

フリードレ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

誌名	農業農村工学会論文集
ISSN	18822789
著者名	宮津,進 吉川,夏樹 阿部,聡
発行元	農業農村工学会
巻/号	85巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1_159-1_167
発行年月	2017年12月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



フリース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

宮津 進* 吉川夏樹** 阿部 聡***

* 農研機構農村工学研究部門, 〒305-8609 茨城県つくば市観音台 2-1-6

** 新潟大学自然科学系, 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050

*** 新潟県魚沼地域振興局, 〒946-0004 新潟県魚沼市大塚新田 91-4

要 旨

本稿では、既存の田んぼダムの落水量調整装置を機能一体型と機能分離型に分類し、両者の長短を比較すると共に、新潟県見附市で供用していた従来型のフリースレーンを用いた落水量調整装置の抱える問題を解消する新たな装置の開発の考え方を整理し、その機能を検証した。落水量調整機能と田面水深管理機能を分離した機能分離型の落水量調整装置には、①大規模降雨時の確実な機能発現、②小規模降雨時の水管理作業への支障の回避、③流出抑制量の安定性の 3 点において優位性があり、田んぼダムの持続性確保に有効であることを示した。そこで、当該地区で採用されていたフリースレーン方式の機能一体型落水量調整装置の構造を抜本的に見直し、機能分離型の装置を新たに開発した。計算によってその機能を評価した結果、従来型と比較して機能性および持続性の向上がもたらされることが明らかになった。

キーワード：田んぼダム、落水量調整装置、機能分離、落水量調整機能、田面水深管理機能、フリースレーン方式

1. はじめに

近年の短期集中豪雨による洪水被害の軽減対策として、「田んぼダム」の取組が新潟県を中心に拡大しており、2014 年現在、新潟県内の約 12,000ha の水田で実施されている（新潟県農地部, 2015）。田んぼダムとは、水田の田区排水施設に落水量調整装置を設置することで、排水孔を縮小してピーク流出量を抑制する取組である。平成 26 年度には「多面的機能支払交付金（資源向上活動）」（農林水産省農村振興局, 2015）の助成項目の一つに「水田貯留」として田んぼダムが位置づけられた。取組を支援する体制が整備されたことから、田んぼダムの取組の更なる拡大が期待される。

取組への積極的な参画を促すには、取組農家に負担を強いない落水量調整装置の開発・運用が鍵を握る。落水量の調整は、抑制効果が高ければ良いというものではない。流出抑制効果を高め過ぎれば、農家は過剰湛水による畦畔越流を懸念し、取組への賛同は得られない。つまり、落水量調整装置に求められる第一の条件は、農家の不安を払拭した上で、流出抑制効果を安定的に発揮させることである。第二の条件として、小規模降雨時に、できるだけ田面水管理に影響を与えないことが挙げられる。農家にとって、水管理はコメの収量および品質を左右する重要な作業であるため、通常の水管理において湛水深変化が生じることを農家は嫌う。

こうした条件を満たす落水量調整装置の設計が不可欠で

あるが、水田の排水施設は圃場整備の有無、田区排水施設の形式等が地域ごとに多様である。そのため、取組地域の拡大に伴って、それぞれの地域の田区排水施設に適した落水量調整装置が開発されてきた（吉川ら, 2009, 2010a, 2010b；宮津ら, 2013）。

新潟県見附市貝喰川地区では平成 16 年新潟・福島豪雨被害を教訓として、平成 22 年度から「田んぼダム事業」（見附市農林創生課, 2010）を展開し、側面孔方式のフリースレーン落水量調整装置（以下、側面孔型調整管）（Fig. 1(a)）が開発され、供用されていた。平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨では、本地区において側面孔型調整管が水田圃場からの流出量抑制に有効に機能したことが確認された（宮津ら, 2012）。その一方、豪雨時の田んぼダムの実施率は事業区域内で約 39%にとどまり、地区全体では田んぼダムのポテンシャルが十分に発揮されず、取組に課題を残した。実施率の低迷を引き起した原因を検証した結果、側面孔型調整管が抱える以下 2 つの運用上の問題が明らかになった。①取組農家の田面水深管理操作によって落水量調整機能が従属的に影響を受け、安定的な流出抑制効果の発揮が困難になる。②小さな降雨イベントによる微小な田面水深の変化でも落水量調整機能が発揮されるため、農家の田面水深管理目標の設定が困難になる。

本稿では、機能一体型と機能分離型に区分するという新たな視点で既存の落水量調整装置を分類し、両者の長短を比較するとともに、新たに開発したフリースレーン管の落



Fig. 1 落水量調整装置の設置事例

Examples of the runoff control devices

水量調整装置の流出機構およびその効果について論ずる。

2. 既存の落水量調整装置の分類とその特徴・問題点

これまでに考案された落水量調整装置は、流出孔が落水量調整機能と田面水深管理機能を併せ持つ「機能一体型」と、両機能を分離した「機能分離型」に分類できる。機能一体型には、貝喰川地区の側面孔型調整管 (Fig. 1(a)) のほか、新潟市白根郷地区の落水量調整金具による片浮かせ方式 (Fig. 1(b)) (宮津ら, 2013)、新潟市横江地区の塩ビ管の出口側に孔あきキャップを取り付けた落水量調整キャップ (Fig. 1(c)) (吉川ら, 2010b)、富山県婦中町の長方形の孔の施された板を排水マス入り口に設置する方式 (Fig. 1(d)) がある。機能分離型には、村上市神林地区の水平設置型落水量調整板 (Fig. 1(e)) (吉川ら, 2009) および長岡市深沢地区の垂直設置型落水量調整板 (Fig. 1(f)) がある。ここでは、機能分離型として深沢地区の、機能一体型として貝喰川地区の落水量調整装置を例として、その特徴を記す。

2.1 機能分離型の落水量調整装置の概要

深沢地区の水田圃場の田面水は、溝畔に埋設されたコンクリート製排水マスを経由して排水される。排水マスには、田面水深管理用のセキ板を設置する垂直な 2 本の溝があ

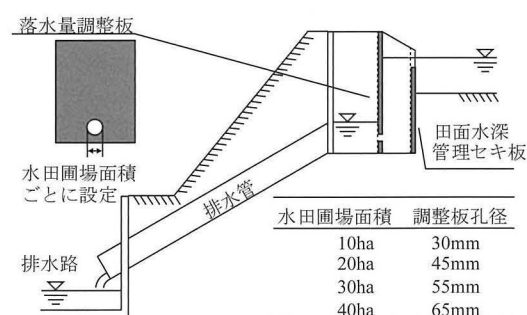


Fig. 2 垂直設置型落水量調整板の構造

Structure of the runoff control board of paddy field dam

る。

この溝を利用して、水田側の溝に土留め板兼田面水深管理セキ板を設置し、水路側の溝に流出孔をもつ合板 (落水量調整板) を設置する (Fig. 2)。すなわち、田面水深管理機能をセキ板に、落水量調整機能を調整板にそれぞれもたせる。このように、それぞれの機能が互いに分離・独立しており干渉しないため、「機能分離型」と呼ぶこととした。理由は後述するが、筆者らは機能分離型の採用が取組の持続性確保に欠かせないと考える。

2.2 機能一体型の落水量調整装置の概要

貝喰川地区の水田圃場の田面水は、溝畔に埋設されたフ

リードレーン管を経由して排水される。フリードレーン管は円筒状の管を水田の排水口に取り付けて、これを上下移動させることによって田面水深の管理を行う装置である。田面水深管理が簡便であるため、新潟県内で普及が進んでいる。

フリードレーン管を採用した圃場で田んぼダムを実施したいと考えた見附市は、円筒部側面に落水量調整用の流出孔（60 mm）（以下、側面孔）を設けた。側面孔の下端を管理目標の水位に合わせて設置することで田んぼダムを実施する（Fig. 3）。大雨時に管理水深以上に上昇した田面水は側面孔から排水されるが、想定外の大雨によって過剰湛水して管上端の高さを超えた場合、調整管の上端から越流し、余水吐として機能するように設計されている。

本方式の最大の特徴は、側面孔が水田からの落水量を抑制する機能をもつに加えて、農家が管理目標の水深を設定するための田面水深管理機能をもつことである。このように、一つの孔が両方の機能を併せもつような方式を「機能一体型」と呼ぶこととした。

2.3 機能分離型の優位性と機能一体型の問題点

2.3.1 落水量調整機能発現の確実性

田面水深の管理は農家にとって重要な営農作業であり、田面水深はイネの生育ステージに合わせて適宜調整される（渡辺ら, 1986；有田ら, 2006）。

側面孔型調整管は、落水量調整機能が田面水深管理機能と一体化しているため、落水量調整は田面水深管理操作に従属的にならざるをえない。田面を乾かす中干し期と用水をかけ流す間断灌漑期には、落水量調整用の側面孔がスムーズな落水の支障となる。これを避けるため、農家がフリードレーン管を完全に押し下げる操作を行った場合、側面孔が田面下に埋没するため落水量調整機能は失われる（Fig. 4(a)）。平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨は間断灌漑期と重なったため、側面孔が田面下に埋没していた水田圃場が多く見られた。落水量調整装置が設置されていたにもかかわらず、田んぼダムの効果が発揮されていなかったのである。本豪雨時の実施率が約 39 %にとどまった原因はこれにある。こうした問題は、側面孔型調整管のみならず、全ての機能一体型調整装置に共通する。

一方、機能分離型の場合、取組農家は田んぼダム機能を担う落水量調整板に触れることはなく、排水マス前面に設置されたセキ板の高さ調節のみで田面水深を管理する。田面水深管理機能と落水量調整機能は分離しているため、こうした農家の田面水深管理に伴う操作は、落水量調整機能に影響を与えず、確実に設計上の効果が得られる（Fig. 4(b)）。平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨当日に深沢地区で実施率を調査した結果、約 93 %であった（宮津ら, 2012）。このことから、本方式の有効性が立証された。

2.3.2 小規模降雨イベント時の田面水深変動

理想的な落水量調整装置は、30 mm/d 程度の降水量（以下、想定雨量）を下回る降雨イベントに対しては装置を設置しない状態と同等の流出量が確保でき、年に数回程度の

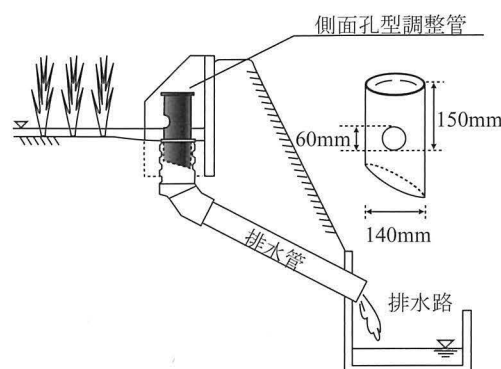


Fig. 3 側面孔型調整管の構造

Structure of the free drain runoff control device of paddy field dam

想定雨量を超える降雨イベントがあった時のみに落水量が調整される機能を備えたものである。

側面孔型調整管の場合、側面孔の下端を管理目標の水位に合わせて設置するため、調整管非設置時と比べて常に流出断面積が小さくなり、いかなる降雨イベント時においても落水量は抑制される。すなわち、想定雨量以下の小降雨時にも落水量調整機能が発現し、田んぼダムを実施しない場合と比較して、田面水深の上昇を招く。こうした特徴は、農家の田面水深管理に支障をきたす。

機能分離型の場合、落水量調整板が田面水深管理用のセキ板よりも排水路側に設置されているため、セキ板を越えて排水マス内に流入する水量が、落水量調整板に設けた孔から流出し得る水量を超えない限り、落水量調整機能は発現しない。すなわち、想定雨量以下の降雨時には調整板の有無にかかわらず、同等の落水量を確保できる点に特徴をもつ。水管理への影響を考えれば、機能分離型の採用によって、農家の同意を得られやすい。

2.3.3 大規模降雨イベント時の流出抑制効果の安定性

田んぼダムの効果的な洪水緩和効果の発揮を図るためには、想定雨量を超える際に安定して流出抑制効果を発現する落水量調整装置が求められる。装置に設けられた孔からの流出量（ Q ）は、以下の式に規定される。

$$Q = CA\sqrt{2gh} \quad (1)$$

ここに、 C ：流量係数、 A ：孔断面積、 g ：重力加速度、 h ：孔の中心までの水深である。

機能一体型の場合、田面の水位が孔の上端を超えない場合は流出の規定要因が堰状態となるため、少し複雑な計算を要する（これについては、4章で記す）。ここでは、簡単のため水位が孔の上端を超える場合について論ずる。

式（1）によれば、流出量は水深（ h ）に依存するため、水深の変動が大きければ、流出量の変動も大きい。機能一体型の場合、田面上に孔があるため（Fig. 4(a)）、田面水深の変動幅が h の変動幅となり、流出量は不安定になる。一方、機能分離型の場合、落水量調整板の孔を田面から低い位置に設ければ、田面水深に加えて、田面から孔までの鉛直距離が固定値として加算されるため（Fig. 4(b)）、田面の

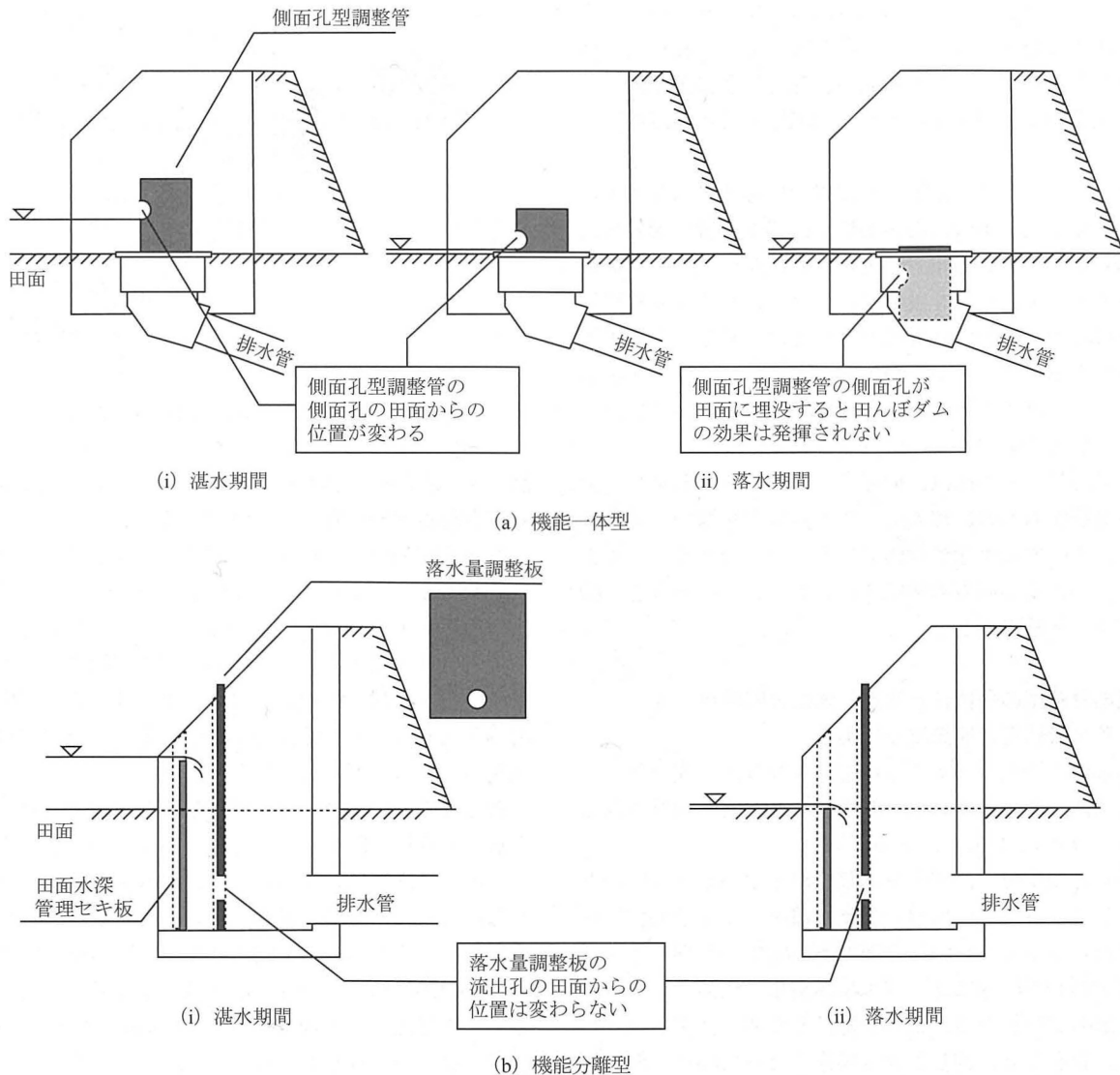


Fig. 4 田面水管理と落水量調整装置の維持管理

Water management and management of the runoff control device on each irrigation stages

水深変動の影響が相対的に小さくなる。そのため、田面水深の変動に対して流出量は比較的安定し、設計上の流出抑制効果の継続的な発現が期待できる。

3. 機能分離型のフリードレン調整管の開発

以上の議論から、田んぼダムの取組の持続性を確保する上で、機能分離型の調整装置の有効性が示唆された。見附市から既存の田区排水施設を活用して、低コストで両機能の分離を図りたいとの要請を受け、フリードレン管を使った新たな機能分離型の調整装置の開発を試みた。

田面水深の管理操作が流出量抑制に干渉しない構造として、フリードレン管の内部に落水量調整機能をもたせる方法を考案した。具体的には、底面中央部に 50 mm の流出孔をあけたバケツをフリードレン管に被せた（以下、バケツ型）（Fig. 5）。これによって、管内部のバケツ底面に設けた流出孔（以下、底面孔）が落水量調整機能を、フリードレン管の縁部が田面水深管理機能をそれぞれ担う。フ

リードレン管内部の底面孔と管の縁部の相対的な鉛直方向の位置関係は農家の操作によって変化しないため、農家の操作が落水量調整機能に影響を与えない。すなわち、農家がいかなる水管理をしても落水量調整機能をもつ底面孔が閉塞することはないため、確実に落水量調整効果が得られるのである（Fig. 5）。

このバケツ型を提案したところ、農家からゴミ詰まりを懸念する声が上がった。バケツの底面部は平らで勾配がないため、ここに稲わら等のゴミが溜まり、底面孔の閉塞が生じることを危惧したのである。そこで、管内部に設置する部材を三角錐の形状（以下、コーン型）に変更した。バケツ型およびコーン型を用いてゴミ詰まりに関する室内実験および現地実験を実施した結果、両者ともに底面孔の閉塞は確認されなかったが、バケツ型は底面孔周辺に稲わらが残った。こうしたことから、最終的にコーン型（以下、機能分離型調整管）（Fig. 6）を採用した。

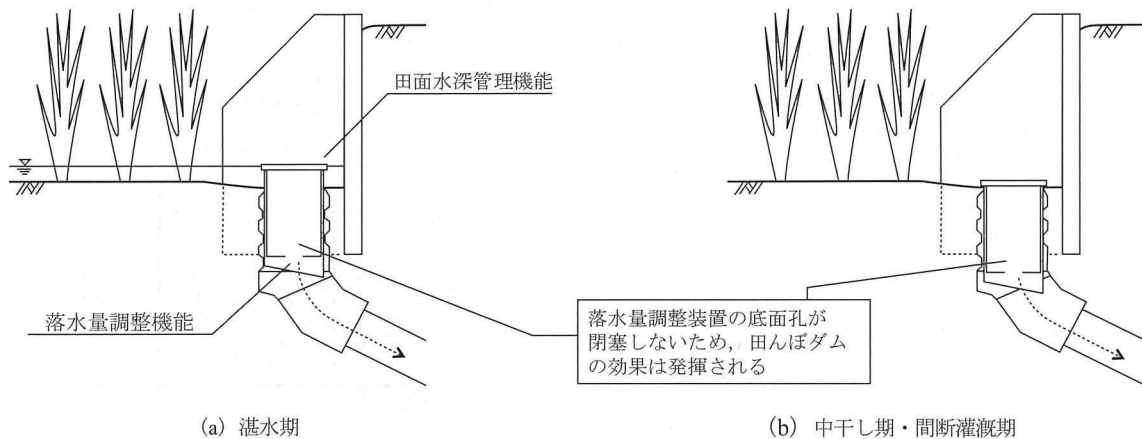


Fig. 5 フリードレーン方式の機能分離型落水量調整装置の維持管理方法の特徴
Characteristic of management of the function-independent runoff control device for free drain system

4. 機能分離型および側面孔型調整管の機能比較

開発した機能分離型調整管が小規模および大規模降雨イベント時に水田圃場に与える影響を検証するため、現地試験を実施して評価モデルを構築し、数値シミュレーションを行った。

4.1 現地実験

機能分離型調整管および側面孔型調整管の流出機構の把握および流量係数の測定を目的として、湛水排除試験を実施した。試験は、貝喰川地区の標準水田圃場（圃場面積：5,000 m²，排水口数：1ヶ所）を使用し、圃場に用水を5～10 cm 程度湛水させた後一斉放流し、両調整管設置条件で計10回実施した。圃場内に水位センサー（ハイネット社製 HM910-02）を設置して田面水位低下の過程を測定した。

4.2 評価モデルの構築

両調整管を設置した際の田面水深・流出量を算定するシミュレーションモデルを構築した（Fig. 7）。

機能分離型調整管からの流出の規定要因は、田面水深によって円筒堰からオリフィスに替わる。すなわち、フリードレーン管内部に設けられた流出孔（オリフィス）からの流出可能量を超えない限りは、円筒堰が流出の規定要因となる。そこで、オリフィス（式（2））および円筒堰の公式（式（3））（有江ら，1962）を用いて両者の流出量を逐次計算し、計算結果を比較した上で値の小さい方を水田流出量（ q_p ）とした。

$$q_{PO} = C_{PO} A \sqrt{2g(h_{CW} + h_D)} \quad (2)$$

$$q_{PCW} = \sqrt{C_{PCW} g d^5 (h_{CW} / d)^3} \quad (3)$$

ここに、 q_{PO} ：オリフィス式で計算した流出量、 C_{PO} ：オリフィスの流量係数、 A ：孔断面積、 g ：重力加速度、 q_{PCW} ：円筒堰の公式で計算した流出量、 C_{PCW} ：円筒堰の流量係数、 d ：フリードレーンの管径、 h_{CW} ：フリードレーン管天端を

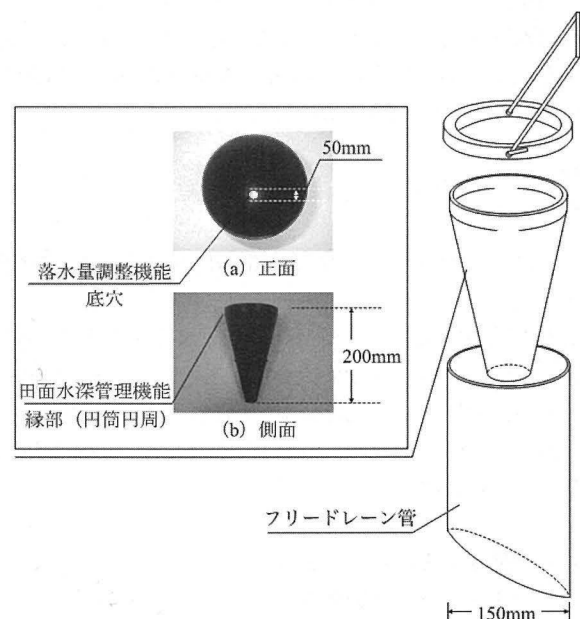


Fig. 6 機能分離型調整管
The function-independent runoff control device of paddy field dam

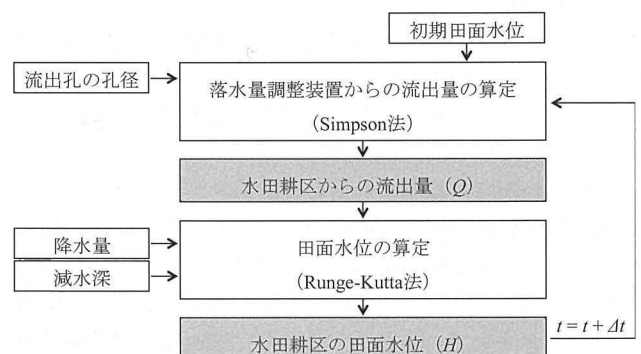


Fig. 7 水田流出量算定モデルの概要（吉川ら（2010a）を改訂）
Concept of the paddy field runoff calculation model (modified, Yoshikawa et al., 2010a)

基準とした田面水位、 h_D ：フリードレーン管天端～流出孔間距離である（Fig. 8）。

側面孔型調整管からの流出の規定要因は、側面孔が完全

に水面下となる場合はオリフィスとなるが、孔の一部が水面上に露出した場合は堰状態となる。規定要因の移行部は田面水位が側面孔上縁と一致した場合と考えられるため、オリフィスおよび堰の公式の導出過程に着目し、2つの状態の流出量を連続的に計算できる式(4)を用いて算出した。

$$q_p = C_{POS} \int b \sqrt{2g(h_{CS} - y)} dy \quad (4)$$

$$b = 2r \sin \theta, y = r - r \cos \theta, dy = r \sin \theta d\theta$$

ここに、 C_{POS} ：オリフィスの流量係数、 h_{CS} ：オリフィス下縁を基準とした田面水位、 r ：オリフィス孔半径である (Fig. 9)。また、田面水位が調整管上端の高さを超えた場合の流出量は、円筒堰の公式 (式 (3)) により算出した。

田面水位は次式によって表せる。算出された流出量 (q_p) を与え、流出後の田面水位 (h_p) を Runge-Kutta 法で逐次計算した。計算時間間隔は 10 秒とした。

$$\frac{dh_p}{dt} = -\frac{q_p}{A_p} + R - L \quad (5)$$

ここに、 t ：時間、 A_p ：水田面積、 R ：降雨量、 L ：減水深である。

現地実験の結果がモデルの計算値と適合するように試行錯誤同定法によって流量係数を決定した。その結果、オリフィスの流量係数は、機能分離型調整管 (C_{PO})：0.7、側面孔型調整管 (C_{POS})：0.8、円筒堰の流量係数 (C_{PCW}) は 5.4 となった (Fig. 10)。

4.3 機能評価シミュレーション

4.3.1 シミュレーション条件

小規模降雨時の検証に用いた降雨イベントは、最も近隣の新潟県長岡市の降雨強度式を用いて作成した①10 mm/d、②20 mm/d、③30 mm/d、④40 mm/d、⑤50 mm/dの後方集中型降雨強度波形 (降雨継続時間 24 時間、ピーク位置 0.8) のモデルハイトグラフとした。①側面孔型調整管設置、②機能分離型調整管設置、③田んぼダム非実施条件において、管理水深を基準とした最大田面水深および降雨後に管理水位に戻るまでの時間を算定した。

大規模降雨時の検証に適用した降雨イベントは、気象庁長岡観測所の確率降雨強度式を用いて作成した 30 年確率降雨 (日降水量 226 mm、最大 10 分間雨量 22.2 mm) の後方集中型降雨強度波形 (降雨継続時間 24 時間、ピーク位置 0.8) のモデルハイトグラフとした。①側面孔型調整管設置、②機能分離型調整管設置、③田んぼダム非実施条件で流出量および田面水深を算定した。

なお、両検証で用いた水田圃場の諸元は、貝喰川地区の標準水田圃場の諸元 (圃場面積：5,000 m²、排水口数：1ヶ所、畦畔高：20 cm、水口と水尻の高低差：3 cm) とし、初期湛水深：3 cm、減水深 (L)：5 mm/d を与えた。

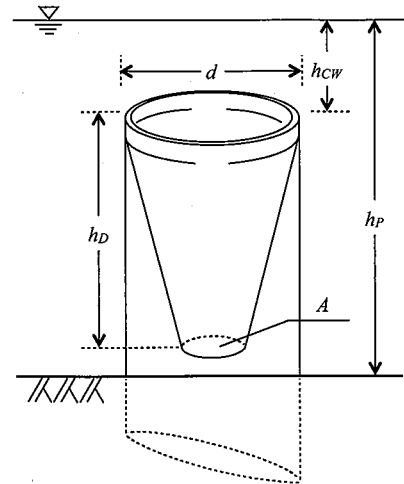


Fig. 8 流出量計算の変数定義 (機能分離型調整管)

Concept of the runoff calculation model for the function-independent runoff control device of paddy field dam

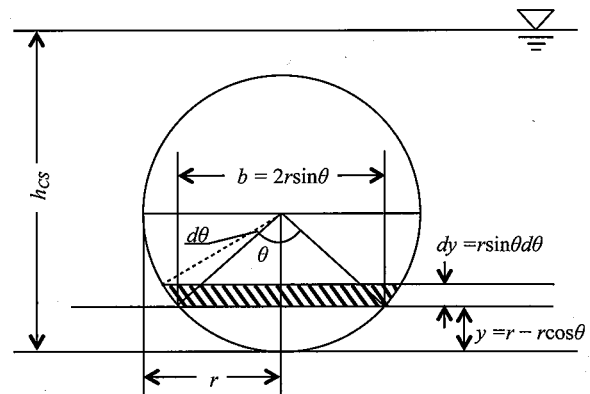
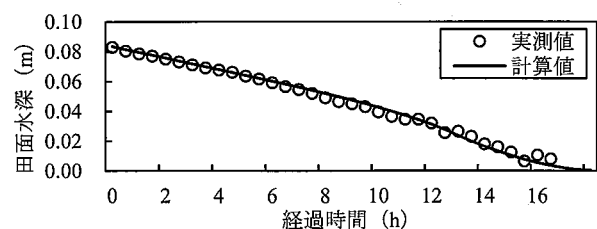
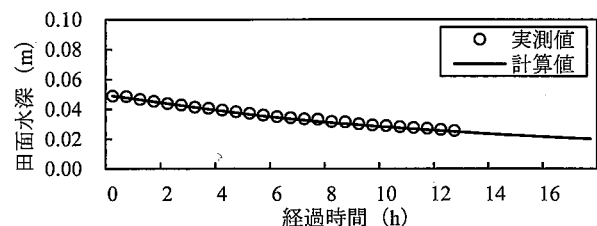


Fig. 9 流出量計算の変数定義 (側面孔型調整管)

Concept of the runoff calculation model for the free drain runoff control device of paddy field dam



(a) 機能分離型調整管



(b) 側面孔型調整管

Fig. 10 田面水深の実測値と計算値の比較
Observed and calculated water depth

Table 1 小規模降雨イベントにおける最大田面水深と湛水時間

Maximum water depth and flooding duration in a paddy field applied the free drain runoff control device in case of the small rainfall events

日降水量	管理水位を基準とした最大水深 (cm)					降雨後の管理水位に戻るまでの時間 (h)				
	①側面孔型調整管	②機能分離型調整管	③田んぼダム非実施	差		①側面孔型調整管	②機能分離型調整管	③田んぼダム非実施	差	
				① - ③	② - ③				① - ③	② - ③
10mm	0.8	0.4	0.4	0.4	0.0	33.4	15.8	15.8	17.6	0.0
20mm	1.7	1.0	1.0	0.7	0.0	43.8	16.6	16.6	27.2	0.0
30mm	2.4	1.6	1.6	0.8	0.0	51.5	17.4	17.4	34.2	0.1
40mm	3.2	2.1	2.0	1.2	0.1	59.2	19.0	18.7	40.5	0.3
50mm	4.0	2.6	2.4	1.6	0.2	64.1	20.4	19.3	44.8	1.1

4.3.2 小規模降雨イベント時の田面水深変動

側面孔型調整管を用いて田んぼダムを実施した場合、田んぼダム非実施の場合と比較して田面水深は、日降水量 10 mm では約 0.4 cm、日降水量 50 mm では約 1.6 cm 増加することが確認された (Table 1)。また、降雨後に管理水位に戻るまでの時間は、日降水量 10 mm では約 17.6 h、日降水量 50 mm では約 44.8 h になることが示された (Table 1)。側面孔型調整管は、大規模降雨時のみならず小規模降雨時においても田面水深が上昇するため、農家の田面水深管理目標の設定が困難となることが示された。

一方、機能分離型調整管を用いて田んぼダムを実施した場合、日降水量 30 mm 以下の降雨イベントでは、田んぼダム非実施の場合と田面水深が一致した (Table 1)。すなわち、この程度の降雨イベントでは、落水量調整機能は発現しないことが示された。また、降雨後に管理水位に戻るまでの時間は、日降水量 30 mm では約 0.1 h、日降水量 40 mm では約 0.3 h、日降水量 50 mm では約 1.1 h になることが示された (Table 1)。機能分離型調整管は、側面孔型調整管と比較して、小規模降雨時の田面水深の変動に与える影響を大幅に軽減できることが明らかになった。

4.3.3 大規模降雨イベント時の流出抑制効果

大規模降雨イベントの流出高の経時変化を Fig. 11 に、田面水深の経時変化を Fig. 12 示す。側面孔型調整管では田面水深に応じて流出量の変動する一方、機能分離型調整管では概ね一定であった (Fig. 11, Fig. 12)。機能分離型調整管は、安定した流出抑制効果を発現できることが示された。

田んぼダム非実施条件のピーク流出量を基準とした流出抑制率は、機能分離型調整管、側面孔型調整管でそれぞれ、約 75 %、約 43 % となり、側面孔型調整管に比べて、機能分離型調整管は高い流出抑制効果が得られることが示された (Fig. 11)。側面孔型調整管のピーク流出量が大きい原因は、田面水位が上昇して余水吐からの流出が生じたためである。機能分離型調整管には余水吐がないが、ピーク田面水深は約 16.7 cm となり、畦畔高 20 cm を超える過剰湛水は認められなかった (Fig. 12)。このことから、機能分離型調整管は、過剰湛水を招くことなく、より高いピーク流出抑制効果が得られることが明らかになった。

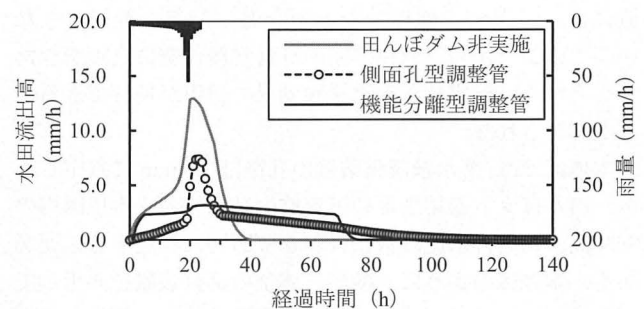


Fig. 11 大規模降雨時の流出高の経時変化

Calculated runoff depth in case of the heavy rainfall event

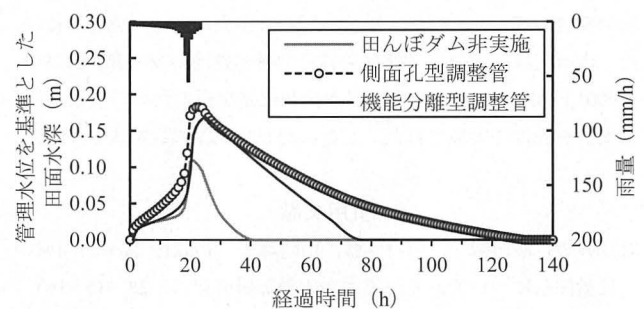


Fig. 12 大規模降雨時の田面水深の経時変化

Calculated paddy field water depth in case of the heavy rainfall event

5. おわりに

本研究では、機能一体型と機能分離型に区分して既存の落水量調整装置を分類し、両者の長短を比較するとともに、従来の側面孔型調整管の抱える問題を解消する新たなフリードレーン管方式の落水量調整管の開発の考え方および機能性検証の結果について論じた。

既存の落水量調整装置を検証した結果、落水量調整機能と田面水深管理機能を併せもつ「機能一体型」と、それらを分離させた「機能分離型」に分類でき、機能分離型の落水量調整装置には以下の 3 点の優位性が確認された。①農家の田面水管理操作による影響を受けないため、落水量調整機能が確実に発現される。②小規模降雨時には落水量調整機能は発現しないため、農家の日常営農作業に支障をきたさない。③田面水深変動の影響が小さく、概ね一定の流

出量を確保できるため、安定した流出抑制効果の発現が可能。このことから、田んぼダムの取組の持続性を確保する上で、落水量調整機能と田面水深管理機能の分離が有効であることが明らかになった。

本研究で開発した装置は、新潟県見附市貝喰川地区の田んぼダム事業面積拡大時（2012年）に採用され、既に側面孔型調整管が設置されていた地区（650 ha）も含めて、全1,200 haに導入された。導入から4年が経過した2016年の実施率調査の結果、全面積の96%で適切に装置が設置されていた。これは、見附市の田んぼダム事業を支える施策スキーム（吉川・椿, 2016）による継続的なインセンティブの維持によるところも大きい。開発した落水量調整装置によって農家の積極的な参画を促した点も無視できない。このことから、取組農家の日常営農作業に支障をきたすことなく、安定的な洪水緩和効果の発現が期待できることが確認された。

本地区では、落水量調整装置の孔径は50 mmに設定したが、田んぼダム適用地区の下流域の排水能力や水田圃場の畦畔高、田区排水施設数に合わせて適切に設定する必要がある。本地区のように、機能一体型の調整装置を共用している地域において、機能分離型の調整装置への更新が進むことを期待したい。

謝辞: 本研究を行うにあたり、見附市産業振興課（現農林創生課）、新潟県農地部、刈谷田川土地改良区には多大な助言・協力を頂いた。本研究は、一部、文部科学省科学研究費補助金・課題213801430001（「田んぼダム」による洪水緩和機能発揮のための技術開発）の支援を受けて実施された。ここに記して感謝の意を表します。

引用文献

- 有江幹男, 飯田誠一, 山口 弘, 山崎輝夫 (1962): 薄刃円筒堰の流量係数について, 北海道大学工学部研究報告, **28**, 157-163.
- 有田博之, 熊谷和美, 三沢眞一 (2006): イネの深水栽培に適合的な水田基盤—深水管理実施地区の農家および土地改良区へのアンケート結果に基づく検討—, 農土論集, **244**, 125-131.
- 見附市農林創生課 (2010) (参照 2016.10.31): 見附市田んぼダム事業, (オンライン), 入手先<<http://www.city.mitsuke.niigata.jp/6568.htm>>
- 宮津 進, 吉川夏樹, 阿部 聡, 三沢眞一 (2012): 平成 23 年 7 月新潟・福島豪雨における田んぼダムの効果検証, 平成 24 年度農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 530-531.
- 宮津 進, 吉川夏樹, 阿部 聡, 三沢眞一 (2013): 輪中水田地帯における田んぼダムの洪水緩和機能の経済評価, 土木学会論文集 B1 (水工学), **69**(4), I_1531-I_1536.
- 新潟県農地部 (2015) (参照 2016.10.31): 「田んぼダム」による洪水防止～水害に強い地域づくりを目指して～, (オンライン), 入手先<http://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/new_tamen/pdf/hokuriku_03.pdf>
- 農林水産省農村振興局 (2015) (参照 2016.10.31): 多面的機能支払交付金（資源向上活動）, (オンライン), 入手先<http://www.maff.go.jp/j/nousin/kanri/pdf/27_kyodo_kaisetsu_1.pdf>
- 渡辺紹裕, 丸山利輔, 三野 徹 (1986): 水田圃場における水利用動向と用水量—水田圃場の用水需要に関する実証的研究 (I)—, 農土論集, **124**, 1-9.
- 吉川夏樹, 長尾直樹, 三沢眞一 (2009): 水田耕区における落水量調整板のピーク流出抑制機能の評価, 農業農村工学会論文集, **261**, 31-39.
- 吉川夏樹, 小出英幸, 三沢眞一 (2010a): 田んぼダムの落水量調整に求められる要件と垂直設置型調整板の適切な流出孔形状, 農業農村工学会論文集, **268**, 39-45.
- 吉川夏樹, 宮津 進, 小出英幸, 三沢眞一, 安田浩保 (2010b): 未圃場整備地区における「田んぼダム」の洪水緩和機能の評価, 土木学会河川技術論文集, **16**, 507-512.
- 吉川夏樹, 椿 一雅 (2016): 田んぼダムの持続性を支える施策スキーム, 農業農村工学会誌, **84**(4), 11-14.

Development of the Function-independent Runoff Control Device for the Free-drain Drainage System

MIYAZU Susumu*, YOSHIKAWA Natsuki** and ABE Satoshi***

* *Institute for Rural Engineering, NARO, 2-1-6 Kannondai, Tsukuba city 305-8609, JAPAN*

** *Institute of Science and Technology, Niigata University, 8050 Ikarashi 2-no-cho, Nishi-ku, Niigata city 950-2181, JAPAN*

*** *Uonuma Regional Promotion Bureaus, Niigata Prefectural Government, 91-4 Ootsukashinden, Uonuma city 946-0004, JAPAN*

Abstract

To investigate the proper design of runoff control device adopted in Mitsuke city, Japan, where paddy field dam has been promoted, this study firstly, classified the existing runoff control devices into “function-integrated” and “function-independent” type to compare their advantages and disadvantages; secondly, introduced the basic design concept of a new runoff control device suitable for the conventional cylindrical drainage outlet; and finally, evaluated flood mitigation effect of the newly developed device. The following superiorities of the function-independent device in which the function of runoff control and water management are mutually independent became clear; (1) a sustainable runoff control performance under heavy rainfall events, (2) minimal disruption to the farmers’ daily water management practices under small rainfall events, and (3) stable runoff control function due to little influence of paddy field water level changes. In response to these superiorities, authors fundamentally reexamined the structure of the runoff control device already adopted in Mitsuke city, and developed a new function-independent device suitable for the cylindrical drainage outlet. As a result of the evaluation by computer calculation, it became clear that the new device presented a better performance in functionality and sustainability than the conventional one.

Key words : *Paddy field dam, Runoff control device, Functional dissociation, Function of runoff control, Function of paddy water management, Free-drain drainage system*