

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 25 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450339

研究課題名(和文) 農地・農村地域の石垣技術伝承のための技術的課題の解決に向けて

研究課題名(英文) Towards the solution of technical problems for inheriting stone wall constructing technique in farmland and rural areas

研究代表者

岡島 賢治 (OKAJIMA, Kenji)

三重大学・生物資源学研究科・准教授

研究者番号：90466805

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、まず農地石垣が我が国のどのような地域にあるのかを明らかにするために、現地調査と表層地質から、農地石垣と表層地質に密接な関係があることを明らかにした。また、石積み擁壁とコンクリート擁壁を比較する模型実験を行った。その結果2m程度の石垣はコンクリート擁壁と同程度の強度を有することがわかった。つぎに、農家が持つ技術の継承と小規模災害復旧制度に関するアンケートを行った。その結果、農家の石垣景観への保全意識は補助制度や認定制度による影響はあまり受けず、日常的な管理は手間がかかるが崩壊時の補修では金銭面や手順の簡便さから現在も石垣を選択する機会が多いことがわかった。

研究成果の概要(英文)：In this study, we first clarified the relationship between the farmland stone wall and the surface geology, from the field survey and surface geology map in Japan. We also conducted a series of model experiments comparing the masonry retaining wall and the concrete retaining wall. As a result, it was found that the stone wall of about 2 m has the same strength as that of the concrete retaining wall. Next, we conducted questionnaires on farmers' inheritance of stone wall constructing technique and small scale disaster restoration system. As a result, conservation awareness of farmers to the stone wall scape is not much affected by the restoration system and the accreditation system, and daily managements of stone walls are laborious, but in repair at the time of collapse stone walls are chosen.

研究分野：農業土木学

キーワード：農地石垣 棚田 段畑 模型実験 表層地質 災害復旧制度

1. 研究開始当初の背景

農村地域の石垣は、美しい農地・農村景観の重要な構成要素となっている。実際、1999年農林水産省によって選出された日本の棚田百選では、134の選定地域中その半分以上を占める75地域が石積みの棚田となっており、石積みの棚田や段畑は日本人にとって原風景の一つであるともいえる。このような農村地域における石積みの棚田、段畑に関する研究は、景観や歴史・民俗学の方面から若干研究されているものの、そのほとんどが石積み景観の礼賛と消失の嘆きに留まっており、石積み技術の衰退の根本要因とその保全のための具体的対策法を提示していない。

研究代表者は、これまで全国の石垣地域を15地域周り、災害・復旧に関する実態調査を行ってきた。その中で、石積み技術が多くの石垣地域で衰退している事実を明らかにした。石積み技術の衰退により、自然災害で崩壊した農地の石垣や更新される農村の石積み擁壁はコンクリートの壁にとって変わられつつある。本来、農村景観の維持保全のためにも、石垣地域における適切な石垣保全・維持管理は、石垣の崩壊・更新の際に『現地の技術』で再度石垣によって復旧されることである。研究代表者は、石垣地域へのヒアリングによって、この適切な保全・維持管理がなされていない要因が石工の減少にあり、その背景に石垣保全の制度と石垣の強度に対する漠然とした不安にあると考えた。

農村地域における石積み技術は大きく2つのグループに存在している。一つは施工業者や石工といわれるプロの技術者、もう一つは農家である。地域における石積み技術の継承は、プロである石工や施工業者の石積み工が継続しており、農家はその石工を自分の農地の復旧にも雇用し、ともに働くことで石工の技術を伝承していくというヒエラルキーを形成している。造られる石積みについても、一般工事は永久構造物としても強度が求められ、農地石垣では取りあえず積んであればよい程度のもも多い。しかし、コンクリート擁壁の普及以降、主に強度が不明という理由から石積み工が設計基準からなくなった。そのために石積み擁壁は一般工事において不要の技術となり、プロの石工の生活が難しくなり石工が減少した。これが地域の石積み技術衰退の主要因となり、現在は石積みの得意な農家にわずかに技術が残っているにすぎない。

このような現状を踏まえ、石積み技術の伝承を考えたときに研究代表者は、ヒエラルキートップへの対応として一般の擁壁工での石積み擁壁の再普及を目指す研究と、現状の石積み技術の保全を目指す対症療法的研究を行う必要があると考えた。

擁壁工における再普及の第一段階として石積の石組みが未熟な農地内の石垣の強度の把握を検討した。現状の石積み技術の保全のために、農地へ石積法面を選択する科学的根

拠を明らかにする研究と、石垣からの土砂流亡量を定量的に把握して背面土の維持管理に活用する研究を設定した。

2. 研究の目的

(1) 石垣の強度把握

まず、一般の擁壁工で石積み擁壁の再普及を目指すためには、設計基準に再掲させる必要がある。明治時代等の技術書を見ると、石積み工は第1章で取り扱われる施工であり、石材や積み方、勾配など一定の水準での整理はなされている。しかし、現在必要な研究として、地震時の強度比較・評価式の設定、基礎の設計の再評価、背面地下水の評価・扱いなど多方面で行う必要がある。本研究では、まず地震力による石積み強度を体系的な検討を行った。

(2) 棚田における石垣の選択

法面の種別には、大きく分けて盛土による土羽と石を積み上げた石積みがある。これらの種別の違いが表土の下に石が存在するかどうかによることは、中島(2002)や松尾(1953)が指摘している。しかし、表土の下に石があるかないかは実際に掘削してみなければ分からない。そこで、本研究では表土の下の石の存在が表層地質に依存すると仮定し、表層地質と全国の棚田地域の法面の関係性を定量的に明らかにすることを目的とした。本研究の整理によって、机上で参照できる表層地質図が法面の種別をある程度予測できるならば、表層地質図は地域ならではの法面の種別を選択する指標として活用できると考えた。

(3) 石垣からの流亡土砂量

研究代表者は、農家が石垣にもつ強度が弱いイメージが、崩壊しやすい地形の石垣の崩壊に強くイメージ付けられているためと考え、客観的な農地石垣の崩壊しやすさをマップ化することである程度解消できると考えた。研究代表者はこれまで農地石垣の自然災害による被災要因について、既往の研究により降雨が最大の要因であることが明らかにした。そこで対象地の農家に協力を依頼して2012年より石垣背面に土壌水分計を設置し、土壌水分状況を観測している。そのデータより石垣背面の地下水位が先行降雨と降雨強度により急激に上昇することがあることを明らかにした。次のステップとして、石垣背面に作用する水圧の観測と背面から流亡する土砂量の把握が必要であると考え、観測地に気象ステーションを設置するとともに、流亡土砂を受け取る装置を開発し、設置することで背面からの流亡土砂量を定量的に把握することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 石垣の強度把握

模型実験は、実験槽内に石積み擁壁の模型を作製し、実験槽を傾けることで転倒破壊させる実験を行った。この実験は、地震力を水

平方方向の加速度とみなした「震度法」と言われる耐震照査法を想定している。地震は複雑な繰り返しの力であり振動台などを用いた石積み擁壁の破壊研究例もあり、地震力を水平の加速度とみなすことは地震力の過度な単純化であるとの意見もあるが、擁壁等のそれほど重要構造物ではないものについては、実務において震度法で耐震照査されるのが一般的である。本研究も石積み擁壁の再普及を目指して設計基準を想定した研究であるため、傾斜転倒実験を採用した。

(2) 棚田における石垣の選択

調査対象地区は、棚田・段畑の維持管理が適切に行われており、棚田・段畑の持つ多面的機能や棚田・段畑の存在する景観として今後も保全が期待される地区とした。具体的には、国や県、県の土地改良事業団体連合会（以下、土改連）によって整理されている棚田・段畑地区、計 464 地区である。

まず調査対象地としたのは、全国の棚田地区が整理されている「日本の棚田百選」地区（農林水産省、1999）である。「日本の棚田百選」地区は全国 134 地区の棚田についてまとめられており、法面の種別も含まれている。

次に、各県の農業農村振興・整備に関わる部署がまとめた棚田・段畑地区として 11 府県（山形・栃木・静岡・岐阜・京都・和歌山・徳島・愛媛・山口・佐賀・長崎）の棚田・段畑を対象とした。これ以外の県でも、県内の棚田地区をまとめている県もあったが、「日本の棚田百選」地区からの抜粋の地区であったため除外した。以下、各県の棚田・段畑地区について概説する。

山形県（2008）は「やまがたの棚田 20 選」として 23 地区を選定している。23 地区のうち 3 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。栃木県（2002）は「残したいとちぎの棚田 21」として 28 地区を認定しており、法面の種別も含まれている。28 地区のうち 2 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。静岡県（1999）は「静岡県棚田等十選」として 10 地区を選定しており、法面の種別も含まれている。10 地区のうち 2 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。岐阜県（2008）は「ぎふの棚田 21 選」として、19 地区を選定し、棚田名称と位置を県の統合 GIS 上で参照できるようにしている。19 地区のうち 4 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。京都府（1994）は「京都の棚田」として 17 地区がまとめられている。17 地区のうち 2 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。和歌山県（2015）は 2015 年までに「残したい棚田・段々畑」として、棚田 25 地区、段々畑 4 地区を選定している。29 地区のうち 1 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。徳島県（2013）は「とくしまの棚田」として 62 地区を紹介し、法面の種別も含まれている。62 地区のうち 1 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。愛媛県（2005）は「えひめの棚田」として、住民による棚田保全活動が

活発な 15 地区の棚田・段々畑を紹介している。15 地区のうち 3 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。山口県（2008）は「やまぐちの棚田 20 選」として、21 地区を選定している。21 地区のうち 1 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。佐賀県（2013）は「佐賀県の棚田」として 22 地区の棚田を紹介し、法面の種別（一部欠損）も含まれている。22 地区のうち 6 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。長崎県（2008）は「長崎県のだんだん畑十選」として 12 地区のだんだん畑を選定している。

さらに、各県の土改連がまとめた棚田・段畑地区として 2 県（富山・鹿児島）も対象地とした。以下、各県の棚田・段畑地区について概説する。富山県土改連はとやま棚田ネットワーク（2001）において「保全活動地区」として 26 地区を紹介している。26 地区のうち 2 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。鹿児島県土改連は棚田等保全協議会かごしま（2001）において「かごしまの棚田」として 77 地区の棚田・段畑を紹介し、法面の種別（一部欠損）も含まれている。77 地区のうち 3 地区は「日本の棚田百選」地区となっている。

本研究では各地区の法面の種別を求めるために、調査対象地のデータで法面の種別が判明している場合は、データの法面の種別を使用した。調査対象地のデータに法面の記載がない場合は、自治体、管理者への電話によるヒアリングにて法面の種別を求めた。また、著者ら自身でも「日本の棚田百選」地区を中心に 29 地区の調査により法面の種別を分類した。

法面の種別としては、「土羽」、「土羽・石積み」、「石積み」と分類されていた。このとき、「土羽・石積み」は土羽の地区の一部石積みなのか、腰石垣として法面下部が石積みなのか判別できないため、本研究では石積みがいわれている地区として「石積み」に分類した。法面の分類における優先度としては、著者ら自身の調査によるもの、自治体管理者への電話によるヒアリングによるもの、調査対象地区のデータの順とした。これは、例えば、棚田百選地区である島根県室谷地区は調査対象地区のデータでは法面が「土羽」となっているが、2015 年 10 月 24 日の現地調査では多くの法面で「石積み」が確認されたためである。自治会長へのヒアリングでは、近隣の棚田百選地区である島根県大井谷ほど全法面が石積みではないため、土羽の地区という意識が強いとの意見が聞かれた。このため、法面の分類の優先度では、著者ら自身の調査によるものを、ヒアリングより上位とすることで正確性を高めた。

(3) 石垣からの流亡土砂量

農地石垣地域である熊本県熊本市西区河内町を研究対象地域とした。研究対象地域の果樹園が広がる河内山の代表的な農地石垣を観測地とした。観測地の農地石垣は 1950

年代に造成され、高さ 1.55m である。その農地石垣の前面に風雨を避ける小屋を建て、小屋内に農地石垣からの流出土砂を受ける装置を設置した。装置は、水は流すが土は流さない構造とした。

観測は、2012 年 5 月 19 日から 2013 年 10 月 27 日までの期間(以後、開発期間と呼ぶ)、2014 年 5 月 27 日から 2015 年 12 月 26 日の期間(以後、検証期間と呼ぶ)に土を回収し、炉乾燥させて乾燥重量を測定した。降雨データは熊本地方気象台の 1 時間雨量を使用した。観測では、無降雨期間での流出土砂量の回収を行っており、観測地の農地石垣からは無降雨期間でも土砂が流出すること(以下、日常流出量)が確認された。

これらの観測結果をもとに、この地域の農地石垣からの流出土砂の乾燥重量を計算するモデル式を開発した。開発したモデル式に対して検証期間のデータでモデル式を検証した。

4. 研究成果

(1) 石垣の強度把握

組み方は計 4 パターンで行った。パターンやのように各段の高さを揃え横目地が水平に直線であるものを布積み、パターンやのように一定の谷ができるように石を斜めに配置したものを谷積みという。谷積みはせり持ち作用により布積みより安定性があると言われる。またいずれの組み方においても目地が連続し直線であることは石と石のかみ合わせが絶たれ、強度が低下すると言われている。したがって布積みではパターン、谷積みではパターンが悪い組み方とされている。

破壊時水平震度を K_h' とする。パターン、を見たとパターンはわずかに大きい。違いは $K_{hg}=0.02$ であり、パターン、は同程度の強度とみなせる。しかしパターンは他の 3 パターンと $K_{hg}=0.05\sim 0.07$ の違いがありやや低い強度であった。パターンはやや低い強度であったが、すべてのパターンでもたれ式以上の強度であった。

以上より、全ての組み方でもたれ式以上の強度であった。したがって、組み方の違いが強度に大きな影響を及ぼすことは少ないと考えられる。ただ、谷積みの悪いとされている組み方(パターン)でやや強度が低下した。

以上より、全ての組み方でもたれ式以上の強度であった。したがって、組み方の違いが強度に大きな影響を及ぼすことは少ないと考えられる。ただ、谷積みの悪いとされている組み方(パターン)でやや強度が低下した。

(2) 棚田における石垣の選択

本研究では、全国の自治体が保全地区としている棚田・段畑地区 464 地区を調査対象地として、棚田・段畑法面の種別と表層地質の関係を明らかにすることを目的に研究を行った。その結果、岩石区分と地質時代区分によって、棚田・段畑の法面の種別は、表層地質からほぼ予測できることを示した。

火山岩類では、火山岩屑を表層地質にする地区は土羽となることを示した。火砕流を表層地質にする地区の中でも、完新世・後期更

新世の火砕流を表層地質にする地区は土羽で、それより古い火砕流を表層地質にする地区は石積みとなることを示した。また、固結した火山岩類を表層地質にする地区ではグリーンタフが形成される前期中新世の火山岩類を表層地質にする地区は珩長質・苦鉄質ともに土羽、苦鉄質の火山岩類の中で第四紀の新しい表層地質の地区でも土羽の傾向を示し、それ以外は石積みとなることを示した。深成岩類では、珩長質の深成岩類は風化の割合によって土羽の地区が 27%あるものの概ね石積み、苦鉄質の深成岩類は石積みとなることを示した。

堆積岩類では、第四紀・新第三紀を表層地質にする地区は土羽となるが、高標高地に固結した岩石を持つ地区は水平距離で 500m 以上離れていても石積みとなる場合もあることを現地調査から示した。また、古第三紀よりも古い表層地質の地区は石積みとなることを示した。

付加コンプレックスでは、美濃 - 丹波 - 足尾帯と呼ばれる中 - 後期ジュラ紀の表層地質の地区において土羽が集中し、それ以外は石積みの傾向となることを示した。変成岩類はほとんど石積みとなることを示した。

今後は石積みの地区において、石積みに用いる積石として十分な量や大きさまたは強度が確保されているか、表層地質と同じ石材が積石として使用されているかを、現地調査をもとに確認する必要がある。特に、複数の表層地質が存在する地区においてどの程度の領域で表層地質の岩石が分布しているのかを明らかにすることで、より適切な景観保全につながる棚田・段畑法面の石材の選択が可能となると考えられる。

(3) 石垣からの流亡土砂量

流出土砂は降雨に依存するとして、土地改良事業計画指針(改良山成畑工(1992))における土壌流亡予測式の降雨係数 R を用い、土壌や作物等のパラメータを含むと考えられる農地石垣係数 N を乗じてモデル式を開発した。モデル式は開発期間の決定係数 R^2 値が 0.924 と高く、RMSE は 227.7g(総流出土砂量 7,236g)となった。

検証期間の実測値を用い、開発した流出土砂量モデル式で計算結果と実測値を比較した。モデル式は決定係数 R^2 値が 0.7192 と高く、この期間の RMSE は 437.2g(総流出土砂量 5,129g)であった。検証期間の総流出土砂量に対して計算結果の誤差が 1 割未満であったことから、流出土砂量モデル式は実測値を比較的よく表現できたと言える。また、土砂流出量の内訳の計算結果では、総流出土砂量のうち 18.5%が降雨流出分、81.5%が日常流出分となり、日常流出の影響が大きかった。

以上より、対象果樹園における農地石垣からの流出土砂量を精度よく計算できるモデル式を開発することができた。その結果、農地石垣における総流出土砂量は 1 年あたり約

4300g であり、日常流出分の影響が大きいことが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2 件)

岡島賢治、西脇祥子、棚田・段畑法面構造の種別と表層地質の関連性、農業農村工学会論文集、査読有、第 85 巻 1 号、2017、I_47-I_54

岡島賢治、西脇祥子、石垣棚田の被災と復旧、棚田学会誌、査読有、第 16 巻、2015、23-32

〔学会発表〕(計 7 件)

西脇祥子、岡島賢治、農地石垣地域での農家の石垣保全意識調査、平成 28 年度農業農村工学会全国大会、2016 年 8 月 29 日～9 月 1 日、ホテル法華クラブ(宮城県仙台市)

岡島賢治、杉浦亜紀、西脇祥子、果樹園の農地石垣における流出土砂量モデル式の開発、平成 28 年度農業農村工学会全国大会、2016 年 8 月 29 日～9 月 1 日、ホテル法華クラブ(宮城県仙台市)

NISHIWAKI Shoko and OKAJIMA Kenji, The Choice Factor of The Slope Protection Method of Rice Terrace、Fifth International Conference on Geotechnique, Construction Materials and Environment、Nov. 16-18, 2015、Osaka International House

Foundation (JAPAN, Osaka)

西脇祥子、岡島賢治、地質境界地域における表層地質と農地石垣の使用石材の関係、平成 27 年度農業農村工学会大会、2015 年 9 月 1 日～9 月 4 日、岡山大学(岡山県岡山市)

西脇祥子、岡島賢治、石灰岩を指標とした農地石垣の積石分布傾向、平成 26 年度農業農村工学会大会、2014 年 8 月 26 日～8 月 29 日、朱鷺メッセ(新潟県新潟市)

小庵雅史、岡島賢治、水平加速度をうける石積み擁壁の石組みの違いによる強度比較、第 71 回農業農村工学会京都支部研究発表会、2014 年 11 月 13 日、ホテルグランヴェール岐山(岐阜県岐阜市)

西脇祥子、岡島賢治、棚田の積石と表層地質の関連性、2014 年度冬季棚田学会発表会、2014 年 12 月 13 日、早稲田大学(東京都新宿区)

〔図書〕(計 1 件)

岡島賢治、他、勁草書房、棚田学入門第 2 部 応用編(棚田地域の課題)棚田をまもる、2014、228(153-165)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

アウトリーチ活動

岡島賢治、平成 28 年度東海農業土木技術士会(第 2 回)研修会、「中山間地の棚田・段畑における石積技術」～災害復旧と小規模災害復旧制度の効果～2016 年 12 月 1 日

岡島賢治、公益社団法人 日本技術士会中部本部三重県支部 H28 年度第 1 回例会「農村地域における石積みの特徴と災害抑制に関する研究」2016 年 4 月 9 日

岡島賢治、有造館ゼミナール、「石垣の見方、楽しみ方」2015 年 7 月 10 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡島 賢治(OKAJIMA, Kenji)

三重大学・大学院生物資源学研究科・准教授
研究者番号：90466805