

高松市教育委員会・独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所連携研究報告書 第1冊

## 高松市内所在刳拔式石棺調査報告書Ⅱ

2022年3月

高松市教育委員会・独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所



# 例 言

- 1 本書は、高松市内に所在する古墳時代の刳拔式石棺3基（石船塚古墳石棺、三谷石舟古墳石棺、石船石棺）に関する環境調査の報告書である。
- 2 調査地は、次のとおりである。  
調査地： 石船塚古墳石棺（峰山町）  
三谷石舟古墳石棺（三谷町）  
石船石棺（国分寺町新名）
- 3 現地調査及び整理作業は、高松市と独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所（以下、「奈文研」と呼称）が締結した連携研究協定に基づき実施した。
- 4 現地調査は、高松市創造都市推進局文化財課 文化財専門員 波多野 篤・高上 拓と奈文研埋蔵文化財センター保存修復科学研究室長 脇谷 草一郎が実施し、文化財課会計年度任用職員 森原 奈々が補佐した。
- 5 整理作業は脇谷・高上が担当した。
- 6 本報告書の執筆は、脇谷・波多野・高上が実施した。分担は目次に記している。また、編集は高上・波多野が協議して行い森原がこれを補佐した。
- 7 環境調査から整理作業、報告書執筆を実施するに当たって、下記の関係諸機関及び諸氏から御教示及び御協力を得た。  
石船天満宮、春日神社、四国森林管理局香川森林管理事務所、峰山公園管理事務所、  
（有）鷲ノ山石材
- 8 遺構の縮尺については図面ごとに示している。
- 9 上記で得られた全ての資料は、本書刊行後に全て高松市教育委員会で保管している。



# 目次

第1章 調査の経緯と経過	1
1. 本書の内容	1
2. 既往の調査・研究	1
2.1 石船塚古墳石棺	1
3. 調査体制	2
4. 文化財指定等の状況	2
5. 調査の経緯・経過	3
5.1 調査の経緯	3
5.2 調査の経過	3
6. 刊行物	4
第2章 鷲ノ山石製剝拔式石棺の劣化要因に関する調査報告	6
はじめに	6
1. 対象とした石棺の概要	7
1.1 石船塚古墳石棺	7
1.2 三谷石舟古墳石棺	7
1.3 石船石棺	7
2. 調査方法	8
2.1 石材の劣化状態調査	8
2.1.1 目視観察調査	8
2.1.2 エコーチップ試験	8
2.2 環境条件の測定	10
2.2.1 局所的な気象条件の計測	10
2.2.2 開空率の測定	11
2.3 石材表面温度測定	11
2.4 赤外線水分計による石材表面含水率の測定	12
3. 調査結果と考察	16
3.1 観察調査	16
3.1.1 石船塚古墳石棺	16
3.1.2 三谷石舟古墳石棺	16
3.1.3 石船石棺	16
3.2 エコーチップ試験	18
3.3 石棺近傍の局所気象条件の測定	19
3.3.1 気温と湿度	19
3.3.2 開空率と日射量測定	24
3.3.3 降水量	26
3.4 石棺表面温度	26
3.5 赤外線水分計による石棺表面の含水率測定	29
3.6 石棺の劣化に対して保存環境が及ぼす影響の検討	31
4. まとめ	32
第3章 総括	34
1. 環境調査の成果	34
2. 考古学的な調査成果と石棺の劣化・き損の現状	34
3. 各石棺の保存対策の方向性	35

# 挿 図 目 次

図 1	石棺略図（佐藤 1887 より）…………… 1	図 22	石船石棺の表面含水率測定箇所（2019 年 9 月）…………… 15
図 2	石船塚古墳の剝抜式石棺（左：京都帝国 大学 1933 右：北山 2006 より）…… 2	図 23	石船石棺の表面含水率測定箇所（2020 年 10 月）…………… 15
図 3	高松市と独立行政法人国立文化財機構奈 良文化財研究所の協定書…………… 5	図 24	石棺内側の塩析出…………… 17
図 4	石船塚古墳石棺 現況…………… 7	図 25	外面下半の剥離（東から）…………… 17
図 5	三谷石舟古墳石棺 現況…………… 7	図 26	各石棺周辺の気温（調査期間全体）…… 19
図 6	石船石棺 現況…………… 7	図 27	各石棺周辺の気温（冬季）…………… 20
図 7	石船天満宮の石棺に対して目視観察調査 の様子…………… 8	図 28	各石棺周辺の気温（夏季）…………… 20
図 8	石船塚古墳石棺のエコーチップ試験測定 箇所（2019 年 6 月実施）…………… 9	図 29	各石棺周辺の絶対湿度（調査期間全体） 21
図 9	三谷石舟古墳石棺のエコーチップ試験測 定箇所（2019 年 6 月実施）…………… 9	図 30	各石棺周辺の絶対湿度（冬季）…………… 21
図 10	石船塚古墳に設置した温湿度計…………… 10	図 31	各石棺周辺の絶対湿度（夏季）…………… 22
図 11	三谷石舟古墳に設置した簡易気象観測装置 …… 10	図 32	各石棺周辺の相対湿度（調査期間全体） 22
図 12	石船天満宮に設置した気象観測装置…… 10	図 33	各石棺周辺の相対湿度（冬季）…………… 23
図 13	石船塚古墳の全天写真撮影…………… 11	図 34	各石棺周辺の相対湿度（夏季）…………… 23
図 14	石船塚古墳の表面温度測定…………… 11	図 35	石船塚古墳石棺直上の全天球写真（下が南） …… 24
図 15	三谷石舟古墳の表面温度測定…………… 11	図 36	三谷石舟古墳石棺直上の全天球写真（下 が南）…………… 24
図 16	石船石棺の表面温度測定…………… 11	図 37	石船石棺直上の全天球写真（下が南）… 24
図 17	石船塚古墳石棺の表面含水率測定箇所 （2019 年 6 月）…………… 12	図 38	水平面日射量（調査期間全体）…………… 25
図 18	三谷石舟古墳石棺の表面含水率測定箇所 （2019 年 6 月）…………… 13	図 39	三谷石舟古墳石棺近傍の降水量（調査期 間全体）…………… 26
図 19	石船石棺の表面含水率測定箇所（2019 年 6 月）…………… 13	図 40	石船塚古墳石棺の表面温度…………… 27
図 20	石船塚古墳石棺の表面含水率測定箇所 （2019 年 9 月）…………… 14	図 41	三谷石舟古墳石棺の表面温度…………… 27
図 21	三谷石舟古墳石棺の表面含水率測定箇所 （2019 年 9 月）…………… 14	図 42	石船石棺の表面温度…………… 28
		図 43	石船石棺下部の表面温度と露点温度比較 …… 28
		図 44	石船石棺の赤外線吸光度と降水量及び相 対湿度…………… 30

# 挿 表 目 次

表 1	石船塚古墳石棺のエコーチップ試験結果…………… 18
表 2	三谷石舟古墳石棺のエコーチップ試験結果…………… 18
表 3	各石棺直上の開空率…………… 25
表 4	各石棺表面の含水率比較…………… 29

# 第1章 調査の経緯と経過

## 1. 本書の内容

高松市では、市内に所在する刳拔式石棺の保存対策の検討を行っており、その中で、①石棺の考古学的な現況把握（製作技法・破損状況）と、②石棺保存対策を検討するための環境調査を実施している。既に①の一部については報告書を刊行しており（高松市教育委員会・徳島文理大学文学部2021）、事業の目的や経緯等の詳細については、上記報告書を参照いただきたい。本書では、②の環境調査について、独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所（以下、「奈文研」と呼称）と連携研究協定を締結し、平成30(2018)年～令和3(2021)年にかけて実施した成果を報告する。本書で調査の対象としたのは石船塚古墳石棺、三谷石舟古墳石棺、石船石棺の3基である。市内にもう1基所在する浅野小学校所在の石棺については、今回の環境調査の対象とはしていない。

三谷石舟古墳石棺と石船石棺については既往の調査研究の概要等について上記報告書に掲載しているため、本書では石船塚古墳石棺について既往の調査研究の概要を整理したうえで、環境調査の成果を報告する。

## 2. 既往の調査・研究

### 2.1 石船塚古墳石棺

古くは延宝5(1677)年、小西可春の編した『玉藻集』に「船石 天の岩船と云う。石清尾奥谷にあり。」との表現が見え、石船塚古墳の刳拔式石棺が近世には開口していたことがうかがえる。明和5(1768)年の『三代物語』には、「石船 一名天岩舟と云 吾見是 似葬人石郭可疑」とあり、埋葬施設の可能性も推察されている。文政11(1828)年の『全讃史』・嘉永7(1854)年の『讃岐国名所図会』にも、石船塚古墳の石棺に関する記述が見え、石棺がいわば地域の名所として認識されていたことを示す。

石棺に対して、学術的な視点での観察と詳細な報告が行われるようになるのは近代を迎えてからのことである。佐藤勇太郎は、石船塚古墳の石棺を訪れ、略図を提示している（図1）。興味深い点は、石棺身と蓋が正位で組み合った状態で、蓋がやや水平にずらされた状況を図示していることである。現在、当石棺の蓋は天地が逆転しているが、少なくともこの時点では開口しているものの、蓋はひっくり返されていなかったことがわかる。この際、石棺蓋の断面図も図示され、頂部と両側面に特徴的な帯状の突起が存在することを示している。

若林勝邦は、明治24(1891)年に踏査を行い、石船塚古墳の石棺内部を詳細に観察し、枕の表現を報告することで石棺としての用途が想定できることを報告した（若林1891）。

坪井正五郎は明治21(1888)年の踏査で、石船塚古墳の石棺について、蓋が天地逆転していることを報告しており、佐藤の実測から坪井の踏査の間、すなわち

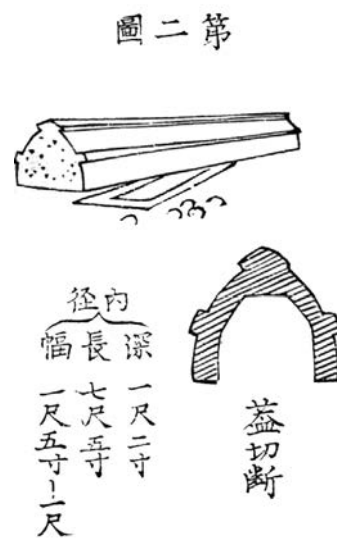


図1 石棺略図（佐藤1887より）

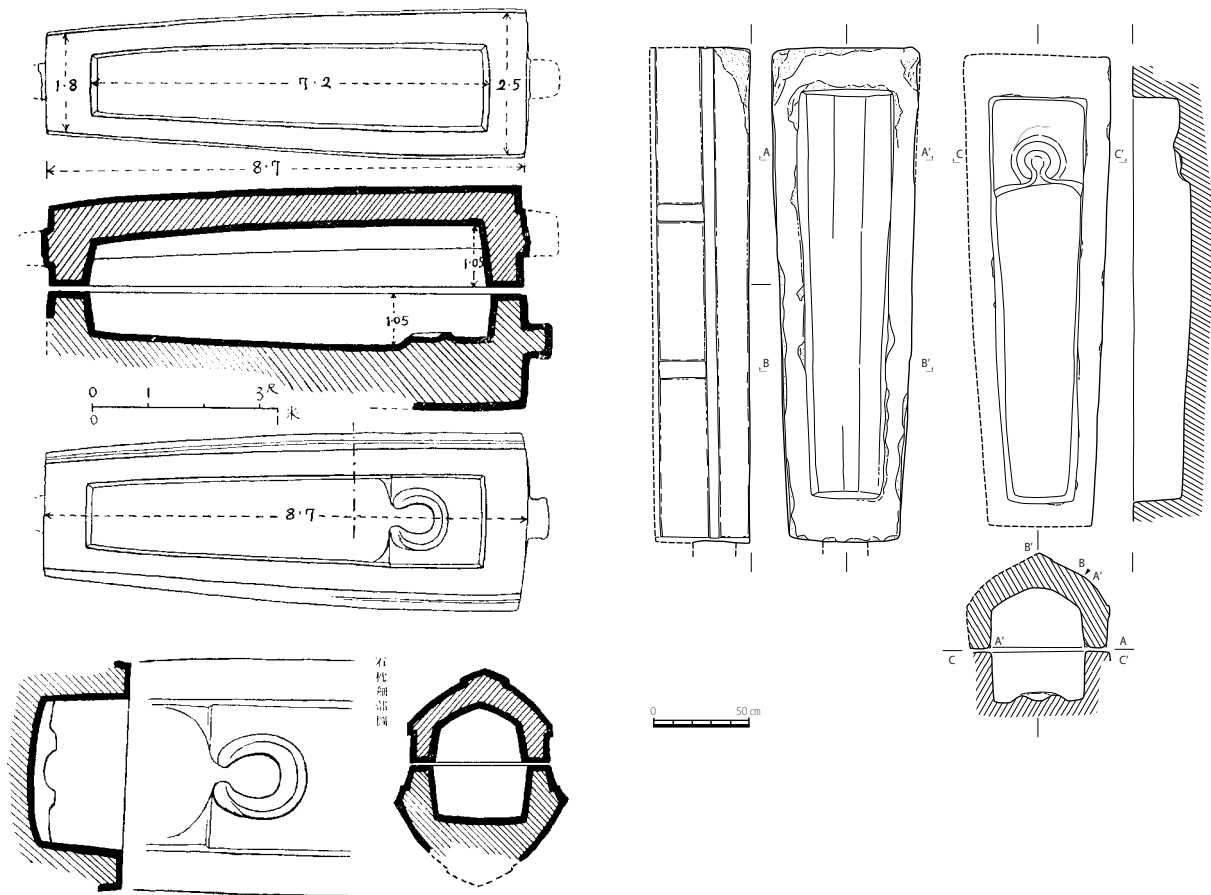


図2 石船塚古墳の剝拔式石棺（左：京都帝国大学 1933 右：北山 2006 より）

1886年～1888年の間に石棺蓋が動かされていることがわかる（坪井 1895）。

昭和6～7（1931～32）年にかけて、梅原末治をはじめとした京都帝国大学考古学研究室による調査がなされ、石棺の図面が作成された（図2左）。石棺の類例を広く探し求め、歴史的な位置づけを試みている点も特徴である。

その後、長らく京大報告の図面が基本図となっていたが、北山峰生により新たに実測図が掲載された（図2右）。京大図面との差異は、まず蓋について、外面に幅広の帯状隆起帯が施され方形に区画されること、頭側の縄掛突起が無いこと、が挙げられる。棺身については、埋没が進んだことによってか、下半の情報が描かれない点が挙げられる。

### 3. 調査体制

環境調査は奈文研と高松市が連携研究協定を締結して実施している。分担として、高松市は機材設置の補助及び定期的なデータの回収を担当し、奈文研は機材の購入と設置指示、データ回収の監督とデータ解析を担当した。

### 4. 文化財指定等の状況

石船塚古墳石棺 石棺そのものの文化財指定はなされていないが、国指定史跡「石清尾山古墳群」中の石船塚古墳の構成要素として現地に保存されている。なお、三谷石舟古墳も石棺は指定されていないが市指定史跡の構成要素である。石船石棺は高松市指定文化財となっている。



## 5. 調査の経緯・経過

### 5.1 調査の経緯

本市が進める国指定史跡石清尾山古墳群保存・整備事業の中でも、墳丘上に露出する石船塚古墳の石棺の保存対策は、優先度の高い課題として検討が急がれる懸案事項であった。

平成 29(2017)年 2月に、奈文研が野外に露出する石造文化財の保存等に関する研修を実施し、史跡石清尾山古墳群保存・整備事業の担当者が当該研修を受講したことが、今回の環境調査を実施する契機である。当該研修において、講師を担当する奈文研の脇谷氏に、3基の石棺は周辺環境や石棺表面の劣化の進行度に明瞭な差異がある点を報告した。

その後、平成 29年 7月に脇谷氏に現地を視察いただき、保存対策についての助言を求めた。脇谷氏からは、古墳上に所在する石棺について、現地に保存できることは文化財にとって重要な価値であるとして、周辺の条件等を把握する環境調査を行い、それらを評価したうえで保存対策を検討するのも一つの方法であるという趣旨の助言を得た。同時期に、本市と徳島文理大学が連携して考古学的な手法による石棺の調査も計画・実施されていたことから、考古学による調査と保存科学的観点による環境調査を進め、双方の知見を持ち寄って石棺の保存対策を検討することを目的として、環境調査を行うこととし、奈文研と本市の連携研究という形態で環境調査の実施に至ったものである。

環境調査の実施に当たっては、石棺を取り巻く環境を考慮して対象となる石棺を 3基選定した。積石塚古墳の後円部墳丘上に露出し、露天にさらされた石船塚古墳の石棺、盛土墳の後円部墳丘上に露出し、墳丘が樹木に覆われた三谷石舟古墳の石棺、石船天満宮の境内に安置され、覆屋で保護された石船石棺である。以上の石棺は異なる環境下にあり、相互に比較検討することで石棺の劣化要因の検討にも有意な情報の取得につながると考え、これらを環境調査の対象とした。

環境調査は、平成 30(2018)年 11月 1日付けで、奈文研と本市が連携研究協定書を締結し、研究期間を 2年として、令和 2(2020)年 10月 31日を終期として開始した。その後、新型コロナウイルス感染症の影響による調査の不足等が生じたため、最終的に令和 3(2021)年 3月 31日までを連携研究の期間として調査を延長した。

### 5.2 調査の経過

環境調査の実施に当たり、平成 30(2018)年 7月～8月にかけて土地所有者等へ環境調査の事前説明を行い、調査の承諾を得た。また、石棺に表面温度の計測機器を取り付けることから、国指定史跡である石清尾山古墳群の石船塚古墳、高松市指定文化財である三谷石舟古墳及び石船石棺について、それぞれ環境調査実施に係る現状変更の申請書を本市教育委員会に提出し、許可を受けた。

奈文研と協定締結後、計測の準備を進め、12月 6日に三谷石舟古墳と石船石棺、12月 7日に石船塚古墳の計測機材を設置し、計測を開始した。なお、計測開始に当たり報道機関に対して環境調査開始に関する資料提供を行ったところ、複数の報道機関から取材を受け、環境調査開始の情報が報道された。

環境調査開始後、2か月に 1回の頻度で本市担当者が計測データを回収し、その都度、回収したデータを奈文研担当者にメールで送信する形で調査を進めた。また、当初は 3か月に 1回程度、奈文研の担当者が本市に来訪し、時期ごとの傾向を詳しく観察するために各種の現地調査を行った。

しかし、令和 2(2020)年 1月以降に、新型コロナウイルス感染症の蔓延により、奈文研担当者が本市に来訪することが困難となり、本市職員によるデータ回収作業を継続し、状況の変化についてその都度、奈文研担当者に報告し、その対処について指示を受ける形でデータ計測を継続した。奈文研担当者の現地調査が十分に実施できなかったことから、連携期間の延長について協議した結果、令和 2(2020)

年 10 月 31 日付けで、主に調査期間を延長する内容の連携研究変更協定書を締結し、研究期間の終期を令和 3 (2021) 年 3 月 31 日に変更した。

令和 2 (2020) 年 10 月に、奈文研担当者の本市への来訪が可能となり、現地での各種調査を行ったのち、計測期間の終期を当初の予定 (令和 2 年 10 月) を延長し、同年 12 月とすることに決定した。その後、同年 12 月 25 日に 3 基の計測機材を全て撤去し、現地での計測作業を終了した。現地調査終了後、データ整理・解析作業を奈文研担当者が進めた。

なお、環境調査の実施期間中に当たる令和元 (2019) 年 8 月 20 日～25 日にかけて、本市と徳島文理大学が石船塚古墳石棺の清掃及び測量調査を行うため、その期間中に石棺の表面温度を計測する機材を取り外し、終了後に復旧した。また、環境調査期間中には、特に石棺の表面温度を計測する機材が破損した事案が複数回あり、その期間のデータが欠測する事態が生じた。

## 6. 刊行物

石船塚古墳の考古学的調査の概要は、高松市市内遺跡概報で報告している。

高松市教育委員会 2020 「史跡石清尾山古墳群 石船塚古墳石棺」『令和元年度市内遺跡発掘調査概報』

### 《参考文献》

笠井新也 1933 「讃岐国石清尾山の石塚に就て」『考古学雑誌』23 - 12

京都帝国大学 1933 『讃岐高松石清尾山石塚の研究』京都帝国大学文学部考古学研究報告第 12 冊

小西可春 1677 『玉藻集』(香川県 1943 『香川叢書』第 3 に所収)

佐藤勇太郎 1887 「讃岐高松古跡」『東京人類学会報告』第 12 号

坪井正五郎 1895 「七年前の三十国巡回日記」『東京人類学会雑誌』第 113 号

北山峰生 2006 「磨白山古墳石棺をめぐる一試考」『香川考古』第 10 号特別号 香川考古刊行会

高上拓 2010 「四国」『日本考古学協会 2010 年度兵庫大会研究発表資料集』日本考古学協会 2010 年度 兵庫大会実行委員会

高松市教育委員会 2018 『石清尾山古墳群 (稲荷山地区) 調査報告書』

高松市教育委員会・徳島文理大学文学部 2021 『高松市内所在剝拔式石棺調査報告書 I』

長町彰 1918 「讃岐国に於ける石枕ある二三の石棺について」『考古学雑誌』9 - 1

藤田憲司 1976 「讃岐 (香川県) の石棺」『倉敷考古館研究集報』第 12 号 倉敷考古館

若林勝邦 1891 「石棺の内部に存せる彫刻の発見」『東京人類学会雑誌』第 66 号

渡部明夫 1994 「四国の剝拔式石棺」『古代文化』第 46 巻第 6 号

渡部明夫 1995 「香川の剝拔式石棺 - 石棺の創出と移動 -」『瀬戸内海地域における交流の展開』古代王権と交流 6 名著出版

## 連携研究協定書

<研究成果の取り扱い>  
第7条 連携研究による成果は、原則として公表できるものとする。ただし、公表の時期・方法などについては、甲乙協議のうえ、定めるものとする。

<協定の解除>

第8条 甲乙は、他の協定者が第3条に規定する連携研究を正当な理由なく実施しないときは、本協定を解除することができる。

<協議>

第9条 この協定に定めのない事項について、これを定める必要があるときは、甲乙協議のうえ、定めるものとする。

この協定の証として本書2通を作成し、甲乙記名押印の上、各自1通を保有する。

平成30年11月1日

甲 奈良市二条町2丁目9番1号  
独立行政法人国立文化財機構  
奈良文化財研究所  
所長 松村 恵 司

乙 高松市番町一丁目8番15号  
高松市長 大西 秀人

別表第1（第2条関係）

区分	氏名	所属機関・職名
甲	協谷 草一郎	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター 主任研究員
	柳田 明進	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター 研究員
	松田 和貴	独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所 埋蔵文化財センター 研究員
乙	波多野 篤	高松市 創造都市推進局 主査

別表第2（第3条関係）

区分	研究の分担
甲	計測データの解析、石材劣化に関する試験
乙	現地劣化状態のモニタリング、計測データの回収

独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所長 松村 恵司（以下「甲」という。）と高松市長 大西 秀人（以下「乙」という。）とは、次の各条により、連携研究を行うものとする。

<連携研究の題目等>

第1条 甲と乙は以下の連携研究を実施するものとする。

(1) 研究題目 石清尾山古墳群のうち石船塚古墳石棺および同質石材石棺の乾湿風化に対して周辺環境がおよぼす影響の検討

(2) 研究目的及び内容

同質石材で作られた石棺の劣化状態の差異から、日射量、降水量などの周辺環境が石材劣化、とりわけ乾湿風化におよぼす影響について検討する。

(3) 研究期間 自 平成30年11月1日

至 令和2年10月31日

(4) 研究実施場所

独立行政法人国立文化財機構 奈良文化財研究所  
高松市役所

<連携研究の担当者>

第2条 甲、乙は、それぞれ別表第1に掲げる者を本連携研究の担当者とする。

<連携研究の分担>

第3条 担当者は、それぞれ別表第2に掲げる研究を分担するものとする。

<施設・設備の提供>

第4条 甲乙は、第1条第4号に掲げるそれぞれの場所の施設・設備を本連携研究の用に供することができるものとする。

<研究の中止又は期間の延長等>

第5条 天災その他研究遂行上やむをえない事由があるときは、甲乙協議のうえ、本連携研究を中止し、又は連携研究期間を延長することができるものとする。この場合、甲乙間においての責を問わないものとする。

<特許出願、実用新案権等の取り扱い>

第6条 担当者が本連携研究の結果、発明を行った場合の特許出願、優先的実施及び実施料等ならびに実用新案権等の取り扱いについては、甲乙協議のうえ、別途定めるものとする。

図3 高松市と独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所の協定書

## 第2章 鷺ノ山石製剝拔式石棺の劣化要因に関する調査報告

### はじめに

一般に石造文化財の保存と聞くと、表面が脆弱となった石造文化財に対して強化処置を目的とした薬剤含浸を実施することと思われるのではないだろうか。勿論、石造文化財に対して、その劣化を引き起こしている原因を究明し、その上で適切な薬剤含浸を施すことは、それらを維持する上で効果的な工程であることに疑いはない。しかし、劣化の原因を究明することで発生を未然に防ぐ、あるいはその進行を緩慢なものにすることも保存科学の大事な役割である。このような保存科学の理念は preventive conservation と呼ばれ、博物館などの屋内で保管される文化財では一定程度浸透したと言えよう。しかし、屋外に位置する石造文化財などを現地保存する場合、石材の強化処置といった薬剤含浸に終始する事例が散見され、環境条件の重要性に関する認識が十分共有されているとは言い難い。これは、石材の透水性や保水性といった物性や、それらを取り巻く周辺環境が遺跡ごとに固有のものであるため、画一的な保存環境の指標を提示することが困難であることが大きな要因と思われる。そして、画一的な指標の提示が困難であるがゆえに、屋外の石造文化財を現地保存するためには、石材の物性や周辺環境といった遺跡ごとに固有の情報を把握し、それらの相互作用としての石造文化財の劣化が、どのようなメカニズムで進行しているのか、その理解が遺跡ごとに求められることになる。

このような理由から、本稿に記した調査事例は、あくまで鷺ノ山石製剝拔式石棺の現地保存にかかる個別の事例紹介であって、一般化された石造文化財の現地保存法を提示するものではない。しかし、これらの現地保存に至るまでの調査、検討の過程を記すことで、石造文化財を現地保存するためには、強化処置や撥水処理といった薬剤含浸による一時の対策だけでは必ずしも十分ではなく、保存環境を調整しながらそれらを維持するというアプローチが不可欠である、という認識を共有することが本稿の目的である。

ここで、少し石の劣化について触れておく。石は種類によってその特性が実に様々である。石造文化財に使用される石材の中でも、たとえば花崗岩や安山岩などの火成岩は緻密な組織を有し堅牢なものが多い。一方で、砂岩などの堆積岩や火山噴出物が凝固した凝灰岩などは内部に空隙を有するものが多く、一般に軟岩として分類される。これらの石材の強度が低い原因は、石を構成する粒子の接着が緩い、あるいは接着面積が占める割合の低さに起因する。そしてこれらの破壊には石材内部に浸透した水が大きく影響を及ぼしている。このような理解から、石造文化財に対しては先述のとおり、基質強化処置と撥水処理が一般に実施される。しかし、一般に基質強化処置に使用される薬剤はシリコンを主成分とするもので、決して強固に基質を固めることを目的としていない。つまり、石材の破壊を引き起こす力に抵抗するのに、十分な強度を得られるとは限らない。実際、筆者らは奈良県と大阪府の県境に位置する二上山から産出する凝灰角礫岩を対象として、基質強化剤の塗布含浸をおこない、引張強度の変化を実測した。その結果、基質強化処置を実施した試料の引張強度は、石材の水分量が急激に変化する際に発生し得る応力と概ね同等の値にとどまっており、破壊を抑制するのに十分な強度とは言い難い。また、撥水処理については、処置直後は十分な撥水性を示すものの、屋外に位置するものの場合、その効果が持続する期間は限定的で、比較的短期間で再処理が必要となる。このようなことから、石材に水が浸透することを起点とする劣化が生じている石造文化財の現地保存を図る場合には、薬剤含浸による対処療法は十分ではなく、劣化を引き起こしている環境条件の調整の併用が不可欠と言える。

本研究では、いずれも鷺ノ山から産する同質の石材で造られ、異なる保存環境におかれた剝拔式石棺



の劣化状態と保存環境の比較研究から、本石棺の現地保存において適した環境条件を検討することを目的とした。

## 1. 対象とした石棺の概要

ここでは本調査の対象とした3つの石棺、すなわち石清尾山石船塚古墳石棺（以下、石船塚古墳石棺と表記する）、三谷石舟古墳石棺、及び石船石棺それぞれについて、地盤との位置関係について概略を述べる。

### 1.1 石船塚古墳石棺

石船塚古墳石棺は墳丘頂部、すり鉢状の窪みの底部に存置されている。蓋は開けられ天地が反転した状態で身の横に置かれている（図4）。人頭大の石材を積み上げて作られた墳丘に石棺の身は埋もれた状態にあり、降雨時にはその内部が湛水状態となる。一方、蓋は埋もれてはおらず、底面の一部が墳丘と接するのみである。



図4 石船塚古墳石棺 現況

### 1.2 三谷石舟古墳石棺

三谷石舟古墳石棺も墳丘に存置されており、身の下半ほどが地盤内部に対してやや斜めに据えられている（図5）。蓋を伴っていないため、やはり降雨時には身の内部が湛水状態となる。石船塚古墳とは異なり、墳丘地盤は土壌で形成されている。



図5 三谷石舟古墳石棺 現況

### 1.3 石船石棺

石船石棺の来歴については（高松市教育委員会他2021）に詳細が記されている。保存環境に関する点だけを抽出すると、本石棺は中世末頃には露出しており、その後石舟池の湖畔にあったものが明治42（1909）年に引き揚げられ、現在の石船天満宮境内に祀られた。これ以降、しばらくの期間、石棺は露天にさらされた状態にあった。また、石棺の頭部側には扁平な岩石を敷いているが、その他の底面は地盤表面に直接接する状態で置かれていた。その後、現在の覆屋が設置されるが、石棺自体は地盤に直接据えられた状態にあった。覆屋の正確な設置時期は不明ではあるものの、平成17（2005）年撮影の写真には認められる。そして、それ以降に石棺の頭部側及び足側に人頭大の岩石が敷かれて、その上に石棺は据えられている。これ以降、石棺は地盤とは接していない現在の状態で保存されている（図6）。



図6 石船石棺 現況

## 2. 調査方法

各石棺の劣化状態とそれら周辺の環境条件を把握するため、原則季節毎に現地調査を実施するとともに、それぞれの石棺が所在する石船塚古墳、三谷石舟古墳及び石船天満宮において、局所的な気象条件の長期モニタリングを行なった。調査項目とその詳細を以下に述べる。

### 2.1 石材の劣化状態調査

#### 2.1.1 目視観察調査

各石棺の劣化状態について目視観察を実施した。観察は現地調査を実施した2018年12月、2019年3月、6月、9月の季節ごとに現地調査を行なった。その後、新型コロナウイルスの感染拡大の影響で、現地調査を約1年間延期せざるを得ない状況が続き、2020年10月に5回目の調査を実施した。また、石船石棺では、外側表層に層状剥離が顕著に生じている。その劣化の進行の有無を確認するため、石棺の南側にカメラを設置して、表層剥離が生じている箇所の間欠撮影を行なった。

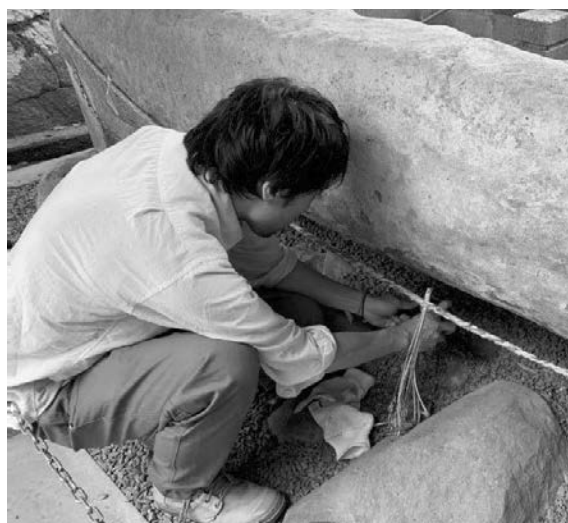


図7 石船天満宮の石棺に対して目視観察調査の様子

#### 2.1.2 エコーチップ試験

エコーチップ試験はシュミットハンマーと大略同じ原理で材料の反発を評価するものである。微小な球形のインパクトボディがシュミットハンマーのハンマーに相当し、これをばねの力で測定対象試料表面に打撃し、その跳ね返り時の速度、すなわち反発速度を測定するものである。インパクトボディの反発速度を打撃速度で割った商を1000倍した数値をL値として算出し、この値から反発強度を評価する。

$$HL = \frac{V}{V_0} \times 1000$$

V：インパクトボディの反発速度

V<sub>0</sub>：インパクトボディの打撃速度

エコーチップ試験は、試料に与える打撃エネルギーが極めて小さいため、試料への影響は無視することが可能な範囲で強度試験を行うことができる。そのため、石造文化財の反発強度を評価する際に有効な手法と言える。



2019年6月の調査時にエコーチップ試験を実施した。石船塚古墳石棺では蓋の内側と外側の両面と、身の内側で測定した。測定箇所を図8に示す。三谷石舟古墳石棺では、身の内側と外側の両面で実施した(図9)。一方、石船石棺では、身の外側に石材表層の剥離が多数認められたことから、エコーチップ試験は危険と判断し、本試験を実施していない。

測定に使用した機材はProceq社製Equotip Piccoloで、各測定箇所に対して5回ずつ測定した。5回の測定値の平均値を各測定箇所の反発強度とした。

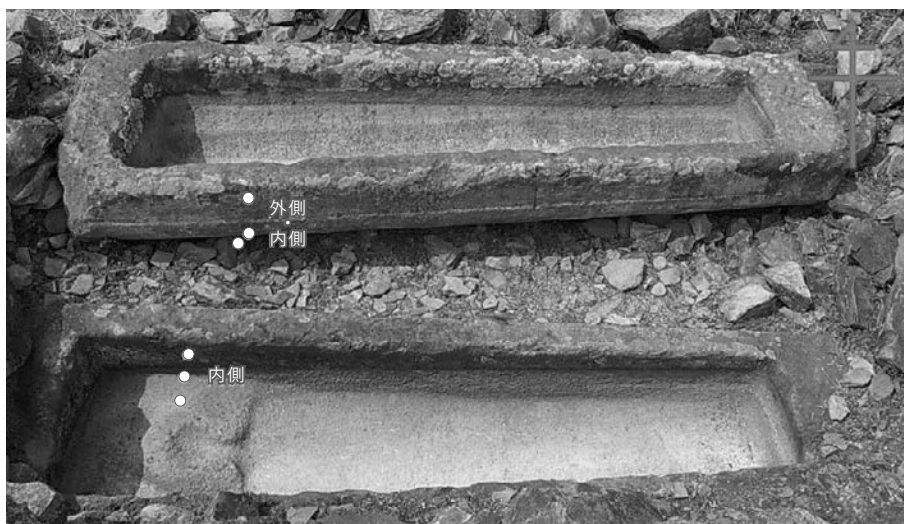


図8 石船塚古墳石棺のエコーチップ試験測定箇所(2019年6月実施)

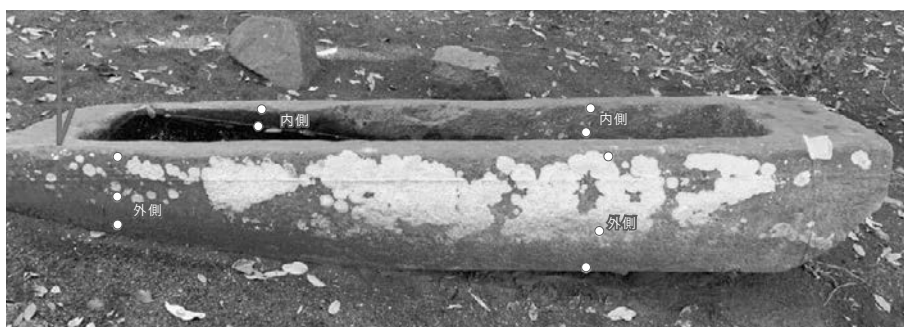
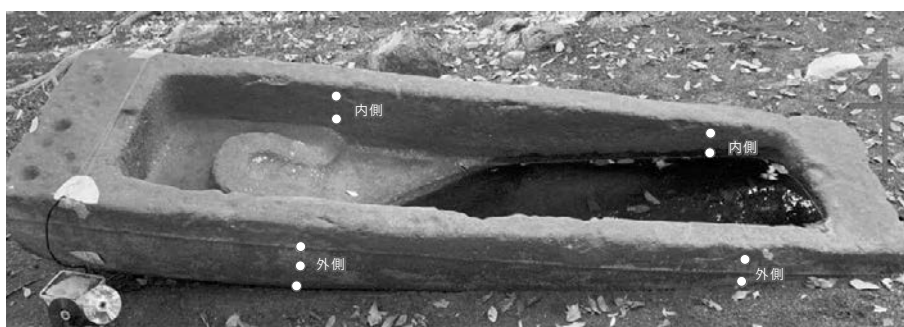


図9 三谷石舟古墳石棺のエコーチップ試験測定箇所(2019年6月実施)

## 2.2 環境条件の測定

### 2.2.1 局所的な気象条件の計測

それぞれの石棺が置かれた石船塚古墳、三谷石舟古墳及び石船天満宮の局所的な気象条件を把握するため、2018年12月にそれぞれの石棺近傍において、簡易な気象観測装置を設置した。

石船塚古墳では、墳丘近傍に整備された古墳の案内板の支柱に温湿度計 (Onset 社製、HOBO Pro v2 U23-001A) を設置した (図 10)。また、石棺は墳頂部に位置しており天に対して遮蔽するものがないため、高松地方気象台が測定する気象条件と概ね同一のものと考え、実測はおこなわず、気象庁が公表する測定値を援用した。

三谷石舟古墳の墳丘は疎林に覆われ、石棺もその内部に位置することから、降雨と日射は一定量樹木によって遮蔽されている。そのため、ここでは両者を実測することとして、石棺直近の疎林内部において日射計 (Apogee 社製、シリコン日射センサー SE-SP-110) 及び雨量計 (Onset 社製、RGB-M002) を設置した (図 11)。また、温湿度計は石船塚古墳と同じものを設置した。

石船天満宮の石棺には覆屋が設置されているため、降雨は遮蔽されており雨量計は設置していない。また、日射については太陽高度が低くなる季節、時間帯では直達日射が石棺に照射されると考えられること、またそのほかの時間帯においても方位とは無関係の散乱光、すなわち天空光が照射されていることから、三谷石舟古墳と同じ日射計を設置した。また、ここでも上記2箇所と同様の温湿度計を設置した (図 12)。また、先述のとおり石船石棺は石材の上に置かれて地盤から切り離された状態にあるが、地盤から蒸発した水分が石棺底部の水分状態に対して影響を及ぼす可能性も考えられる。そこで、2019年9月に石棺足側の地盤直上に温湿度計を追加で設置した。上記の簡易な気象観測機材を用いて、設置後2020年12月までおよそ2年間の気象条件を取得した。



図 10 石船塚古墳に設置した温湿度計



図 11 三谷石舟古墳に設置した簡易気象観測装置



図 12 石船天満宮に設置した気象観測装置



### 2.2.2 開空率の測定

開空率とは、ある点から天を見たときの天球の表面積において、障害物に遮られることなく見ることができ空の割合を指す。開空率が高い環境では、当然日射や降雨の影響が露天におけるものに漸近することになり、気象条件の変化が直接屋外文化財に及ぶことになる。反対に、開空率が低い場合は、日射や降雨が遮蔽されるとともに、寒冷地では夜間放射（放射冷却）による凍結破碎の危険性も低減することとなる。

そこで、気象条件が各石棺に与える影響を評価するために、それぞれの石棺が置かれた場所において開空率の測定を行った。測定では、魚眼レンズ (Sigma 社 8mm F3.5 EX DG CIRCULAR FISHEYE) を装着したカメラで石棺直近から全天空写真を撮影した (図 13)。得られた画像に対して、全天空写真解析プログラム CanopOn 2 (参考文献、<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/>) を利用し、各場所の開空率を算出した。



図 13 石船塚古墳の全天写真撮影



図 14 石船塚古墳の表面温度測定

### 2.3 石材表面温度測定

屋外に位置する石造文化財の物理的な劣化要因としては、塩析出や乾湿繰り返し劣化、あるいは寒冷地では凍結破碎などが考えられる。これらはいずれも石材に対して水と熱が供給されたり、あるいは蒸発、放射されたりすることで、石材表面で結露が生じたり、あるいは石材内部の水が蒸発や凍結するなどの、水と熱の移動が深く関わっている。すなわち、石造文化財の保存環境としては、水と熱の移動が抑制された安定した状態が好ましいと考えられる。これらの劣化リスクについては、石材の表面温度からある程度評価することが可能であることから、ここでは石材表面温度のモニタリングを実施した。

使用した温度計は T&D 社製の TR-52i で、サーミスタ式のセンサーである。これらを図 14 から図 16 に示すように、石船塚古墳石棺では身と蓋にそれぞれ 1 箇所ずつ、その他の 2 つの石棺では身の上下 2 箇所に設置して、石棺の表面温度を測定した。石棺表面温度の測定期間は気象観測と同じである。



図 15 三谷石舟古墳の表面温度測定

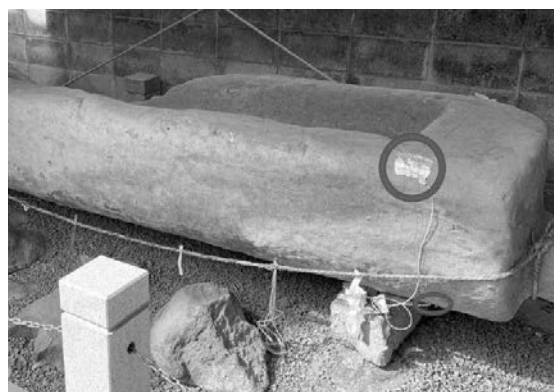


図 16 石船石棺の表面温度測定

## 2.4 赤外線水分計による石材表面含水率の測定

先述のとおり、石造文化財の保存環境を評価するためには、水の移動についても測定することが望まれる。しかし、現在のところ測定対象試料に対して非破壊で水分量を連続測定するセンサーは存在しない。そこで、本調査では現地調査時の手計りの手法ではあるが、試料に対して非破壊、非接触で材料表面の水分量を測定可能である赤外線水分計を用いて、3つの石棺表面の含水状態に関する調査を実施した。これは装置から試料に対して照射される赤外線が、材料に含まれる水によって一部吸収され、残りが再び装置へと反射される。このとき吸収される割合は試料中の水分量によって決まることから、赤外線の照射量と反射量の比を求めることで試料中の水分量を推定する手法である。

測定には赤外線水分計 Kett 社製、KJT-100 を用いた。石船塚古墳石棺と三谷石舟古墳石棺に対しては2019年6月11日と同年9月25日に、また、石船石棺に対しては2019年6月12日と同年9月26日にそれぞれ1回ずつ測定を行った。2019年6月の調査時の測定箇所を図17から図19に、また2019年9月の調査時のものを図20から図22に示す。さらに、石船石棺については、石棺表面の層状剥離が顕著であり、これらの劣化に対して水が大きく影響を及ぼしていると推測されたことから、2020年10月8日から10日にかけて、日中に約1時間間隔でインターバル測定を行った。この時の測定場所を図23に示す。

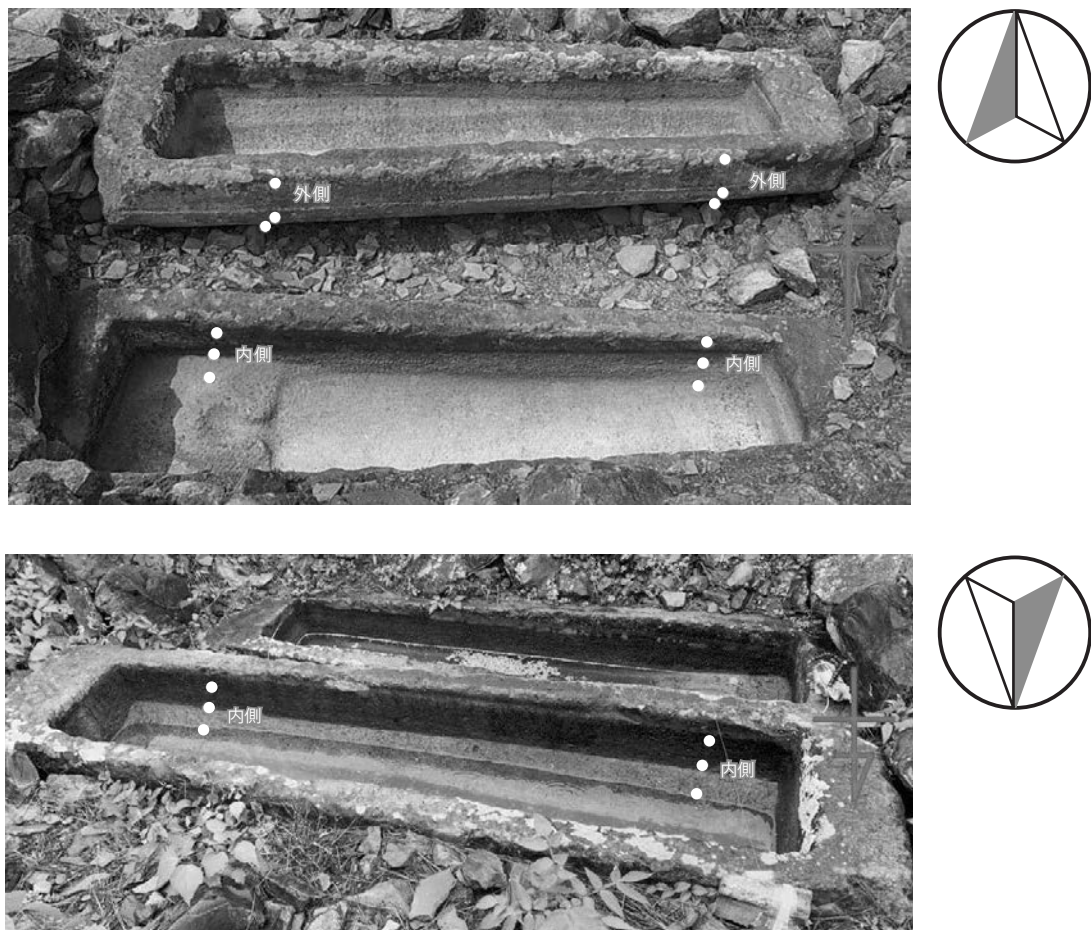


図17 石船塚古墳石棺の表面含水率測定箇所（2019年6月）



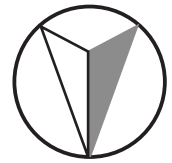
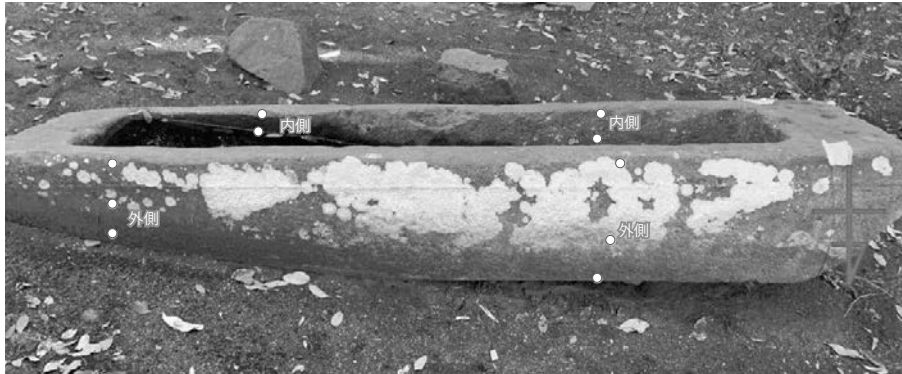
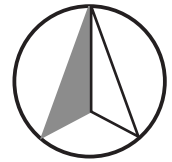


図 18 三谷石舟古墳石棺の表面含水率測定箇所（2019年6月）

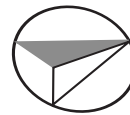


図 19 石船石棺の表面含水率測定箇所（2019年6月）

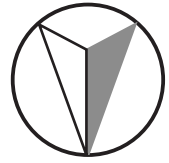
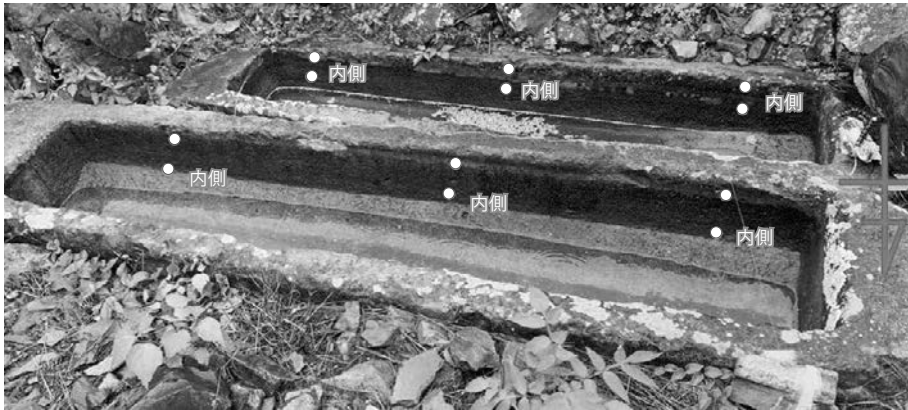
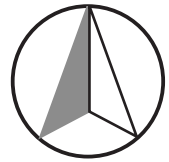
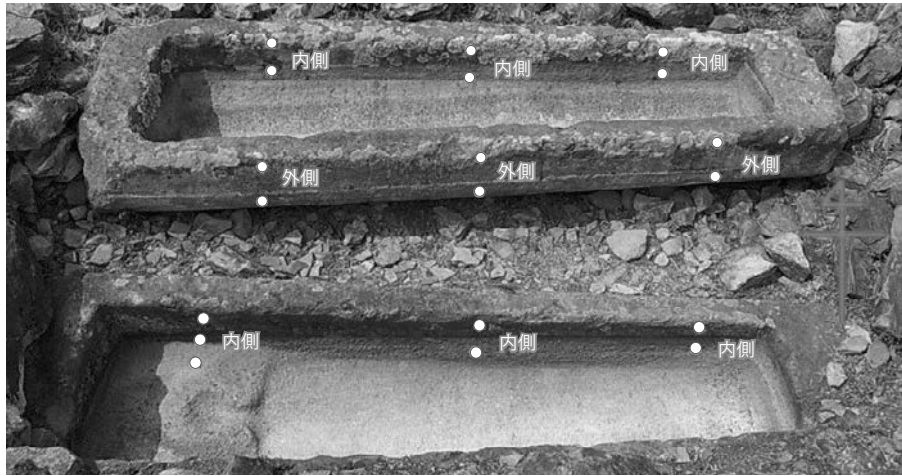


図 20 石船塚古墳石棺の表面含水率測定箇所（2019年9月）

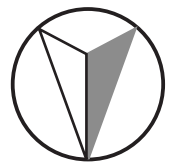
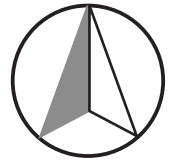


図 21 三谷石舟古墳石棺の表面含水率測定箇所（2019年9月）



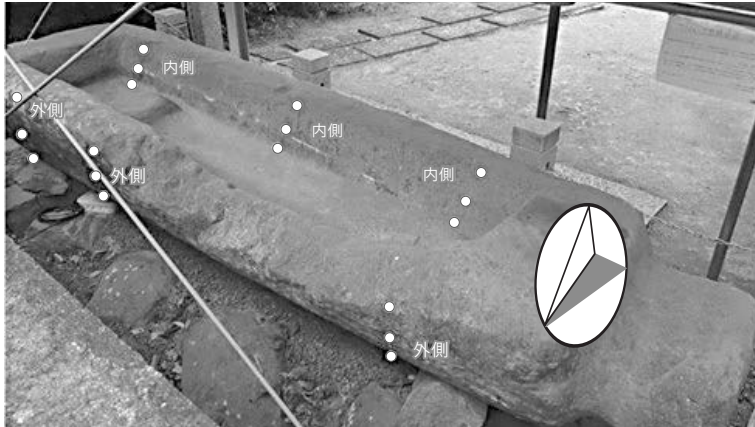
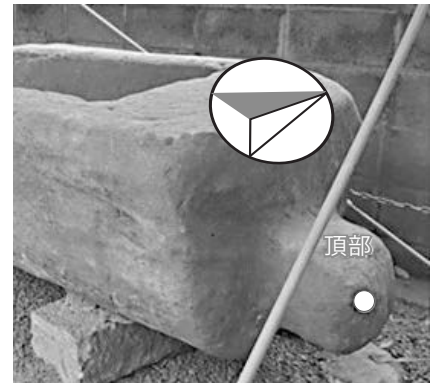


図 22 石船石棺の表面含水率測定箇所 (2019年9月)

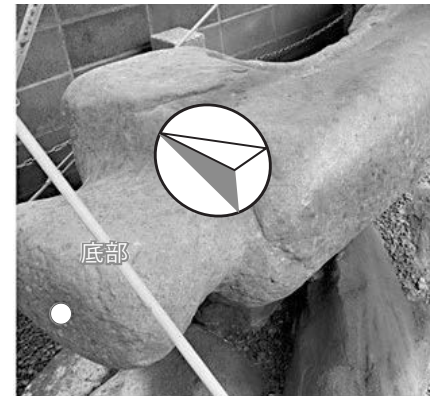
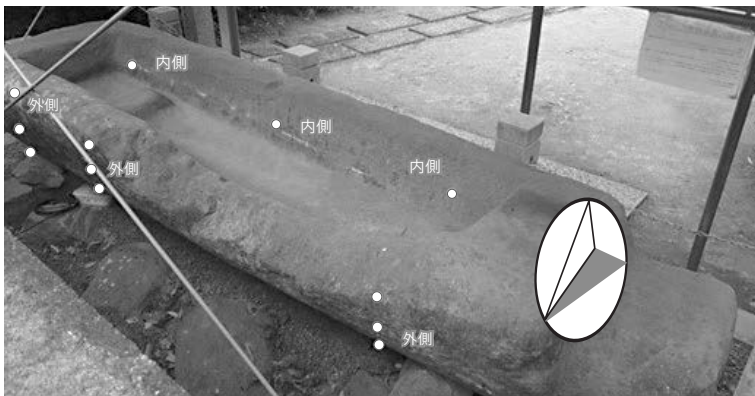
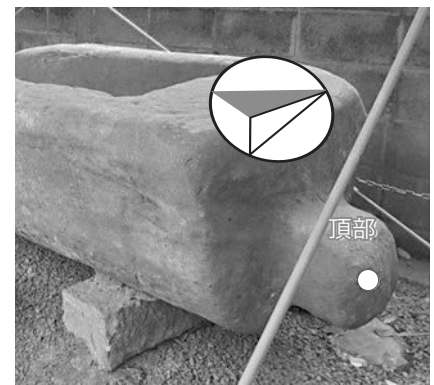


図 23 石船石棺の表面含水率測定箇所 (2020年10月)

### 3. 調査結果と考察

#### 3.1 観察調査

今回調査対象とした石棺に使用されている石材は、いずれも高松市国分寺町に位置する鷲ノ山から産出する輝石角閃石安山岩である<sup>1)</sup>。有色鉱物として普通輝石、シソ輝石及び普通角閃石を含む、比較的軟質の安山岩である（長谷川論文）。長谷川らによる同質石材の物性測定から吸水率はおよそ3.2%であることが示されており、石材内部の空隙量は少なく透水性が低い石材と推察される。以下に各石棺の周辺環境と石棺の劣化状態について所見を記す。

##### 3.1.1 石船塚古墳石棺

先述のとおり、墳丘は比較的粒径の大きな石材から構成されており土粒子分に乏しい。そのため、墳丘自体の保水性は極めて低く、供給された雨水は速やかに墳丘地盤下方へと排水されるものが殆どで、石棺石材の毛管力による地盤から石棺石材への給水は生じないと考えられる。また、墳丘には夏期には下草が繁茂するものの、日射などを遮蔽する樹木が生育していないため、頂部に位置する石棺は極めて開空率の高い環境に置かれている。

石棺表面の殆どは地衣類や藻類に覆われており、石棺表面の一部では表層の剥離が認められる。これらの剥離箇所は蓋の側面が中心で、天空に面した上端面では認められないことから、これらの剥離の原因は凍結破砕とは異なるものと推察される。蓋の側面には加工の痕跡も認められており、比較的保存状態は良好と考えられる。

##### 3.1.2 三谷石舟古墳石棺

石船塚古墳とは異なり、墳丘地盤は土壌で形成されている。また、墳丘全体が樹木で覆われており、地盤表面はそれらからの落葉で常に覆われている。このように石棺は疎林内部に位置することから、石棺周辺地盤からの水分蒸発は抑制された環境にあり、地盤は常に含水率が高い状態にあるものと推察される。

石棺表面は緑色を呈する藻類あるいは蘚苔類に覆われているが、枕や石棺外側の突線の線刻が明瞭に認められ、保存状態は非常に良好である。石棺内部には白色を呈する析出物が水平に分布する様子が認められる。これは内部が湛水状態になった際にその水面付近で何らかの塩が析出したものと考えられる。しかし、その周辺で石材表面の劣化が認められないことから、塩析出は石棺の物理的な劣化を引き起こすものではないと考えられる。また、石棺の周囲には石が欠けたような割れ口が数箇所確認される。これらの破面は鋭利であることから、突発的な事象によって石材の割れが生じたもので、進行性の石材の劣化とは原因を異にするものと考えられる。以上のように、塩の析出や乾湿繰り返しなどに起因する、いわゆる進行性の劣化が認められないことから、3つの石棺の中でも最も保存状態が良好と言える。

##### 3.1.3 石船石棺

現在、石棺が保存されている覆屋内部では地盤表面に碎石が敷かれているが、周辺には比較的粘質な土壌が露出しており、これらは排水が緩慢な地盤と推察される。また、石棺が置かれた地盤は西から東に向かって下る斜面地になるため、降雨時には石棺の西側から雨水が表流水として流入する様子が認められた。さらに覆屋には雨樋が備わっていないため、雨水は石棺近傍の地盤に直接浸透する状態にある。このような環境にあることから、本石棺が置かれている周辺地盤は含水率が常に高い状態にあると考え



られる。

石棺の内側では、表面が失われている箇所が散見され、これらの箇所では白色の析出物が認められた(図24)。したがって、これらの劣化要因は塩析出と考えられる。一方で、この塩析出による劣化箇所は、調査を通して拡大する様子が明確には認められなかったことから、現在の環境、すなわち覆屋の下で地盤とは縁を切った状態では、塩析出による劣化は進行していないと考えられる。石棺外側は北側と南側で大きく劣化状態が異なる。北側表面は地衣類や褐色を呈する藻類に覆われているものの、石材表面の劣化は認められない。一方、南側は藻類や地衣類は一切認められないものの、下半を中心に表層の浮き、剥離が顕著に進行している(図25)。一般に塩は冬季に析出が顕著になるが、石船石棺の調査では冬季においても、これらの劣化箇所において塩が一切認められなかったことから、これら石棺表面の劣化要因は塩析出とは異なるものと考えられた。



図24 石棺内側の塩析出



図25 外面下半の剥離(東から)

### 3.2 エコーチップ試験

石船塚古墳石棺及び三谷石舟古墳石棺のエコーチップ試験結果をそれぞれ表1、表2に示す。表1に示した結果から、石船塚古墳石棺ではL値で表される反発強度にややばらつきが認められ、最大値は704、最低値は457であったが、概ね500から600前半の間の値を示した。また、石棺表面に剥離が認められた蓋の外側の値は他と比較しても概ね同等の値を示した。すなわち、これらの劣化は石材が脆弱となったことに起因するものではなく、環境条件の差異によって局所的に石材の劣化が発生したことを示唆する結果と考えられる。

表2に示した三谷石舟古墳石棺に対するエコーチップ試験結果も石船塚古墳石棺と概ね同様の結果を得た。すなわち、測定箇所ごとに測定値にばらつきは認められるものの、L値は500前後から600前後の値を示す箇所が多かった。また、左側足部内側は他と比較して低い値を示した。これは石棺が湛水状態にあることが多く、石材が高い含水状態にあったことが原因と推察される。あくまで反発強度に類する評価基準ではあるが、本試験の結果からは最も保存状態の良い三谷石舟古墳石棺と劣化が認められる石船塚古墳石棺の間で、強度に優位な差異は認められなかった。これらの結果から、現在異なる保存状態を示す3つの石棺は概ね同等の強度を維持しており、石棺表面の劣化の差異は、石棺の周辺環境の差異に起因するものであると推察される。そして、劣化の進行を抑制する環境条件に調整することが、石棺の保存のためには不可欠のことと考える。

表1 石船塚古墳石棺のエコーチップ試験結果

L値 [-]			
蓋	頭部外側	上	611
		中	576
		下	514
	頭部内側	上	604
		中	601
		下	572
身	頭部内側	上	457
		中	704
		下	516

表2 三谷石舟古墳石棺のエコーチップ試験結果

L値 [-]				L値 [-]			
右*	頭部外側	上	593	左*	頭部外側	上	485
		中	539			中	723
		下	630			下	626
	頭部内側	上	478		頭部内側	上	551
		中	691			中	519
	足部外側	上	618		足部外側	上	571
		中	456			中	590
		下	590				
	足部内側	上	506		足部内側	上	444
		中	477			中	430

\*ただし、三谷石舟古墳石棺の頭部を上に対したときの左右



### 3.3 石棺近傍の局所気象条件の測定

#### 3.3.1 気温と湿度

各石棺の周辺で測定した気温について、調査期間全体の結果を図 26 に、冬季の代表値として 2020 年 1 月 1 日から 5 日間の測定結果を図 27 に、同様に夏季の代表値として 2020 年 7 月 25 日から 5 日間のものを図 28 に示す。

図 26 に示した結果から、いずれの測定箇所においても概ね気象台データと同等の値を示した。図 27 から冬季の結果を比較すると、三谷石舟古墳では日周期の振幅、すなわち日較差が他の 2 か所と比較して小さな値を示した。疎林に覆われていることから、放射冷却の影響が緩和されることが原因と考えられる。また、石船石棺（下）で測定した結果も、夜間の気温の低下が比較的抑制された。これは地盤の熱容量が大きい、すなわち地盤は熱の移動量に対して温度変化が小さい材料であることが影響を及ぼしていると考えられる。一方、石船石棺（下）の日中の気温が急激な上昇を示した理由は、冬季に太陽高度が低下するため、直達日射が温湿度センサーにあたっていたことが原因と考えられる。図 28 に示した夏季の結果を比較すると、いずれの測定箇所でも日較差は概ね同じ大きさを示した一方で、石船石棺（下）では日較差が小さな値を示した。先述のとおり、熱容量の大きな地盤の影響を受けたためと考えられる。これらの結果から、石棺周辺の気温はいずれの石棺も概ね同じ条件にあることがあきらかとなった。

次に、図 26 から図 28 と同じ期間の絶対湿度を図 29 から図 31 に示す。図 29 に示した結果から、年間の変動ではいずれの測定箇所においても絶対湿度に有意な差異は認められなかった。図 30 に示した結果から、石船石棺（下）では他の測定箇所と比較して常に高い絶対湿度を示し、特に日中にその差は広がる様子が認められた。これは地盤からの水分蒸発によって地盤直上では他と比較して水蒸気圧がわずかに高いこと、また、冬季の日中は直達日射の影響で地盤からの水分蒸発が一層促進されるため、日中は大気中の絶対湿度が一層増加することによるものと考えられる。一方、図 31 に示した結果から、

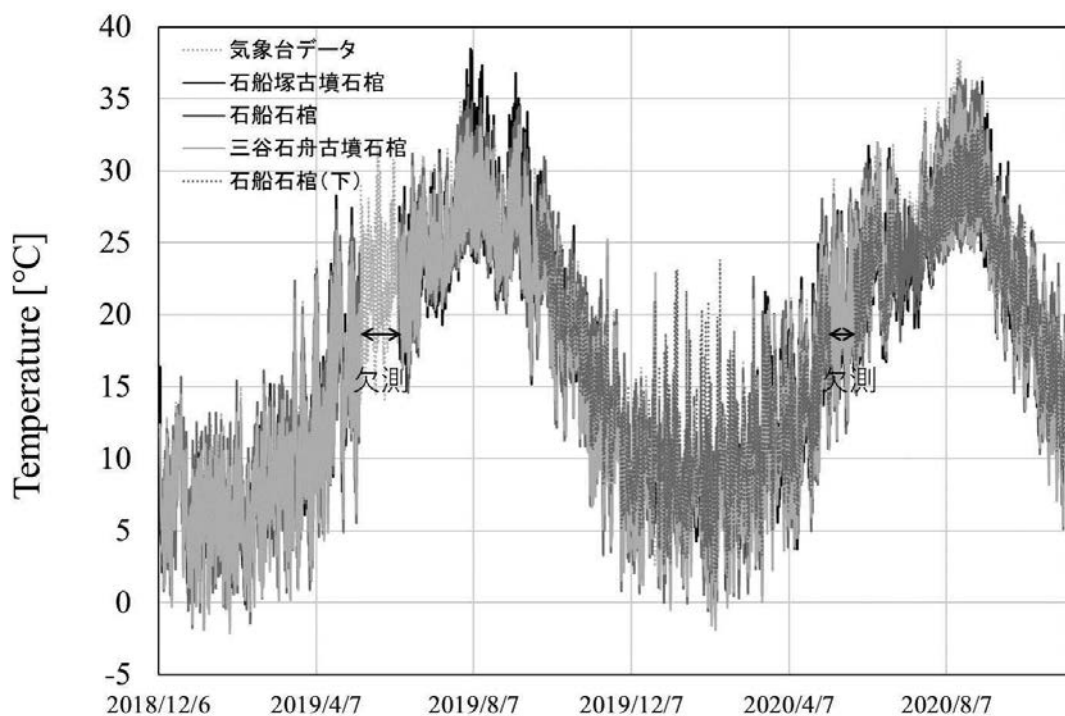


図 26 各石棺周辺の気温（調査期間全体）

夏季はいずれの測定箇所も概ね同じ絶対湿度を示しており、場所による差異が生じていないと考えられる。

同様に、調査期間全体とそれぞれ冬季と夏季の代表5日間の相対湿度を図32から図34に示す。相対湿度は、気温と絶対湿度の両者の影響を受けるため、測定箇所ごとのばらつきが認められた。冬季には石船石棺でやや高い値を示し、夏季では一様に夜間は露点温度に達している様子が認められたが、大局的にはいずれの箇所においても同様の傾向を示した。

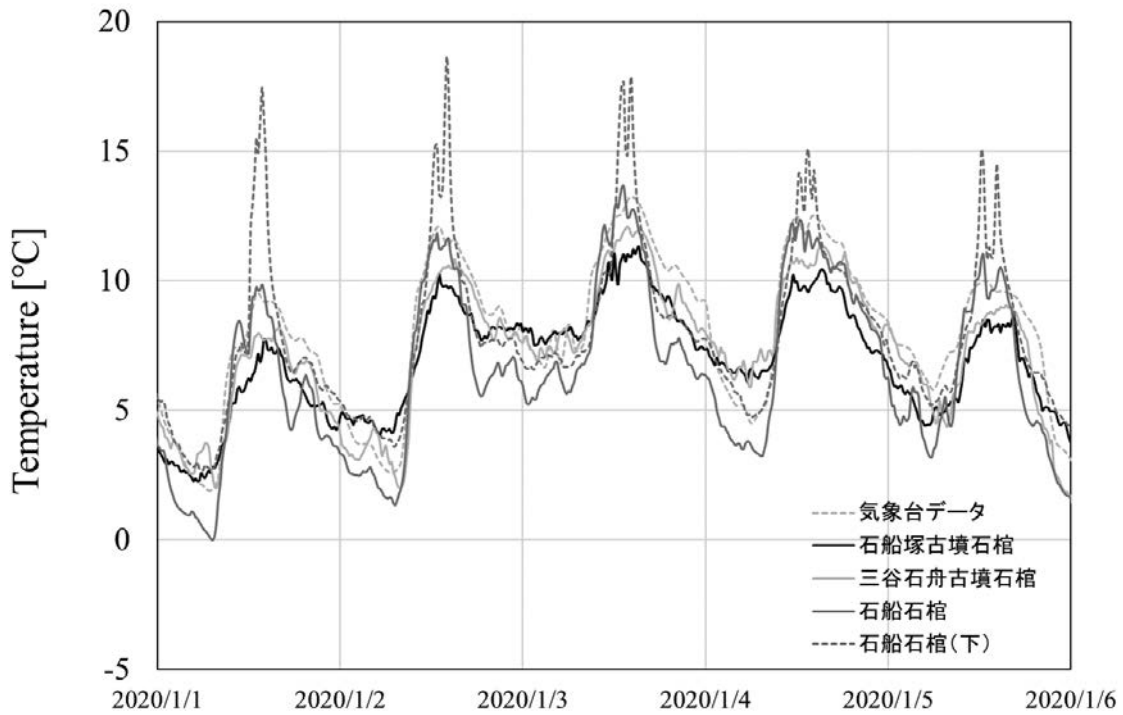


図 27 各石棺周辺の気温（冬季）

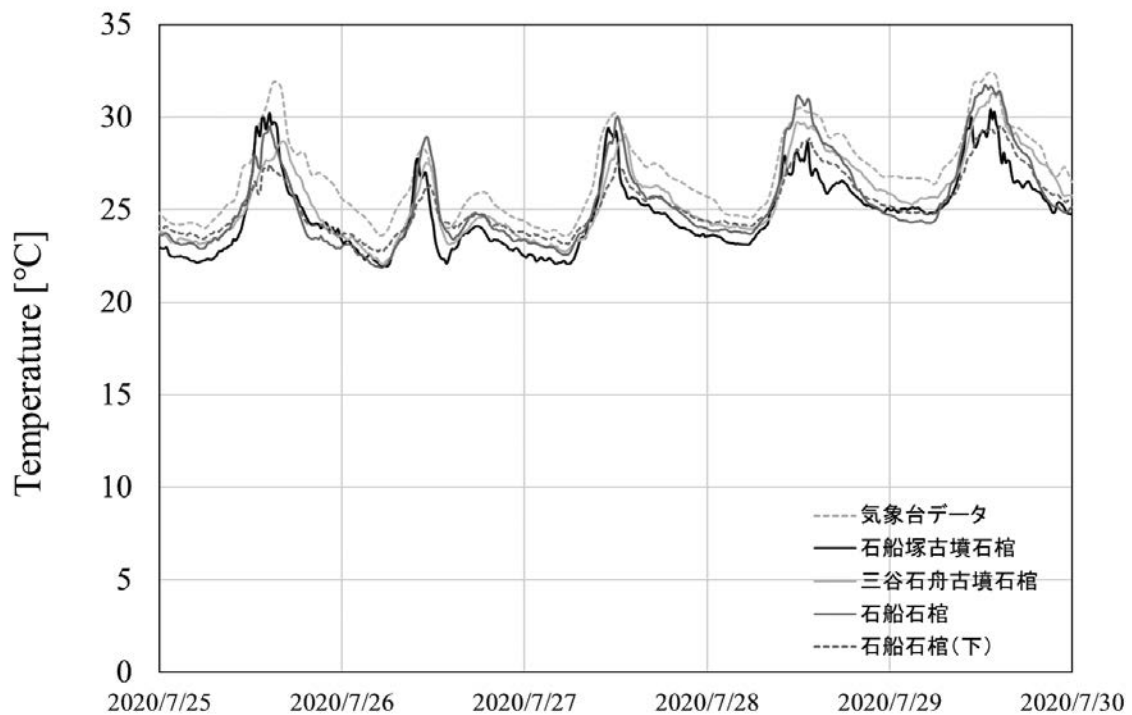


図 28 各石棺周辺の気温（夏季）

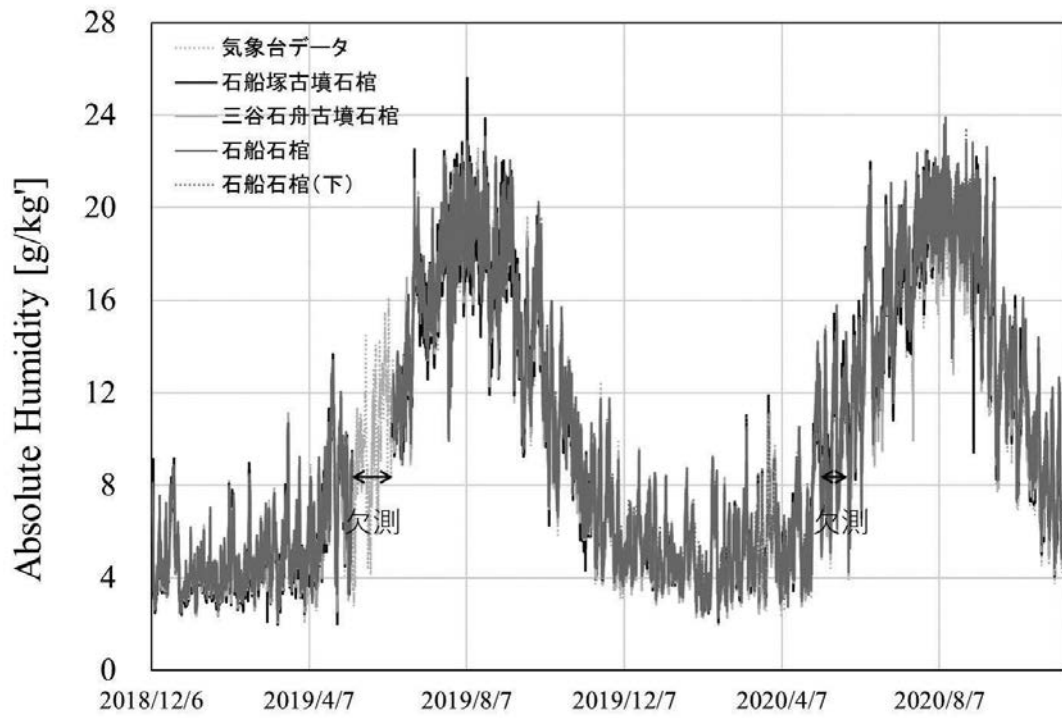


図 29 各石棺周辺の絶対湿度（調査期間全体）

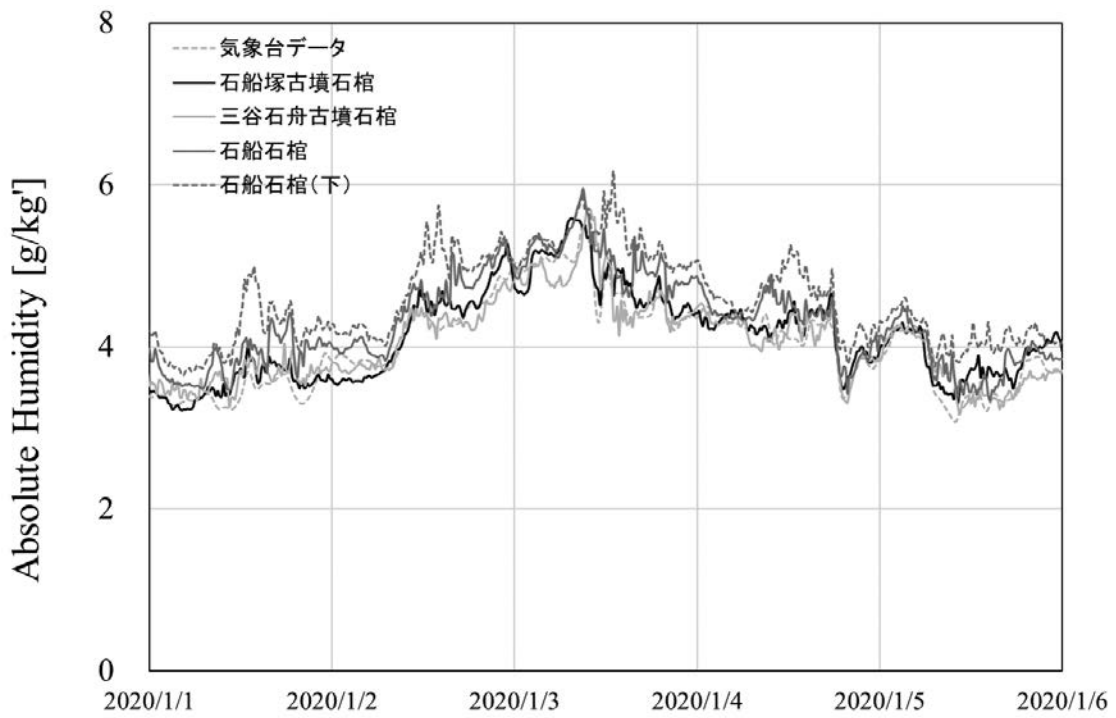


図 30 各石棺周辺の絶対湿度（冬季）

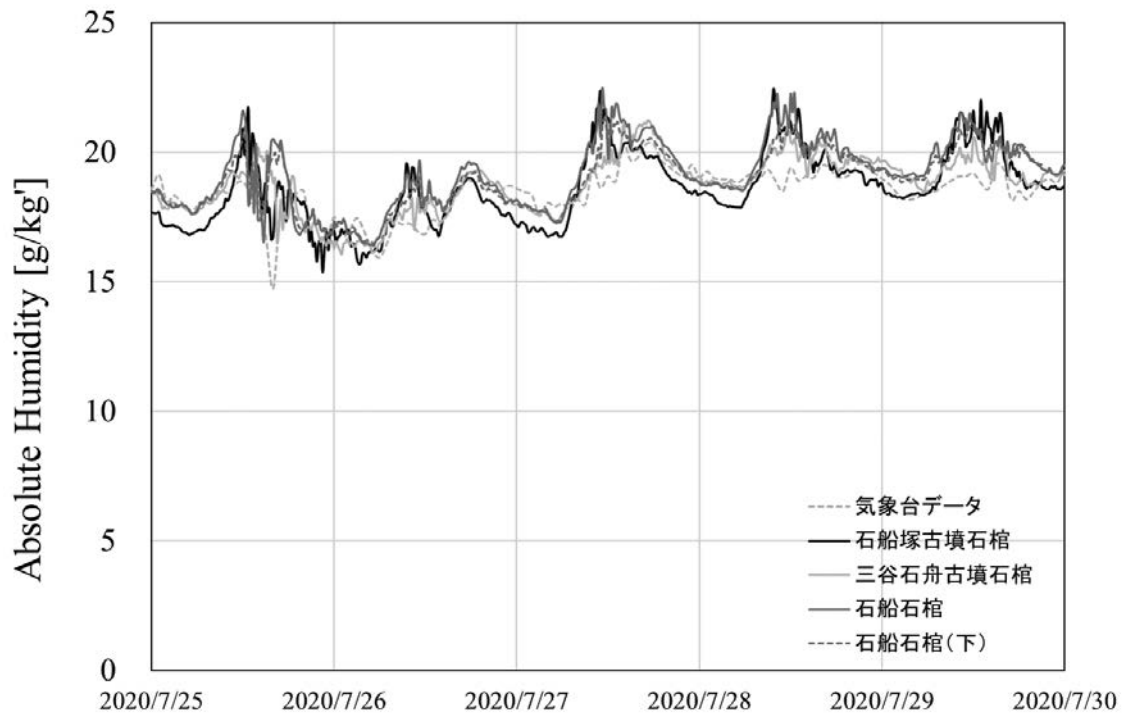


図 31 各石棺周辺の絶対湿度（夏季）

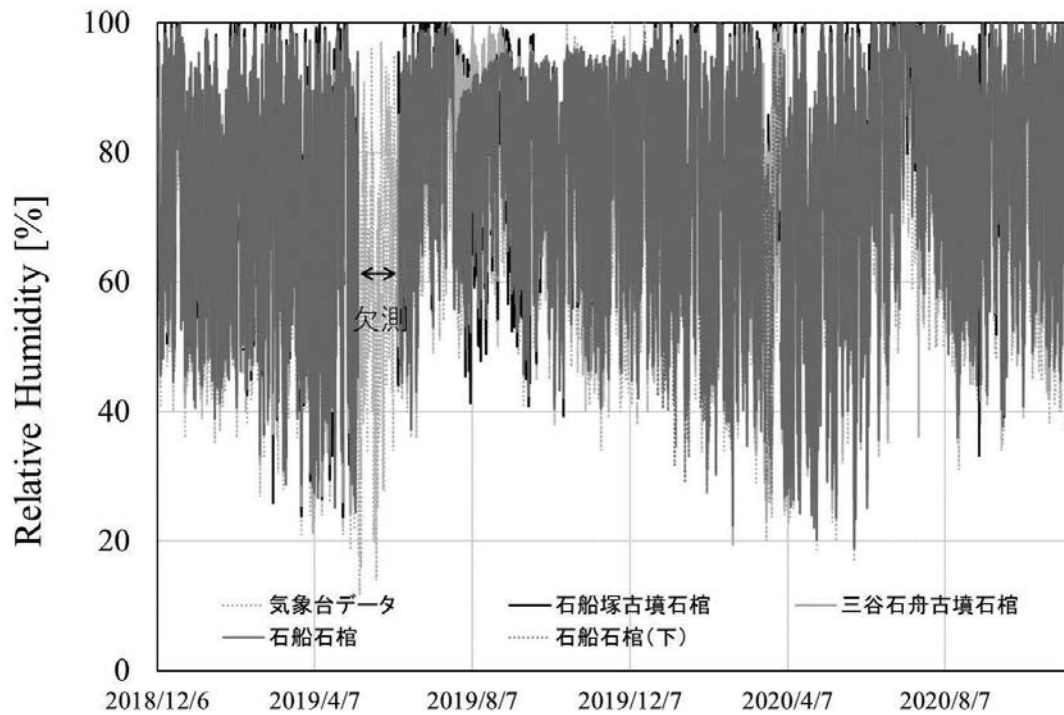


図 32 各石棺周辺の相対湿度（調査期間全体）

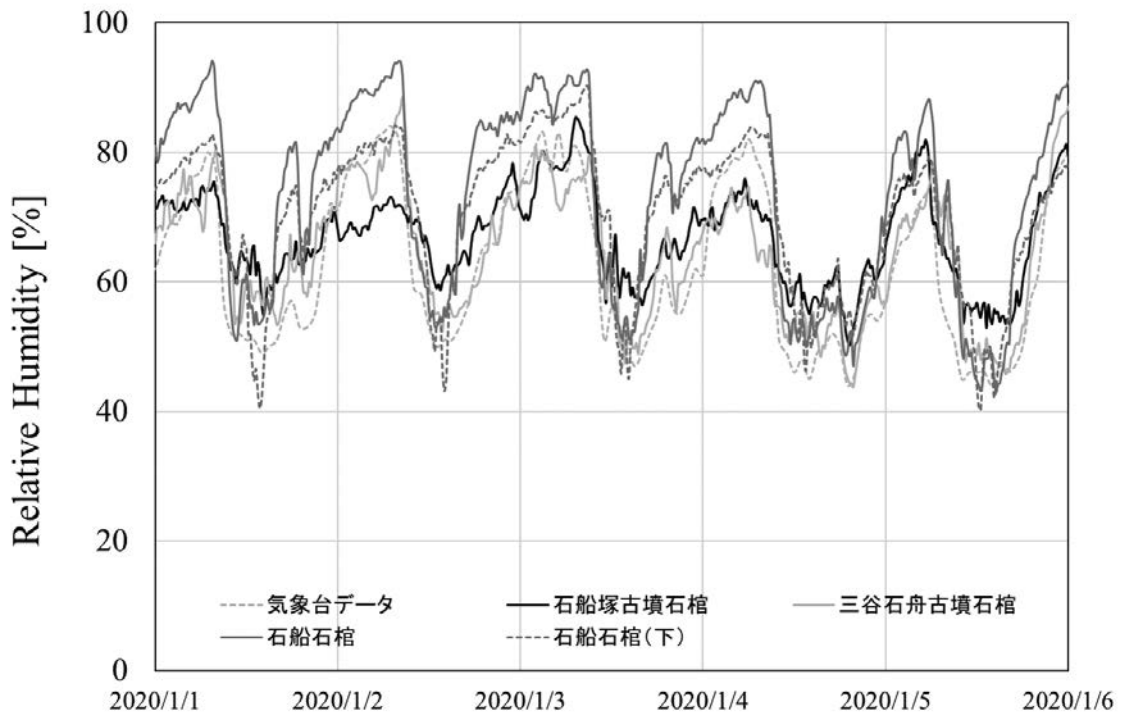


図 33 各石棺周辺の相対湿度 (冬季)

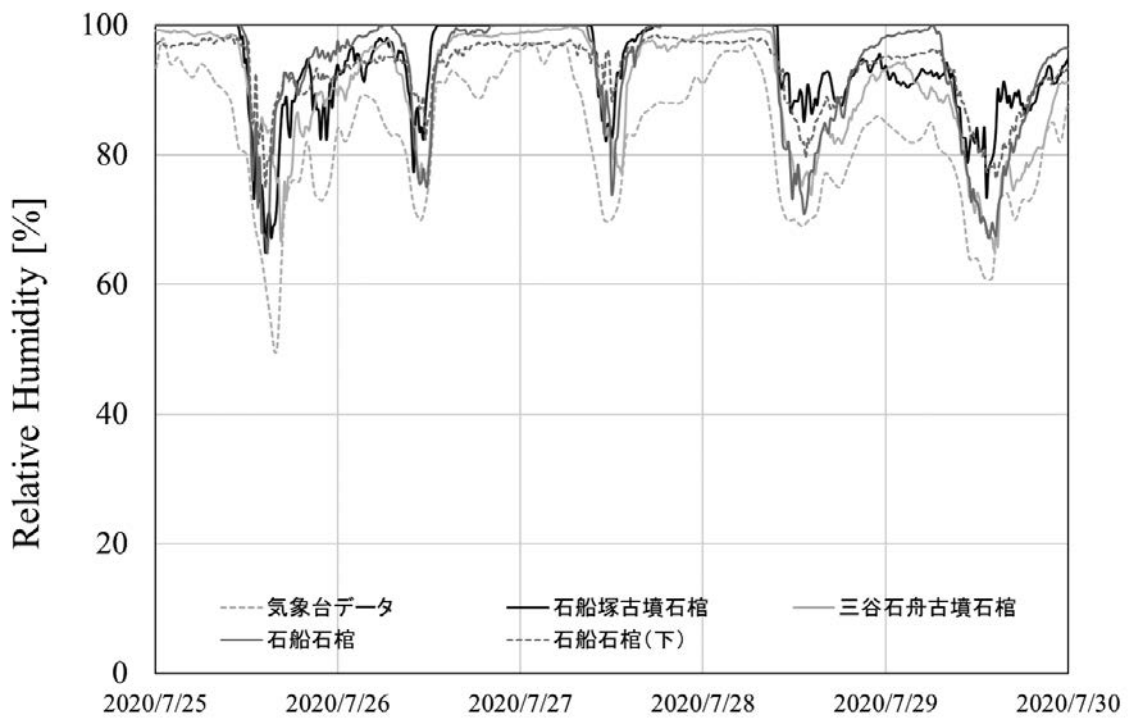


図 34 各石棺周辺の相対湿度 (夏季)



### 3.3.2 開空率と日射量測定

石船塚古墳石棺、三谷石舟古墳石棺及び石船石棺直上の全天球写真をそれぞれ図35から図37に示す。また、図37には春分・秋分、夏至、冬至の各日における太陽の軌跡を合わせて図示した。全天空写真から算出された各石棺直上の開空率を表3に示す。

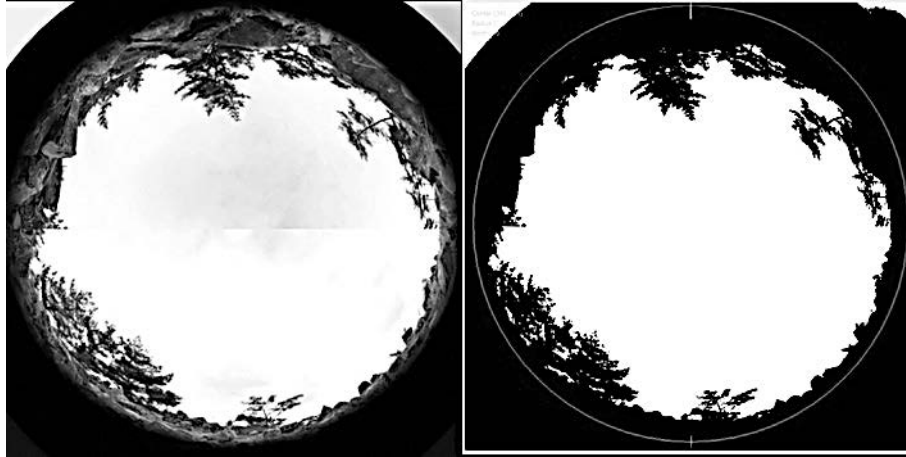


図 35 石船塚古墳石棺直上の全天球写真（下が南）

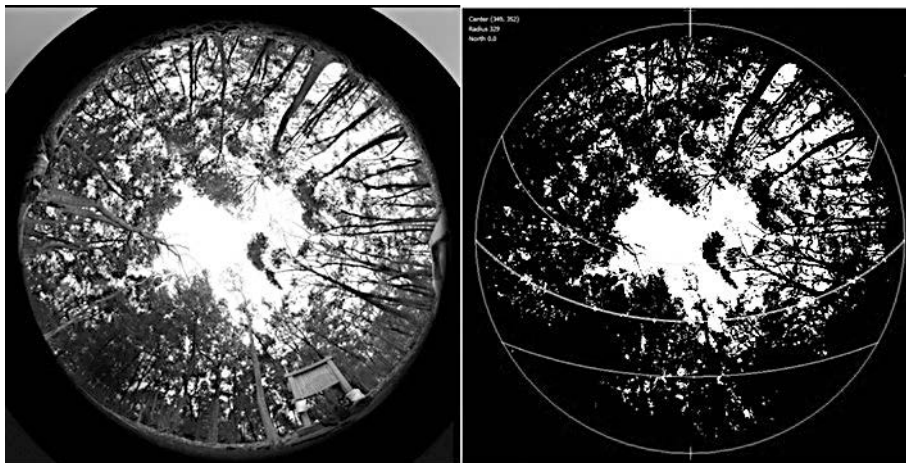


図 36 三谷石舟古墳石棺直上の全天球写真（下が南）

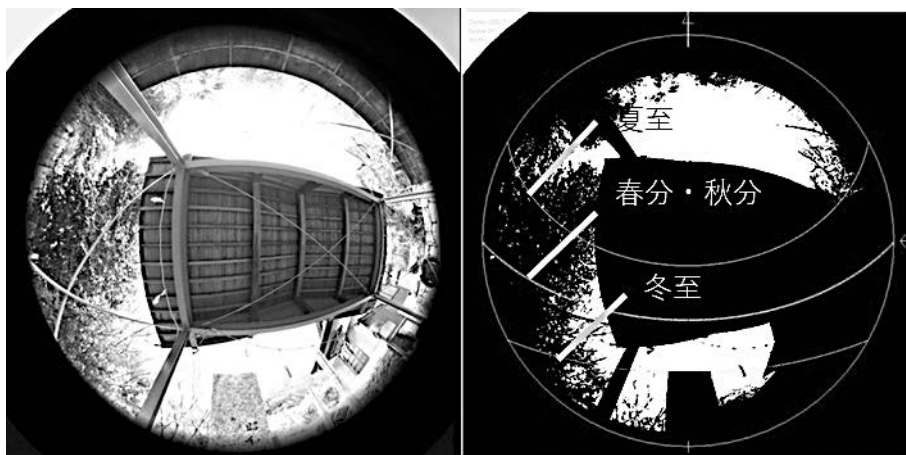


図 37 石船石棺直上の全天球写真（下が南）

全天球写真及び表3に示した結果から、石積み  
の墳丘頂部に位置する石船塚古墳石棺は近傍に樹  
木が殆ど存在しないため、他2つと比較して高い  
値を示した。一方、三谷石舟古墳石棺は墳丘が樹  
木で覆われているため、開空率は低い値を示した。  
そして、図36から、夏至前後の太陽高度が高い期  
間のみ、樹木の間から直達日射が入射し得るも  
の、その他の期間では天空光のみが石棺に到達する  
ことが示唆された。また、石船石棺では石棺直上  
の覆屋によって開空率が低い値を示したものの、  
秋分以降、翌年の春分までの比較的長い期間で、  
太陽の軌跡は覆屋を外れており、この間直達日射  
が到達し得ることが示唆された。

表3 各石棺直上の開空率

石棺名	開空率
石船塚古墳石棺	71.3%
三谷石舟古墳石棺	25.7%
石船石棺	22.8%

図38に三谷石舟古墳石棺及び石船石棺近傍で実測した水平面日射量と、高松地方気象台が公表する水平面全天日射量を示す。先ほどの開空率の結果より、石船塚古墳では石棺の開空率が高い値を示したことから、現地では気象台の測定値と概ね同等の日射量が供給されていると考えられる。また、三谷石舟古墳では太陽高度が低い時期は、石棺に供給される日射量は全天のおよそ2割未満にとどまっております、疎林によって日射が効果的に遮蔽されていることが示唆された。しかし、太陽高度が高い時期では、日射量が全天のものと同等の値を散発的に示すことがあり、これらは樹木の間から差し込む直達日射と考えられる。一方、石船石棺では夏季は日射量が極めて低い値を示しており、覆屋によって効果的に日射が遮蔽されている様子が認められた。一方、秋以降、翌年の春にかけては全天の日射量と概ね同等の日射が供給されており、全天球写真の結果と調和的な結果を得た。以上の結果から、石船塚古墳石棺では常に日射に曝されている一方で、石船石棺では秋から翌春にかけて限定的に直達日射が照射することが明らかとなった。また、三谷石舟古墳石棺では疎林内部にあることで、日射の供給量が最も少なく、熱的に最も安定した環境にあることが明らかとなった。

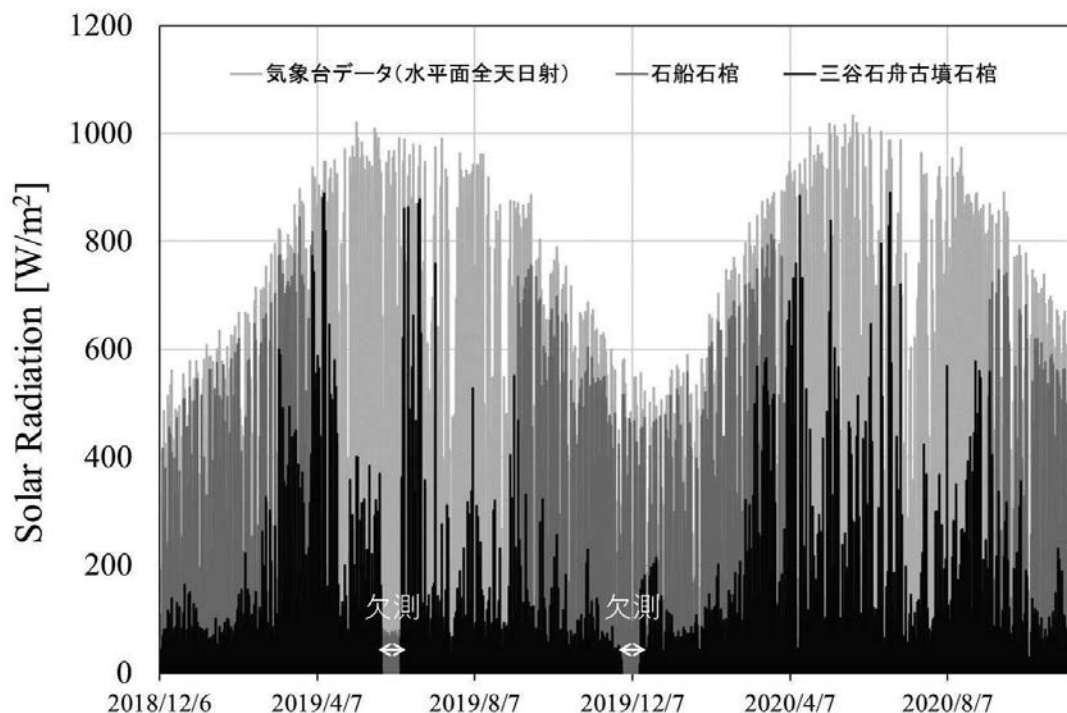


図38 水平面日射量（調査期間全体）

### 3.3.3 降水量

三谷石舟古墳石棺の近傍で実測した降水量と高松気象台が公表する降水量を合わせて図 39 に示す。日射量の検討と同様に、石船塚古墳石棺周辺には樹木が少ないため、ここでは高松気象台の測定値と概ね同等の降水量が石棺周辺に供給されていると考えられる。また、三谷石舟古墳石棺近傍で測定した降水量は、気象台の測定と概ね同等であった。三谷石舟古墳の墳丘を覆う樹木は、日射に対しては高い遮蔽効果を有するものの降雨に対してはその程度は低く、全天と概ね同様の雨量が石棺周辺地盤に供給されていることが示唆された。

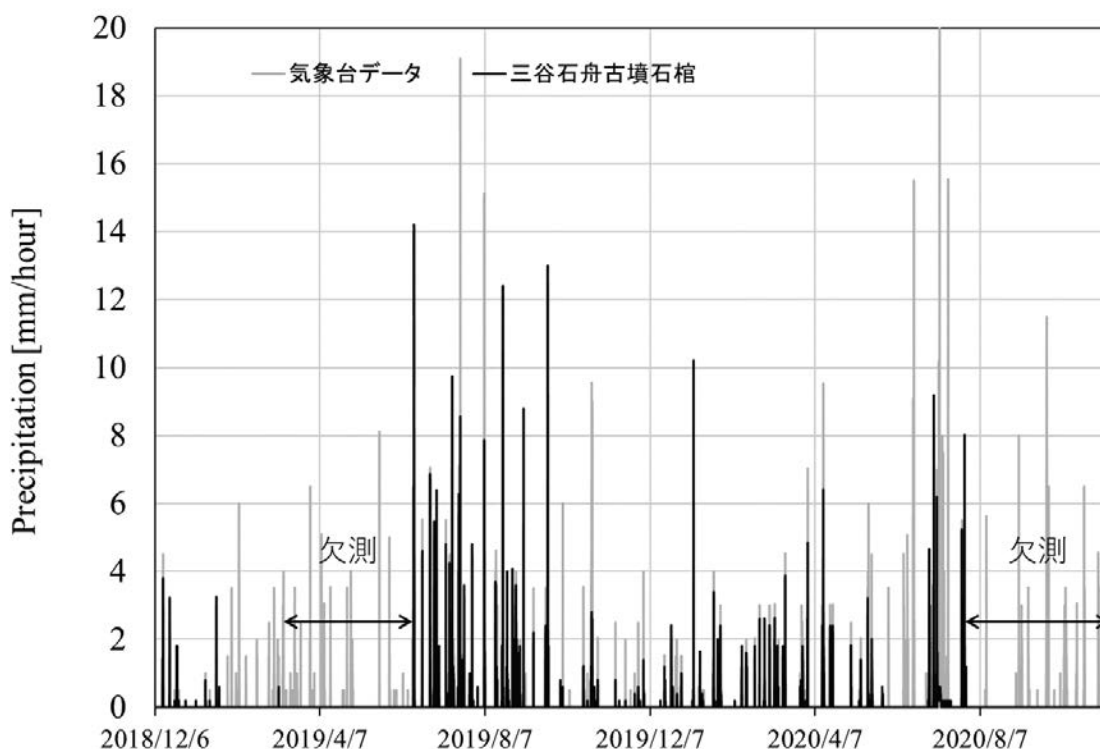


図 39 三谷石舟古墳石棺近傍の降水量（調査期間全体）

### 3.4 石棺表面温度

石船塚古墳の石棺では蓋と身それぞれで、その他の2つの石棺では身の上下で測定した石棺の表面温度を図 40 から図 42 に示す。これらの結果を比較すると、日周期の振幅は石船塚古墳石棺で最も大きく、三谷石舟古墳石棺で最も小さいことが明らかとなった。先述のとおり、石船塚古墳では日射を遮蔽するものがないため、日射による熱の供給によって石棺の表面温度が日中は上昇し、夜間は放射冷却によって低下すると考えられる。加えて、石棺周辺は排水性が比較的高い地盤と考えられることから、石棺下部からの水の供給が少なく、石棺石材の水分量は少ないと推察される。このような石材の場合、潜熱による熱移動が少なく石棺の表面温度が大きく変化していると推察される。一方、三谷石舟古墳石棺では、石棺に供給される日射量がそもそも少なく、開空率も低いことから放射冷却による熱の移動も抑制された環境にあるため、石棺の温度が最も安定した結果を示したと考えられる。また、石船塚古墳石棺とは反対に、三谷石舟古墳の場合は石棺周辺地盤の含水状態が高いと考えられることから、石棺自体の含水率も高い状態にあると推察される。そのため、少ないながら石棺に供給された熱は、一部潜熱として移動するため石棺の表面温度は一層変化が抑制されていると推察される。



石船石棺では冬季に石棺上部のみ表面温度が大きく変化しており、下部の温度は安定していた。先述のとおり、冬季を中心に直達日射が石棺に照射するため、この期間表面温度変化が大幅に増加したと考えられる。また、三谷石舟古墳石棺で検討したように、石棺表面温度が安定する要因としては、熱の移動量が少ないことに加えて、石棺に水分が含まれることで、その蒸発潜熱として熱が移動することが考えられる。先の2つの石棺とは異なり、現在の石船石棺は地盤からの水の供給が遮断されているため、

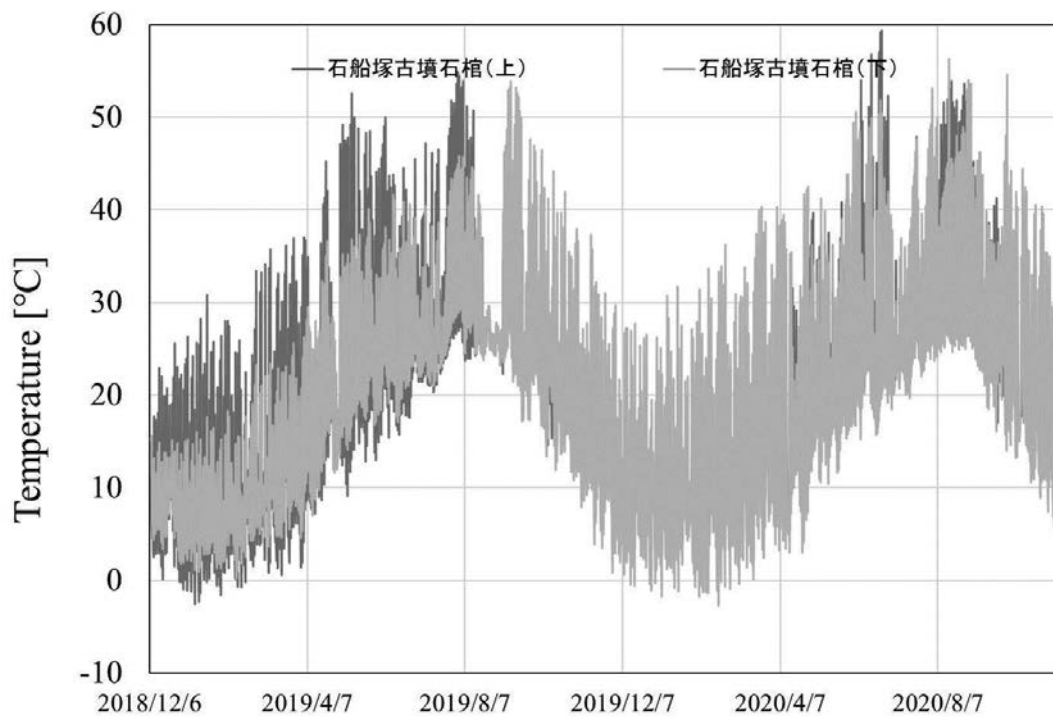


図 40 石船塚古墳石棺の表面温度

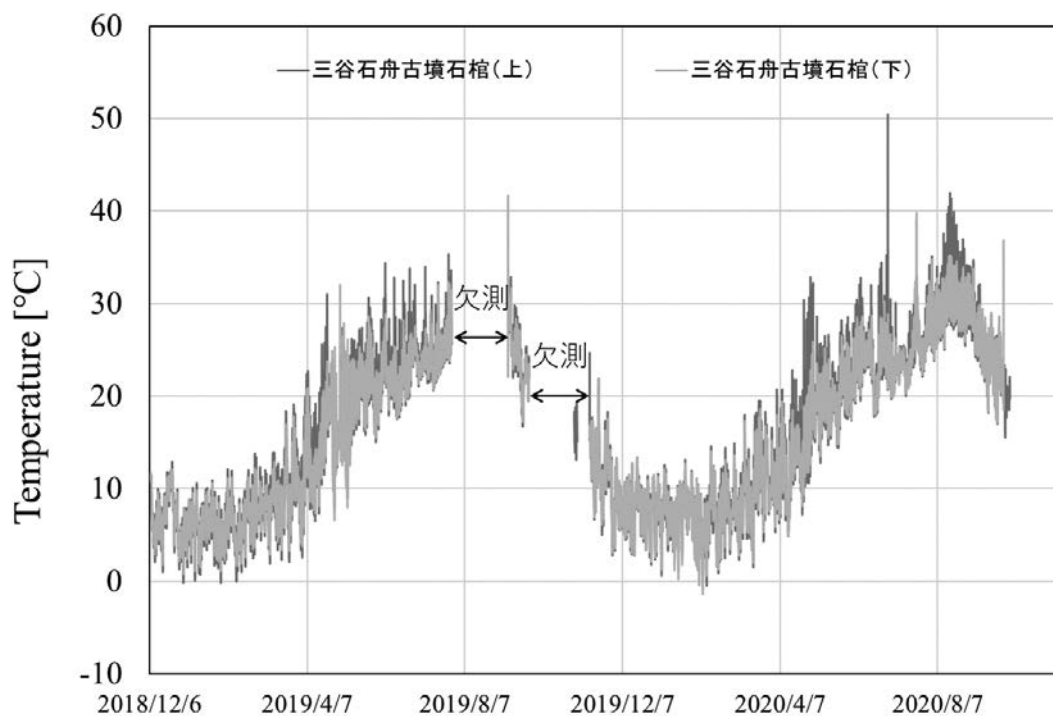


図 41 三谷石舟古墳石棺の表面温度

水の供給源としては雨水によるものと、石棺表面での結露のみが考えられる。ここでは石船石棺の下、地盤直上の温湿度から算出した空気の露点温度と、石棺下部の石材表面温度の比較から、石棺下部における結露の有無を検討した。図 43 には石棺下部の表面温度と空気の露点温度の差を示す。ここで縦軸の値が負の値を示したときに、石棺表面で結露が発生することを意味している。図の結果から、差は概ね正の値で推移しており、石棺表面における結露は生じていないと推察される。また、この結果から、石船石棺においては雨水のみが石棺への水の供給源と考えられる。

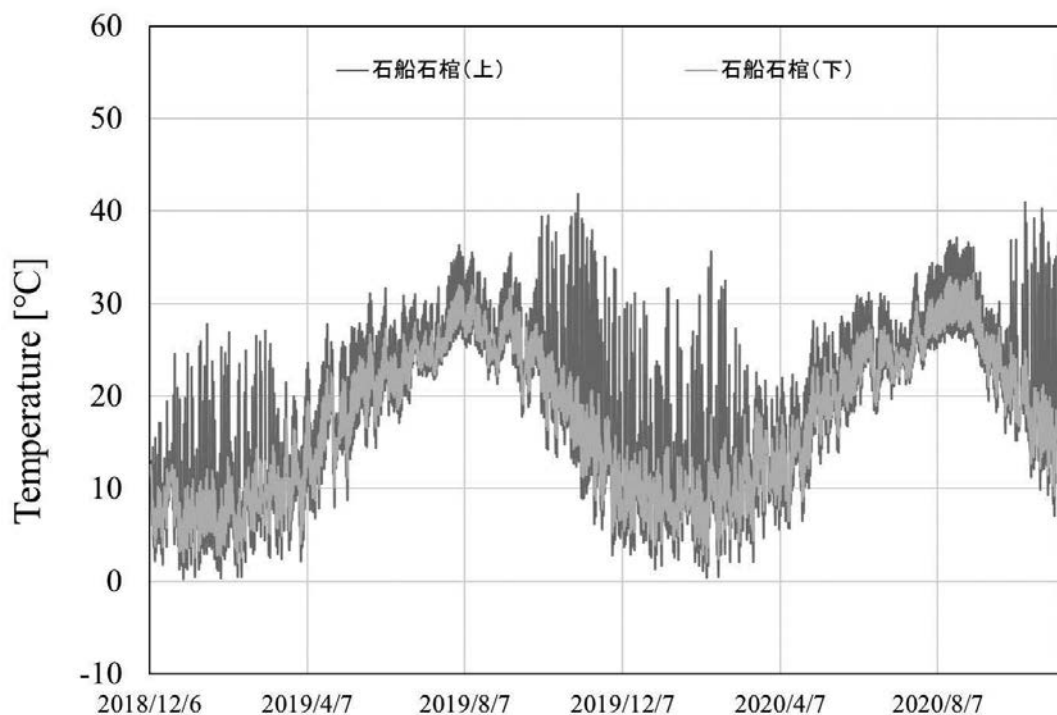


図 42 石船石棺の表面温度

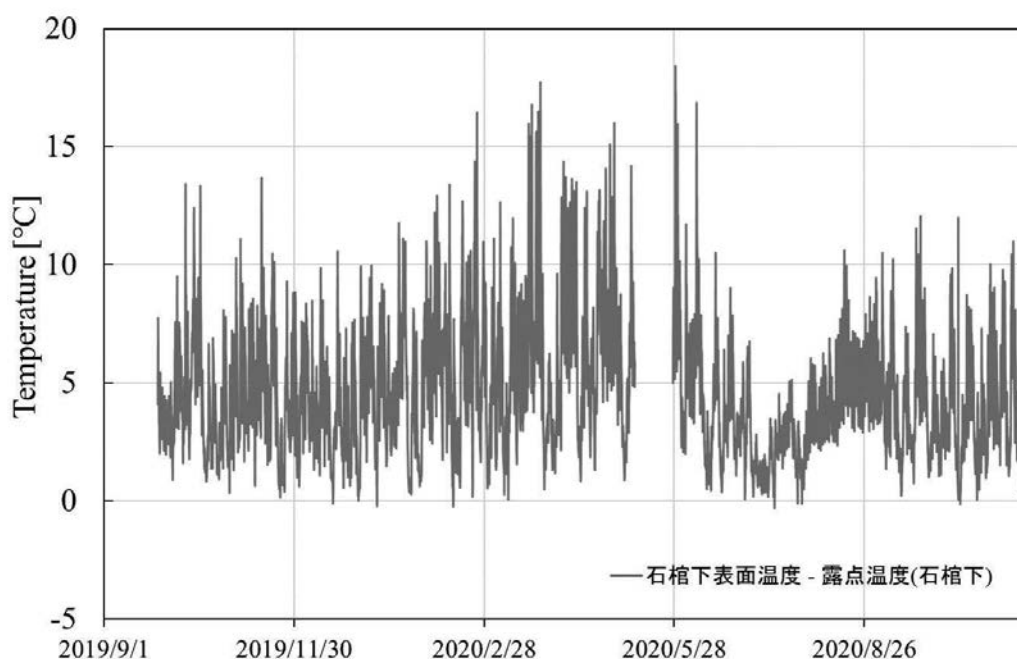


図 43 石船石棺下部の表面温度と露点温度比較

### 3.5 赤外線水分計による石棺表面の含水率測定

赤外線水分計は水分子による赤外線の吸光度を測定することで岩石などの内部に含まれる水分量を推定するものである。したがって、岩石の水分量を得るためには、本来であれば材料ごとに一次関数で表される吸光度と含水率の相関関数を得る必要がある。ここでは、この相関関数を得るには至っていないものの、両者の関係は一次関数で表されるため、直接吸光度計の値から石棺表面の含水率の比較をおこなった。

2019年9月25日から26日にかけて実施した石棺表面の赤外線吸光度の測定結果を表4に示す。なお、測定に先立つ降雨は9月22日が最後であり、降雨の影響はないものと考えた。しかし、調査の都合上、測定は2日間にわたっての実施となったため、測定時における外気の状態等が異なることから、含水率の多寡に関する厳密な比較は困難と考えた。

表4 各石棺表面の含水率比較

	赤外線吸光度 [-]
石船塚古墳石棺	0.053±0.028
三谷石舟古墳石棺	0.081±0.025
石船石棺	0.11±0.024

そこで、ここでは降雨などの影響を受けていない、通常的环境下での石棺全体の平均的な含水率を比較することを目的として、石棺全体の赤外線吸光度の平均値を算出した結果を記載した。

測定の結果、石船塚古墳石棺では測定時に身と蓋のいずれも湛水状態にあり、南面は直達日射が照射された状態であった。そのため、これらの面や石棺外側では吸光度が低く、したがって含水率が低い状態にあることが明らかとなった。一方、石棺内側の北面は内部に溜まった水の影響から局所的に高い値を示した。先述のとおり、石船塚古墳では墳丘地盤の保水性が乏しいため、石棺への水の供給源は降雨のみである一方で、開空率が高いことから日射に曝されているため、石棺からの水分蒸発は常に促進される環境にある。したがって、石船塚古墳石棺では湛水時に水面直上の箇所において局所的に高い含水率となるものの、常に露天に曝されていることから石棺の含水率は大略的には常に低い状態にあると考えられる。

三谷石舟古墳石棺では全体的に吸光度が高く、石棺の足側が湛水状態にあったことから、特に石棺内側の中央部から足側にかけては高い値を示した。また、石船塚古墳石棺と異なる傾向として、石棺の外側でも平均的に高い吸光度を示しており、したがって、石棺全体の平均値としても高い値を示したと考えられる。これは石棺外側表面にも藻類や蘚苔類の繁茂がみられたことと調和的な結果と言える。先述のとおり、三谷石舟古墳石棺では降雨による間欠的な水の供給と、常に地盤からの水の供給がある一方で、日射が大幅に遮蔽される環境にあるため、石棺からの水分蒸発は常に緩慢なものとなっており、常に高い含水状態を維持していると推察される。

石船石棺は三谷石舟古墳石棺よりもさらに高い吸光度を示し、3つの石棺の中で最も平均含水率が高いことが示唆された。石船石棺は覆屋が設置されており、かつ地盤と直接接していないことから、雨水や地盤からの水の吸い上げによる水の供給は極めて限定的と考えられる。また、3.4で記したとおり、結露による水分供給もほとんど生じていない。そこで、石船石棺への水分供給源を検討するため、2020年10月8日から10日にかけて、赤外線吸光度の連続測定を実施した。測定結果とその際の降水量、相対湿度を合わせて図44に示す。

赤外線吸光度は石棺の部位によってややばらつきを見せたが、2019年9月の調査と比較して、全体に高い値を示した。調査当日の天候は雨天であったため、石棺の東西外側（頭側と足側）は雨水が直接石棺を濡らしており、最も高い吸光度を示したと考えられる。一方、石棺の南北面では、南面外側は他

と比較してやや低い値を示したが、内側は南北いずれも雨水が直接石棺を濡らす様子は認められなかったものの、吸光度は高い値を示した。10月10日の午前には雨が止むと、相対湿度が低下するのに伴い、直達日射の影響を受けない石棺北面及び南面内側でも吸光度が低下する様子が認められた。このように降雨や日射の影響を直接的には受けない箇所でも、その吸光度変化が相対湿度変化と一定の相関を示したことから、石船石棺においては周辺の相対湿度変化に応じて石棺表面が水分の吸放湿を繰り返し、含水率が常に変化していることが示唆された。また、吸光度の絶対値が同じく直達日射の影響を受けない三谷石舟古墳石棺よりも高い値を示した原因として、石船石棺の表面は石材の風化が顕著に進行したことで、多孔質となっているものと推察される。

以上の結果から、3つの石棺は周辺の環境条件の違いから、石棺の含水状態は大きく異なっていると考えられる。すなわち、石船塚古墳石棺では地盤から水分が殆ど供給されない一方で、直達日射の影響を大きく受けるため、石棺は低い含水状態を維持していると考えられる。ただし、湛水時には水面直上の箇所において局所的に高い含水状態が形成されている。また、三谷石舟古墳石棺では雨水と地盤両方から水分が供給される一方で、直達日射の影響が極めて軽微であるため、石棺からの水分蒸発は極めて緩慢で、常に高い含水状態を維持していると考えられる。石船石棺は一部降雨が直接降りかかる箇所があるものの、その殆どは雨水や地盤いずれからも水分は供給されておらず、湿気の吸放湿によって石材表面は緩やかに乾湿を繰り返していると考えられる。

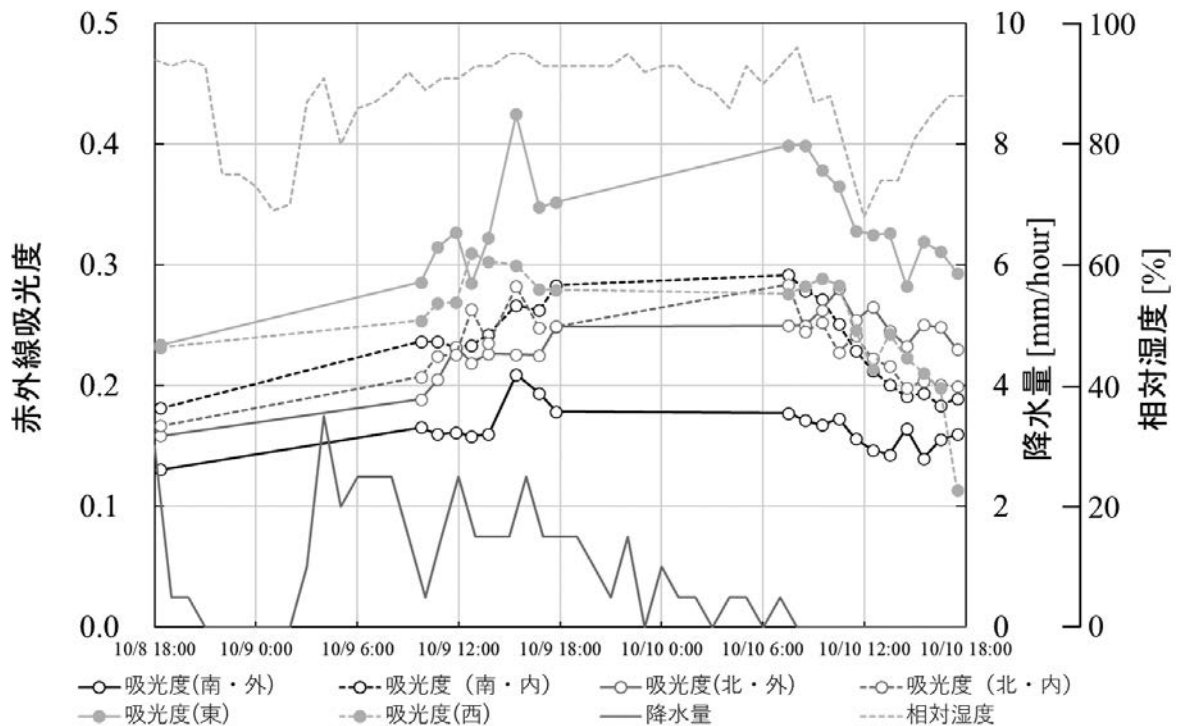


図 44 石船石棺の赤外線吸光度と降水量及び相対湿度



### 3.6 石棺の劣化に対して保存環境が及ぼす影響の検討

これまでの議論から、三谷石舟古墳石棺の保存状態が最も良好で、次いで石船塚古墳石棺では石棺表面の劣化が僅かに認められるものの比較的良好な状態を維持していること、石船石棺では石棺下半の表面で剥離が顕著に進行しており、最も保存状態が懸念される石棺であることを述べた。石船石棺に対してはエコーチップ試験を実施できていないものの、劣化状態に差異が認められる石船塚古墳石棺と三谷石舟古墳石棺では推測される石材反発強度に有意な差異が認められないことから、石棺表面の剥離の有無は石棺石材の強度に依存しないと考えられる。

石船石棺を中心に石棺の劣化要因を検討した結果、①石棺外側表面の剥離が進行する箇所において塩の析出が認められないこと、②石船石棺は覆屋が設置されており放射冷却が抑制されていること、③凍結破碎の場合、石棺上半の劣化が進行すると考えられるが、石船石棺では下半の劣化が顕著であること、以上の点から、石棺表面の剥離を引き起こす主たる劣化要因は塩析出や凍結破碎以外によるものと考えられる。そして、劣化が認められた石棺では程度の差はあるものの、水分の供給と蒸発が生じ得る環境にあることから、主たる劣化要因として乾湿繰り返しを考えた。

本研究で対象とした石棺に使用された石材のように、水が浸透し得る石材の場合、水が浸透することで石材内部に応力が発生し、石材の破壊を引き起こすことがある。すなわち、内部まで十分に乾燥状態にある石材の表面が濡れた場合、水が浸透した領域は濡れることで膨張するものの、内部は引き続き乾燥状態にあるため膨張しない。その結果、表面に対して圧縮応力が作用することになる。反対に、内部まで十分に濡れた状態にある石材の表面のみが急激に乾燥した場合は、表面のみ収縮するように力が作用するのに対して、内部は膨張した状態にあるため、表面に対して引張応力が作用することになる<sup>2)</sup>。このように石材内部と表面の間で急激な水分状態の変化が生じると、表面に亀裂が生じたり、あるいは表面と内部の間でせん断応力が生じたりするため、表面の剥離に至る。石材は一般に圧縮強度と比較して引張強度が低い<sup>3)</sup>ため、特に濡れた石材の表面が急激に乾燥する場合、劣化のリスクが高いと言える。このように、石材内部と表面の含水率の差異によって生じる石材の破壊は乾湿繰り返し劣化と言われ、塩害や凍結破碎における塩やアイスレンズとは異なり、石材の破壊を引き起こしている物質が直接観察されないため、その劣化要因の特定は一般に困難である。

乾湿繰り返しによる石材の劣化現象に対しては、石材における水分供給と水分蒸発に関する環境条件と、石材自身の保水性と透水性などの物性が大きく影響を及ぼす。現時点では、石材の透水性や強度などの物性値については実測ができていないため、乾湿繰り返し劣化について定量的な議論には至らないものの、石材への水分供給と水分蒸発に対して大きく影響を及ぼす環境条件について本調査で取得できたことから、推定の域を出ないものの、各石棺の劣化に対して周辺環境が及ぼす影響について定性的な検討を加えた。

まず、もっとも保存状態が良好であった三谷石舟古墳石棺では、石棺の一部が地盤に埋もれており、石棺及び周辺の地盤に対して雨水が供給されていることから、石棺には常に水分供給が生じている。一方で、石棺が疎林内部に位置することから、石棺の水分蒸発を促進する直達日射はその大部分が遮断されており、石棺からの水分蒸発は非常に緩慢な状況にあると推察される。したがって、石棺は常に高い含水率を維持しており、乾湿繰り返し劣化に対するリスクは低い状態にあると考えられる。また、疎林内部に位置することから、放射冷却による熱の移動も抑制されているため、凍結破碎に対するリスクも非常に低い状態にあると言える。以上のことから、三谷石舟古墳石棺の保存状態に対しては墳丘を覆う樹木が大きく寄与しており、最も良好な保存状態を維持していると考えられる。

次に保存状態が良好であった石船塚古墳石棺については、他の石棺と比較して開空率が極めて高いこ

とから、日射と降雨いずれの影響も大きく受けている。降雨によって石棺が湛水状態になる時期が認められる一方で、周辺地盤に浸透した雨水は速やかに排水されるため、地盤から石棺へと供給される水は限定的と推察される。また、石棺が湛水状態にあるときも水面直上の石棺表面は乾いた状態であったことから、日射による水分蒸発速度と比較して、石棺自体の透水性は十分に低く、石棺の含水率は大略低い状態にあると考えられる。もちろん、降雨時には石棺表面は急激に濡れることになるが、この場合も石棺の透水性が低いことから、表面のみ濡れるにとどまり、石棺内部は依然として低い含水率を維持していると考えられる。したがって、三谷石舟古墳石棺とは反対に、石船塚古墳石棺の場合では、石棺は大略乾燥した状態にあるため、乾湿繰り返し劣化が抑制された状態にあると考えられる。また、石棺が湛水状態になることについては、石棺全体に影響が及ぶものではないものの、水面直上では常に水分供給がある一方で水分蒸発が促進されることから、局所的に乾湿繰り返しが生じており、湛水状態とならぬよう対策を施すことが望まれる。

最期に、石船石棺は最も保存状態が劣っていたが、ここで問題となるのが、石船石棺に見られる劣化がいずれの段階で生じたか、という点である。現在の状態、すなわち覆屋の内部で地盤とは直接接しない状態では、周辺の相対湿度変化に応じて石材表面の含水率が変化する様子が認められたが、地盤からの水の移動は遮断されている。また、2019年9月に実施した石棺表面の含水率測定では、石船石棺のみが突出して高い含水率を示したわけではなく、現状では石棺石材の内部が高い含水率にあるとは考えにくい。このような状態にある石棺表面が急激に濡れると、そこでは圧縮応力が作用する。濡れの原因としては、石棺表面温度と露点温度の比較から、石棺下半では結露が殆ど生じないことが確認されたため、雨水が風によって斜めに吹き込む場合が想定される。

一方、冒頭で述べたとおり、石船石棺は現在の場所に移設されてから、しばらくの間は覆屋を伴わず地盤に接して置かれていた。すなわち、この期間の石棺は石材内部まで高い含水状態にある一方で、日射の影響によって表面からの急激な乾燥が生じ得る環境にあり、このとき石棺表面には引張応力が作用していたと推察される。一般に石材は圧縮強度と比較して引張強度が低いため、石棺の劣化リスクとしては、覆屋を伴わず地盤に直接おかれた過去の状況の方が現在と比較して高かったと言える。

現時点では、過去の状況下での劣化進行速度を見積もることはもちろん出来ないが、現在の状況下において、石棺の劣化状態を定期的にモニタリングすることで、現在石棺表面に見られる劣化がいずれの段階で主に進んだものか、推定することは可能と考えられる。また、劣化の進行がいずれの時期のものであったにせよ、石棺表面の含水率が変化する状況において、冬季の直達日射によって石棺表面の急激な含水率低下が生じ得る現在の環境は乾湿繰り返し劣化のリスクが高く、改善が望まれる。

#### 4. まとめ

同質の石材から作られ、異なる環境下で保存されてきた石船塚古墳石棺、三谷石舟古墳石棺及び石船石棺の3つの石棺を対象に、各石棺の劣化状態調査と周辺の環境調査を行い、それらの比較から周辺環境が石棺の劣化状態に及ぼす影響を検討し、石棺の適切な保存環境の策定を試みた。

石棺の劣化状態調査の結果、三谷石舟古墳石棺では線刻が明瞭に残り保存状態は最も良好であった。次いで石船塚古墳石棺では、一部石棺表面の剥離が認められたものの、線刻箇所は概ね良好に残っており、比較的良い保存状態を維持していた。一方、石船石棺は石棺下半で表層の剥離が顕著に進行しており、3つの石棺の中で最も保存状態が劣っていた。劣化が進行する箇所では、冬季においても塩析出が認められなかったこと、覆屋をとまなっていることから、劣化の主要因は塩類風化や凍結破碎ではなく、乾湿繰り返しによるものと推察された。

これらの周辺環境条件を実測した結果、いずれの石棺も周辺の温度、絶対湿度及び相対湿度において有意な差異は認められなかった。しかし、開空率は大きく異なっており、石で構成された墳頂部に位置する石船塚古墳石棺では高い開空率を示した一方で、墳丘が樹木に覆われる三谷石舟古墳石棺と、覆屋が設置されている石船石棺は低い値を示した。石船塚古墳石棺は露天に曝された状況にあり、基本的には石棺は乾燥した状態を維持していると考えられる。三谷石舟古墳石棺は到達する日射量が少ない一方で、雨水が十分供給される環境にあるため、水分蒸発が抑制されて高い含水率を維持した安定な状態と言える。また、石船石棺は雨水の大部分と地盤からの水分供給が断たれているものの、周辺の相対湿度変化に応じて石棺表面の含水率が変化した。わずかながら石棺表面から水分の供給が生じる一方で、太陽高度が低下する秋分から翌年の春分頃までは直達日射があたっており、乾湿繰り返し劣化に対する影響が懸念される。しかし、石船石棺は現在の覆屋が設置されるまでの期間では、石棺の石材内部まで湿潤状態にありながら、直達日射によって表面の急激な乾燥が生じ得る環境にあったことから、以前の状態の方が保存環境は過酷なものであったと推察され、今後は石棺表層の更なる剥離の有無について注視するとともに、劣化の要因について引き続き検討を要する。

以上の結果から、石船石棺では劣化要因について引き続き検討すべき課題が残るものの、これらの石棺の保存環境としては、乾湿繰り返しを抑制する環境を目標とすべきと考える。三谷石舟古墳石棺は熱的、及び水分環境的に安定した状態にあると考えられ、墳丘を覆う樹木の過度な伐採などによって開空率が増加することが無いよう、現在の環境を維持するように管理すべきと考える。石船塚古墳石棺については、開空率が高いため日射による負荷は大きいと考えられるが、それにとまなう水分移動量が限定的であることから、乾湿繰り返し劣化の進行は抑制された環境にあると考えられる。現状では石棺に雨水が溜まる状況が断続的に発生しており、このとき限定的ながら石棺内側表面で乾湿が繰り返される状況となっている。具体的な方策の提言にはなお検討を要するが、降雨への対策が望まれる。石船石棺については風による降雨の吹き込みと、限定的ながら季節によっては直達日射が石棺にあたることから、これらを確実に遮断する覆屋の庇の改修が望まれる。

#### 《参考文献》

- 1). 香川大学HP <https://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~hasegawa/geositePDF/17.pdf> (2022年1月7日アクセス)
- 2). Inmaculada J. Gonzalez, George W. Scherer : Effect of swelling inhibitors on the swelling and stress relaxation of clay bearing stones, Environmental Geology, 46, pp.364-377 (2004)
- 3). 佐藤稔紀、谷口航、藤田朝雄、長谷川宏：文献調査によるわが国の岩石の物理的特性に関するデータの収集（その2）、核燃料サイクル開発機構報告書、JNC TN7400 99-011 (1999)



## 第3章 総括

### 1. 環境調査の成果

本書では、高松市内に所在する4基の刳拔式石棺のうちの3基を対象として、各種の保存科学的な調査を行い、石棺ごとの周辺環境・気象条件等に関する詳細な情報を取得し、現在の環境下での石棺の劣化要因を推定し、どういった保存対策が望ましいかを検討してきた。

今後、各石棺の保存対策を決定する際の前提となるのは、並行して実施した考古学的手法による石棺の調査と環境調査の双方の成果を踏まえて検討するという点である。

今回行った環境調査における成果は、現在の環境下での石棺の主要な劣化要因を「乾湿繰り返し」によるものと推定できた点である。それに加えて、石棺ごとに環境的特性を把握できたことで、今後、各石棺の現状に見合った保存対策を立案する際に、配慮すべき事項を明らかにできたと言える。また、各種の詳細な計測データを取得したことで、数値的なデータに基づき石棺の保存対策を丁寧に議論できるようになったという点は大きな進展である。

環境調査の成果を振り返ると、石棺表面の剥離等の劣化について、現在の環境下における主たる要因は「乾湿繰り返し」によるものと推定された。3基の石棺の中で最も安定した状態と評価されたのが三谷石舟古墳の石棺である。当該石棺は一部が墳丘に埋没していることで常に水分供給がある状態ながら、墳丘を覆う樹木が直達日射の多くを遮断することで石棺の水分蒸発が緩慢となり、石棺は高い含水率を維持していると推定された。3基の中で相対的に乾湿繰り返し劣化のリスクが最も低いと評価できる結果であった。

積石塚の後円部墳丘上に身・蓋が露出する石船塚古墳の石棺は、石を積み上げて築かれた墳丘の特性上、墳丘から石棺に対する水分供給は限定的であることが推定され、一時的な雨水の供給があつたとしても、水分蒸発の速度と比較して石棺自体の透水性が低いため、石棺の含水率は概ね低い状態を維持していると考えられた。現在の環境下において当該石棺の劣化で特に留意しなければならないのが、石棺内部に溜まる雨水面の直上付近の部位であり、この部分では石棺への水分供給と蒸発が活発となるため、局所的な乾湿繰り返し劣化のリスクがあることが指摘された。

最も保存状態が不良だった石船石棺は、雨水の吹込によって石棺への水分供給が生じる場合など石棺表面の含水率が変化する状況において、太陽高度の下がる冬季から春季にかけて石棺への直達日射が当たることで、部分的に石棺表面の含水率が低下し、局所的に乾湿繰り返し劣化のリスクが高まる点を指摘している。当該石棺は、過去にはより劣化リスクの高い設置状況にあつたことから、現在見られる石棺の劣化がどの時点で顕著に進んだのかという点については、今後の検討課題である。

以上のとおり、今回の環境調査によって、石棺を取り巻く現状の周辺環境等の差異によって、一部の石棺には局所的により高い乾湿繰り返し劣化のリスクが存在するという具体的な状況を明らかにした。これらの調査成果は、具体的な石棺の保存対策を検討するうえで、欠くことのできない重要な情報と言える。

### 2. 考古学的な調査成果と石棺の劣化・き損の現状

前述のとおり、本市は徳島文理大学と連携して、平成28年度より市内に所在する三谷石舟古墳石棺（三谷町）、石船石棺（国分寺町新名）、浅野小学校所在石棺（香川町浅野）、石船塚古墳石棺（峰山町）の4基の石棺の考古学的な調査を実施した。調査内容は、各石棺の写真・図面の記録作成や詳細な観察



等であり、その調査のうち一部の成果はすでに報告している（高松市教育委員会・徳島文理大学文学部 2021）。同報告では、石棺によっては表面に凹凸の小さな装飾が認められることや、製作過程を示す調整の痕跡が残っているものがある点を指摘しており、一連の調査で石棺に関わる新たな知見が得られた。その一方で、そういった詳細な観察でなければ確認できないような微細な調整等の痕跡が遺存しているがゆえに、石棺表面が層状に剥離する劣化が進行することで、本来石棺が有していた重要な情報が現在進行形で失われていることも指摘している。加えて、至近で見学できる石棺が大半であるため、人為による石棺のき損についても看過できない状況であると述べている。

二分野の調査成果は、石棺の保存対策を検討する場合には、各石棺の現在の設置状況を踏まえたうえで、自然環境面を要因とする劣化と、人為的なき損の双方のリスクを総合して対策を立案する必要があることを示している。この際に、設置されている場所が史跡である墳丘上に位置する場合、あるいは具体的には未確認だが石室などの埋葬施設内に設置されている場合は、石棺のみならず墳丘及び埋葬施設の保全とも親和的な方法の検討が求められることは言うまでもない。墳丘及び埋葬施設と石棺の関係についての調査は今回実施することが出来ておらず、今後保存対策を検討する上で確認が必要となる項目である。

### 3. 各石棺の保存対策の方向性

今回報告した屋外に露出する石棺は、現地で直接観察できる石棺として、文化財の活用面で非常に高い価値があると言える。一方、文化財を活用する際の前提となるのは確実な保存である。今回の環境調査は、現況の環境下における主要な破損要因の分析を主眼に行ったものである。石棺の保存のみを独立して考えるならば、現地から環境の整った室内に移設することが最も単純かつ効果的な方策であると考えられるが、ここまで整理してきたように、こういった環境下で石棺を保存し活用するのが適当か、或いは物理的・周辺環境的に移設が可能なのかといった複合的に検討すべき課題が山積している。今後は、石棺の保全について、各石棺の置かれた環境を踏まえて保存対策を個別に検討する必要がある。定期的なモニタリングを今後も継続するとともに、短期的な視点で本書で指摘された劣化を抑制するための方策をいかに迅速に行うかという点と、長期的な視点で石棺の保存をどう確実に行うのかといった議論及びそのために必要な調査を確実に行っていきたい。

#### 《引用文献》

高松市教育委員会・徳島文理大学文学部 2021 『高松市内所在刳拔式石棺調査報告書Ⅰ』

# 報告書抄録

ふりがな	たかまつしないしよざいくりぬきしきせつかんちようさほうこくしよ2							
書名	高松市内所在刳拔式石棺調査報告書Ⅱ							
副書名・巻次	高松市教育委員会・独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所連携研究報告書 第1冊							
シリーズ名	高松市埋蔵文化財調査報告							
シリーズ番号	第235集							
編著者名	脇谷 草一郎（独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所） 波多野 篤・高上 拓（高松市）							
編集機関	高松市教育委員会							
所在地	〒760-8571 香川県高松市番町一丁目8番15号 TEL 087-839-2660							
発行年月日	西暦2022年3月31日							
ふりがな 所収遺跡名	しよざいち 所在地	コード		北緯 〃〃	東経 〃〃	調査 期間	調査 面積	調査 原因
		市町村	遺跡番号					
いしふねづかこふんせつかん 石船塚古墳石棺	香川県高松市 峰山町	37201	10278	34° 19′ 52″	134° 01′ 48″	2018.12.7～ 2020.12.25		重要遺跡 確認調査
みたにいしふねこふんせつかん 三谷石舟古墳 石棺	香川県高松市 三谷町	37201	10683	34° 16′ 10″	134° 04′ 30″	2018.12.6～ 2020.12.25		重要遺跡 確認調査
いしふねせつかん 石船石棺	香川県高松市 国分寺町新名	37201		34° 17′ 01″	133° 56′ 43″	2018.12.6～ 2020.12.25		重要遺跡 確認調査
所収遺跡名	種別	主な時代		主な遺構		主な遺物		特記事項
石船塚古墳石棺 三谷石舟古墳 石棺石船石棺	古墳	古墳時代前期		刳拔式石棺				
要約	高松市内に所在する3基の刳拔式石棺について、保存科学的な各種調査を行い石棺ごとの周辺環境・気象条件等に関する詳細な情報を取得し、環境面での主要な劣化要因を検討した。結果として、現在の環境下での石棺の主要な劣化要因を「乾湿繰り返し」によるものと推定した。また、この結果に基づき現在の環境下で劣化の進行を抑制するために必要な対策についての提案を行った。今後、考古学的な石棺そのものの現況及び石棺周辺の墳丘や埋葬施設等の調査によって、確実な保存方法について議論を進める必要がある。							

高松市埋蔵文化財調査報告 第235集

高松市教育委員会・独立行政法人国立文化財機構奈良文化財研究所連携研究報告書 第1冊

## 高松市内所在刳拔式石棺調査報告書Ⅱ

2022年3月31日

編集 高松市教育委員会  
高松市番町一丁目8番15号  
発行 高松市・高松市教育委員会  
印刷 株式会社 美巧社



