

中世山城史跡内のしらす斜面保護について

Management and Maintenance of Shirasu Slopes in Historic Mountain Castles Constructed in Middle Age, Kagoshima Prefecture

北村良介¹・重田春樹²・四田崇之³・田畑勝幸³・山田守⁴・米元史郎⁵・大窪祥晃⁵・

中島哲郎⁶・藤井法博⁶

Ryosuke Kitamura, Haruki Shigeta, Takayuki Yotsuda, Masayuki Tabata, Mamoru Yamada, Shiro Yonemoto, Yoshiaki Okubo, Tetsuro Nakashima and Norihiro Fujii

¹鹿児島大学大学院教授 理工学研究科 (〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40)

Professor, Kagoshima University, Dept. of Ocean Civil Engineering

² JR九州 (元鹿児島大学大学院院生) (〒812-0011 福岡市博多区博多駅前3丁目25番21号)

JR Kyushu (Formerly Graduate Student, Kagoshima University, Dept. of Ocean Civil Engineering)

³鹿児島大学大学院院生 理工学研究科 (〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-40)

Graduate Student, Kagoshima University, Dept. of Ocean Civil Engineering

⁴SPTEC・YAMADA 代表取締役 (〒363-0008 桶川市坂田1344-1)

President of SPTEC・YAMADA

⁵志布志市教育委員会 (〒899-7192 志布志市志布志町志布志2-1-1)

Board of Education in Shibushi City

⁶薩摩川内市教育委員会 (〒895-8650 薩摩川内市神田町3-22)

Board of Education in Satsuma-Sendai City

In Kagoshima Prefecture there are a lot of hisroric mountain castle sites where castles were constructed on the Shirasu ground in the Japanese middle age (12~16 Century). Some of them have been designated as histroric sites by the Agency for Cultural Affairs. Shirasu is geologically defined as the non-welded part of pyroclastic flow deposits and has a feature that it is easy to be eroded by the flow of rainwater although Shirasu slopes can keep to be a steep inclination angle under the dry conditon. Therefore we can find a lot of Shirasu slope failures in the historic mountain castle sites as the Shirasu slope has been weathered for several hundred years, and trees and glasses are now growing randomly. In this paper the management and maintenace of Shirasu slope in Historic Shibushi and Kiyoshiki Casttles which were designatd as historic sites by the Agency for Cultural Affairs are discussed from a view point of geotechnical engineering.

Keywords : *mountain castle, Shirasu slope, management and maintenance, Diplazium subsinuatu, bamboo and wooden chips*

1. まえがき

鹿児島県には中世山城が数多く残っており、高山城跡(1945年)、知覧城跡(1993年)、清色城跡(2004年)、志布志城跡(2005年)、赤木名城跡(2009年)は国の史跡指定を受けている。志布志城跡(図1参

照)では国の史跡指定を受けたことを踏まえ、志布志城史跡公園保存整備事業基本計画を、清色城跡(図1参照)では史跡清色城跡保存管理計画を策定し、これらの計画に則った作業が進行中である。その中で、志布志城跡、清色城跡では無秩序に植林されたスギ・ヒノキや自生して大きく成長した広葉樹を処理し、風化の進んだ現状の空堀(急勾配しらす斜面)や土塁(しらす盛土)の改変を最小限にとどめ、史跡を安全に維持管理する手法の確立が課題の一つになっている。

本稿では、地盤工学の立場から志布志城跡、清色城跡を史跡公園として保存していくために鹿児島大学の北村研究室が志布志市教育委員会、薩摩川内市教育委員会と連携し、しらす斜面の保護を目的として取り組んでいる試み(試行)について紹介する。

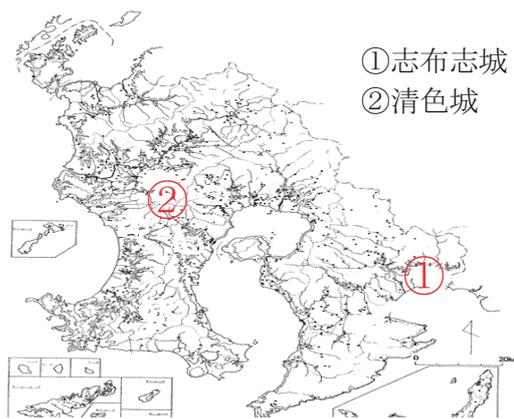


図1 志布志城跡、清色城跡の位置図

2. 志布志城跡でのヘラシダの活用に関する試み(試行)^{1)、2)}

志布志城跡、清色城跡では、シイ・カシなどの常緑広葉樹、スギが繁茂し、晴天時の昼間においても太陽の光が差し込まない状態(相対照度:数%)であり、湿度も高く、必然的に城内に生育する主な下草としては日陰を好むシダ類やフトウカズラなどのツル性植物(写真1)が優勢である。特に、志布志城跡の調査の結果、日陰のしらす斜面ではヘラシダ(*Diplazium subsinuatum* (Wall. ex Hook et Grev.) Tagawa)が群生している箇所が数多くあることが判明した。写真2は志布志城跡でヘラシダが群生している状況を示している。

ヘラシダが群生しているしらす斜面は他のしらす斜面と比較すると流水による浸食跡(ガリ)が少なく、安定しているようにおもわれた。図2は、ヘラシダが群生することによってしらす斜面を安定させるメカニズムを模式的に示している。すなわち、ヘラシダの葉が傘の役割を果たし、晴天時は太陽光を遮り、雨天時には雨水はヘラシダの葉を伝って流れ落ち、直接しらす斜面にあたるのが少なくなっていることを示している。このようなヘラシダの傘効果は、太陽光と雨水によるしらす斜面の風化の進行を抑制すると考えられる。また、図2に示すようにヘラシダの地下茎は直径が1mm以下、長さが数cm、程度であり、地表面から1~2cm程度の深さまでしか到達しておらず、タケの地下茎や樹木の根系のように生長することによってしらす斜面を緩めることも少ないと考えられる。そこで、しらす斜面にヘラシダを人工的に生育させることが可能であるかどうかを検証するための試行を2008年9月より志布志城跡で開始した。



写真1 志布志城跡のしらす斜面でのツル性植物の繁茂状況



写真2 志布志城跡でのヘラシダの群生状況
(2008年11月撮影)

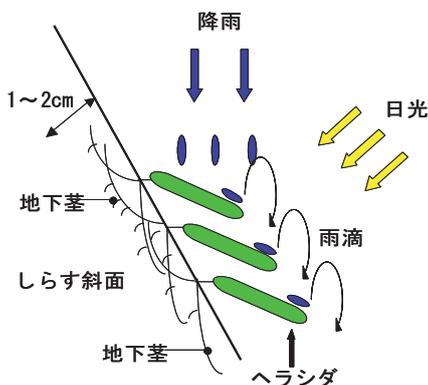


図2ヘラシダの斜面保護効果

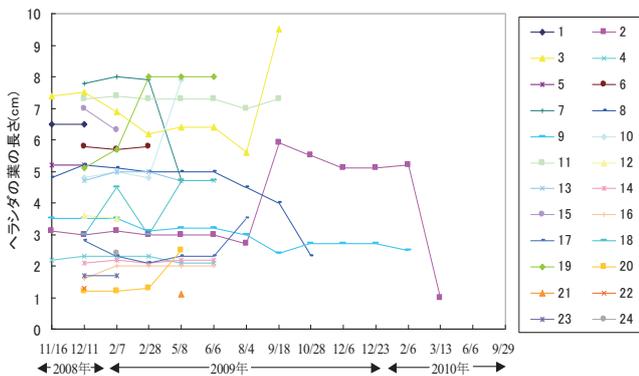
(1) 試行区の設定



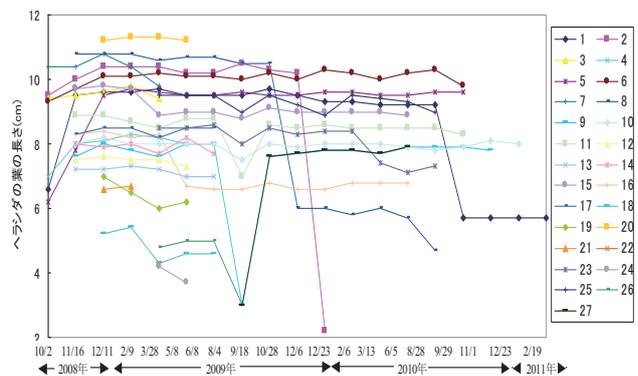
写真3 試行区写真
(2008年10月2日撮影)

写真3に示すように試行区は縦・横2mであり、地表面を均した後、植生マットを敷き、さらに、斜面に向かって左側には崖錐から表土とともに約30cm程度のブロック状に採取した群生しているヘラシダを直接試行区に貼り付け、さらに落下を防止するために金網をかぶせた。一方、斜面に向かって右側には、群生しているヘラシダの長さ15cm程度に切りそろえた地下茎と付着した表土とともに自然繊維バッグ（縦10cm x 横20cm）6袋に各3本、化学繊維バッグ（縦15cm x 横30cm）6袋に各5本を封入し、上部に自然繊維バッグ、下部に化学繊維バッグを釘で打ち付けてぶら下げた。以下、2つの試行区をそれぞれヘラシダ移植試行区、現地表土移植試行区と称することにする。

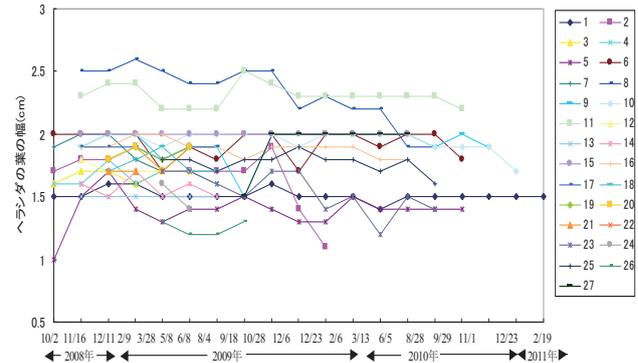
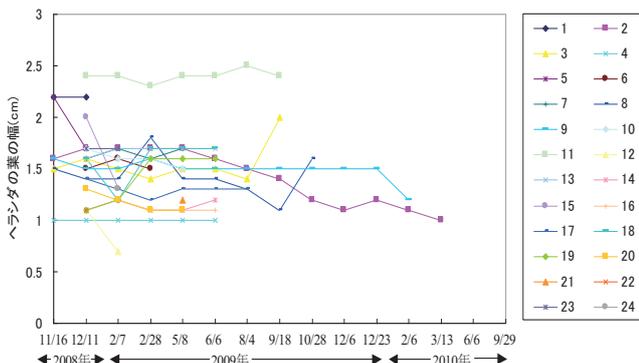
試行区でのヘラシダの生育状況を調べるため、ヘラシダ移植試行区では金網から出てきている葉、現地表土移植試行区では発芽が確認された葉に番号札を付け、葉の長さや幅を経時的に測定した。図3は、2008年10月から2011年3月までの葉の長さや幅の時系列変化を示している。図3において2008年10月2日に発芽したのヘラシダを①とし、それから1年経過した2009年9月18日に発芽したヘラシダを②として区別して測定を行っている。ヘラシダの葉は1.5年程度で枯れるとともに新たに発芽することがわかった。図4は、枯死する葉と新しい葉の枚数を示している。縦軸はヘラシダの葉の枚数の増減を表しておりプラスが新たな葉の枚数、マイナスが枯死した葉の枚数を示している。図4よりヘラシダは毎年9月から11月に新しい葉を形成する傾向のあることがわかる。写真4は、2010年9月29日の現地表土移植試行区の状況を示している（(a) 全体状況、(b) 拡大した状況）。写真3と写真4 (a) を比較すると、2年経過後の両試行区のヘラシダの葉の数が増えていることが確認できる。現地表土移植試行区において自然繊維バッグは1年程度経過した時点で破れ始め、2年後には写真4 (b) に示すようにほとんど消滅したが、化学繊維バッグは原型の状態を保持している。但し、自然繊維バッグから発芽したいくつかのヘラシダがしらす斜面に着生していることが確認された。

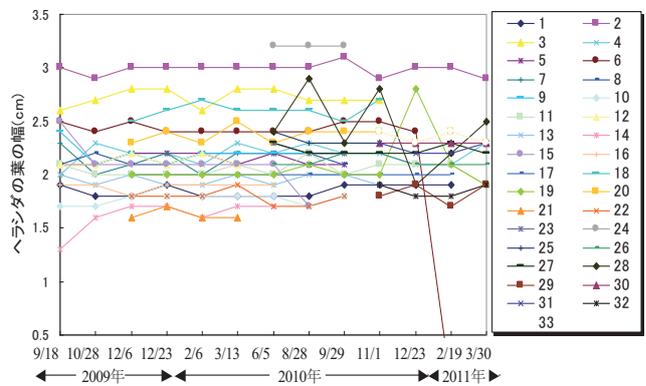
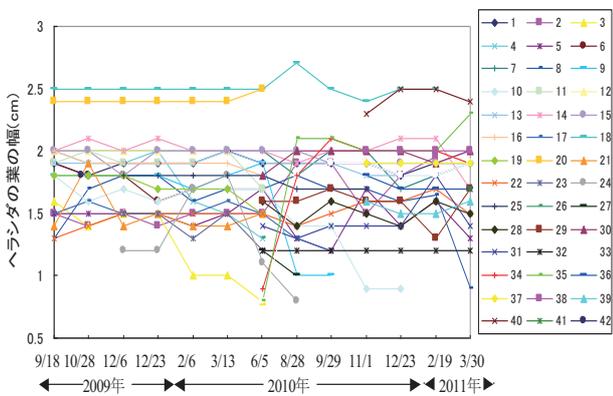
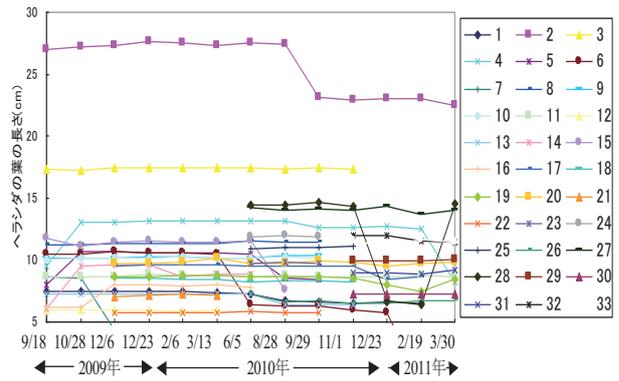
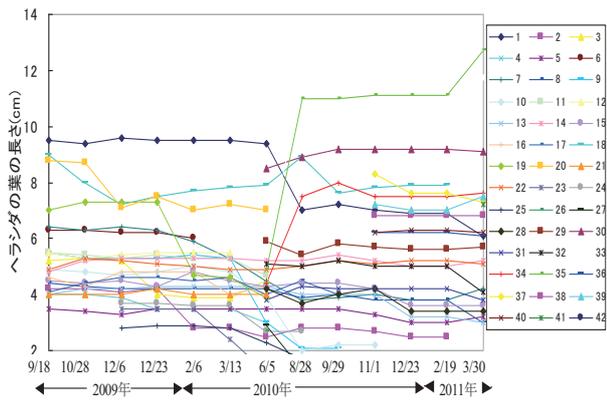


現地表土移植試行区の葉の長さ①



ヘラシダ移植試行区の葉の長さ①

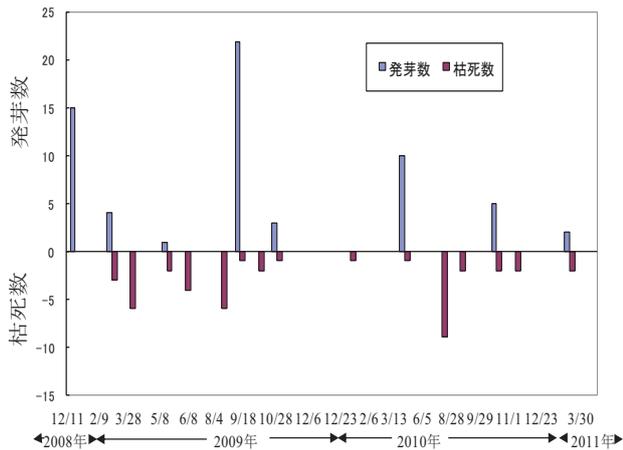




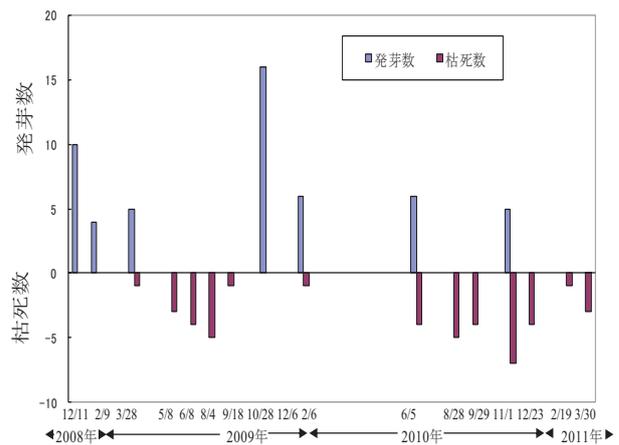
現地表土移植試行区の葉の長さ と 幅②

ヘラシダ移植試行区の葉の長さ と 幅②

図 3 ヘラシダの生育状況の時系列変化



現地表土移植試行区におけるヘラシダの発芽・枯死数



ヘラシダ移植試行区におけるヘラシダの発芽・枯死数

図 4 枯死する葉と新たな葉の枚数

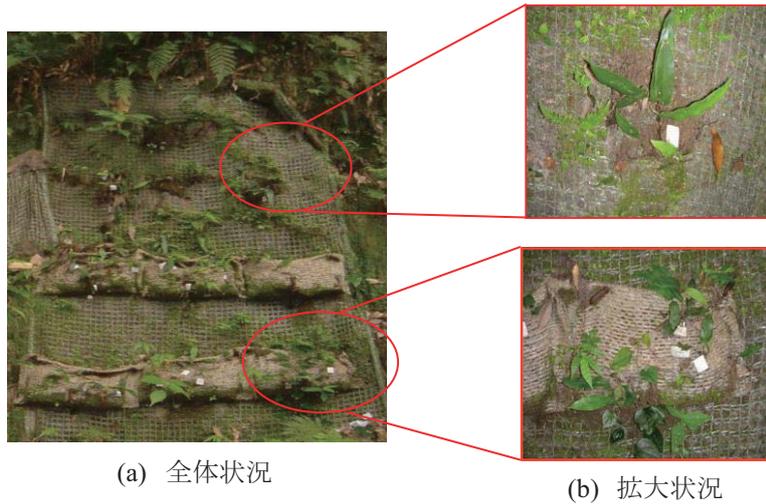


写真4 2010年9月29日の現地土移植試行区の状況

(2) 土中水分計の設置と計測

ヘラシダの傘効果を検証するため、ヘラシダのある斜面とヘラシダのない斜面に土中水分計を設置した。図5は土中水分計の形状・寸法を示しており、図6は土中水分計の設置状況を示す模式図である。すなわち、試行区に隣接するヘラシダのない斜面では地山しらすと崖錐の境界にセンサーをしらす斜面に平行と垂直方向にセンサーを挿入した。また、ヘラシダのある斜面ではヘラシダ移植試行区の斜面に平行と垂直方向にセンサーを挿入した。図6に示すようにヘラシダのない斜面の斜面に平行なセンサーをセンサー1、垂直なセンサーをセンサー2、ヘラシダのある斜面の斜面に平行なセンサーをセンサー3、垂直なセンサーをセンサー4とした。図6より、センサー1、センサー3は地表面の含水量、センサー2、センサー4は地表面から深さ5.6cmの平均的な含水量を測定していることになる。

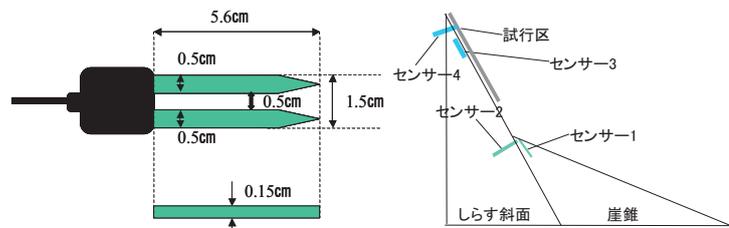


図5 土中水分計の形状・寸法 図6 土中水分計の設置状況

図7は、各センサーで計測された含水量（体積含水率）と志布志市志布志町のアメダスで計測された30分雨量の時系列変化を示している。図7より、体積含水率は無降雨時に低下し、降雨時に上昇していることがわかる。さらにセンサー1（ヘラシダ無）とセンサー3（ヘラシダ有）の無降雨時の計測値を比較すると、センサー3の体積含水率がセンサー1のそれより小さくなっている。このことは斜面表面からの蒸発とともに、ヘラシダの呼吸等によってヘラシダの気孔を介して土中水が大気中に蒸散していると考えられる。

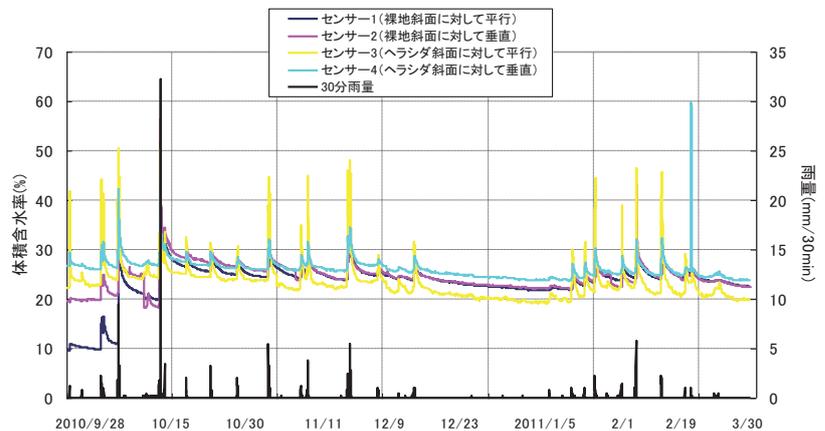


図7 含水量の時系列変化

3. タケ・木材チップ、三和土等によるしらす斜面保護

志布志城跡での2.5年余りのヘラシダの生育状況の観測より、ヘラシダは芝のように人工的に短期間に育て、斜面に張り付けるのは困難であることがわかってきた。そこで、しらす斜面の風化の進行を抑制するための他の方策を模索する必要性が生じている。ところで、現在、志布志城跡ではスギの伐採、清色城跡では繁

茂するタケを伐採しチップにする作業が行われている。また、志布志城跡、清色城跡ではスギ、広葉樹、タケの伐採そして、それらのチップ化が考えられている。そこで、本章ではスギの葉、タケチップの活用を含めた今後のしらす斜面保護について考察する。

以下、対象とするしらす斜面を空堀を形成する斜面と史跡公園保存計画の中で考えられている散策道に分けて考えることにする。

(1) 空堀を形成するしらす斜面

空堀を形成するしらす斜面は基本的には切土斜面であるが、法尻部には崩壊によって生じた土砂が堆積している。崩壊土砂は安定勾配で堆積しているため、保護の対象となるのは切土斜面である。切土斜面には樹齢数十年、胸高直径が30cm以上の広葉樹が数多く存在する。将来、これらの樹木は斜面崩壊を生じさせる危険性が高く、伐採が必要と考えられる。樹木がなくなった斜面は薄く表面をはぎ取り、浸食を抑制する工法を適用することが考えられる。浸食を抑制するためには次のような対策工法が挙げられる。

- ・粗くチップ化したタケ・木材を斜面に敷きならす。斜面は急勾配（傾斜角：70度程度）であるため、チップがずり落ちないようにするため、ネットなどを利用することが考えられる。
- ・日本家屋で用いられてきた三和土（たたき）の工法を参考にし、石灰、石膏、にがり等をしらすに混合し、流水による浸食に強い土質材料を開発し、膜状に斜面に張り付ける。

(2) 散策道

史跡公園として保存される志布志城跡、清色城跡では、散策道の整備が必須である。急勾配の散策道では階段の設置、緩勾配の散策道は現状維持が整備の基本であろう。急勾配の散策道に設けられた階段では、写真5に示すように雨水による浸食が階段の両側、階段の下部に生じている。これらの浸食は階段の崩壊へと導くため、急勾配の散策道では空堀を形成するしらす斜面と同様な浸食抑制対策に付け加え、次のような対策が考えられる。

- ・細かくチップ化したタケ・木材を混合した土（補強土）を階段と階段の両側に敷き、締め固める。
- ・藁ぶき屋根や桧皮葺屋根の雨水制御原理を参考にし、城内の地表面を覆っており、また、毎年新たに供給されるスギ、広葉樹の落葉を利用する。すなわち、急勾配の散策道での落葉の保水と流水方向の制御機能を利用する。



写真 5 急勾配散策道での雨水による階段の浸食の状況 (志布志城跡)



写真 6 スギの落葉を急勾配散策道に敷きならした状況 (志布志城跡)

4. あとがき

志布志城跡で2.5年余りにわたってヘラシダのしらす斜面の保護効果（風化抑制効果）について調べてきた結果、ヘラシダによるしらす斜面の保護効果は確認されたが、芝のように人工的に任意のしらす斜面にヘラシダを繁茂させる技術の開発にはさらなる時間が必要であることが明らかになった。今後、志布志城跡や清色城跡において杉や広葉樹を伐採すれば、城内の照度が上昇し、ヘラシダの生育環境は悪くなるので、ヘラシダによるしらす斜面の保護効果が発揮される場所はさらに限定的となる。

今後は、志布志城跡でのヘラシダの生育状況の観察を継続するとともに、城内で発生する伐採樹木・タケ、落葉などを利用する（地産地消）ことを現場で試していくことを考えていきたい。

参考文献

- 1) 北村良介・重田春樹・山田守：ヘラシダによるしらす斜面の保護手法、鹿児島大学演習林報告、第37号、pp.1-4、2010.
- 2) 四田崇之・重田春樹・北村良介・山田守：ヘラシダによるしらす斜面保護について、平成22年度土木学会西部支部研究発表会、pp.397-398、2011.