水機能の強化・保全など）、③雨水を流域のあらゆる場所でためる（都市部内水対策、水田、ため池の利用など）の3手法を示している。

また、従来行ってきた総合治水との違いを、都市部の

みならず全国の河川に対象を拡大し、・・・」としており、流域治水が総合治水の拡張であると述べている。

国土交通省の流域治水は滋賀県の取り組みを大河川にまで拡大したものととらえることが出来る。滋賀県と同様に環境等に関する言及は特になく。

熊本県は2020年7月の球磨川水害を契機に復旧・復興計画の基本を「緑の流域治水」⁴⁾とした。「緑の流域治水」とは、「流域全体の総合力による“緑の流域治水”～生命・財産を守る安全・安心の最大化と環境への影響の最小化のベストミックス～」とされ、国土交通省が進めようとする流域治水に環境面を強化した考え方と言える。具体的なメニューはこれからであるが、田んぼダムの試行などが始められる。

海外に目を向けると、イギリスのNatural Flood Management(NFM)が流域治水に近い取り組みである。2015年に出された、スコットランドのNatural Flood Management Handbook⁵⁾によると、「気候変動、人口増加、経済、および洪水指令や水枠組み指令などの環境法はすべて、土地と水を管理するためのより統合された集水域ベースのアプローチへの移行を必要としている。この取り組みは、集水域の多くの問題が多くの異なるセクターに影響を及ぼし、土地と水が集水域規模で一緒に管理される場合、集水域全体の改善と社会に複数の利益をもたらすことができることを認識し、環境管理の効率を高める。この統合された集水域ベースのアプローチの重要な要素は、自然のプロセスを使用して洪水の水源と経路を管理することで、海岸線を含む集水域の洪水リスク軽減に役立つ可能性があるという認識である。一般に自然洪水管理と呼ばれるこの手法は、以前よりも広範囲に景観の変化をもたらすと同時に、洪水防御とともにコストを節約し、環境、社会、経済に利益をもたらすことができる。」「次の世紀に予測される気候変動は、スコットランドの洪水の頻度と深刻さを増すと予想される。これは、人口増加の圧力と相まって、現在の保護レベルを維持するために洪水リスク管理への圧力を高める結果となる可能性がある。洪水ウォールなどの従来のアプローチのみに焦点を合わせ続けることは持続可能ではなく、洪水リスクを管理するためのアプローチを変える必要がある。」としている。NFMは集水域全体のアプローチであり、自然の水文学的、自然の形態的なプロセスを活用し、水源と経路を管理し、広範に便益をもたらす手法として実施されている。いわゆる、近年、世界で取り入れられているグリーンインフラやNature Based Solutionの考え方の延長線上の施策と言える。

NFMでは、河川や氾濫原をマネジメントすることにより流出の時間と量を減少させることを目標としている。スコットランドでは、樹林地の創造（水源林、氾濫原林、河畔林）、土地のマネジメント（土地と土壌の管理慣行、農地と上流域の排水路の変更、非氾濫原湿地、セディメントトラップ）、河川と氾濫原の再生（河岸再生、河川

形態と氾濫原の再生、ラージウディデブリなど河川内構造物、河川沿い氾濫域とオフライン遊水地）を手段としている。

The Cumbria Strategic Flood Partnership and Catchment Based Approach Partnershipsがウェブ上で公開している農家向けのNFMのガイドライン⁶⁾ではNFMの技術は遅滞 slowing water, 貯留 storing water increasing 浸透 soil infiltration, 遮断 intercepting rain waterの4つのメカニズムの1つあるいはその組み合わせであるとしている。技術の原理論としてよく整理されている。

3. 流域治水を進めるにあたっての論点

(1) 多面的波及効果をもたらす流域治水に展開できるか？

流域治水を洪水防御のみの方策として捉えるのか？それとも治水を環境や地域づくりを含めた多面的な波及効果をもたらす行為とみなすのかによって、その進み方は異なると考えられる。

前章で見たように、樋井川、熊本県、英国の取り組みは治水対策を実施することにより環境の保全・再生や地域づくりをも目的とした取り組みと言える。一方、滋賀県や国土交通省の取り組みには、環境や地域づくりの視点は十分に含まれていない取り組みと言える。

持続的な社会が求められる今日、治水投資が単に洪水防御のみを目的とせず環境、社会、経済などへの多様な波及効果をもたらすことも目的に含めることは重要であろう。

近世までの治水を振り返ると、洪水防御と用水路開発あるいは水田開発は一体であり、特に分離されていなかった。例えば著名な山梨の信玄堤は氾濫を抑制するための施設であると同時に重要な用水路である竜王用水の取水口でもあり、治水と利水が一体的に処理されている。すなわち、治水とはリスクを減らし、恵みを増加させる行為であり、その両者を追い求めることが本来の治水であり、流域治水も洪水を防御しつつ、多面的な価値を發揮する治水へと発展することが望まれる。

(2) 流域治水のハード手法について

流域治水のハード対策は、流域全体での流出抑制と、氾濫流のコントロールに大別される。

a) 流出抑制

NFMが整理しているように流出抑制の基本技術は遅滞、貯留、浸透、遮断の4手法と考えられ、これらの組み合わせにより洪水の時間と量の抑制対策が実施される。

オンサイト（降った雨をその場所で貯留・浸透させる）による流出抑制手法は図1に示すとおり、表面貯留、間隙貯留、浸透からなり、このうちのいくつかが使われる。海外で実施されているバイオスウェールなどの道路に設置されているグリーンインフラも、多くのものが3

つの流出抑制手法（図-1）を活用している。

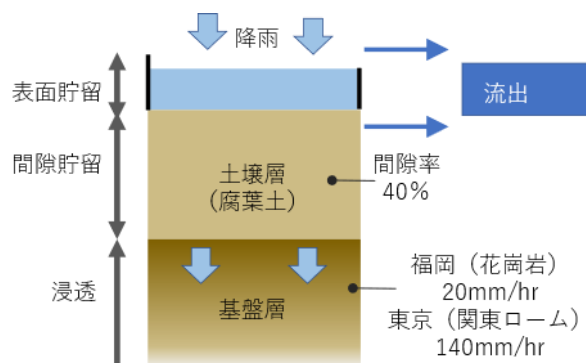


図-1 流出抑制の3手法

浸透柵や浸透トレンチなどは、表面貯留を欠く施設であり、底を遮水した調整池は間隙貯留と浸透を欠く施設である。表面貯留の代表例としては、田んぼダムがあげられ、コストが安く、流出孔の大きさを調節することにより、大きな外力にも対応できる可能性があるのが期待されるが、稲作への影響を軽減するための排水機能と治水機能を分離することが普及には重要であることを、宮津⁷⁾らは提案している。

表面貯留はその体積がすべて貯留量となるが、間隙貯留では間隙率と残留水の影響を取り除く必要がある。浸透量は浸透面積に単位時間当たりの浸透量を乗じて求めることができるが、基盤層の土壌や地質によってその値は異なる。初期浸透能は極めて高いが、浸透が継続すると徐々に浸透量は減少し、最終浸透能に近づくことが知られている。設計には最終浸透能が用いられことが多く、花崗岩で1時間20mm程度、関東ロームは東京都の浸透施設の基準で140mmと定められている。東京都の基準には黒ボク土にも言及されており100mm程度とされている。NFMでは土壌改良や農地の耕作の仕方も浸透能や間隙貯留量を増加させる方法としてメニューとして挙げられる。

浸透施設は、浸透面積を大きく取れば大きな浸透量を期待できる。関東ロームや黒ボク土などは、オンサイト型であれば豪雨時にも表面流はほとんど生じないと考えられるが、実際には表面に細かい土粒子によるクラスト層が形成され浸透能が低下するため、クラストが発生しないための土中に水を直接導くような工夫が必要である。浸透機能を有した施設は降雨強度が弱い時に、浸透機能によって上部の貯留容量を回復させることができるため、浸透能の活用は重要である。

貯留の方法としては、田んぼダムのほか、遊水地、ため池、ダムなどが従来技術としてあげられるが、新しい技術として水田に積極的にバックウォーター型であふれさせるもたせ、氾濫原を流しながら貯留、川に隣接しない遊水地、氾濫原の中の湿地などがあげられる。

遅延は流量を低減する際に重要な視点である。洪水が到達するまでの時間をなるべく遅くし避難までの時間を稼ぐあるいは、到達時間を遅くすることにより流量を低

減する方法である。方法論的には河道や排水路の粗度を上昇させる、河道の蛇行を復元する、河道の一部を拡幅する、氾濫域に樹林帯を設置する、上流の改修にあたって流路工を設置しないなどがあげられる。

b) 氾濫流のコントロール

流域治水のもう一つの技術的手法は氾濫流のコントロールである。氾濫流のコントロールには、2つあり、1つは氾濫域を限定させる手法、もう一つは氾濫域の流速や水深を低減させる方法である。

前者は更に2つに分けられ氾濫した水を住宅地等へ拡散させない手法（2線堤、堤内地横堤、輪中堤など）およびあらかじめ氾濫場所を決め被害を軽減する手法（霞堤、越流堤など）が挙げられる。氾濫域の流速や水深を低減する手法としては、河畔林、砂防林、氾濫原の樹林帯などの手法が考えられる。

以上、網羅的に手法論について述べたが流域治水の手法は、水を集めて集中的に管理するという手法とは根本的に異なる、分散型の技術であり近世に用いられた伝統的な手法の活用が有効である。このほかにも多様な手法があると考えられ、今後開発が期待される分野である。

(3) 従来型の治水技術との折り合い？

従来型の治水事業とここで述べた流出抑制や氾濫流コントロールを主とする流域治水との折り合いをどう図っていけばよいのだろうか？まずは、従来型の治水が水を集中させ、下流の洪水量を増大させていることを認識したうえで、従来型の手法と流域での対策でのベストミックスを追求する必要がある。この手法に関しては十分な知見がないのが現状である。

(4) 流域治水から国土再編へ

温暖化による気温の上昇によって洪水流出量が増加することは常識化しているが、一方で国土の変貌による流出増については十分に認識されているであろうか？

イギリスのNFMは国土の変貌が洪水流出量の増大や洪水到達時間の減少に寄与しており、自然の水文学的、形態学的特徴を再生あるいは是正しながら治水対策を行うことを基本思想としている。

日本においても高橋裕は早くから国土の変貌が流出増をもたらしていることを指摘している。都市化による洪水流量の増大に関する研究は古くからおこなわれており、山口高志ら⁸⁾、鶴見川を対象とした鮭川ら⁹⁾の研究などがあり、都市化により洪水流量が大幅に増加することが示されている。

また圃場整備により水路網が整備され洪水到達時間が減少し、洪水流出量が増加することを長谷部ら¹⁰⁾、前田ら¹¹⁾が指摘している。

さらに中小河川の整備も本流への流量増に影響していると考えられる。2020年の球磨川の洪水では、人吉盆地

の人吉市よりも上流の支流はほとんど氾濫せず、本流の盆地地下流部およびそれより下流の山間狭窄部において大規模な氾濫が発生し、中小河川改修の影響が大きいことを示唆している。しかしながら流域の改変が本流洪水流量に及ぼす影響の研究はほとんど行われていない。

流域治水は流域すべての場所を対象に、水を遅らせ、浸透能力を高め、水を貯留し、降雨遮断のための緑を増やし、氾濫流も制御するなどの新たな原理を導入した治水対策と言える。これらの手法は景観や生物の多様性を向上させ、さらに農業や林業の活性化などに貢献する可能性を秘めた方策である。

社会整備審議会が答申の名称とした「あらゆる関係者が流域全体で行う持続可能な流域治水」となることが期待される。流域治水とは国土全体のあり方を治水の観点から問う、国土再編の取り組みと考えることができる。

参考文献

- 1) 樋井川流域治水市民会議：樋井川流域治水に関する市民提言、
<https://sites.google.com/site/hihikawashiminkaigi/home/teigensho>
 - 2) 滋賀県：滋賀県流域治水基本方針(案)、https://www.shigaken-gikai.jp/voices/GikaiDoc/attach/Nittei/Nt1903_05.pdf, 2011.
 - 3) 気候変動を踏まえた水災害対策検討小委員会答申骨子（案）、
https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunka-kai/shouinkai/kikouhendou_suigai/4/pdf/06_toushin_an.pdf, 2020.
 - 4) 熊本県：令和2年7月豪雨からの復旧・復興プラン、
https://www.pref.kumamoto.jp/uploaded/life/70794_75064_misc.pdf
 - 5) Scottish Environment Protect Agency, Natural Flood Management Handbook, <https://www.sepa.org.uk/media/163560/sepa-natural-flood-management-handbook1.pdf>.
 - 6) The Cumbria Strategic Flood Partnership and Catchment Based Approach Partnerships: Natural Flood Management measure,
https://www.westcumbriarivertrust.org/assets/content/projects/downloads/11882_nfm_handbook_web.pdf
 - 7) 宮津進, 吉川夏樹, 阿部聡：フリードレーン方式の田区排水に適した機能分離型落水量調整装置の開発、農業農村工学会論文集85(2), 1_159-1_167, 2017
 - 8) 山口高志, 吉川勝秀, 角田学：都市化流域における洪水災害の把握と治水対策に関する研究, 土木学会論文報告集(313), 75-88, 1981.
 - 9) 鮭川登, 北川善廣：都市化流域の洪水流出モデル. 土木学会論文報告集, 1982(325), 51-59, 1982.
 - 10) 長谷部正彦, 田中仁, 須賀堯三, 荻田利一, 田辺睦：農地圃場整備が河川の流出機構に与える影響について. 水理講演会論文集, 30, 139-143, 1986.
 - 11) 前田勉：総合治水対策による農業農村整備の排水影響の低減について, 農業農村工学会誌, 77(11), 885-888, 2009.
- (2021. 4. 2受付)