

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380139

研究課題名(和文) 田んぼダムの経済評価に基づく戦略的整備計画手法の開発

研究課題名(英文) Development of strategic planning method by economic evaluation of Paddy Field Dam

研究代表者

吉川 夏樹 (Yoshikawa, Natsuki)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：90447615

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,000,000円、(間接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：田んぼダムの本格的な取組の普及に向けて、田んぼダムの経済価値の評価手法を確立し、地域治水計画上の位置づけおよび効果最大化のための戦略の構築した。経済価値の評価手法は、水田主体地域に特化した内水氾濫解析モデルによって得られた田んぼダムの浸水抑制量および抑制時間に基づき、経済評価モデルによって被害軽減額を計算するものである。さらに、多数の流域における経済価値を簡便に算出する方法として、上記の複数流域の被害軽減額を基礎データとした重回帰モデルを構築した。田んぼダムの普及には行政の主導が求められるが、こうした経済価値の評価田んぼダム導入予定地区の優先順位づけおよび重点的投資が重要であることを示した。

研究成果の概要(英文)：This study has aimed at developing a method for economic evaluation of Paddy Field Dam, and strategies for maximizing its flood control effect for the propagation of the measure. The economic evaluation model calculates the flood damage mitigation effect generated by the Paddy Field Dam based on the result of inner water inundation analysis model, that is specialized in reproducing flooded water behavior in paddy field dominant basin. Furthermore, we developed multiple regression model to evaluate the economic value of Paddy Field Dam in a number of basins concisely based on the results of the aforementioned economic evaluation model. We finally indicated that the propagation of the Paddy Field Dam work needs governmental leadership, and it is important to prioritize basins to be invested to create better environment to maximize the effect of Paddy Field Dam work.

研究分野：農業工学

科研費の分科・細目：農業土木学・農業計画学

キーワード：田んぼダム 洪水緩和 経済評価 整備計画手法

1. 研究開始当初の背景

近年の集中豪雨豪雨の発生頻度の増加に伴う豪雨災害への対応策として新潟県では「田んぼダム」が取り組まれている。申請者らはこの取組の普及に向けて、技術的な課題解決を担ってきた。こうした研究が功を奏し、2012年時点で、新潟県内の8,000haを超える水田に田んぼダムが導入されているほか、北海道、富山県、福井県でも導入が進んでいる。申請者らの先行研究では、高い普及性を備えた落水量調整装置の技術開発およびその効果の検証という側面からの知見の蓄積を図ってきており、田んぼダムの基本的技術は確立しつつある。新たなフェーズでは、本格的な取組の普及に資する田んぼダムの経済効果の評価、地域治水計画上の位置づけおよび効果最大化のための戦略の構築が鍵となり、取組導入を検討している自治体からこうした課題への対応の依頼が申請者らの研究グループに多数寄せられている。

2. 研究の目的

農地を活用した洪水緩和の取組「田んぼダム」の全国的な展開に必要な(1)「経済効果算定モデル」の構築、および(2)田んぼダムの計画論的観点からの整理と治水計画上の位置づけに基づき、「流域を単位とした田んぼダムの戦略的な整備計画手法」を確立する。

取組実施地域における経済効果、とりわけ農業被害軽減効果の推定には、浸水面積・浸水深のほか、浸水継続時間の把握が不可欠である。本研究では、土地利用属性別の被害額を算定する経済効果算定モデルを構築する。また、田んぼダムは、流域を単位として整備することによって大きな効果を発揮するため、これを可能とする組織的な取組導入方法を計画論的観点から整理し、普及に資する制度的な枠組みを提案する。これら2つの課題によって、流域を単位とした戦略的な田んぼダムの整備計画手法を確立する。

3. 研究の方法

田んぼダムの本格的な普及を目指し、a) 田んぼダムの経済効果算定のための汎用モデルの構築および、b) 田んぼダムによる内水氾濫抑制を実現する地域モデルの提案を3年間で達成する。研究体制は、農業水理学(吉川)、数値水工学(安田)、灌漑排水工学(三沢)、農村計画学(有田)で構成する。工学、計画学の専門分野から田んぼダム普及への課題にアプローチする。

4. 研究成果

(1) 田んぼダムによる内水氾濫抑制機能のモデル化

土地利用属性毎の流出特性に着目し、水田利用が卓越した流域における内水氾濫現象を忠実かつ簡便に再現する内水氾濫モデルを構築した(宮津ら; 2012)。

本モデルは、(1) 地目別流出モデル、(2) 河川・排水路網モデル、(3) 氾濫流モデルの

3つのサブモデルで構成される(図1)。計算の便宜上、平面的に広がる解析領域を排水区域およびセルの2段階で表現し、河川・排水路を任意区間( $\Delta x$ )のメッシュで分割する。

排水区域とは、「河川・排水路網モデル」の各計算メッシュに横流入量として流入する区域である。排水区域を圃区あるいは耕区で分割したものをセルと呼ぶ。これは、流出特性の異なる土地利用地目からの流出入量の計算を担う「地目別流出モデル」および溢水後の氾濫水の空間的な伝播の計算を担う「氾濫流モデル」の計算点を配置したものである。

各サブモデルは相互に連動しており、それ

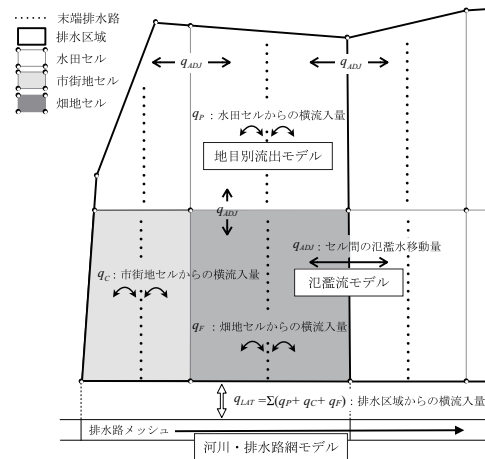


図1 内水氾濫解析モデルの概念

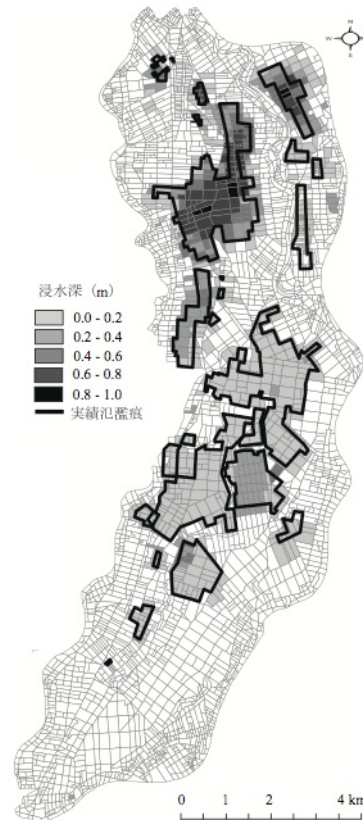


図2 内水氾濫解析モデルの一例 (白根郷モデル)

それぞれの計算結果が互いの境界条件もしくは計算条件となる。すなわち、地目別流出モデルは河川・排水路網モデルの計算結果である河川・排水路水位に応じて流出量（負の場合は流入量）を算定し、溢水後は、地目別流出モデルで計算する各セルの水位と隣接セルの水位を比較して、氾濫流モデルで氾濫水の移動量を決定する。任意時間ステップにおけるセル水位は隣接セルからの氾濫水移動量によって最終的に決定される。次の時間ステップでは、この水位を用いてセルからの流出量が算出され、以下この工程を繰り返し、時々刻々の浸水規模を計算する。

本モデルでは、土地利用地目や地形形状に合わせた自由度の高い計算点配置が可能な地形適合セルを導入した（図2）。これによって、低平地の内水氾濫現象の特徴である僅かな地形起伏、特に道路・畦畔等の線状構造物や農地の区画間段差の影響を再現することが可能となった。

### (2) 内水氾濫解析モデルの普及に向けた技術的課題の解決

開発したモデルは高い合理性をもつものの、地形適合セルの作成過程が複雑であるため、これが普及に向けた技術的課題であった。道路網、土地利用境界および標高値に沿った地形適合セルの作成は、セル形状を不整形任意多角形とするため、セルの幾何属性情報が不規則に分布し、情報整理に多大な労力と時間が必要であった。

こうした技術的課題に対して、GISの機能の組み合わせによって、効率的に計算に必要なセルの幾何属性情報を取得し、独自のアルゴリズムによってこれを整理して、氾濫流計算に求められる読み込みデータを簡便に作成するアルゴリズムを構築した。地形適合セルを導入した氾濫解析モデルの大きな障壁が取り払われたことになり、モデルの普及が期待できる（吉川ら、2013）。

実際に解析業務を担う民間業者からの依頼があり、本モデルの勉強会を開催したほか、他の業者への技術移転も現在進行中である。当初の目的である田んぼダムの取組普及に資する汎用モデルの開発は達成できたといえる。

### (3) 田んぼダムの経済価値の算定

田んぼダムの本格的な普及には実施主体である農家のインセンティブ形成が重要である。これには取り組みの経済的価値を定量的に把握し、その一部を実施農家に還元する仕組みづくりが必要となると考えている。そこで、本研究課題では、田んぼダムの洪水緩和効果の経済的価値を定量的に評価する手法を開発した（宮津ら、2013）。

内水氾濫解析モデルによって田んぼダム実施条件と非実施条件想定浸水範囲を求め、「治水経済調査マニュアル（案）」に基づき、それぞれの被害額を算出し（図3）、これらの

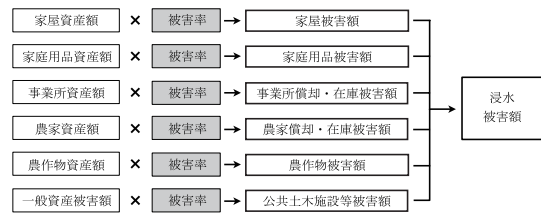


図3 浸水被害額の算定方法

表1 再現期間ごとの氾濫シミュレーション結果（白根郷の事例）

再現期間	浸水被害面積 (ha)		浸水軽減面積 (ha)		実施率0%からの減少率
	田んぼダム実施率0%	田んぼダム実施率100%	田んぼダム	田んぼダム	
10年確率	344.3	0.0	344.3	100.0	
30年確率	702.2	146.2	556.0	79.2	
50年確率	2131.8	930.9	1200.9	56.3	
100年確率	2168.3	942.3	1226.0	56.5	

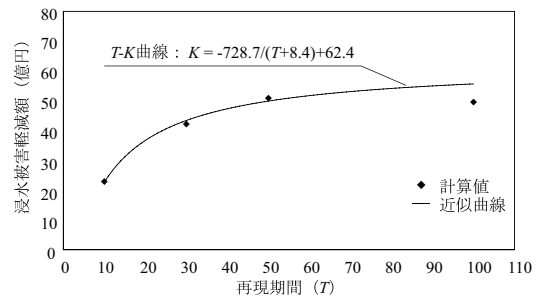


図4 降雨規模-田んぼダム効果曲線（白根郷の事例）

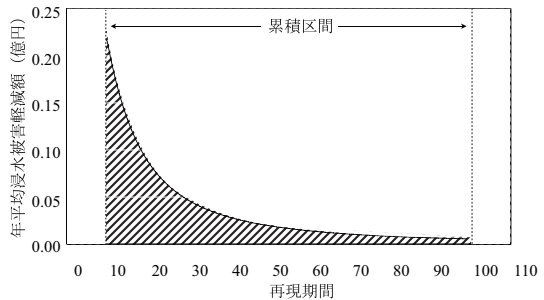


図5 再現期間ごとの平均年浸水被害軽減額（白根郷の事例）

被害額の差を田んぼダムの経済効果とした。経済効果を再現期間10年から100年まで計算し、降雨規模と田んぼダムによる被害軽減額の関係を求めた（図4）。推定した各再現期間の被害軽減額に区間生起確率を乗じて年平均被害軽減額を算出し（図5）、これを累積することで年平均被害軽減期待額、すなわち、年間の田んぼダムの経済評価額を求めた。

### (4) 田んぼダムの経済価値の簡易評価手法の開発

上記手法では、1つの流域の計算に多大

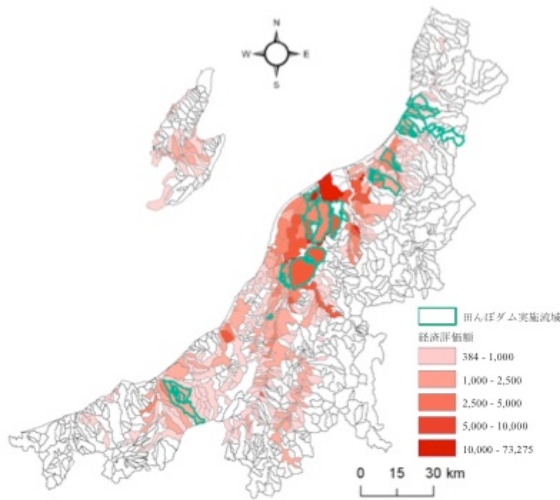


図6 経済評価に基づく新潟県における田んぼダム適地の優先順位付け結果

なる基礎データの収集を伴う上、プログラミングの知識なしには、経済価値の計算は不可能である。経済価値の算出は、農家のインセンティブ形成といった目的にとどまらず、公的な取組支援制度導入に向けた財的資源の効率的な配分の実現を見据えたものである。すなわち、田んぼダムの公益的機能の最大化には、取組地域の優先順位付けに基づく資源配分が必要と考えた。取組地域の優先順位付けには、多数の流域の経済価値を短時間で算定する必要があるため、簡便に経済価値を評価することが求められる。

そこで、本研究課題では、流域内の水田面積率、圃場整備率、流域内の資産価値、内水被害回数等を変数とした重回帰モデルによる経済価値の簡易評価手法を構築した。これによって、短時間で広域（例えば、都道府県レベル）の経済価値の評価が可能となった（図6）。

(5) 流域を単位とした田んぼダムの戦略的な整備計画

これまでの地域治水対策は、主にダムの建設や河川改修などのハードの整備に大きく依存しており、水田の洪水緩和機能は消極的な位置づけにとどまっていた。

一方、田んぼダムは、設計条件（落水量調整板の孔断面積など）を変化させることによって一定範囲ではあるが、人為的な洪水調節が可能であるほか、農家との維持管理契約等の条件整備によって、安定的な機能が期待できる。こうした特徴は、田んぼダムの洪水調節機能を計画的な水管理に組み込むことを可能にする。近年では、治水機能をダムだけに依存しないシステムの模索も求められているが、田んぼダムはこうした課題の解決に対して有効な手段の一つとなる。

河川流域の洪水管理に田んぼダムを組み込むには、河川全域の治水計画との調整を

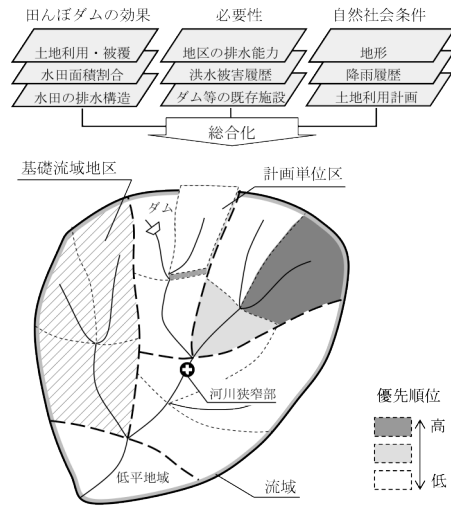


図7 経済評価に基づく新潟県における田んぼダム適地の優先順位付け結果

図る必要がある。河川流域をいくつかの小流域区域（基礎流域地区）に区分しそれぞれの区域の対策をダム等の既存施設と併せて検討し、田んぼダムの可能性を評価する（図7）。

小流域毎の田んぼダムの評価と、下流域の条件等を考慮して、基礎流域地区の整備戦略（役割評価・順位付け等）を作成する。基礎流域地区での整備を進めるには、田んぼダムでは集落の合意が必要となる。このため、実施段階では排水路網等を考慮して基礎流域地区をさらに小地区に分割する必要がある。これを計画単位区と呼ぶ事とするが、1～数集落を単位とする農地からの排水単位地区である。

すなわち、ダム等を含む流域を単位とした洪水対策計画に田んぼダムを積極的に位置づけることによって、より高度な多面的機能の発揮に繋げることができる。

こうした流域管理に田んぼダムを組み込むには、これまで取り組んできた個別地域の田んぼダムの機能評価だけでは不十分である。本研究課題では、広域における役割設計と、これを満たすための圃場条件（畦畔の嵩上げ・強化等）の改善などを視野に入れた流域単位の総合的な整備計画の必要性を示した。

〔雑誌論文〕(計4件)

- ① 吉川夏樹・宮津進・阿部聡・三沢眞一，内水氾濫解析モデルのための地形適合セル生成および幾何属性情報整理手法の開発，農業農村工学会論文集，査読有，284巻，2013，185-191
- ② 宮津進・吉川夏樹・阿部聡・三沢眞一，安田浩保，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，土木学会水工学論文集，査読有，56巻，2013，I\_1531-I1536
- ③ 宮津進・吉川夏樹・阿部聡・三沢眞一，田んぼダムによる内水氾濫被害軽減効果の評価モデルの開発と適用，農業農村工学会論文集，査読有，279巻，2012，479-488
- ④ 吉川夏樹・有田博之・三沢眞一・宮津進，田んぼダムの公益的機能の評価と技術的可能性，水文・水資源学会誌，査読有，24巻，2011，271-279

〔学会発表〕(計11件)

- ① 宮津進・吉川夏樹・阿部聡，田んぼダムの機能分離型落水量調整装置の開発，農業農村工学会大会講演会，2013年9月4日，東京農業大学
- ② 吉川夏樹，田んぼダムの全国展開の可能性 - 取組普及にかかる政策的課題 - ，農業農村工学会大会講演会，2013年9月3日，東京農業大学
- ③ 吉川夏樹，田んぼで洪水は防げるか - 田んぼダムの可能性と技術的課題 - ，日本生態学会，2013年3月7日，静岡県コンベンションアーツセンター
- ④ 宮津進・吉川夏樹・阿部聡・三沢眞一，安田浩保，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，水工学講演会2013年3月5日，名城大学
- ⑤ 阿部聡・吉川夏樹・宮津進，田んぼダムの経済価値の簡易評価手法の開発，農業農村工学会京都支部研究発表会，2012年11月21日，新潟ユニゾンプラザ
- ⑥ 阿部聡・吉川夏樹・宮津進・明田薫・三沢眞一，田んぼダム適地の選定，農業農村工学会大会講演会，2012年9月18日，北海道大学
- ⑦ 宮津進・吉川夏樹・阿部聡・三沢眞一，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，農業農村工学会大会講演会，2012年9月18日，北海道大学
- ⑧ 宮津進・吉川夏樹・阿部聡・三沢眞一，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，水文水環境研究部会シンポジウム，2011年11月24日，宇都宮大学
- ⑨ 阿部聡・吉川夏樹・三沢眞一・宮津進・小出英幸，多様な条件下における田んぼダムの公益的機能の評価，農業農村工学会京都支部研究発表会，2011年11月17日，奈良県文化会館

- ⑩ 小出英幸・吉川夏樹・三沢眞一・宮津進，田んぼダムの経済効果，農業農村工学会大会講演会，2011年9月7日，九州大学
- ⑪ 宮津進・吉川夏樹・三沢眞一・阿部聡・小出英幸，田んぼダム効果算定のための内水氾濫解析モデルの適用，農業農村工学会大会講演会，2011年9月7日，九州大学

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

名称：水田用落水量調整装置  
発明者：吉川 夏樹  
権利者：同上  
種類：特許  
番号：2013-002163  
出願年月日：2013年1月9日  
国内外の別：国内

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉川 夏樹 (YOSHIKAWA Natsuki)  
新潟大学・自然科学系・准教授  
研究者番号：90447615

(2) 研究分担者

安田 浩保 (YASUDA Hiroyasu)  
新潟大学・災害・復興科学研究所・准教授  
研究者番号：00399354

(3) 研究分担者

有田 博之 (ARITA Hiroyuki)  
新潟大学・自然科学系・フェロー  
研究者番号：40313506

(4) 研究分担者

三沢 眞一 (MISAWA Shin-ichi)  
新潟大学・自然科学系・名誉教授  
研究者番号：30018791