治水面から見た被害の概要と着目点

角　哲也 [1]

[1] 京都大学教授　防災研究所（〒611-0011 宇治市五ヶ庄）
E-mail: sumi.tetsuya.2s@kyoto-u.ac.jp

本稿は 2017 年九州北部豪雨を対象に，防災研究所内部で構成された研究グループのうち，治水面から見た被害の概要と着目点，さらには，これを踏まえた治水グループの取組みを概説する．着目点は，1) 筑後川北側はこれまでの災害未経験地域であったこと，2)日田の林業地域における山林崩壊・河岸侵食により大量の流木が発生したこと，3)風化花崗岩地域から大量の土砂流出が発生したこと，4)洪水・土砂・流木の複合災害の形態を示していること，5)ダムの無い小河川では，洪水が短期間にそのまま流出して災害化したこと，6) 多くのため池のうち，決壊で被害拡大がクローズアップした一方で，決壊せずに，むしろ，流木・土砂を受け止めて被害防止に貢献したものもあること，7)砂防ダムでは土砂のみではなく，流木を受け止めたものもあること，8)貯水ダム（寺内ダム）では，洪水・土砂・流木の３要素をコントロールして，絶大な役割を働き果たし， ダムが無ければ下流で大きな氾濫が発生していた可能性があること，などである．こうした被害の特徴を踏まえて，降雨の極値統計と流出・氾濫解析，豪雨における斜面崩壊と洪水の統合解析，土砂流出による流路・河床変動と洪水氾濫特性，下流域における土砂・氾濫解析，ダムにおける流木捕捉効果と下流洪水リスク軽減効果の各観点から報告を行う．

Key Words: *Characteristice of flood disasters, Rainfall statics, Rainfall-runoff model,Rainfall induced land slides, Morphological effects on flood inundation, Trapping of floating debris in reservoirs and its effect on flood risk reduction downstream*

1.　洪水被害の概要

今回の洪水の特徴は，従来から洪水の経験が少ない筑後川北側流域に，線状降水帯による短時間で大量の降水がもたらされたことである．朝倉では，24 時間雨量で実に 500mm 以上の降水強度となっている（図 1）[1]．この地域における戦後の水害では，筑後川本川の治水計画の基本を塗り替え，松原・下筌ダム建設計画の契機となった昭和 28 年の西日本大水害（死者約 1,000 人（うち福岡約 300 人），全壊家屋約 5,000 棟，被災エリア熊本・福岡・大分・佐賀）が有名である．さらに，記憶に新しいところで，平成 24 年の同じ名称の九州北部豪雨（死者 30 人，全壊 360 棟，被災エリア熊本・福岡）があり，今回の被害規模（死者 37 人，全壊 300 棟，被災エリア福岡・大分）とほぼ同規模であるが，図 1 に示すように雨域がより南側の福岡南部・熊本中心であり，今回の朝倉市あたりの福岡中部エリアとは雨域が異なっている．

このように，これまであまり洪水被害の発生していなかった地域に極めて強い降雨がもたらされたことから，比較的流域の小さい赤谷川を始めたとした中小河川の氾濫が発生（図 2）し，特に，新規崩壊による大量の土砂流出による河床上昇が洪水被害を拡大させた（写真 1）．

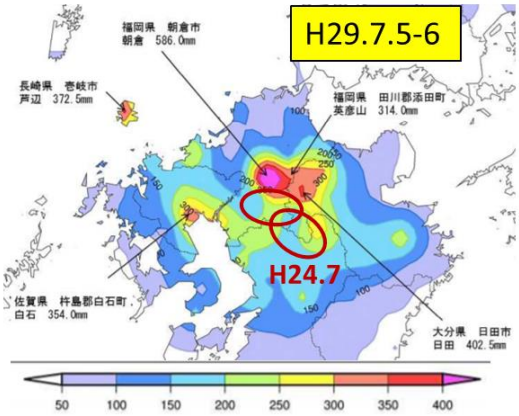

図 1　H29 九州北部豪雨の降雨強度と H24 九州北部豪雨の雨域（500mm 以上）の比較（気象庁データに加筆）[1]

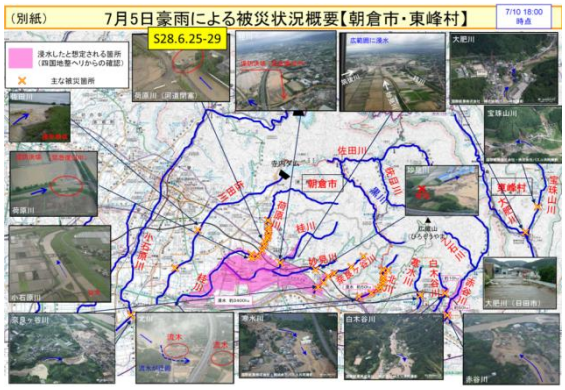

図 2　被災状況（朝倉市・東峰村）（国土交通省資料）

写真１　氾濫した赤谷川

写真 2　決壊した山の神ため池（奈良ヶ谷川）
（上：決壊前（Google Earth より），下：決壊後）

また，同地域は，灌漑用のため池が山裾に沿って多数点在し，これらの一部が洪水によって決壊したことによる洪水被害の拡大も見られた（写真 2）．一方で，この地域は度重なる渇水に見舞われてきた歴史から水資源の確保も重要であり，（独）水資源機構の管理する寺内ダム（昭和 53 年完成）が，今回の降雨域に所在していた．今年の 5，6 月は平年の半分以下の少雨のために利水容量を使って下流に水を補給し，洪水直前には約半分 450 万 m^3 の貯水量であった（図 3）[2]．今回の洪水では，既往最大となる約 880m^3/s の流入量がダムに流入し，利水容量の約半分とその上の洪水調節容量を合わせて約 1,150 万 m^3 の貯水量を用いて，流入した洪水のほぼ全量をカットした（図 4, 5）[3]．この容量は，ダムの流域面積 51km^2 全体に対して 225mm もの降水量分を貯留したことになり，その結果，近隣の河川で甚大な氾濫被害が発生する中，寺内ダム下流の佐田川流域では被害がほとんど発生していないのは特筆すべき特徴である．

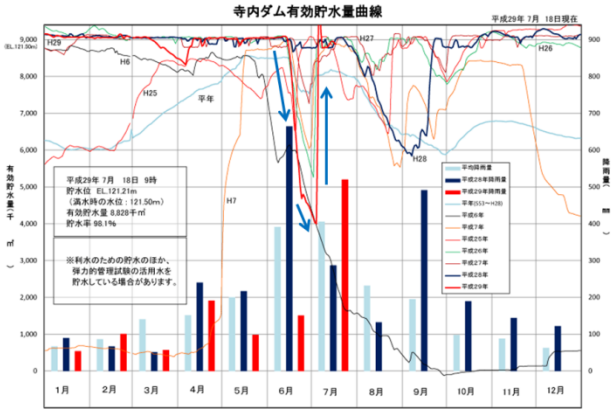

図 3　寺内ダム貯水容量変化（水資源機構データに加筆）[2]

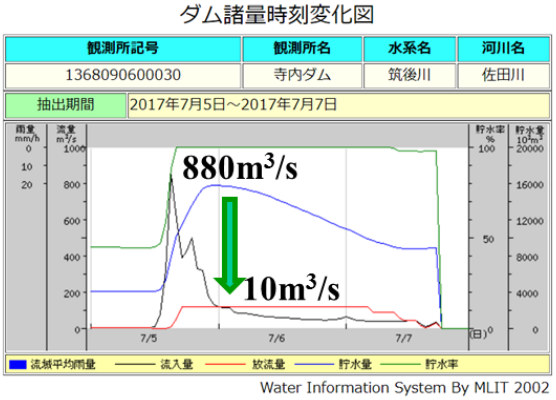

図 4　寺内ダム洪水調節（国交省データに加筆）

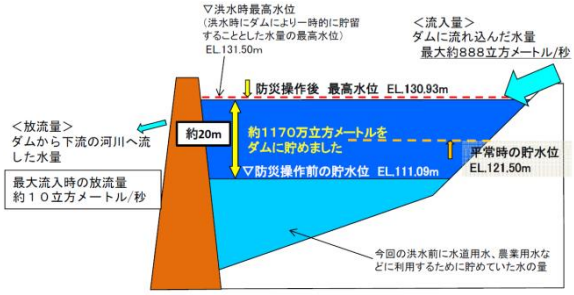

図 5　寺内ダム洪水調節の模式図（水資源機構）[3]

今回の洪水のもう一つの特徴は，山地から大量の流木が流れてきたことである．近年，平成 25 年の京都・桂川の水害 [5]や，平成 27 年鬼怒川水害など，洪水時に大量の流木が発生するケースが増加している．こうした流木は，河道内の橋梁を閉塞させて洪水を拡大させるリスクがあるが（写真 3），寺内ダムでは，今回の洪水で約 10,000m^3 もの流木が捕捉（写真 4）[6]され，ダムが無ければ，洪水と流木の組み合わせで下流は大氾濫が生じていた可能性がある．

水資源環境研究センターでは，平成 26 年度の拠点研究課題で，「流域一貫の総合流木管理に向けて」と題する流木研究の課題に取り組んでおり，その際に，これまでの既往の大規模出水時にダム湖で捕捉された流木量と流域面積の関係を分析している [7,8]．

写真３　流木で閉塞した橋梁（寺内ダム上流黒川）

写真４　ダム湖で捕捉された流木（寺内ダム）

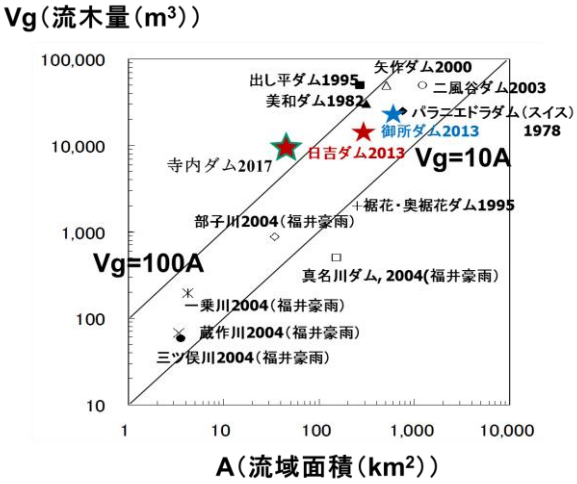

図６　流域面積と流木量の関係[8)]

図６に，今回の寺内ダムの結果を含めて示すが，寺内ダムの流木流入量はこれまでの実績を考慮しても国内最大クラスであったことが伺える．

次に問題となるのは，このような流木がどこから生産されてきたかである．国土交通省九州地方整備局による流木発生量の速報値は，10 河川の合計で 210,000m^3 であり，その内訳は山林が 63%，渓畔林が 28%，河畔林が 6%であった．しかしながら，下流で被害をもたらす可能性の高い長尺ものの流木は比較的ダム湖に近い上流の河道の河岸侵食によって流出してきている可能性が高いことが現地調査から確認された（写真５，６）．

平成 16 年の福井豪雨時に福井県によって実施された流木発生源調査によれば，その約半数が図７に示すような河岸横侵食により発生したことが報告されている[9)]．今回の流木流入に関しても，割合は低いものの，リスクのより高い流木の発生源である可能性が高い．

写真５　ダム湖直上流の河岸侵食（侵食部に植えられていた木が流出）

写真６　寺内ダム上流の黒川の景観（20m 弱の長尺の立木の足元が流水に洗われた様子が確認される）

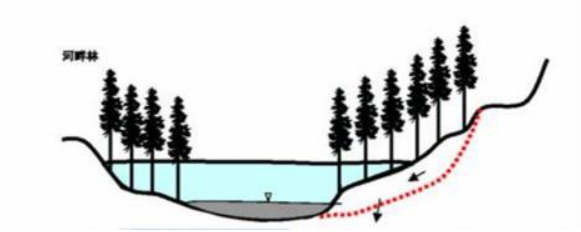

図７　H16 福井豪雨時の足羽川流木発生原因と割合（河岸横侵食が全体の 55%）

さらに，このような河岸沿いに植えられた木は長尺になるまで育つためには，少なくても 30 年程度の間の大規模洪水を受けていないことがポイントであり，今回のこの地域の過去の災害履歴が少なく，低頻度の洪水生起であったことと符合する．洪水頻度が低い流域（河道）ほど、植林後の成長が見込まれ（低木段階で流木化しない），洪水時に流木ポテンシャル（特に長い流木）が高まることが考えられる一方で，河川・ダム管理者および林業関係者・地域住民の危機意識が醸成されにくいことが課題である．従って，今後はこのようなリスクに対して，より強く意識する必要がある．その具体的なアクションとして，ダムの有無にかかわらず，山地河道における河岸から一定幅（超過洪水時に侵食リスクがある範囲）の立木に対する管理義務とリスク軽減（優先伐採）の制度化が望まれる．

2. 研究チーム構成と着眼点

ここでは，治水グループの各研究メンバーの取組みについて概要を示す．詳細は各レポートを参照いただきたい．

担当者	研究テーマ	着目場所（河川など）	想定されるアウトプット（30～50年先の防災・減災に向けた提言）	検討概要
田中茂信・佐山敬洋	降水量空間分布、頻度解析、山地中小河川の洪水流出	今回豪雨に関連した水資源開発施設、筑後川に流入する中小河川(特に赤谷川、白木谷川)	「将来の計画外力推定」計画を大幅に超える降雨外力での流出推定，気候変動による将来の極値降雨の推定とそれによる流出の推定	赤谷川や白木谷川を含む190.4 km^{2}の領域を対象に、分布型水文モデル（RRI)を用いて降雨流出量を推定し、中下流部における水・土砂氾濫解析の境界条件を推定
藤田正治	複合土砂災害シミュレータを用いたマルチハザードの再現	赤谷川流域	マルチハザードシミュレーション技術を利活用した新たな豪雨時の警戒避難情報作成ツールを開発し，とくに崩壊，土石流による河床変動が影響する洪水氾濫に対する将来のソフト対策に向けて，一つの方向性を提言	赤谷川流域の地形データに対して崩壊，河道における土砂の堆積と侵食，氾濫の危険性をSiMHiS（豪雨時のマルチハザード情報シミュレータ）により解析．その後，斜面の土壌や河床材料の試料を採取して，シミュレータに含まれるパラメータの修正を行い，再度，シミュレーションを実施
竹林洋史	山地部から平野部への土砂流出と氾濫堆積	赤谷川の土砂流出，JR久大本線の落橋、比良松中学校周辺の河岸浸食	数値シミュレーションにもとづいた，土石流渓流の土砂流出特性の把握．出水中の河床・流路変動を考慮した洪水水位の予測	斜面崩壊の数を変化させた赤谷川・杷木星丸地区で発生した土石流の数値シミュレーションを実施．また、現地調査によってJR久大本線の落橋、比良松中学校周辺の河岸浸食について検討
角 哲也・Sameh Kantoush・竹門康弘・野原大督・小林草平	ダム操作および洪水調節効果（流木捕捉効果を含む）、ため池被災、ため池の効果（被害拡大・軽減の両面）	佐田川（寺内ダム） 奈良ヶ谷川（山の神ため池、鎌塚ため池） 妙見川（上流砂防ダム＋ため池で大量流木捕捉）	ダムによる多面的な洪水調節効果の把握手法の確立 ため池の洪水リスク評価および管理方法に対する提言 洪水管理上リスクとなる流木を流出させない管理手法（河岸立木の優先伐採など）の提言	佐田川（寺内ダム），奈良ヶ谷川（山の神ため池），妙見川（上流砂防ダム＋ため池で大量流木捕捉），赤谷川，夜明ダムの現地調査を行い，得られた知見を整理．特に流木に着目し，寺内ダムで捕捉された流木量を画像解析から推定する手法を検討。また，寺内ダムの効果について，ダムの洪水調節の有無、流木流下の有無について，佐田川の氾濫リスクの観点から検討
川池健司	洪水氾濫シミュレーション	桂川、荷原川、新立川、妙見川の氾濫	氾濫シミュレーションによる桂川水系の洪水氾濫プロセスの理解．．土砂流出による洪水外力激甚化のリスク評価	痕跡浸水深の現地調査を実施．桂川流域において，土砂を考慮しない場合と考慮した場合の再現計算を実施し，調査結果と比較

3. 九州北部豪雨の特徴（まとめ）

以下に，九州北部豪雨における治水面での特徴をまとめる．

1)（**降水特性**）全ての降雨継続時間で既往最大（特に朝倉で大）であり，近年の洪水未経験地での大災害であった（S28，H24九州北部豪雨とも相違）．

2)（**降雨流出現象のメカニズム**）赤谷川西側の筑後川支川は，花崗岩の比較的薄い土層と早い流出に対して，大肥川流域以東は地質が異なり、流出特性も相違している．

3)（**氾濫特性**）河道内の土砂堆積により氾濫が助長され，氾濫域が拡大した．

4)（**ダムの効果**）寺内ダムは，洪水＋流木を大きく調節し，下流の氾濫被害を大幅に軽減した．

5)（**大量の流木発生**）洪水頻度が低い流域（河道）ほど植林後の成長が見込まれ（低木段階で流木化しない），洪水時の流木ポテンシャル（特に長い流木）が増大している．

（**緊急提言**）河岸から一定幅（大規模洪水時に侵食リスクがある範囲）の立木に対する管理義務とリスク軽減（優先伐採）の制度化が必要

6)（**流域規模のハザードシミュレータ**）九州北部豪雨中の崩壊発生のタイミング，崩壊土の河道での堆積，土砂流出による河床変動の時間変化などを解析し，ハザードレベルの時間的な変化を示した

7)（**橋梁災害**）高水敷や砂州上に建設された古い橋脚には根入れが浅いものがあり，みお筋の変化や河床低下による倒壊の注意が必要である．

参考文献

1) 気象庁：平成 29 年 7 月九州北部豪雨について, http://www.jma.go.jp/jma/press/1707/19a/20170719_sankou.pdf（2018.2.28）
2) （独）水資源機構寺内ダム管理所：有効貯水量曲線, https://www.water.go.jp/chikugo/terauchi/jigyo/kyokusen.html
3) （独）水資源機構筑後川局・国土交通省九州地方整備局 筑後川ダム統合管理事務所：平成 29 年 7 月 5 日・6 日の記録的豪雨における寺内ダムの防災操作の効果について, 2017.
4) 国土交通省：水文水質データベース
5) 角　哲也，田中茂信，本間基寛（2014）京都・滋賀における 2013 年台風 18 号の豪雨の特徴と桂川流域被害調査，京都大学防災研究所年報第 57 号 A pp.1-16.
6) （独）水資源機構筑後川局：平成 29 年 7 月九州北部豪雨における寺内ダムの流木処理について, 2017.
7) 京都大学防災研究所：平成 26 年度京都大学防災研究所水資源セミナー報告， http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/news/2174/
8) 角　哲也：治水・利水・環境の観点からの流域一貫の総合土砂・流木管理，土木学会第 51 回水工学に関する夏期研修会テキスト，2015.
9) 角　哲也，谷崎 保（2007）2004 年福井豪雨における九頭竜川上流ダム群の洪水調節効果, 大ダム，198, pp.114-124.

OVERVIEW AND FOCUS POINTS ON FLOOD DISASTERS

Tetsuya SUMI

This manuscript reports the summary of flood damages and each focusing points that the flood control research group in the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University. Selected focus points are as follows: 1) the north side of the Chikugo River was a disaster inexperienced area so far, 2) a large amount of driftwood occurred due to forest collapse and river bank erosion in Hita's forestry area, 3) large amount of sediment discharged from the weathered granite area, 4) it is showing the form of complex disaster of flood, sediment and driftwood, 5) in small rivers without dam, floods flowed out as it is in a short period and caused disasters, 6) out of many irrigation ponds, some expanded disaster damages because of pond collapses, whereas, without collapses, some reduced damages downstream by trapping driftwood and sediment, 7) some Sabo dams trapped not only sediment but also some driftwoods 8) In the dam reservoir, Teraiuchi dam has played an enormous role by controlling three elements of flood, sediment and driftwood, and large flooding possibly occurred downstream without dam. Based on the characteristics of such damage, we reported from the viewpoints of extreme value statistics of rainfall and runoff / flood analysis, integrated analysis of slope failures and floods in heavy rainfall, flow path / bed fluctuation due to sediment discharge and flood damage characteristics, sediment and flooding analysis in the downstream area, the driftwood trapping effect and the downstream flood risk mitigation effect in the dam.