

〔報告〕 白杵市・下藤キリシタン墓地における 遺構の凍結防止策

朽津 信明・森井 順之・伊藤 広宣*・山路 しのぶ*・神田 高士*²

1. はじめに

寒冷地の遺跡では、冬季に凍結劣化が問題となることが多い¹⁾。このため、寒冷地で新たに発掘された遺構は、その後覆屋を設けるなどの保存対策が図られない限りは、一旦埋め戻されて保存されるのが一般的である。しかしながら、一たび埋め戻しを行うと、遺構の状態を確認するためには再発掘が必要となってしまう。特に年度を跨いで調査が継続される際に、冬季間に作業を中断するにあたって、一旦埋め戻しを行ってしまうことは調査に大きな支障を来すこととなる。このため、遺構の本格的な埋戻しを行わずに、効果的に遺構の凍結を防止できる方法が求められている。本研究では、白杵市の下藤キリシタン墓地において試みた、埋戻しを行わずに凍結を防止する方法を紹介し、温度の実測に基づいてその有効性について議論する。

2. 下藤キリシタン墓地とこれまでの経緯

本研究の調査対象は、白杵市野津町の標高130mの台地北端に位置する、下藤キリシタン墓地²⁾である(図1, 2)。この地域には、16世紀後半より大友氏の庇護で多数のキリシタンが存在したことがフロイスの『日本史』にも記載されており、また過去にキリシタン墓碑などのキリスト教関連の石造物が見つかった。下藤キリシタン墓地は、それらの石造物が発見された場所付近が2010年度からの調査により発掘され、16～17世紀のキリシタンの墓と見られる石組遺構や、それに関連すると見られる礎石建物遺構などが発見されたことで、2013年に大分県指定史跡となったものである。調査は引き続き2014年度まで継続して行われる予定だが、2011年度の厳冬期には、遺構面の凍結が顕著に認められ、遺構を構成する石材の中には破砕が見られたものも存在した(図3)。そこで翌年の2012年度の厳冬期には、凍結破

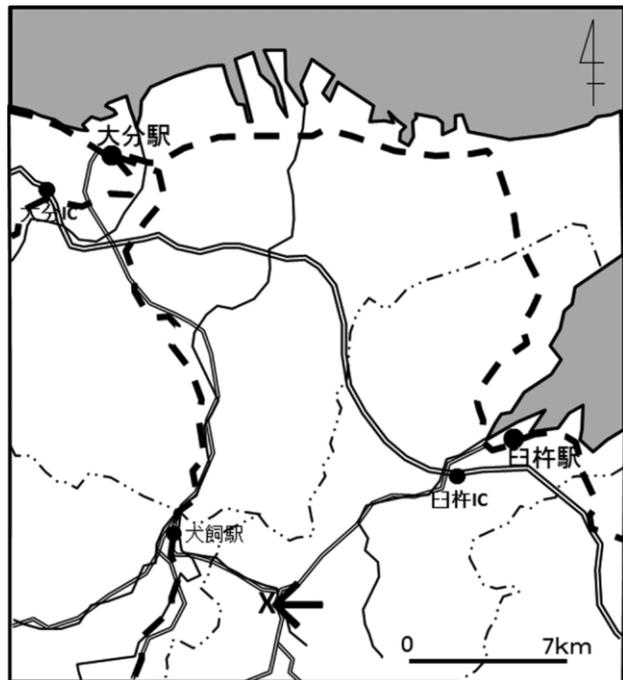


図1. 下藤キリシタン墓地位置図 (X:下藤キリシタン墓地)

*文化財保存活用研究所

*2白杵市教育委員会



図2. 下藤キリシタン墓地の遺構



図3. 2011年度厳冬期に起きた石材の凍結

砕を防ぐことが強く求められたが、調査の継続性から埋戻しを行うことはできず、厳冬期が終了した段階で速やかに原状復帰をして調査が容易に再開可能な状態での凍結防止策が要求された。

3. 凍結防止策

調査再開を前提とした遺跡の一次的な埋戻しには通常は土嚢が用いられるが、その重さゆえの作業効率性や断熱性の観点から、本研究では土の代わりに落葉を土嚢袋に詰めることで作成した、「保温袋」によって遺構面を覆うことを試みた。これは、森林で落葉の下に埋もれた箇所では凍結が起きていないことにヒントを得たもので、土嚢袋の軽量化により作業効率を上げる



図4. 保温袋を用いた遺構面の凍結防止策



図5. 対策が施された状態の遺構面 (2013年2月13日撮影)

とともに、土嚢袋内にできる隙間、すなわち空気層によって断熱を図ることが意図されたものである。保温袋さえ予め準備できていれば、危険を伴うことなく片手で投げて作業することが可能なため(図4)、その利用により少人数(2013年2月13日の作業では5人)にて短時間(同日には10分程度)で遺構面を覆い、また容易にそれを除去して原状復帰をすることが可能となった。実際の遺構面においては、可能な範囲でさらに保温袋の上に毛布を掛け、最終的に遺構面全体をブルーシートで覆うことで凍結防止策とした(図5)。

4. 環境調査

今回の保温袋を用いた凍結防止策の有効性を評価するために、遺構面付近において厳冬期に温度計測を行った。調査期間は2012年12月20日より2013年3月8日までである。

4-1. 計測箇所

計測対象として、遺構面の状態によって4カ所の調査地点を設定した(図6)。これは、方位と植生の関係で、日中に日射が与えられる場所と与えられない場所とがあったため、日射条件の違いを考慮して二通りの場所を想定し、それぞれにおいて凍結防止策を施した場合と施さない場合とをそれぞれ設定したものである。具体的には、日射がなく対策もない地点が1、日射がなく対策がある地点が2、日射があり対策もある地点が3、日射があり対策がない地点が4とした。また、遺跡中央付近には過去に見つかったキリシタン墓碑を保護するための覆屋が存在したため、その覆屋内の気温(地点0とする)も計測した。(なお、対策なしとした地点は石材が存在しない箇所である。)

このうち、地点3では、計測期間中一貫して測定箇所周辺に複数の保温袋を置いてセンサーを覆い、それ以外の遺構面上には保温袋を置かない状態でその上から毛布とブルーシートを掛けた状態として、遺構面のほぼ全域を期間中はこのような状態とした。ただし、地点2における凍結防止策は、保温袋と毛布の準備不足から、2013年2月12日以前は測定箇所の真上に保温袋一つを載せた状態で、それ以外の遺構面上には保温袋を置かず、また毛布も被せずに直接ブルーシートを被せただけの状態だった。それを同日以降は、測定箇所周辺の遺構面上を、センサーのない地点も含めて隙間なく保温袋で覆い尽くし、さらに毛布を掛けてからブルーシートを被せる状態に改善した。また、対策なしとした地点1においては2月12日以前は対策を全く行っていなかったが、同日以後はブルーシート一枚だけを直接被せる状態として変更して経過を観察した。



図6. 遺構の図面と計測箇所

4-2. 計測方法

地温の測定は、onset社のTMC6-HDにより、一地点あたり深さ方向に四か所で同時に計測を行った。各地点では、順番に地表面下0cm(すなわち地表温度)、1cm、3cm、6cmの深さの地点にそれぞれセンサーを埋め込み、各ポイントで期間中一時間に一度の割合で継続して温度を計測して自動的に記録した(図7)。地点0における気温の計測は、onset社のHOBO Pro v2により、地温の測定と同じタイミングで一時間に一度計測して自動的に記録した。

4-3. 結果

計測結果は、以下のように纏められる。

まず、地温を深さ方向に比較すると、各地点とも地表面下0cm(地表温度)、1cm、3cm、6cmの順に日最低気温が低く、日最高気温が高い傾向が見られた(図8)。例外的に地点3だけは、地表面下1cmの方が地表面よりも僅かに低い日最低温度を記録する日も見られたが、い



図7. 温度センサーの設置状況

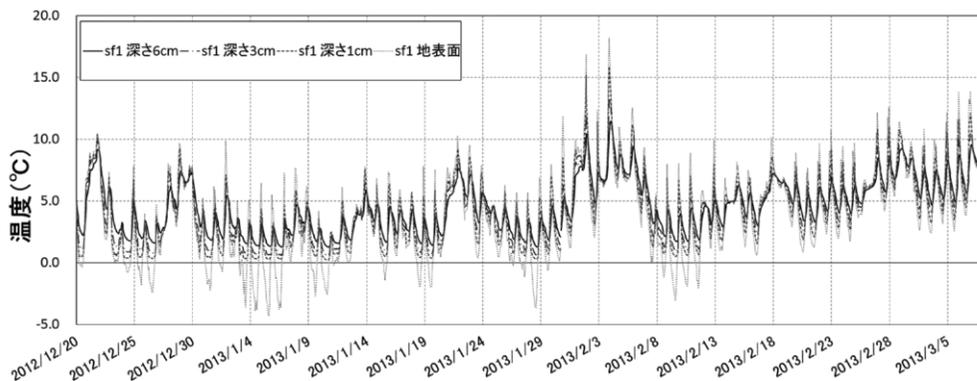


図8. 地点1における深さ方向の温度変化の比較

ずれにしろ全ての地点において、地表面下1 cm よりも深い地点では、今回の計測期間中に氷点下の温度は全く記録されなかった。

次に、対策の有無の違いを地表面温度で記載する。まず、期間中に対策の変更がなかった地点3及び地点4、すなわち日中に日射が供給される地点における対策の有無の影響を見る(図9)。対策のなかった地点4では、期間を通じて地表温度が氷点下になることが頻繁に起きたのに対し、対策があった地点3ではそれが一度も見られなかった。

一方の、途中で対策に変更のあった地点1と地点2、すなわち日中に日射が供給されない地点については、対策の変更前後の状況をそれぞれ記載する。まず、対策があった地点2について、保温袋の不足から対策が十分ではなかった2月12日以前には、僅かに氷点下を記録した日が観察されたが、同期間に対策のなかった地点1では、それを遥かに上回る頻度で氷点下の地表面温度が繰り返し観察された(図10)。対策が変更された2月13日以降には、遺構面上を保温袋で覆い尽くした地点2では、地表温度が氷点下になることは全く起きなかった(図10)。変更後にブルーシート一枚のみをかけた状態となった地点1では、2月13日以降は地表温度が氷点下を記録することはなくなったが、最低温度が0℃近くまで下がることは引き続き観察された。地点1～4の期間最低地表温度及び地点0の気温データと、各地点の平均日較差の値について、それぞれを2月13日前後に分けて表1に示す。地点0の気温、及び対策に変更のなかった地点3と4とでは、2月13日以降になって、それ以前に比べて平均日較差は拡大した。これに対して対策に変更のあった地点1で見ると、対策がなかった状況から2月13日にブルーシート一枚の対策に変更して以降、平均日較差は小さくなった。また、地点2では、保温袋で遺構面を覆い尽くしてから後には、平均日較差が極めて小さくなった。

5. 遺構面の状態

2013年3月8日に、調査再開のために保存対策を全て取り除き、遺構面を再び露出した。その際に、石組遺構や礎石建物遺構を構成する石材自体には、2012年12月20日時点との差異は見出されず、新たな損傷は確認されなかった。ただし、地点2付近では、以前は見られなかった攪乱が遺構面の一部で認められた。同遺跡においては、従来から夏季期間にはモグラの活動に

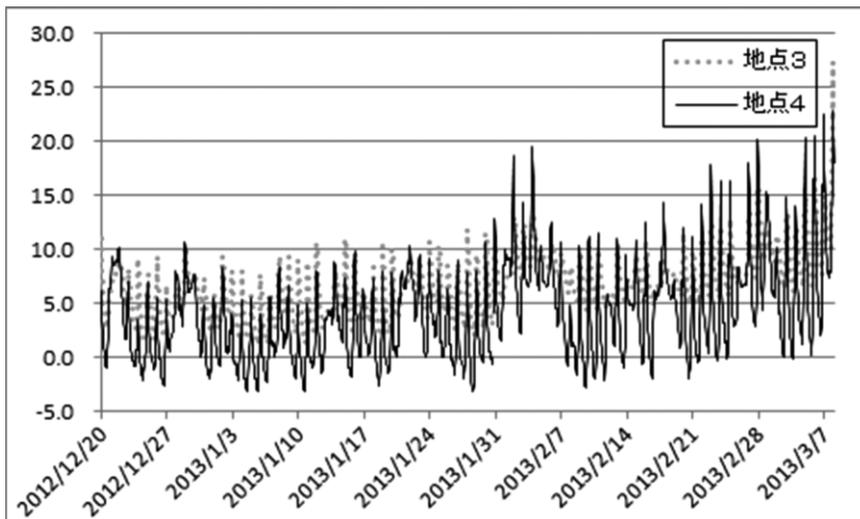


図9. 日射が与えられる環境での対策の有無による地表温度の比較
地点3：対策あり，地点4：対策なし

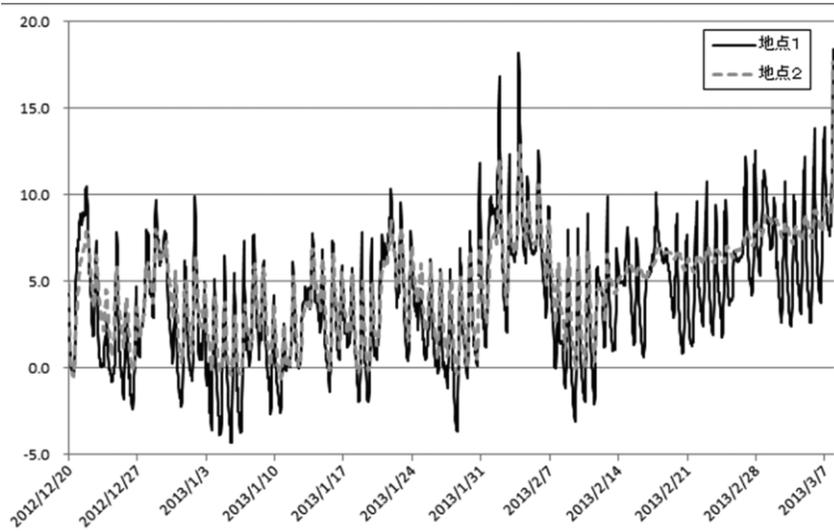


図10. 日射が与えられない環境での対策の有無による地表温度の比較
 地点1：2月12日以前は対策なし、13日以降はブルーシートのみ
 地点2：2月12日以前は対策不十分、13日以降は過剰に対策

表1. 各地点の期間最低地表温度と平均日較差

X：なし，△：シートのみ，○：あり，◎：過剰，*：不十分

地点	12/20～2/12				2/13～3/8			
	日射	養生	最低温度	日較差	日射	養生	最低温度	日較差
0	—	—	-5.0°C	10.4	—	—	-3.2°C	12.6
1	X	X	-4.3°C	7.5	X	△	0.7°C	6.5
2	X	○*	-0.6°C	4.5	X	◎	4.3°C	0.9
3	○	○	1.2°C	5.0	○	○	4.8°C	5.2
4	○	X	-3.2°C	8.1	○	X	-2.0°C	12.7

伴うものかと推測される遺構面の攪乱(図11)が観察されていたが、それが今回の計測中には、厳冬期間中にも起きた可能性がある。なお、攪乱が認められた範囲は特に地点2付近で顕著であり、地点3付近ではそれに比べれば被害は少なく見積もられた。

6. 考察

結果的に厳冬期間中に遺構を構成する石材に凍結劣化は全く認められなかったことから、今回行った遺構の凍結防止策は、総論としてこの地で十分有効に機能したことになる。また、3月8日には速やかに遺構面の原状復帰が行えたことから、作業効率の観点からも有効な遺構保存法と評価される。ただし今回は、特に地点1と2では対策を途中で変更したことで、結果としていくつかの対策レベルが段階的に試みられたことになり、それぞれのレベルの対策としての有効性については、微妙に評価が異なることとなる。まず、ブルーシート一枚を掛けた状態だった地点1の2月13日以降では、確かに氷点下の地温は避けられているが、0°C近くの地表温度が引き続き頻繁に観察されており、地点0におけるこの期間の最低気温が2月12日以前の期



図11. 遺構面の攪乱（厳冬期ではなく別時期に撮影）
中央部の穴は、モグラの活動によるかと推測される。

間に比べて高いこと（表1）を考慮すると、2月12日以前であればこの対策だけでは氷点下の地表温度を防ぐには不十分ではなかったかと推測される。また、保温袋を一つ載せてブルーシートを掛けただけだった地点2の2月12日以前でも、僅かながら氷点下の地表温度が観察されており、現実にはこの地点の石材に今回劣化は認められなかったとは言え、これだけの対策ではまだ不十分である可能性が考えられる。その一方で、保温袋で遺構面を覆い尽くした状態とした2月13日以降の地点2付近では、遺構面の攪乱が認められており、これは対策によって温度変化が極端に小さく保たれた（表1）環境が、かえってモグラの活動を結果的に誘引した可能性も考えられる。ならば遺構の保存を考える際には、単に凍結を防ぐという視点だけでなく、例えばモグラのような、遺構面の保存に影響を与えるような他の要因をもなるべく排除するという視点が必要となるだろう。具体的には、地点3付近では今回は攪乱は顕著ではなかったことから、2月13日以降の地点2で見られたような、極端に温度の安定した状況がなければ、モグラの活動はそれ程誘引されない可能性が期待される。このことから、行き過ぎた遺構面の保温を試みるのではなく、あくまでも遺構面の凍結を防止するための必要最低限の対策が、遺構の保存には総合的に有効に機能するのではないかと考えられる。すなわち、遺構面上を全て保温袋で覆い尽くすのではなく、石材など、特に凍結劣化が懸念される部分だけを複数の保温袋で包むように覆い、それ以外の地点まで保温袋で埋め尽くすことはないように注意して、毛布を掛けた上でブルーシートを被せるという、適度な断熱対策がこの遺跡では最も有効な保存対策なのではないかと判断される。加えて、風車を利用した振動によるモグラ対策など、環境が安定化することに伴う弊害に対する別の対処についても、併用が検討されるべきだろう。

7. まとめ

大分県指定史跡・下藤キリシタン墓地において、土嚢袋に落葉を詰めて作成した保温袋を用いることで、効率的に遺構を覆い、厳冬期間の遺構面の凍結を防止する方法を試みた。温度計測の結果、保温袋の利用で遺構面の凍結は防げることが確認されたが、安定化された環境が動

物の被害を誘引する可能性もあり、対策の適度な適用が必要だろう。

謝辞

本研究は、白杵市内キリシタン遺跡調査委員会の意向を受けて行われたものである。酒井龍一委員長（奈良大学）をはじめとする各委員の方々と、ご協力いただいた白杵市教育委員会に御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 福田正己・三浦定俊・西浦忠輝・松岡憲知：石造遺跡の凍結破壊と樹脂によるその防止効果の実験—石造文化財の凍結 融解による劣化とその防止法に関する研究（I）—，保存科学，**22**，1-15（1983）
- 2) 神田高士：下藤地区共有墓地の発掘調査と16・17世紀のキリシタン墓地—キリスト教遺跡を通してみた，キリシタン時代の野津院—，大分県地方史，**214**，24-52（2012）

キーワード：断熱（insulation）；温度計測（measurement of temperature）；埋戻し（backfill）；動物被害（animal damage）；土嚢（sandbag）

Measures against Freeze Degradation of the Shimofuji Christian Cemetery, Usuki City

Nobuaki KUCHITSU, Masayuki MORII, Hironobu ITO*,
Shinobu YAMAJI* and Takashi KANDA*²

The Shimofuji Christian Cemetery is a site composed of many Christians' tombs of the 16-17th centuries, designated as a historic site of Oita Prefecture. Because the stones constituting the tombs showed typical freeze degradation during the severe winter of 2011-2012, some countermeasures became necessary. As a countermeasure, sandbags were prepared filled with fallen leaves instead of sand, and the bags were named "thermos bags." Then, an attempt was made to cover the ruins with these thermos bags and finally with blue sheets during the severe winter of 2012-2013. Measurement of the temperature on the ground with and without the bags revealed the effectiveness of the proposed countermeasure. However, excessively stable environment due to overuse of the thermos bags may have attracted some animals, like moles, which disturbed the ruins. Therefore, moderate application of thermos bags, preventing freezing but providing not excessively warm condition, is required.

*The Institute for Conservation and Use of Cultural Heritage, Oita

*²Usuki City