

水田地域が有する雨水貯留機能による豪雨対策

Heavy Rain Countermeasures with Rainwater Storage Function in Paddy Area

西小野 康平*
(NISHIONO Kohei)谷口 智之**
(TANIGUCHI Tomoyuki)凌 祥之**
(SHINOGI Yoshiyuki)

I. はじめに

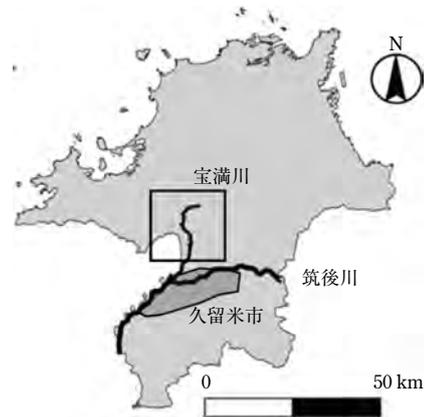
近年、日本各地で豪雨災害が頻発している。日降水量 100 mm, 200 mm 以上の年間の日数はともに増加傾向であり¹⁾、都市地域と農村地域に関係なく、各地で甚大な経済的損失が発生している。農林水産省は「農業農村整備の新たなフロンティア」の中で、多様な主体が住み続けられる農村の振興に向けて、「災害に強い安全・安心な農村の構築」を取組みの一つに挙げている²⁾。中山間地域をはじめとする農村における人口減少を抑制し、新たな住民を獲得するためには、農業生産現場ならびに生活空間としての防災力強化が不可欠である。

農村地域における洪水被害の軽減策として、水田が有する雨水貯留機能を活用する取組みが注目されている。特に、水田の水尻に堰板を設置することで河川への排水を抑制する田んぼダムの取組みは、河川流量の減少に寄与することが明らかになっている³⁾。ただし、既往研究では 20~50 mm/h の小中規模降雨を対象としており、近年増加傾向にある豪雨に関する知見は得られていない。

豪雨災害が頻発している昨今、豪雨時に水田地域内で発生している雨水貯留機能を定量的に把握し、河川流量への影響を評価・分析する必要がある。本報では、平成 30 年 7 月豪雨（以下、「H30 豪雨」という）と令和元年 7 月の大雨（以下、「R1 豪雨」という）で被害を受けた福岡県宝満川流域での観測結果をもとに、田んぼダムの導入が河川流量に及ぼす影響を検討した。また、水田畦畔を超える冠水が発生した同一流域内の水田地域を対象に、冠水時の水田地域全体での貯水効果を定量的に評価した。

II. 対象とした地域と豪雨の概要

福岡県を流れる筑後川水系宝満川流域を対象とした。筑後川は大分・熊本・福岡・佐賀の 4 県を流れる一級河川であり、支流の宝満川はその中流に位置する



注) 四角が対象流域の位置を示す。

図-1 福岡県における筑後川および宝満川の位置図



図-2 対象流域と調査対象地

福岡県久留米市で合流する（図-1）。久留米市は人口 30 万人を超える県内 3 番目の都市である。

本研究では、国土交通省水管理・国土保全局が所管する宝満川端間流量観測点より上流を対象流域（流域面積 1.67 万 ha, うち水田面積 0.42 万 ha）とした（図-2）。流域上流に位置する傾斜地水田地域の筑紫野地区（面積 413 ha, うち水田面積 104 ha）、ならびに、下流に位置する低平地水田地域の小郡地区（面積 269 ha, うち水田面積 194 ha）を対象地域に設定した。

筑紫野地区では、同一農家が管理する隣接水田 2 枚

*九州大学大学院生物資源環境科学府

**九州大学大学院農学研究院



をそれぞれ田んぼダム実施区と非実施区に設定し、各区からの排水量を自記水位計（応用地質社 S&DLmini）で連続観測した。田んぼダム実施区では、切欠きを施した高さ約 10 cm の落水量調整板を水尻に設置し、排水を抑制した。急激な湛水位の上昇を抑えるため、切欠きの幅は下部（1.5 cm）から上部（15.0 cm）に向かって徐々に広がっており、湛水位が高くなると排水量が増加する構造となっている。観測の詳細については樋口らの報告⁴⁾に詳しいので本報では割愛する。小郡地区では、地区末端での幹線排水路の水位を自記水位計で連続観測した。また、同一地点に定点カメラ（Brinno 社 MAC200DN）を設置し、排水路水位の状況を 10 分間隔で撮影した。

分析した豪雨の概要は以下のとおりである。H30 豪雨では 6 月 29 日～7 月 7 日の期間に断続的に降雨が発生した。本報では豪雨期間を降雨 1（6 月 29 日～7 月 1 日、総雨量 116 mm）、降雨 2（7 月 3～4 日、総雨量 109 mm）、降雨 3（7 月 5～7 日、総雨量 617 mm）の 3 期間に分けて分析した。一方、R1 豪雨では 7 月 18 日 6 時～19 日 4 時の総雨量が 103 mm、20 日 13 時～21 日 21 時の総雨量が 168 mm であった。両豪雨とも久留米市街地で内水氾濫が発生し、道路の冠水による通行止めや家屋の浸水などの被害が生じた^{5),6)}。

III. 筑紫野地区における田んぼダム導入効果の評価

H30 豪雨時に筑紫野地区で観測された田んぼダム実施区からの排水削減量⁴⁾をもとに、筑紫野地区のすべての水田に田んぼダムが導入されたと仮定した場合の水田地域全体からの排水削減量を推定した。なお、ここでは総雨量 100 mm を超える豪雨を対象としたため、水田による排水削減効果の差は小さいと考え、対象水田の値を地区全体に適用した。

筑紫野地区からの排水削減量が宝満川流量に与える影響を寄与率 C (%) として、次式で推定した。

$$C = \frac{\{Q_0(t - t_d) - Q(t - t_d)\}}{Q_H(t)} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $Q_H(t)$ は時刻 t における宝満川流量 (m^3/s)、 $Q(t)$ は田んぼダム実施時の地区全体からの推定排水量 (m^3/s)、 $Q_0(t)$ は田んぼダムを実施しない場合（現在）の排水量 (m^3/s)、 t_d は到達遅れ時間 (h) である。豪雨期間中の各時刻における田んぼダム実施区と非実施区からの単位面積当たりの排水量をそれぞれ地区の水田面積で乗じ、前者を $Q(t)$ 、後者を $Q_0(t)$ とした。 $Q_0(t) - Q(t)$ は田んぼダム導入による地区全体からの排水削減量であり、値が大きいほど各時刻における排水抑制効果が大きいことを意味する。また、筑紫野地

区から宝満川の流量観測点（端間観測点）までの流下距離は約 16 km であり、筑紫野地区の排水が流量観測点に到達するまでの遅れ時間を考慮する必要がある。豪雨時の河川流速の観測が困難であったことから t_d を 1 h、2 h、4 h（それぞれ流速 4.4 m/s、2.2 m/s、1.1 m/s に相当）として計算した。

各降雨における寄与率の計算結果を図-3 に示す。なお、降雨 1、2 と降雨 3 で縦軸のスケールは異なる。寄与率が大きいほど、田んぼダムの導入が河川流量の減少に大きく寄与することを表している。また、寄与率がマイナスになる時刻は、田んぼダムの導入によって河川流量が増加することを示唆している。降雨 1、2 では降雨期間中の寄与率が 2～10% 前後で推移し、降雨終了後に寄与率がマイナスになった。このことは降雨期間中の田んぼダムの雨水貯留により河川流量が低減し、降雨終了後に貯留された雨水が排水されたことを意味しており、田んぼダムが河川流量の低減に寄与したことを示している。一方、降雨 3 では、河川流量がピーク流量になる直前に寄与率がマイナスになる期間が発生した。降雨 3 は降雨強度が大きい後方集中型の降雨であったため、降雨初期で水田の空き容量を消費し、降雨ピーク時には水田が雨水で満たされていたことが影響したと考えられる。

豪雨時に田んぼダムの雨水貯留機能を効果的に発揮させるためには、降雨ピーク時まで水田の空き容量を十分に確保しなければならない。後方集中型の豪雨において水田の雨水貯留機能が低減することは、田んぼダムを導入していない他の水田地域でも観測されている⁷⁾。ただし、田んぼダムの場合、雨水を積極的に貯めて水田水尻からの排水を抑制する構造であるため、通常の水田よりも湛水位の低下速度が遅い。そのため、一度湛水すると短い無降雨期間では空き容量が回復せず、その後の降雨を貯留することができない。降雨ピーク時の水田空き容量を確保するためには、排水路の設計流量以下の降雨は積極的に水田から排除することが望ましい。今後は、排水路設計流量に基づいた田んぼダムの水尻堰板の設計を検討する必要がある。

IV. 小郡地区における水田地域の雨水貯留量の推定

低平地である下流域の小郡地区では、H30 豪雨と R1 豪雨で幹線排水路が溢水し、周辺の水田域^{いっすい}が冠水することで大量の水が貯留された。水田の雨水貯留機能は畦畔に囲まれた範囲に雨水を貯留することを想定しており、このような地域全体での貯水は考慮されていない。ここでは、本地区で発生した水田地域全体での貯水効果を定量的に分析した。

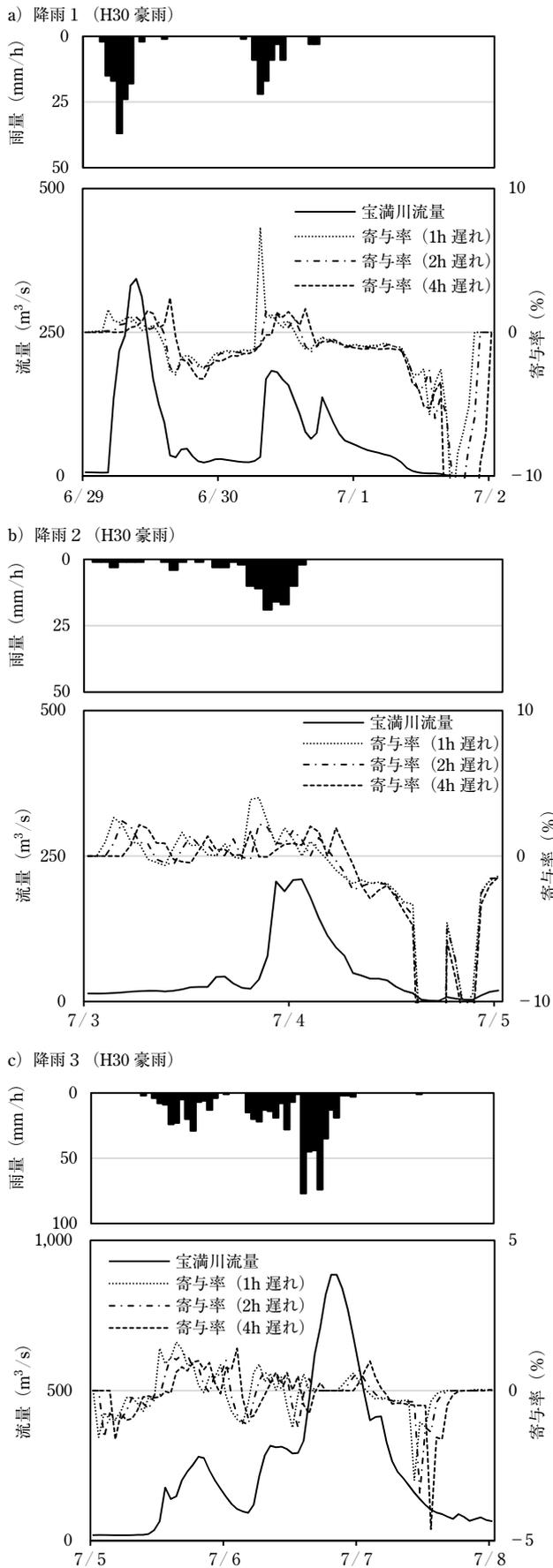


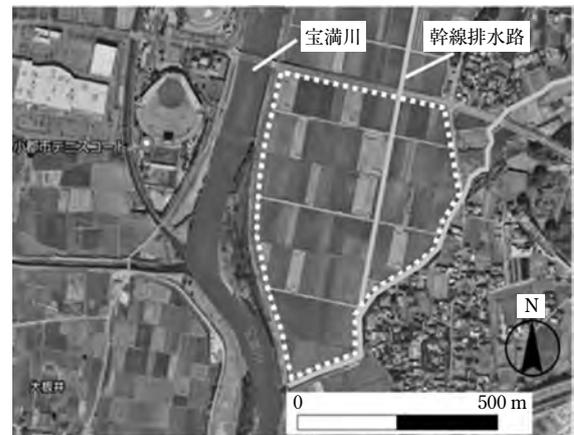
図-3 宝満川流量と寄与率の変化

写真-1 は R1 豪雨時に撮影された冠水の状況である。幹線排水路は宝満川とほとんど高低差なく接続しているため、豪雨による宝満川の水位上昇の影響（背水）を強く受けたと考えられる。連続撮影の結果から、雨が激しくなってから約 1 時間で幹線排水路が溢水し、冠水は約 10 時間続いたことが明らかになった。

幹線排水路内に設置した自記水位計の結果によると、ピーク時には道路から約 1.2 m の冠水が発生していた。豪雨後の現地踏査ならびに DEM（数値標高モデル）との比較から、冠水域は北側と東側を幹線道路と台地、南側と西側を堤防に囲まれた約 25 ha の水田域であると推定された（図-4）。R1 豪雨と比較し



写真-1 平常時（上）と R1 豪雨の冠水時（下）における小郡地区の幹線排水路の様子



注) 国土地理院地図をもとに筆者が作成。

図-4 小郡地区の推定冠水範囲（点線枠内）

て総降雨量が大きかった H30 豪雨についても、同様に冠水が発生し、ピーク時の水位は約 2 m であった。それぞれの降雨ピーク時において、観測水位が冠水域全体に均一に溜まっていたと仮定し、各地点の DEM (5 m メッシュ) との差分から冠水域内の貯水量を計算した結果、H30 豪雨では約 54 万 m³、R1 豪雨では約 34 万 m³ と推定された。これらはそれぞれ 540 ha、340 ha の水田 (小郡地区全体の水田面積の 1.8~2.8 倍) に 10 cm の雨水を貯留したことに相当する。

なお、冠水域内には住宅は存在せず、人的被害や家屋被害は生じていない。また、10 時間にわたる冠水であったが水稻生育にも大きな被害は出なかった。この結果は、短時間の冠水であれば水稻生育への被害は軽微であるとする既往研究⁸⁾の結果とも一致する。

V. おわりに

本報では、H30 豪雨、R1 豪雨の被害を受けた宝満川流域を対象に水田地域における雨水貯留の実態を調査・分析した。現在の水田地域における雨水貯留機能は、水田畦畔に囲まれた範囲に雨水を貯めることを想定している。しかし、100 mm を超える豪雨に対しては、小郡地区で観測された水田地域全体での面的貯水を実施することで、流域全体 (特に下流域) の豪雨被害軽減にさらに貢献できる可能性がある。

一方で、分析対象の両豪雨において、小郡地区対岸に位置する大型ショッピングセンターでは施設全体が冠水し、長期間の営業停止を余儀なくされた。農村において多様な住民が快適な生活環境を確保するためには、今後も宅地や商業施設の開発は避けられず、農地は減少することが予想される。そのような状況において、これまで農地が担っていた雨水貯留機能を何らかの方法で補完しなければ、豪雨被害が今後さらに増大する恐れがある。人的被害や家屋被害を生じさせず、水田地域全体での雨水貯留機能を発揮させるためには、水田を集約することで水田地域としての貯水機能を強化する必要がある。近年は水田の汎用化や転作により、水田地域内に水田以外の畑や施設園芸が点在しているが、豪雨対策の観点では面的貯水が可能な水田地域を温存することが重要である。

なお、豪雨時に積極的に貯水を行う水田地域の農家に対しては、補償を講じる必要がある。短期間の冠水では水稻生育に大きな被害は出ないことが確認されているが、冠水は農家にとって明らかリスクであり、仮に収量に影響がなくても精神的な負担を強いることになる。冠水によって減収が生じた際の補償はもとより、仮に収量被害が出なかった場合でも、冠水対応を実施した際にはいくらかの協力金を支払うことで農家

の同意が得られやすくなると考えられる。

謝辞 本研究を実施するに当たり、筑波大学生命環境系宮本邦明名誉教授に多大なご助言をいただきました。また、本研究は農林水産省委託プロジェクト「農林水産分野における気候変動対応のための研究開発、K系豪雨に対応するためのほ場の排水・保水機能活用手法の開発」ならびに JSPS 科研費 18H03968 の支援を受けて実施しました。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 気象庁：気候変動監視レポート 2018, pp.35~38 (2019)
- 2) 農林水産省：農業農村整備の新たなフロンティア—新しい時代が到来する中での農業農村整備の課題整理—, pp.13~17 (2019)
- 3) 吉川夏樹, 長尾直樹, 三沢眞一：田んぼダム実施流域における洪水緩和機能の評価, 農業農村工学会論文集 261, pp.41~48 (2009)
- 4) 樋口俊輔, 持永 亮, 竹下美保子, 北川 巖：水田の降雨貯留と水稻生育への影響, 日本土壌肥科学会講演要旨集 65, p.8-1-33 (2019)
- 5) 西日本新聞：筑後も被害, 広範囲に 西日本豪雨 市民生活復旧におお時間 久留米市・48 時間雨量最大 (2018.7.8)
- 6) 西日本新聞：久留米 300 棟以上浸水 県内記録的大雨 西鉄天神大牟田線も一時運休 (2019.7.22)
- 7) 谷口智之, 今田舜介, 村井隆人, 凌 祥之：豪雨時の水田地域における農業用排水路の水位変化と溢水, 水土の知 87(6), pp.7~10 (2019)
- 8) 皆川裕樹, 北川 巖, 増本隆夫：洪水時の流域管理に向けた水田域の水稻被害推定手法, 農業農村工学会論文集 303, pp.I_271~I_279 (2016) [2020.6.29.受理]

西小野康平 (学生会員)



2019年 九州大学農学部卒業
九州大学大学院生物資源環境科学府入学
現在に至る

略 歴

谷口 智之 (正会員)



2006年 農研機構農村工学研究所特別研究員
2009年 筑波大学大学院生命環境科学研究科助教
2015年 九州大学大学院農学研究院助教
現在に至る

凌 祥之 (正会員)



1985年 農林水産省農業土木試験場研究員
1996年 国際農林水産業研究センター主任研究員
2000年 農村工学研究所研究室長
2011年 九州大学大学院農学研究院教授
現在に至る