

国指定史跡 大境洞窟住居跡

保全整備事業報告書

2008年3月

氷見市教育委員会



国指定史跡 大境洞窟住居跡全景



園路スロープ部分入り口と総合案内板



転落防止柵と既設説明板

国指定史跡 大境洞窟住居跡

保全整備事業報告書

2008年3月

氷見市教育委員会

序

私たちの郷土氷見市は、東側に富山湾が広がり、その海越しに盡峰立山を仰ぐ風光明媚で、豊かな海の幸、山の幸に恵まれた土地柄から、いにしえより人々が定住の場として生活を営み、数多くの文化遺産を遺しています。

なかでも大正7（1918）年に発見され、日本で初めて洞窟遺跡として発掘調査が行われた大境洞窟住居跡は、日本海側有数の貝塚として同年同じく発見された朝日貝塚とともに、それまでの歴史観を刷新する新発見として、当時新聞にも大きく取りあげられました。その後遺跡の重要性から同11年（1922）には国指定史跡となり、年間多くの方々が訪れる知名度の高い遺跡あります。

しかし、近年洞窟上部や内部壁面に亀裂や浮き石が確認されるなど、洞窟の崩落あるいは落石の恐れが懸念され、遺跡の保存・保護や見学者の安全を図るために保全対策の検討が不可欠な状況となりました。

幸いにも平成14年度から国庫補助および県補助を得ることができ、洞窟の測量調査と岩盤検査を行い、平成15年度には対策工の必要性からさらに詳細調査を行い、その結果をもとに第1回の保存活用検討委員会を開催いたしました。平成16年度には各分野の専門家である検討委員会の先生方により活発に保存修理のための対策が検討され、平成17・18年度の2か年でロックボルト工とロックネット工による洞窟内部や崖面の保全工事を実施いたしました。

平成19年度は、最終年として安全に見学いただけるための園路や転落防止柵のほか、より遺跡の歴史をわかりやすく知っていただくために説明板や総合案内板を設置し、保全整備事業を完了いたしました。

氷見市教育委員会では、今後とも大境洞窟住居跡を国指定史跡として、より一層遺跡の保存に努め、多くの方々に活用いただけるよう努力をしていく所存です。

おわりに、事業実施にあたり、ご指導、ご協力を賜りました大境洞窟住居跡保存活用検討委員会の先生方、文化庁、富山県教育委員会、富山県埋蔵文化財センターをはじめとする関係諸機関、地元大境地区の方々には、厚くお礼申し上げます。

平成20年3月

氷見市教育委員会

教育長 中尾 俊雄

例　　言

- 1 本書は、平成14年度から同19年度にわたり、富山県氷見市大境字胸首に所在する国指定史跡大境洞窟住居跡の保存修理事業のために実施した調査および対策工事の報告書である。
- 2 この大境洞窟住居跡保存修理事業は、国庫補助金および県費補助金の交付をうけて実施した。
- 3 事業の実施に当たっては、国指定史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を設置し、専門的な見地から検討を行った。
- 4 事務局は、氷見市教育委員会生涯学習課に置いた。事務担当は下記の通りである。
平成14年度　　課長：池田晃、副主幹：坂本研資、主任：小谷超
平成15・16年度　課長：池田晃、主査：尾矢英一、主任：小谷超
平成17・18年度　課長：東海慎一、課長補佐：上田和弘、主任：小谷超
平成19年度　　課長：定塚信敏、課長補佐：中谷英夫、副主幹：鈴木瑞廣
- 5 遺構確認調査は、氷見市教育委員会生涯学習課主査大野究が担当した。
- 6 出土遺物と調査にかかる資料は、全て氷見市立博物館が保管している。
- 7 本書の福集と執筆は、鈴木瑞廣が担当したが、第2章および第5章8については大野究が担当した。
- 8 岩盤検査および対策工の工法についての記述には、同事業の施工管理報告書（株式会社アーキジオ〔旧社名：株式会社中部日本鉱業研究所〕作成）に基づいて作成した。
- 9 調査・対策工・本書作成にあたり、下記の方々・機関から多大なるご教示・ご協力を得た。期して感謝申し上げる。（敬称略・順不同）

文化庁・富山県教育委員会生涯学習・文化財室・富山県埋蔵文化財センター・氷見市文化財審議会・氷見市立博物館・白山社（氷見市大境）・大境地区

本中眞・小野健吉

沢田正昭・小島俊彰・川村國夫・松島洋・岸本雅敏・間清・清水宣義・村中宗一・柳瀬正信・竹内勝信

目 次

序

永見市教育委員会 教育長 中尾俊雄

例言

目次

1 章 大境洞窟住居跡保存修理事業の概要	1
1 保全整備事業の概要	1
2 保存整備事業の内容	2
3 史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会	3
2 章 国指定史跡大境洞窟住居跡の概要	9
1 地理的環境	9
2 歴史的環境	9
3 発掘調査と史跡指定の経緯	11
3 章 平成14年度事業	13
1 平成14年度の事業の概要	13
(1) 事業の内容と目的	
2 調査の概要について	13
(1) 岩盤検査の概要	
(2) 岩盤検査の結果	
(3) 岩盤調査と写真撮影の結果	
まとめ	19
4 章 平成15年度事業	21
1 平成15年度事業の概要	21
(1) 事業の内容と目的	
2 第1回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会	21
3 地質調査	22
(1) 赤外線による劣化診断	
(2) ロッククライミング調査	
(3) ポーリング調査	
(4) ポアホールカメラ	
(5) 弹性波探査	
(6) 岩石学的調査	
(7) 地下水位、水質調査	
4 測量	37
5 第2回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会	38
5 章 平成16年度の事業	39
1 平成16年度の概要	39
(1) 事業内容と目的	

2 洞窟内部対策工法に対するヒアリング	39
(1) ヒアリングの概要	
(2) ヒアリング結果	
3 第3回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会	42
4 平成16年度の調査概要	46
5 詳細調査の実施について	46
(1) 洞窟内の目視調査	
(2) 水平ボーリング	
(3) ポアホール調査	
(4) 岩石試験	
(5) 弾性波探査	
(6) 緩み範囲と落石範囲	
(7) 強化保存処理調査	
6 第4回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会	57
7 ロックボルト及びロックネットの設計およびその他次年度崖面対策工の設計	58
(1) 設計条件	
(2) 洞窟内補強設計	
(3) 崖面対策工の概略設計	
8 遺構確認調査	67
6章 平成17年度の事業	85
1 平成17年度事業の概要	85
2 第5回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会	85
3 平成17年度の工事内容	86
4 ロックボルト工	87
5 水抜きボーリング工	87
7章 平成18年度の事業	95
1 平成18年度事業の概要	95
2 工事の内容	95
3 ロックネット工	95
4 強化保存処理工	95
5 崖面対策工	95
6 第6回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会	102
8章 平成19年度の事業	103
1 平成19年度の事業の概要	103
2 事業の内容	103

第1章 大境洞窟住居跡保存修理事業の概要

1. 保全整備事業の概要

大境洞窟は、大境地区の北側にある岬状の丘陵の基部に縄文時代前期の海進時に形成された幅16m、高さ8m、奥行き35mの海蝕洞である。

大正7年（1918）洞窟内部にある白山社の改築に伴う工事で地盤を掘り下げた折、多数の人骨や土器、大型の石棒が発見され、東京帝国大学人類学教室の柴田常惠らにより日本で初めて調査された洞窟遺跡である。

洞窟内には縄文時代から中世にわたる6つの文化層が確認され、落盤によってできた文化層は層位が明確であり、この文化層により縄文土器を含む文化層が弥生土器を含む層より下位にあることが確認され、両者の新旧関係を裏付ける結果を得ることができた。また文化層からは縄文時代の大型石棒や、抜歯や顔面の装飾が見られる弥生時代の人骨が発見されるなど大きく注目され、大正11年（1922）に国指定史跡に指定された。

洞窟を形成する岩盤は、石灰質シルト岩で構成された蔽田シルト岩層と呼ばれる地層からなり、洞窟内部や入り口付近上部の岩盤はもろく、これまで急傾斜崩壊防止工事として落石防止の防護ネットをかける等、見学者の安全保護に努めてきた。

近年洞窟の上部に亀裂が目立ち、そこへ雨水が浸入するなど、落盤が懸念される状況になった。

これにより国庫補助および県費補助を得て、平成14年度から平成15年度にかけて岩盤の亀裂を確認するため、測量・岩盤検査を実施した。

この調査結果をもとに、有識者による史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を設置し、平成16年度保全対策工法の検討を行い、ロックボルトによる落盤防止工事を行なうことが決定し、ロックボルト工の詳細設計を実施した。平成17年度はこれらに工法検討に従い、ロックボルトによる落盤防止工事を行い、平成18年度はロックネット工事、強化保存処理工等を行った。

平成19年度は本工事の最終年度として史跡の保存と見学者が安全に見学できるように緩勾配の園路を整備し、園路の段差ができるところには転落防止柵を設置した。洞窟内の立入禁止エリアには立ち入りを防止するための柵を設置した。

また大境洞窟住居跡の歴史的意義を分かりやすく紹介するため、説明板や総合案内板を設置した。

これら国指定大境洞窟住居跡保存修理事業として実施した平成14年から16年度行った岩盤検査等の調査結果、および平成17年から19年度3か年にわたる保全整備事業の報告書を作成した。

2. 保存整備事業の内容

保存整備事業にかかる総事業費および、国庫補助金・県費補助金・永見市支出金の内訳、年次別内訳は表1-1のとおりである。

表1-1 国史跡大境洞窟住居跡保存整備事業費一覧

年 度	総事業費(円)	国庫補助金(円)	県費補助金(円)	市支出金(円)
平成14	3,000,148	1,500,000	750,000	750,148
15	10,008,724	5,000,000	2,500,000	2,508,724
16	10,000,760	5,000,000	2,500,000	2,500,760
17	40,020,195	20,000,000	10,000,000	10,020,195
18	30,300,991	15,150,000	7,575,000	7,575,991
19*	18,000,000	9,000,000	4,500,000	4,500,000
総 計	111,330,818	55,650,000	27,825,000	27,855,818

*ただし、平成19年度は予算額。

○平成14年度事業の内容

1 测量調査

2 岩盤検査（表面を中心に）

*委託業者 株式会社 中部日本鉱業研究所

○平成15年度事業の内容

1 地質調査

- (1) 赤外線劣化診断、赤外線カメラによる崖地表面の測定
- (2) ロッククライミング調査
- (3) 地質調査ボーリング
- (4) 弾性波探査
- (5) ポアホール調査
- (6) 岩石学的調査
- (7) 地下水位、水質調査

2 測量

- ①崖地立面図

- ②洞窟最深部の測量

*委託業者（1・2） 株式会社 中部日本鉱業研究所

3 大境洞窟住居跡保存活用検討委員会（第1回・第2回）の開催

○平成16年度事業の内容

1 大境洞窟住居跡保全対策工法検討業務委託

- ・有識者である各委員にヒアリングを行い、保全対策工法を立案。
- ・委員会の資料を作成、および取りまとめ。

2 大境洞窟住居跡詳細調査設計業務委託

- ・洞窟内部、洞窟上部（崖面）等の対策工事を実施するため、事前に洞窟内部のボーリング調査等を行ったうえで、ロックボルト工等の詳細設計を実施。

※委託業者（1・2） 株式会社 中部日本鉱業研究所

3 遺構確認調査

- ・洞窟内の工事では、重機を用いることから、地下の文化層の残存状況を確認して、養生を行う必要から、遺構確認の調査を実施。

※委託業者（3） 水見市シルバー人材センター

4 大境洞窟住居跡保存活用検討委員会（第3回・第4回）の開催

○平成17年度事業の内容

1 保存対策工事

- ・ロックボルト工………ロックボルト工事により洞窟の大規模崩落を防止する。
- ・水抜きボーリング………水抜きボーリングにより、洞窟上部から浸透した雨水等が洞窟へ伝わり風化が進行するのを防止する。

（1）工事の内容

- ①測量工……………基本測量データを盤面に表示するため、水糸を格子状に張る。
- ②桟橋設置工……………神社前から重機、資材等を上げるための仮桟橋を設置する。
- ③積りつけ部舗装工……………桟橋と路面との間を擦り付けるための舗装を行う。
- ④敷鉄板工……………史跡の養生と工事車両の通行のため敷き鉄板をする。
- ⑤仮囲い工……………本殿下基壇を養生するため仮囲いを行う。
- ⑥社殿等移設工……………工事の妨げとなる本殿等を洞窟外へ移設する。
- ⑦水抜きボーリング工………4本の水抜きボーリング孔をあけ、排水する。
- ⑧足場工……………洞窟内部のロックボルト工に必要な足場を設置する。
- ⑨ロックボルト工……………洞窟内部に222本のロックボルトを打ち込みセメントを注入して固化し、落盤を防止する。
- ⑩洞窟内部の洗浄……………洞窟の天井部に発生する剥離岩やコケ等を洗浄機で除去する。

※施工業者 株式会社 大林組北陸支店

施工監理業者 株式会社 中部日本鉱業研究所

2 大境洞窟住居跡保存活用検討委員会（第5回）の開催

○平成18年度事業の内容

1 保存対策工事

- （1）ロックボルト孔の擬岩処理………ロックボルト孔の表面を、擬岩処理により塞ぐとともに、着色等により周辺の岩石と調和させて、目立たなくさせる。
- （2）表層強化処理………天井部や側壁部に走るクラックの処理や表層強化処理を行う。
- （3）ロックネット工………本殿周辺の見学区域の天井部に落石防止のロックネットを設置し、安全確保に努める。

※施工業者 株式会社 鴻池組北陸支店

施工監理業者 株式会社 アーキジオ

○平成19年度事業の内容

1 整備工事の内容

- （1）園路整備………安全に見学ができるように洞窟の内外に園路を設置。

特に高齢者や身障者等の見学に配慮し、緩勾配の園路を整備。

- (2) 排水路整備……水はけが悪く、見学者にとって、滑りやすい現状にあるため、史跡地内に排水路を設置。
- (3) 洞窟内立入禁止柵及び転落防止柵整備…洞窟内の立入禁止エリアへの進入を防止するため、柵を設置。また、園路周辺の段差ができるところに、危険防止のため、転落防止柵を設置。
- (4) 解説板設置工事……大境洞窟住居跡が持つ歴史的な意義や大正7年の発掘調査の様子などを紹介する説明板を設置。(総合案内板2枚、既存看板移設1枚、洞窟内説明板(A2サイズ)12枚)

※施工業者 株式会社 萩原建設

設計・施工監理業者 株式会社 アーキジオ

2 調査・整備報告書の発行……平成14年度から平成16年度の調査及び平成17年から平成19年度3か年にわたる保全整備事業の報告書を発行。

※印刷業者 株式会社 トーザワ

3. 史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会

水見市は、この保全事業を実施し、保存調査の検討及び評価及び保存方策を検討するため、学識者等をもって史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を組織した。同委員会の設置要項ならびに委員は次のとおりである。

史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会設置要項

(設置)

第1条 国指定史跡大境洞窟住居跡の保存調査の検討及び評価及び保存方策を検討するため史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会（以下「委員会」という。）を置く。

(組織)

第2条 委員は、保存科学、地質、考古学、地元代表等、行政関係者のうちから、水見市教育委員会教育長が委嘱する。

(職務)

第3条 委員会は、次の事項に関し、検討を行う。

- (1) 大境洞窟住居跡の保存調査に関すること。
- (2) 大境洞窟住居跡の活用方策に関すること。

(委員の任期)

第4条 委員の任期は、委嘱の日より平成17年3月31日までとする。

2 委員は再任されることができる。

(委員長)

第5条 委員会に、委員長をおく。

2 委員長は、互選とする。

3 委員長は、委員会の会務を総理する。

(会議)

第6条 委員会の会議は、委員長が議長となる。

(事務処理)

第7条 委員会の事務は、水見市教育委員会事務局において行う。

(細則)

第8条 この要綱に定めるもののほか、委員会の運営に関して必要な事項は、委員長が定める。

付則

この要綱は、平成15年8月11日から施行する。

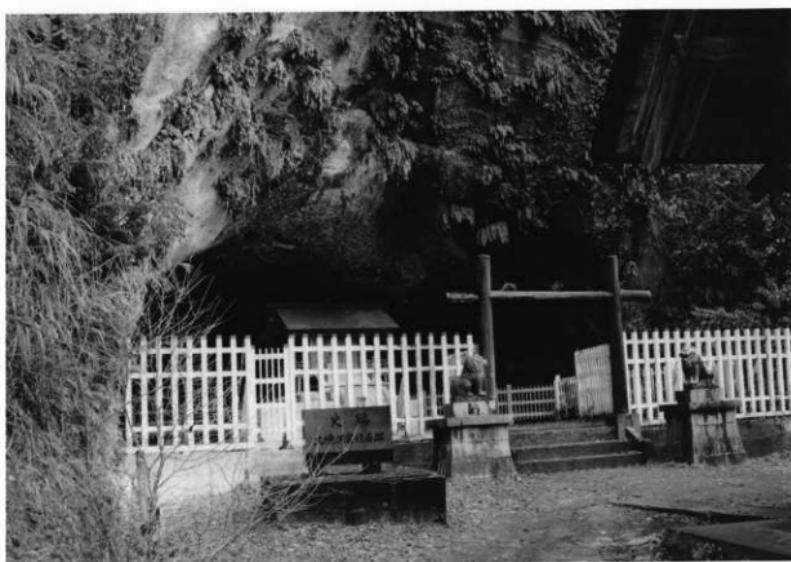
史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会 委員名簿（敬称略・順不同）

沢田 正昭	筑波大学芸術学系教授（文化財保存科学）（のちに国士館大学21世紀アジア学部教授）
小島 俊彰*	金沢美術工芸大学 教授（考古学）
川村 國夫	金沢工業大学 教授（地盤工学）
松島 洋	氷見市文化財審議会 委員（地質）
岸本 雅敏	富山県埋蔵文化財センター 所長（考古学、行政） 平成15～17年度
関 清	タ 平成18年度
清水 宣義	白山社 宮司
村中 宗一	大境区長（地元） 平成15年度
柳瀬 正信	タ 平成15～18年度
森 静治	氷見市農林課長（治山事業関連） 平成14～16年度
吉崎 新一	タ 平成17～18年度
盛藤 幸雄	氷見市水産漁港課長（漁業集落環境整備関連） 平成15～16年度
江添 良春	タ 平成17～18年度
荒屋 俊春	氷見市商工観光課長 (九殿浜休憩所・大境ビズターセンター管理、国定公園関連)
舟崎 邦雄	富山県教育委員会文化財課長（オブザーバー）
本中 真	文化庁記念物課主任文化財調査官（オブザーバー） 平成15年度
小野 健吉	タ 平成16～18年度

*は委員長



写1-1 保全整備前の全景



写1-2 保全整備前の洞窟



写1-3 保全整備後の洞窟前のスロープと排水路



写1-4 保全整備後の洞窟内部の説明板と立ち入り防止柵

2章 国指定史跡大境洞窟住居跡の概要

1. 地理的環境

氷見市は富山県の西北部に位置し、能登半島の基部東側にある。昭和27年の市制施行から昭和29年までに、旧太田村を除く氷見郡1町17村が合併し、現在の氷見市が成立した。面積は約230km²、人口は約5万5千人である。

市域は、北・西・南の三方が標高300~500mの丘陵に取り囲まれ、東側は約20kmの海岸線をもって富山湾に面している。

大境洞窟住居跡の所在する灘浦海岸は、氷見市の海岸線の北半分に相当し、ここは小さな谷が連続し、丘陵部は海食崖として海に面した地形である。特に阿尾から九殿浜までの海岸に露頭する第三紀藪田層は、シルト質の軟岩であるがよく縮まって崩れににくい性質のため断崖を形成しやすく、大境洞窟をはじめとする縄文海進に由来する海食洞窟がいくつか残っている。

大境地区は灘浦海岸のはば中央に位置し、ここは三方が丘陵に囲まれ、東南に向けて開けた小さな谷の集落である。地形上の制約から農地が狭く、漁業を中心とした生業であった。洞窟の調査が行われた大正7年当時は氷見郡宇波村に属し、同村は昭和29年3月15日に氷見市へ編入合併した。

近年の大境地区は、海岸部の埋め立てや国道の拡幅などで大きく姿を変えている。地区内には民宿が多く、漁業関係の資料を展示した大境ビジターセンターや無料休憩所が建設され、さらには北側の丘陵に九殿浜園地、南に隣接する小境地区に海岸公園が整備されており、観光客で賑わっている。

2. 歴史的環境

灘浦地区では、縄文時代前期末から中期にかけて海岸部の平野や洞窟の利用が始まっている。縄文時代の遺跡として、前期末等の資料が採集されている蛇ヶ島遺跡、海岸に面した丘陵裾部に営まれた中期後葉の中波貝塚、中期末葉に台地上に営まれた長坂貴船遺跡がある。

弥生時代には遺跡が少なく、本遺跡と隣接する大境エンニヤマ下洞窟遺跡があるのみである。

古墳時代には中期頃から宇波川流域を中心に開発が進み、熊野神社古墳群・宇波安居寺古墳群・宇波古墳群・脇方十三塚古墳群等が築かれた。

また7世紀には脇方横穴墓群が営まれる一方、製塩遺跡として九殿浜遺跡が確認されている。古代には「和名抄」にみえる字納郷に比定される地域であるが、考古学的な裏付けはあまりとれていない。

中世には能登との境にまたがる石動山天平寺の影響を受けることが多かった。中世墓や石造物が多数分布している。特に石造物は灘浦海岸に産出する藪田石を石材として使用しており、石工集団の解明が今後の課題として残っている。

近世初頭には蛇ヶ島から高岡城の石垣石が切り出されている。

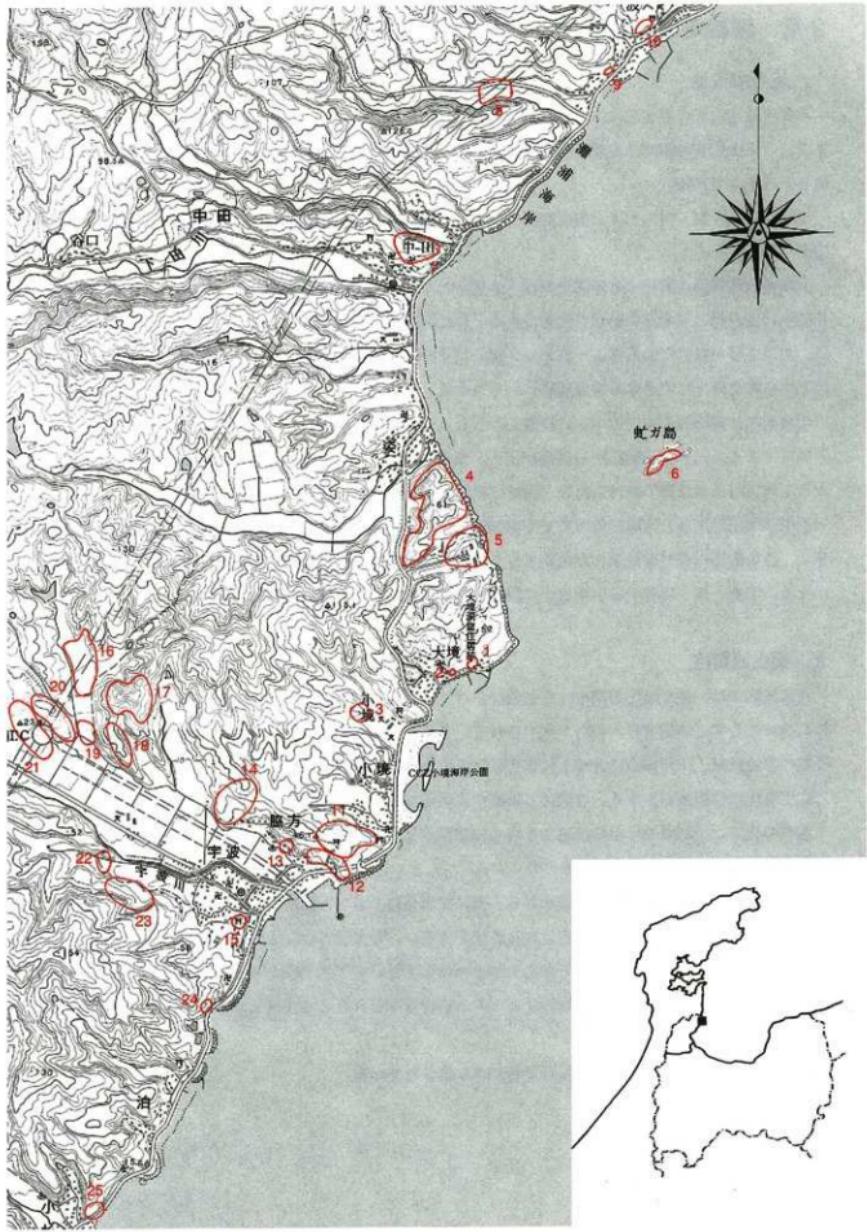


図2-1 周辺の遺跡位置図 (S=1/25,000)

表2-1 周辺の遺跡一覧表

番号	遺跡名	種別	時代
1	大境洞窟遺跡	洞窟遺跡	縄文中期中葉～中世
2	大境エンニヤマ下洞窟遺跡	洞窟遺跡	縄文時代中期・晩期末～弥生中期
3	髪塚	塚	中世
4	姿城跡	城館	戦国
5	九殿浜遺跡	製塙	縄文～中世
6	虹が島遺跡	散布地	縄文前期・古代～近世
7	一夜城跡	城館	戦国
8	NEJ-30遺跡	散布地	中世
9	中波天神の森遺跡	祭祀	中世
10	中波貝塚(女良貝塚)	貝塚	縄文中期
11	脇方十三塚古墳群・集石墓	古墳・中世墓	古墳中～後期・中世
12	脇方横穴群	横穴墓	飛鳥白鳳
13	脇方谷内出中世墓	中世墓	中世
14	脇方西古墳群	古墳	古墳中期
15	宇波古墳群・宇波神社遺跡	古墳・散布地	古墳後期
16	NEJ-29遺跡	散布地	古代
17	宇波城跡(安居寺城跡)	城館	中世
18	宇波安居寺古墳群	古墳	古墳中期
19	宇波ヨシダ遺跡	散布地	古墳・中世
20	熊野神社古墳群・集石墓	古墳・中世墓	古墳・中世
21	宇波西遺跡	散布地	弥生・古墳・古代・中世・近世
22	宇波コウラカラ遺跡	散布地	古代・中世
23	宇波庚申塚	塚	不明
24	宇波洞窟遺跡	洞窟遺跡	不明
25	泊洞窟遺跡	洞窟遺跡	縄文早～前期か

3. 発掘調査と史跡指定の経緯

「明暦二歳加納組高覚帳」(1656年)の大境村の項に岩屋についての記述がみられ、菊理姫神が祀られていることが記されている。江戸時代の早い段階から洞窟は信仰の場として知られていたようである。

一方、洞窟から遺物が出土することは古くから知られていたとみられ、東京帝国大学人類学教室の柴田常恵が編集を担当し、大正6年に同大学から発行された『日本石器時代人民遺物発見地名表』第4版に、石器出土地として大境が掲載されている。

大正7年6月15日頃から、白山社改築のため地元住民が社殿周囲の地盤を掘り下げたところ、遺物が多数出土し、7月1日の東京朝日新聞欄外記事でニュースを知った柴田常恵が3日の夜行列車で現地に駆けつけ、遺跡の重要性を訴えた。

そして同年9月28日から10月15日まで、柴田を中心となり、発掘調査が実施された。調査には柴田の他、松村瞭・長谷部言人・石田収造・小金井良精らが参加した。

この調査では、柴田の要請により富山県庁から土木技手村田竹次郎が派遣され、洞窟や層位の測量を行った。

出土遺物は、調査終了後東京帝国大学に運ばれたが、大正9年に柴田が内務省に異動したため、正式な報告はされなかった。これらの遺物は現在東京大学総合研究博物館が所蔵している。

内務省に異動した柴田は史跡指定にかかる事務を担当した。大境洞窟住居跡は、同時期に発見され

た朝日貝塚と共に、大正11年3月に史跡指定された。

なお、洞窟には特に名称はなく、発掘調査時には宇波村洞窟・大境洞窟・白山社（神社）洞窟などと呼ばれ、史跡指定にあたって大境洞窟にされたようである。



写2-1 史跡指定直後の大境洞窟

3章 平成14年度事業

1. 平成14年度の事業の概要

(1) 事業の内容と目的

大境洞窟は、灘浦海岸の崖に出来た海食洞内にある洞窟遺跡であり、洞窟を構成する戸田シルト岩層は、良く締まっているが、長年の風化に伴て少しづつ剥離、崩壊している現状である。

近年では、平成5年に崖上の樹木が落下したり、平成7年には崖表面の岩盤が剥落したりして洞窟の入口付近が危険な状態となった。このため、史跡および観光資源としての重要性から、危険な樹木を伐採したり、平成9年には落石防護ネットを張ったりするなどの対策が実施されてきた。しかし、これらの安全対策は、洞窟入り口上部の崖に対する応急対策であり、洞窟内部に対する本格的な調査や安全対策は、全く実施されてこなかった。

平成14年度は、貴重な国指定史跡であることから、史跡の保護と安全に十分注意して大境洞窟および周辺の基本測量（平面図、立面図）と、洞窟内部および入口周辺の岩盤調査を実施することにより、大境洞窟の形状と安全性に関する基礎資料を得ることを目的とした。

(2) 調査の概要について

①岩盤検査の概要

平成14年度は、岩盤調査を行った。岩盤調査では、岩盤検査と写真撮影を実施し、岩盤検査を行い、岩盤の種類や面積、亀裂の連続性や方向、層理面の方向などの調査し、岩種や岩盤の硬軟度、ひび割れの度合い、漏水箇所などを確認することにより、岩盤マップを作成した。

通常の岩盤検査と同様調査方法は、肉眼による観察、クリノメーターによる走行傾斜の測定、ロックハンマー等による硬軟度の判別などの調査を実施した。この岩盤検査と同時に、岩盤の現状を把握するために写真を撮影した。

②岩盤検査の結果

a 洞窟内のスケッチ結果

洞窟を構成する地層は、上記の戸田シルト岩層のみであり、部分的にわずかな岩相の違いはあるものの概ね無層理塊状で、ほとんど変化のない軟質シルト岩である。洞窟内には崩落した岩塊を含む崩積土が堆積しているが、壁の脚部には硬く固化した古い崩積土層（以下古期崩積土層と呼ぶ）が見られる。この古期崩積土層はシルト岩起源の岩片や砂～シルトを主体としているが、極硬質な円礫（これは現在の海浜堆積物中のものと同質である）を含み不明瞭ながら水平な堆積構造が見られ、やや円磨されたシルト岩塊を含むことなどから、完全な水中堆積物ではないが水の作用を受けた堆積物であることが分かる。また、その上面標高は図に示したように、概ね6m付近にあることから、縄文海進期（最盛期：5500～7000年前、海平面の最上昇期は約6000年前で、現在より約2m上昇したと推定されている）のものであろうと推定される。

洞窟内の地質や崩壊状況、その他の特徴を以下に列挙する。

- 1) 洞窟の縦断面形状は、局所的な窪みあるものの入り口側ほど高く奥に向かって一方的に低くなっている。

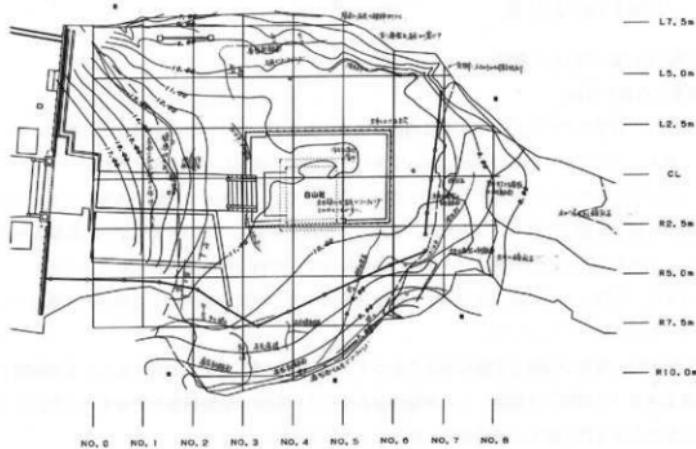


図3-1 岩盤マップ(平面図)

- 2) 洞窟の形状とは無関係な割れ目も数例見られるが、大半の割れ目は概ね洞窟壁の形状に沿って発生している。これは統成作用（地層が岩石化していく作用）や構造運動の過程で初生的に形成されたものではなく、拡大侵食の過程で二次的に形成されたものであることを示している。
- 3) 測線No 7付近までは天井が高く、側壁の勾配が大きい。これに伴って、側壁部に見られる割れ目の勾配も相対的に大きくなっている。しかし、側壁の脚部に見られる古い割れ目は傾斜が緩く、天井部分のものは水平に近い（測線No 3～No 6）。
- 4) 測点No 7付近から奥は全体的に低角度な割れ目（天井部分は剥がれ落ちた割れ目跡）が広がり、洞窟の横断形状は弓形を呈している。すなわち、裾広がりの極めて不安定な形である。
- 5) 右側壁の測線No 7～No 8付近には厚さ1m前後の厚い板状の崩落岩塊や未崩落岩塊が見られる。その原因となった割れ目は傾斜角度が概ね35°程度以下で、入り口側の壁面脚部にも連続している。
- 6) 右側壁測線No 5付近以浅の上半部壁面では割れ目の傾斜角は概ね40°以上となるが、割れ目に沿って崩落した板状体の厚さは10～20cm程度の薄いものである。
- 7) 洞窟内の壁面および開口した割れ目面にはシルト岩層から地下水水中に溶けだした石灰が沈殿し、硬質な薄板でコーティングされているところが多い。特に、測線No 8付近から奥の天井部分はほぼ全面がコーティングされた状態にあり、地下水の浸み出しに伴って成長中の鍾乳石も見られる。
- 8) 洞窟の入り口に近い部分から外壁面にかけては、スponジ状の小球体からなる被膜が生じており、乾燥部分では白くポップコーンのような性状であるが、水を含んだものは淡黄緑色でゼリー状を呈している（成因不明）。外壁部ではシルト岩を直接覆っているが、洞窟内では石灰膜を挟んでその上を覆っているものも見られる。
- 9) 古期崩積土は一部軟質部が残っているが、ほぼ全体に石灰化して、ハンマーで強打しなければ割れないほど硬質化している。また、比較的新しい時代のものと思われる崩落岩塊を覆っている土砂もシルト岩と同程度に固化した状態にある。

10) 割れ目は入り口付近の直上部で壁に沿って横に連続するものが認められる。しかし、あまり開口せず、さほど奥に連続している様子はない。入り口付近にはこれとは別に高角度な開口性の割れ目や不安定な岩塊も見られる。

11) 右側壁部には開口性の割れ目が認められ、やや不安定な状態の板状体が残っているところもあるが、現状では、不安定なものの大半はすでに崩落済みであるように見える。

剥落、崩壊の痕跡や危険性の高い箇所は、写真と説明に示す通りである。

特に危険性が高いと思われる部分は、No.3付近の右側壁の白色岩塊、C.L左側No.2付近の天井の白色岩塊、入口上部左側の崖面のネットに見られる剥落岩塊とその上部付近である。また、20~30cm程度の小さな岩塊が剥離しそうな部分は、洞窟の隨所で見うけられ、第三者被害の危険性は高い。

なお、洞窟左側には、龕状造構と思われる人工的な岩棚と窪みがあり、考古学的にも興味深い。

また、洞窟表面には、石灰またはシリカと思われる硬板が発達している上、最深部の天井には鍾乳石がある。さらに、入口周辺の天井には、鉱物とも植物とも判断できないスポンジ状の物質が存在するなど、科学的にも非常に興味深い洞窟である。



写3-1 右側No.6～8付近の床～側壁
厚さ0.5～1.0m長さ2.0m程度の岩塊が多数あり、剥落、剥離している状況であった。



写3-2 右側No.5～6付近の天井
幅1.0m長さ2.0m厚さ0.5m程度の岩塊が抜け落ちた痕跡がある。



写3-3 No.3付近の右側壁

幅2.0m長さ3.0m厚さ20cm程度の岩塊が剥落した痕跡、左側の白い部分は今にも剥落しそうな幅0.5m長さ2.0m厚さ20cm程度の岩塊があった。



写3-4 C L左側No.2付近の天井

今にも剥落しそうな幅1.0m長さ1.5m程度の白色岩塊と、その上部の将来剥離面になると考えられる連続性の亀裂があった。



写3-5 No.3, L 2.5付近の天井

水平な割れ目が生じて小さな岩塊が剥落した跡であり、このような剥落は随所で見られた。



写3-6 入口上部の左側の崖面

防護ネット設置後に、幅および長さ0.3~1.0m厚さ20cm程度の岩塊が多数剥落している状況であった。

(3) 岩盤調査と写真撮影の結果

大境洞窟は、比較的均一な石灰質シルト岩から構成されており、洞窟内に断層や大きな層理（節理）は見られない。しかし、壁面と並行な割れ目が多数存在し、この割れ目に沿って岩盤が剥落している。地質的には、入口から奥に向かって、不安定な弓形から安定な円形へと、天井を中心に崩壊が進行していると考えられる。

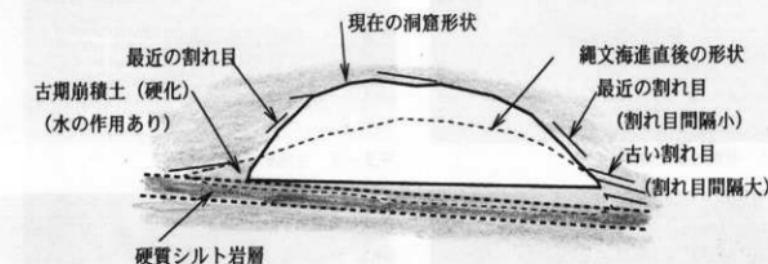


図3-2 大境洞窟の断面形状と地質条件

まとめ

大境洞窟は、基本調査の結果、岩盤の剥離、崩壊の危険性が高いことは明らかであり、当面立ち入り禁止措置を続けることが必要であると判断した。しかし、貴重な文化財であると同時に大切な観光資源であることを考慮すれば、永久に立ち入り禁止を続けることはできない。したがって、必要な調査を実施すると同時に、洞窟の保存と安全性を確保するための対策が早急に必要であると判断した。

大境洞窟は、土木工学の立場から安全性の確保を考えると、洞窟内部については、形状の似ているトンネル工事で用いられる対策工法を用いるのが適当であり、崖面については、法面工事で用いられる対策工法が基本となる。

しかし、文化財保護や観光の立場から考えると、国指定史跡である現在の形状や外観を出来る限り変えないことが重要である。この場合、洞窟表面や崖面の景観を大きく変える吹き付けモルタルや支保工、法枠工の使用は不適当である。

したがって、土木工学的な立場と文化財保護や観光の両面から考えると、表面の剥離に対しては、透明な樹脂や浸透、注入材料による表面保護を行い、大きな岩盤の剥離、落下に対しては、ロックボルトによる岩盤の安定化を実施することが、適当と考えられるが、実際の対策は、今後の調査結果を参考に、専門家と行政からなる検討委員会において十分討議することとした。

岩盤検査の調査状況



写3-7 洞窟内部左側壁



写3-8 左側壁上部



写3-9 本殿後上部



写3-10 崖面下方部



写3-11 崖面左侧



写3-12 崖面右侧

4章 平成15年度事業

1. 平成15年度事業の概要

(1) 事業の内容と目的

平成15年度は、平成14年度に実施した基本測量結果を基に、崩落対策の検討に必要な詳細な地質調査を実施し、その洞窟内部および崖面の現況を把握し、データを解析し、保存整備事業推進のための総合的な資料を得ることを目的として、地質調査としてロッククライミング調査、洞窟や崖面内部の状況を調べるためのボーリング調査、さらにそのボーリング孔にカメラを挿入し調査するボアホールカメラ、振動により地下の構造を調べる弾性波探査、岩石学的調査やボーリング孔を利用した地下水・水質調査、赤外線による劣化診断等を実施した。

また、保存科学、地質、考古学等に関する有識者、および地元代表、行政関係者で構成する史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を結成し、詳細調査のデータを基に安全対策の基本方針をまとめるため、2回の委員会を開催した。

2. 第1回 史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会

平成15年8月11日第1回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を開催し、現地視察の後、氷見市教育文化センターにおいて協議を行った。

議事

①平成14年度の調査結果の報告。

平成14年度 大境洞窟住居跡測量等調査業務委託報告書の概要版（ダイジェスト）の説明。

・現状のまま一般観光客に開放することは危険であり、立ち入り制限を継続すると同時に、早急に追加調査と適切な対策工を実施すべきであると報告。

②平成15年度調査計画についての説明。

・地質調査

- (1) 赤外線による劣化診断
- (2) ロッククライミング調査
- (3) ボーリング調査
- (4) 弾性波探査
- (5) 岩石学的調査
- (6) 地下水位、水質調査

・測量

- (1) 崖地立面図
- (2) 洞窟最深部の測量

3. 地質調査

(1) 赤外線による劣化診断

熱赤外線映像法は、物体から放射される熱赤外線エネルギーを検出し、その表面温度を平面的に映像化することによって物体内部の状態や性質を調査する手法である。下図に標準的な熱赤外線映像システムを示す。検出器は物体から放射される熱赤外線エネルギーを検知し、コントローラ部を介して表示部によって映像化される。映像化された温度情報は画像記録装置、画像処理・解析装置などの周辺装置によって情報処理され、記録、保存、管理される。

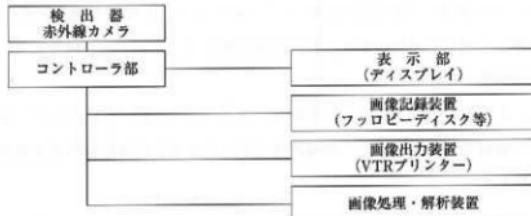


図 4-1 標準的な熱赤外線映像システム

ロッククライミング調査では、洞窟周辺の垂直に切り立った崖面に対して、ロッククライミング技術を利用して崖面にロープでぶら下がり、浮石、不安定ブロックの背面亀裂等の直接観察、記載、記録、写真撮影を実施した。しかし、ロッククライミング調査は、崖面にロープでぶら下がっている関係から、調査範囲や調査時間が限られており、危険箇所の見落としや過大評価などが生じる恐れがある。

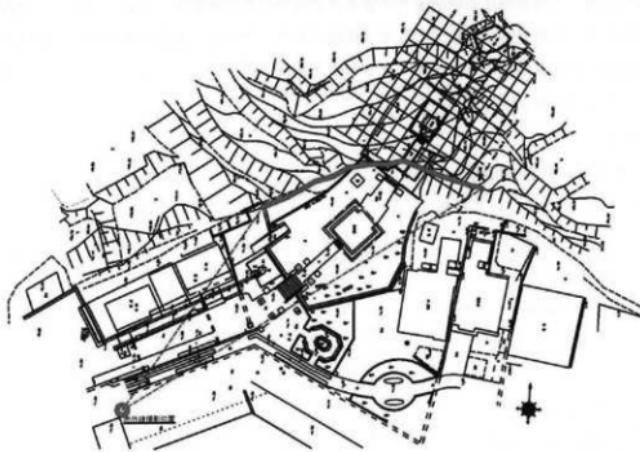


図 4-2 热赤外線映像装置の設置場所

そこで、赤外線画像法による劣化診断を、ロッククライミング調査の補強調査として実施した。赤外線画像法では、崖面から離れた位置から、赤外線カメラを利用して非接触で広い範囲の岩盤表面の温度分布を計測することが可能である。撮影時間による岩盤の温度変化、可視画像と比較、ロッククライミ

ング調査の結果などを合わせて、総合的に検討することにより、劣化部分の診断をより正確に行うこと
が可能である。



写4-1 赤外線カメラによる撮影範囲



写4-2 崖面の赤外線画像

大境洞窟は、地形的に海岸部の南向の崖に出来た海食洞である。このため、真冬の寒風による凍結融解作用や、真夏の太陽による熱膨張など、風化し易い環境にあることは明らかである。

洞窟および崖面の赤外線画像を撮影することにより、写4-2に示すように表面温度の分布が明らかとなる。時間毎に撮影することにより、気温の変化や太陽光による表面温度の変化が判る。異常な温度変化が見られる部分は劣化している可能性が高いと考えられる。

ロッククライミング調査を実施する前に、異常部分を検出しておけば、特にその部分を念入りに調査することが可能であり、赤外線カメラにより、洞窟周辺の崖面を一定時間ごとに撮影し、表面温度の変化を調査した。

その結果、写4-2のような赤外線画像等が得られた。この画像より、洞窟上部の崖面には、温度変化の激しい部分がかなり存在していることが判る。これらの部分は、ロッククライミング調査の不安定部分や不安定ブロックとほぼ一致しており、温度変化の激しい部分で、風化による劣化が進行しているようである。



写4-3 赤外線カメラによる撮影状況

(2) ロッククライミング調査

大境洞窟入口周辺は、高さ約20m、ほぼ垂直な崖面となっており、平成14年度の調査でも落石防止ネットの内部における落石の発生や危険箇所が指摘されていた。しかし、さらに詳細に調査するには、実際に人が近づいて調査する必要があることから、ロッククライミング調査を実施した(写4-4)。

ロッククライミング調査は、足場などを用いた従来の調査方法とは異なり、ロッククライミング技術を用いて、浮石やひび割れ、剥離などの危険箇所を直接チェックし、写真撮影、スケッチなどを実施する方法である。

調査範囲は、洞窟入口上部の崖面と洞窟左右のほぼ垂直な崖面とし、状況写真に示すように、ロッククライミングにより、大境洞窟周辺崖面の危険箇所を直接チェックした。

調査結果の概要是、調査結果正面図(図4-3)に示す通りであり、不安定な部分は、崖面上部の14、16~18、洞窟入口左上の34の2箇所である。また、やや不安定な部分は、洞窟左崖面の27、入口中央上部の35、洞窟右崖面の47の3箇所である。さらに、範囲の大きな不安定ブロックは、左崖面の6、8、崖面左上部の22、崖面右中央の28、29、洞窟入口周辺の32、33の4箇所である。

これらの結果より、洞窟周辺の崖面は、全体に不安定であり、危険箇所も多いことが明らかとなった。特に、洞窟入口周辺は、ロックネットが未施工のため危険性が高く、早急な対策が必要であると判断できる。



写4-4 ロッククライミング調査の状況

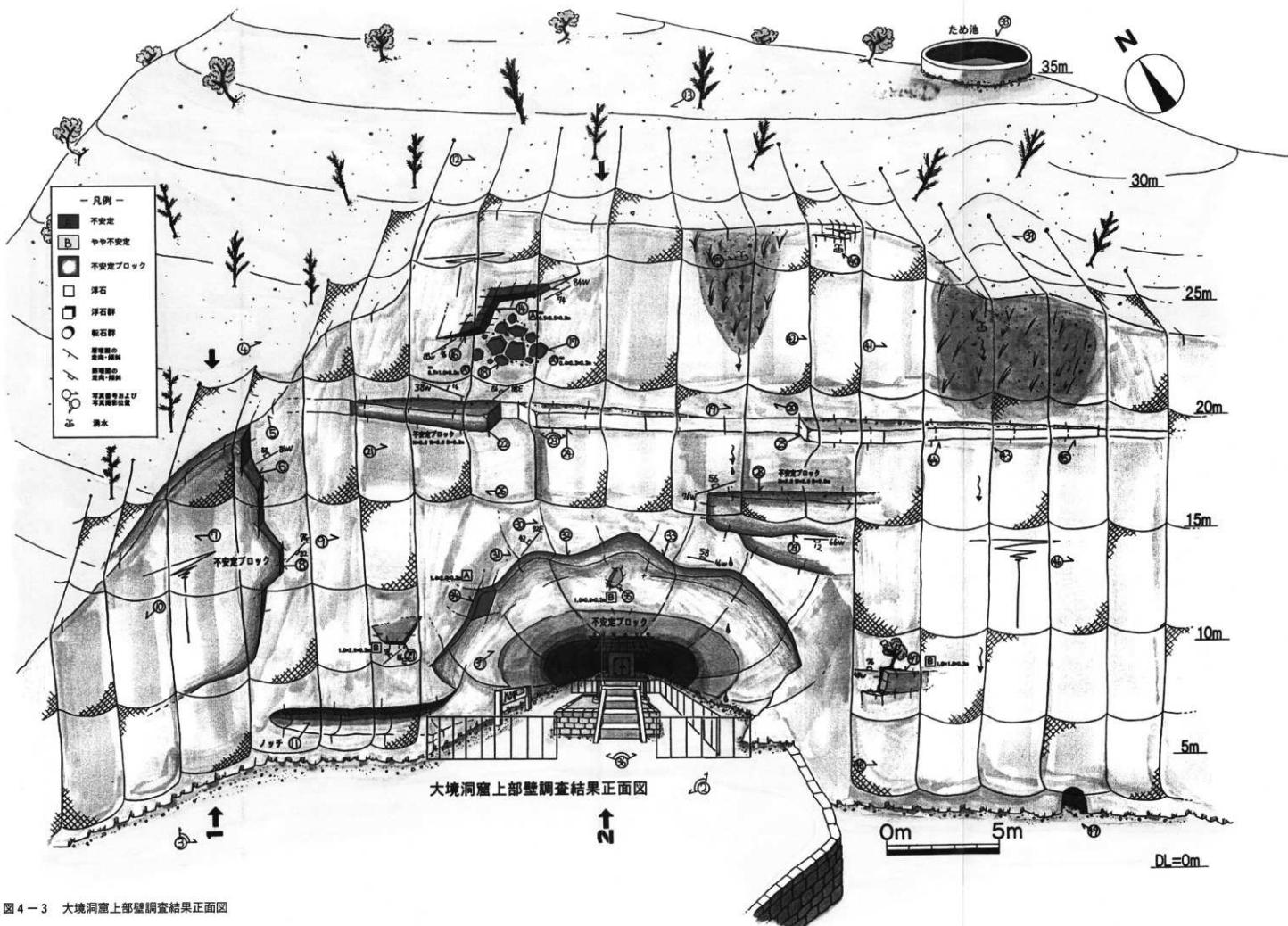
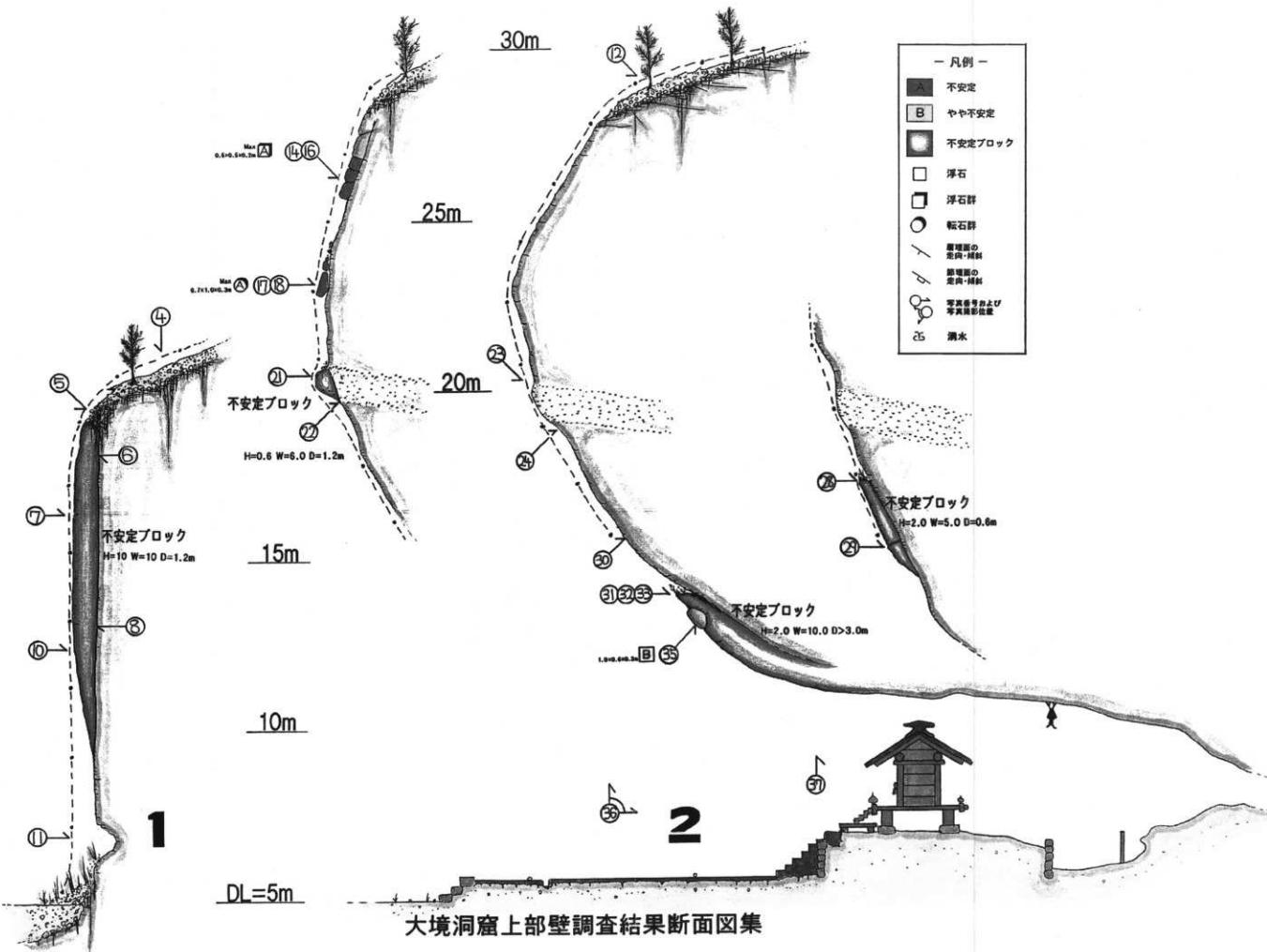


図 4-3 大境洞窟上部壁調査結果正面図



大境洞窟上部壁調査結果断面図集

(2) ポーリング調査

ポーリング調査は、地質調査における基本調査の一つであり、図4-5に示すようなポーリング機械（ハイドロリックフィード式）を使用して地盤に孔を空け、地盤内部の調査を行う。

洞窟や崖面内部の状況を調査するために必要不可欠な調査であり、ポーリングによりφ50mm程度の円柱状試料（コア）を連続採取することにより、岩石の種類や硬さ、ひび割れの有無などが直接観察できる。

調査は、洞窟の崖上から洞窟床下までVB-1（西側）及びVB-2（東側）の2孔でポーリング調査を実施した。

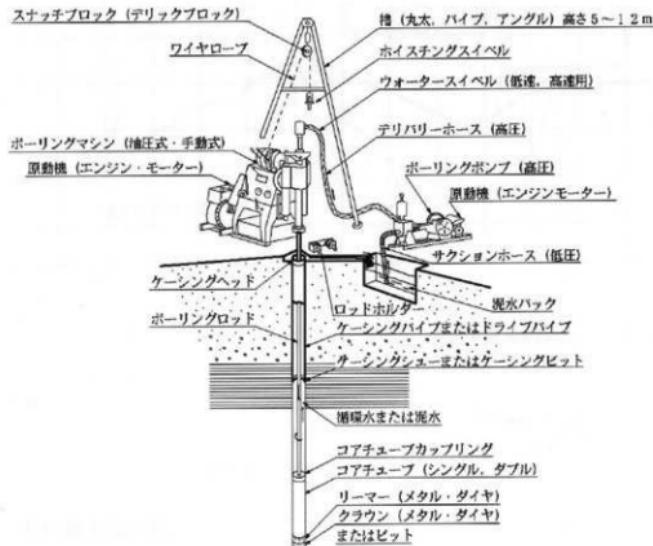


図4-5 ポーリング機械（ハイドロリックフィード式）

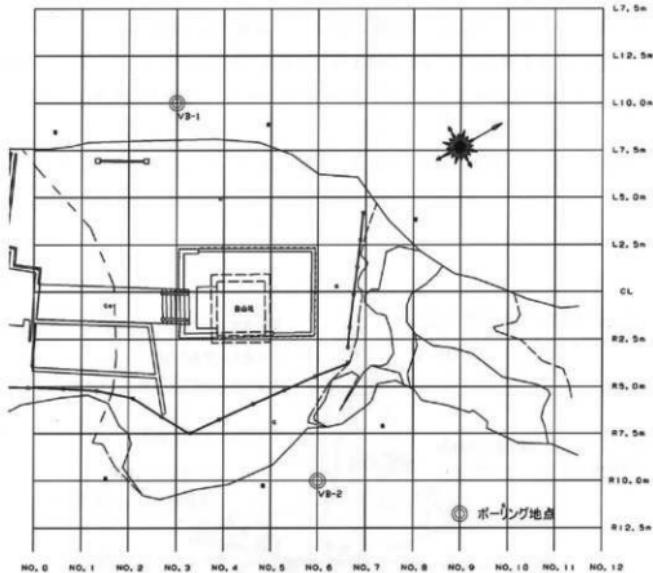


図4-6 ボーリング調査位置平面図

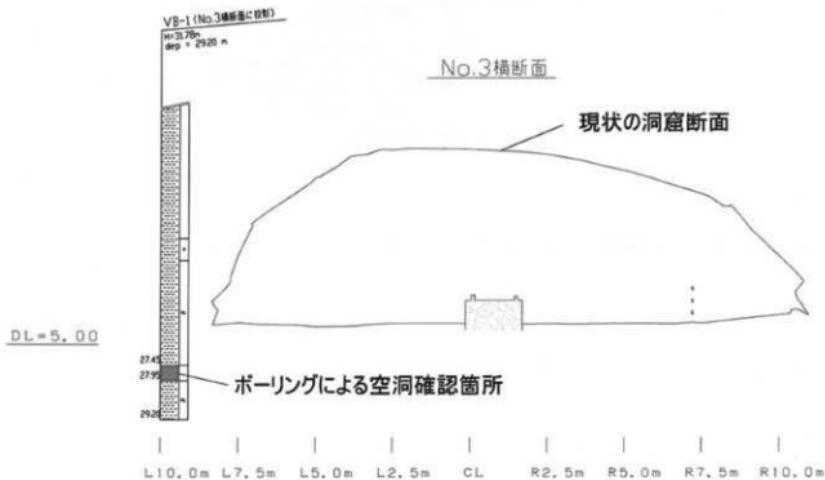


図4-7 ボーリング地点とNo.3洞窟横断面との関係

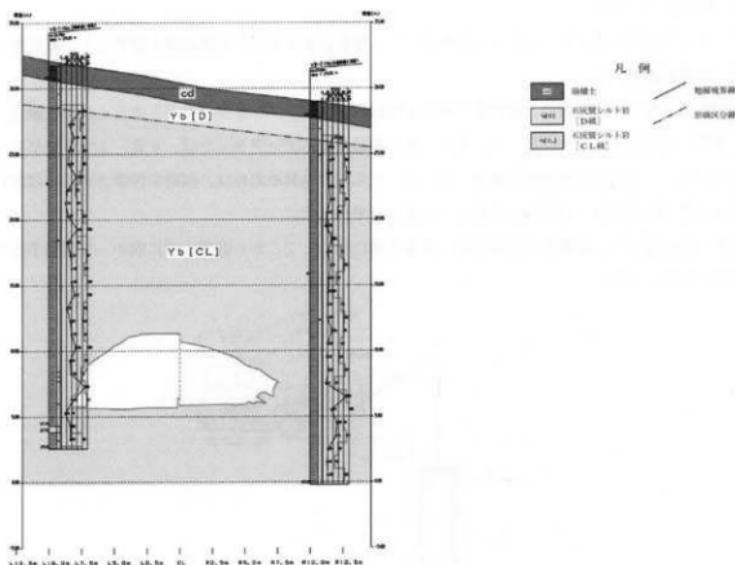


図4-8 地質想定断面図

調査結果の概要は、地質断面図に示す通りである。この図より、地表面には厚さ1.1~1.2mの崩積土：c dが堆積しており、それ以深には軟田層の石灰質シルト岩：Y bが厚く堆積していることが判る。シルト岩の上部は、厚さ2.1~1.7mのD級岩盤：Y b [D]に区分されるが、その下位にはC級岩盤：Y b [C L]が洞窟下まで連続している。

ボーリング柱状図より、VB-1では、深度23m付近より変色し、亀裂や空洞が多くなっており、洞窟内部から風化の影響が現れていると考えられる。VB-2では、深度方向の変化が少ないものの、深度23m付近では亀裂が発達し、深度26m付近では軟質化している。

これらの結果より、洞窟周辺の地質は、大部分が均質な石灰質シルト岩から構成されているが、洞窟近傍では風化の影響から亀裂が発達して変質していると推定される。

(4) ポアホールカメラ

ボーリング孔内にポアホールカメラを挿入して、写真に示すような展開画像を撮影して、亀裂幅や方向などを直接観察した。

観察結果より、不連続面は、全深度でみれば開口亀裂及びヘーアクラックとも少なく、初生構造（葉理、層理）も極少ないことが判った。また、開口亀裂及びヘーアクラックは、VB-1で多くVB-2で少ないが、いずれも洞窟近傍に集中している。さらに、亀裂の走行は、洞窟の伸張方向にはほぼ並行し、傾斜は洞窟の内壁に沿った方向が卓越していることが判った。

これらの結果より、危険なひび割れは、洞窟近傍に多く、ここから洞窟内部に向かって崩壊する危険性が高いと考えられる。

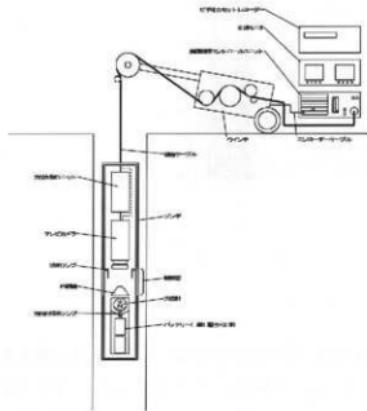


図 4-9 孔壁観察システム概念図

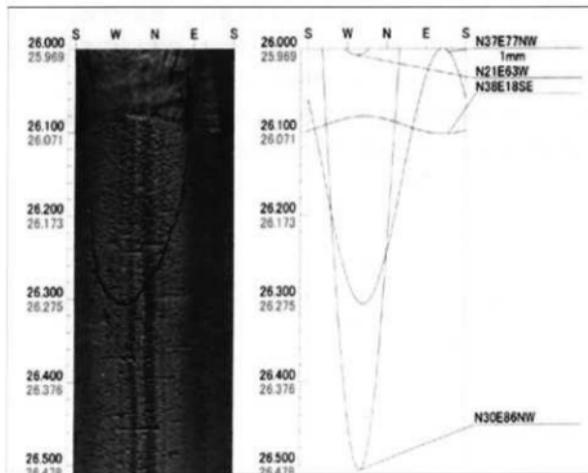


図 4-10 ポアホールカメラによる展開画像

(5) 弾性波探査

弾性波探査は、図4-12に示すように人工的に発生させた弾性波（振動）を受振機で計測して、地下の構造を推定する方法で、地盤関係では屈折法を利用する場合が多い。

基本的に弾性波が速く伝わる部分は、硬い地盤で、遅い部分は柔らかい地盤である。受振機を細かく設置し、ボーリング調査、岩石学的試験などの結果を合わせて総合的に判断することにより、洞窟および崖面内部の岩質や硬軟、風化・変質の程度を推定することが出来る。

探査は、人家や洞窟の安全性を考慮して、震源はハンマーなどにより地面を叩く方法とした。

洞窟の崖上において、洞窟の延長方向のI側線とVB-1とVB-2を結ぶII側線において、弾性波探査を実施した（図4-11）。

その結果、I側線の最下層速度層（1.7～1.9km/s）までの層厚は、中央でやや厚いが、ほぼ地表面に平行していることが判った。II側線の最下層速度層までの層厚は、下図に示すように崖面に近い南側が厚く、北側では薄いことが判った。これは、地表面だけでなく、崖面からも風化が進行しているためと考えられる。

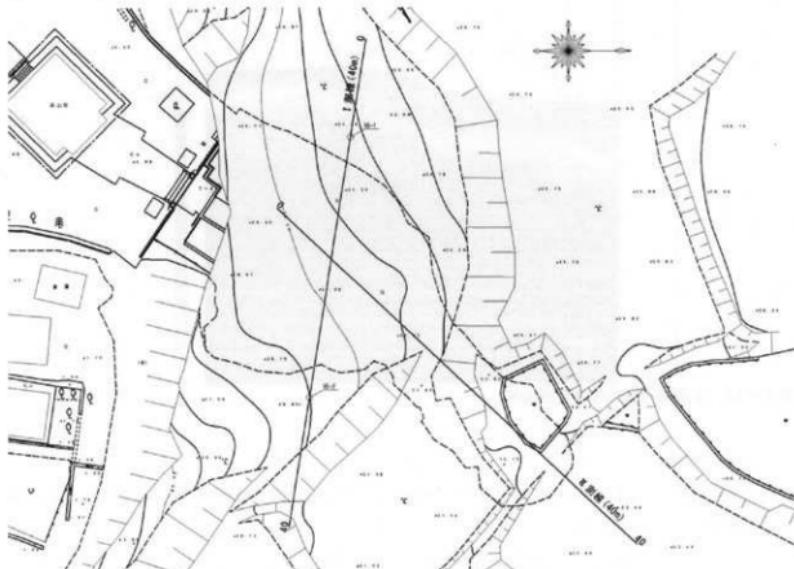


図4-11 測線配置図

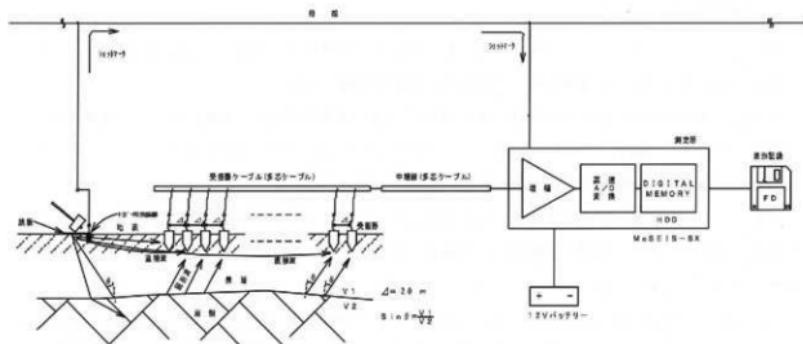


図 4-12 弹性波探査の測定概念図

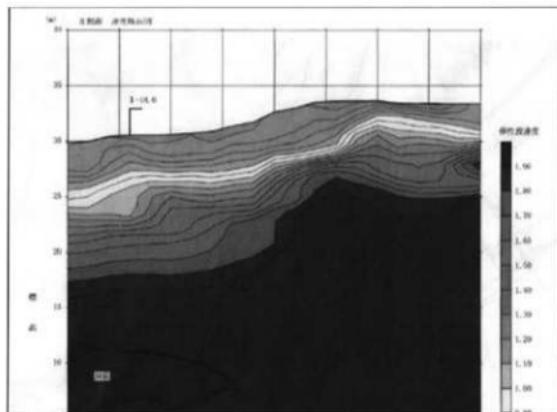


図 4-13 Ⅱ 側線の弾性波速度断面図

(6) 岩石学的調査

岩石学的調査は、洞窟を構成する岩石や表面析出物の物理的、化学的な性質を知り、保存、補修、補強の基礎資料として実施した。

ボーリングより採取したコアと洞窟および崖の表面から採取した試料を用いて、表4-1に示すような力学試験、物理試験、化学試験を実施する予定である。

なお、コアによる試験は、場所による違いを明らかにするため、鉛直方向は表面、中間、最深部付近の3箇所で実施した。

表4-1 岩石学的調査の項目

項目		名称・規格
力学	静ボアソン比試験	一軸圧縮込
	一軸圧縮試験	ボアソン比なし
	引張強度試験	圧裂法
物理	超音波伝播速度試験	P波、S波
	密度試験	
	吸水及び有効間隙率	強制湿润
	含水率試験	自然
化学	表面析出物の化学分析	X線回折試験

ボーリングコアを用いて実施した力学試験、物理試験の結果を表4-2に示す。この表より、一軸圧縮強度は、深度10m付近の硬質な部分を除くと平均 $2 \text{ mN/m}^2 \approx 20 \text{ kgf/cm}^2$ 程度であり、シルト岩としても比較的軟らかいことが判る。また、含水比、吸水率、有効間隙率は、シルト岩としては大きく、多量に含まれる有孔虫が影響しているものと考えられる。2を比較すると、力学試験の強度や超音波速度は、VB-2の方が大きく、ボーリング調査やボアホールカメラの結果と一致している。しかし、VB-1の方が、含水比や有効間隙率が小さく見掛け比重が大きいことから、力学試験の結果とは少し矛盾するようである。

いずれにしても、洞窟周辺のシルト岩は、岩としては非常に軟らかく、含水比や有効間隙率からも地下水が浸透し易いことが明らかとなった。

表4-2 力学試験と物理試験の結果

試験項目	VB-1 平均	VB-2 平均
静弾性係数 : Es (MN/mf)	519	967
一軸圧縮強度※ : σ_c (MN/mf)	1.95	2.22
圧裂引張強度 : σ_t (MN/mf)	0.169	0.244
超音波速度P波 : Vp (km/s)	0.57	0.67
超音波速度S波 : Vs (km/s)	0.32	0.35
含水比 : w_n (%)	48.52	52.87
吸水率 : w_s (%)	48.59	52.9
有効間隙率 : v (%)	55.33	57.53
見掛け比重自然 [#] : Gnat	1.697	1.689

※硬質部分 (VB-1-1, VB-2-1) を除く

洞窟および崖の表面から採取した試料を用いて実施したX線回折試験の結果は、表4-3に示す通りである。この表より、洞窟表面には、Bassaniteという珍しい鉱物が生成していることが判る。Bassaniteは、石膏の仮晶として晶出する不安定な物質で、時間を経て石膏へと変化する。海成で多量に含まれると推定される硫酸・硫酸塩と有孔虫などの炭酸カルシウムが反応してBassaniteが生成した

と推定できる。

表4-3 X線回折試験の結果

試料番号	鉱物名
No.1-L7.5m	Bassanite ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)
No.2-L7.5m	Bassanite
No.3-R7.5m	Bassanite
No.4-L7.5m	Calcite (方解石、 CaCO_3)
No.5-L5m	Bassanite
	Gypsum (石膏、 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)
No.5-R5m	Gypsum, Bassanite
No.13-R5m	Calcite
Left side wall	Bassanite, Gypsum

(7) 地下水位、水質調査

大境洞窟の成因は、平成14年度の調査において、地層の構成、傾斜と地下水の流れが関係している可能性が高いことが指摘されている。また、岩石の強度や風化には、地下水の有無や水質が係わっていると考えられる。

そこで、地下水を採取して表4-4に示すような水質検査を行い、劣化の原因となるような成分が含まれているか否かを確認した。

表4-4 水質検査（26項目検査）の項目

検査	項目
理化学	PH値、味、臭気、色度、濁度、カドミウム、水銀、鉛、ヒ素、六価クロム、銅、シアノ、フッ素、マンガン、鉄、亜鉛、フェノール類、カルシウム、マグネシウム等（硬度）、蒸発残留物、陰イオン界面活性剤、有機リン、塩素イオン濃度、有機物等（過マンガン酸カリウム消費量）、硝酸性窒素および亜硝酸性窒素
細菌	一般細菌数、大腸菌群（定性）

ボーリング孔を利用して地下水位の測定を行うと同時に、洞窟内に滲み出して溜まっている最深部の池の水を採取して水質検査を実施した。

地下水位は、降雨の有無によって上昇・下降を繰り返しており、降水量との関連性が高いようである。

水質検査の結果は、表4-5の通りである。洞窟最深部の溜まり水に対して水質分析を実施し結果、鉄分が多く、カルシウムやマグネシウム等の硬度が高いことが判った。これらの結果より、間接的ではあるが、岩盤に含まれるカルシウムイオンと硫酸イオンが反応して石膏やBassaniteが、カルシウムイオンと炭酸イオンが反応してCalsiteが析出している可能性が高いことが判った。

表4-5 水質試験結果

検査項目	結果	基準	検査項目	結果	基準
一般細菌	270CFU/ml	1000CFU/ml以下	銅	0.01mg/L	1.0mg/L以下
大腸菌群	検出	検出されないこと	マンガン	0.019mg/L	0.3mg/L以下
カドミウム	0.001mg/L	0.01mg/L以下	塩素イオン	12.6mg/L	200mg/L以下
水銀	0.00005mg/L	0.0005mg/L以下		190mg/L	300mg/L以下
鉛	0.001mg/L	0.1mg/L以下	蒸発残留物	383mg/L	500mg/L以下
ヒ素	0.003mg/L	0.05mg/L以下	酸素イオン 殺菌活性剤	0.02mg/L	0.5mg/L以下
六価クロム	0.001mg/L	0.005mg/L以下	フェノール類	0.005mg/L	0.005mg/L以下
シアン	0.001mg/L	0.01mg/L以下 有機物等(過マンガン酸カリウム消費量)		12.4mg/L	10mg/L以下
硝酸性窒素及び 亜硝酸性窒素	0.67mg/L	10mg/L以下	pH値	7.8	5.8以上 8.0以下
フッ素	0.12mg/L	0.8mg/L以下	味		異常でな いこと
有機リン	0.02mg/L	0.1mg/L以下	臭気	土臭	異常でな いこと
亜鉛	0.01mg/L	1.0mg/L以下	色度	39度	5度以下
鉄	1.71mg/L	0.3mg/L以下	濁度	79.3度	2度以下
判 定	上記検査項目について、食品衛生法に基づく水質基準に適合しない				
摘 要	一般細菌 大腸菌群 鉛 有機物等 臭気 色度 濁度				

(備考)本試験は、食品衛生法(昭和22年、法律第233号)による。また、CFUは肉眼的に確認できる細菌の集落数を示す。

4. 測量

平成14年度の測量等調査では、洞窟および洞窟内部の平面図、縦横断図を作成した。その調査結果により、洞窟周辺の崖地と洞窟最深部については、安全性を確保するためには、さらに詳細な崖面の調査と対策が必要であると考えられ、崖地立面図と最深部の平面図、縦横断図等を作成した。

洞窟入口周辺の崖面については、ほとんど垂直で平成14年度の測量による平面図では十分に表現することができなかつたことから、図4-14に示すように真横から見た崖地立面図を作成した。これらの図面は、その後の調査、対策および研究などの基礎データとして大いに役立つものであった。

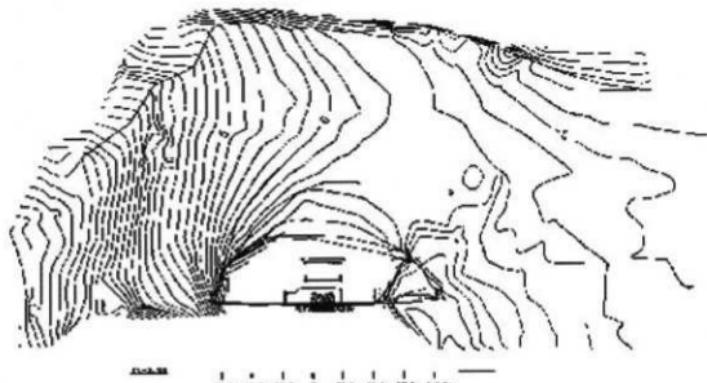


図4-14 崖地立面図

5. 第2回 史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会

平成16年3月3日現地視察の後、氷見市教育文化センターで第2回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を開催した。

議事

- ①平成15年度 大境洞窟住居跡地質等調査の結果について
- ②大境洞窟住居跡安全対策工法の検討について
- ③平成16年度以降の方針について
- ④その他



写4-5 保存活用検討委員会による現地視察

5章 平成16年度の事業

1. 平成16年度の概要

(1) 事業内容と目的

平成16年度は、まず大境洞窟住居跡保全整備事業における平成14、15年度実施の基本測量および岩盤調査解析結果を基に、保全整備事業実施のための工法検討段階のヒアリングを行い、史跡大境洞窟住居跡保存活用委員会を開催することを目的とした。

さらに委員会の結果により、保全のための崩落防止工法としてロックボルト工を実施し、ロックボルト頭部にロックネットをかけるロックボルト工により落石を防止することとし、さらにあわせ劣化防止工を行うこととなり、その設計を実施した。

2. 洞窟内部対策工法に対するヒアリング

(1) ヒアリングの概要

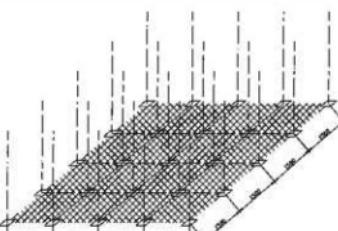
史跡大境洞窟住居跡保存活用委員会の委員に対し、洞窟内部対策工法について以下の3案についてヒアリングを実施した。

- ①案 シェルター工による落盤防止
- ②案 ロックボルト、ロックネット工による落盤防止
- ③案 立入禁止による安全対策

資料作成時に工法の選択について、委員のヒアリングを実施した結果、「①案シェルター工による落盤防止」か「②案ロックボルト、ロックネット工による落盤防止」が妥当ではないかとの意見であった。

次頁以降に、対策工3案を示す

対策工	①案 シェルター工による落盤防止
概要	 <p>洞窟内部にH鋼支柱により頑丈なシェルターを設置する。天井は鉄板で防護し、岩面と天井梁H鋼材の間をモルタル等で間詰めし洞窟の支保を行う。 側面にはアクリル板を設置する。</p>
安全性	剥落する小さな岩片には鉄板で対処し、大きな岩塊には梁と支柱で直接支保するため、安全性が確保できる。また将来、鉄骨の耐用年数がくれば鉄骨の取替えにより長く安全性を確保できる。
景観性	シェルターがあるため、景観価値マイナスとなる。
洞窟(岩盤)への影響	岩面と天井梁H鋼材の間をモルタルで間詰めするため、その部分は遺跡に影響を与えるが、洞窟全体には大きく影響を与えない。

対策工	②案 ロックボルト・ロックネット工による落盤防止
概要	 <p>洞窟壁面にロックネットを設置し壁面の肌落ちを防止するとともに、ロックボルトにより岩盤壁面を補強する。</p>
安全性	大きな崩落性岩塊はロックボルトで縫い付け、小さな剥落岩片はロックネットで抑えられ、長期的に安全性が確保できる。将来（数十年後）ロックボルトの耐用年数が経過した場合、増し打ちをして安全確保する。
景観性	ロックボルトは凝岩で隠し、ロックネットの配色を考慮すれば遺跡の景観を確保できる。
洞窟(岩盤)への影響	洞窟の壁面のロックボルト打設箇所には手を加えるため、その部分は遺跡（岩盤）に影響を与える。

対策工	③案 立入禁止による安全対策
概要	<p>洞窟内部への立ち入りを禁止する。</p>
安全性	見学者に対する安全性は確保される。(本殿があり、神事のために洞窟に入らなければならない官司や地元住民の安全性は確保されない)
景観性	立入禁止権を張り巡らす必要がある。洞窟及び本殿の景観は変わらないが洞窟内部は見学できず、洞窟遺跡を体感することはできなくなる。(洞窟に入れないことに対する不満が多い)
洞窟 (岩盤) への影響	洞窟に対し何の処置も行わないため、影響はないが、落盤の危険性は残る。

(2) ヒアリング結果

対策工法検討について、先のヒアリング資料を基に、保存活用検討委員会の委員に対し、ヒアリングを実施した。ヒアリング結果の概要を以下に示す。

- ・工法については、洞窟遺跡の景観を保存する意味では②案のロックボルト・ロックネット工による落盤防止が妥当であり、史跡保存よりも、遺構面を壊さない方向での安全が優先である。遺跡としては、洞窟よりも、下が重要である。ロックボルトは、遺構面に手を加えない工法である。
 - ・①案のシェルターの基礎を設置する場合は、遺構面に手を加えることとなり、全面的な発掘調査が必要である。
 - ・対策を施さないと安全を確保できない。このままでは、境内地を立入禁止にせざるを得ない(本殿の周りだけでも安全を確保する必要がある)。
 - ・活用方法については、委員会でマスタープランを作成することが望ましい。
 - ・③案の立入禁止は、人的被害を除外することはできるが、洞窟保存の方策にはなり得ない。
- という意見が多かった。

ロックボルト・ロックネット工法については、具体的に

- ・ロックボルトの打設間隔は2m程度が効果的と考えられる。
- ・ロックネットは、地山にとけ込むような目立たない素材を選定する必要がある。
- ・ロックボルト打設後のプレート部分は、現地の材料を用いて掘削処理をすればほとんど目立たなくなる。
- ・ロックボルト施工時の振動等で、洞窟表面の小片などは落下すると考えられる。
- ・作業スペースを考えると、重機掘削だけではなく、足場+人力掘削についても検討する必要がある。
- ・ロックボルト打設後、亀裂に樹脂を注入すると保全効果がさらに増す。ただし、樹脂注入には多額の費用と時間がかかると考えられる。

という具体的な意見も得られた。

しかしその反面、

- ・ロックボルトの打設による劣化、風化岩に対する処置が懸念される。
- ・ロックボルト・ロックネット工は、ロックボルトについては景観上許容範囲にあるが、ロックネットは景観上少し問題があるのではないか？
- ・洞窟表面の劣化防止には洞窟表面の保護を兼ねて、樹脂で固めるのが有効であろう。
- 樹脂だけでは十分な安全性が得られない場合は、見学コースを限定して簡易シェルターなどで対応することが良いのではないか？いづれにしても、洞窟内のロックネットは、再検討した方が良いとの意見もあった。

このヒアリング結果をうけて、第3回検討委員会を開催し工法について検討した。

3. 第3回 史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会

平成16年8月31日に第3回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を開催した。

ここでは、洞窟内部の安全対策について、具体的に検討された。その要旨は次のとおりである。

(1) 基本的な考え方について

委員会の基本的な考え方

- ①見学者の安全を最優先とし、二重三重の安全対策を講じておく必要がある。
- ②洞窟の現状を極力保存する。
- ③景観にも配慮する。

について、特に異論はなかった。

(2) 洞窟内部の対策について

- ①ロックボルト+樹脂による天井及び側壁保全対策（併せて見学者の安全対策とする）について、
 - ・ロックボルトは、安全上必要であるが自然と調和するような対策が必要である。
 - ・樹脂については、具体的にどの製品を用いるか、さらに調査検討する。
 - ・樹脂の耐久性、洞窟内の浸透水との関係について調査する。
 - ・水抜きボーリング工との関連等について調査する。
- ②見学者に対する安全対策については、

A案 洞窟内部に立ち入れる場所を本殿周辺に限定し、白い柵を設置する。柵内の見学者の安全

対策として、その部分の天井部のみにネットを張り、小片の落下による事故を防止する。

B案 景観に配慮したシェルターを本殿前まで伸ばし、その部分のみの立入として、小片の落下

による事故を防止する。

C案 本殿後ろの部分まで立入を可能とするため、天井部にネットを張り、小片の落石による事故を防止する。

D案 現在の柵をしてある部分はすべて立入を可能とし、天井部には全面にネットを張る。

・A案は、見学の範囲が現状と比べて限定されるため、あまり好ましくない。

・B案については新規の構造物を作ることになるため、最終手段と考える。

・委員会の流れとしては、C、D案である。D案が望ましいという意見もあった。

・洞窟最深部については、ライトアップも検討するとの声があった。(図5-1-2)

(3) 洞窟上部(崖面)の対策について

危険性の高い洞窟入口上部は、全面にロックボルト及び密着安定型ネットを設置(洞窟左右のネットはこのまま利用する)することについては、洞窟上部の水抜きボーリングを行い、排水溝を設置する工法については、特に異論はなかった。ただし、水抜きボーリングと樹脂の関係について調査することとなった。

(4) 実施設計のための事前調査について

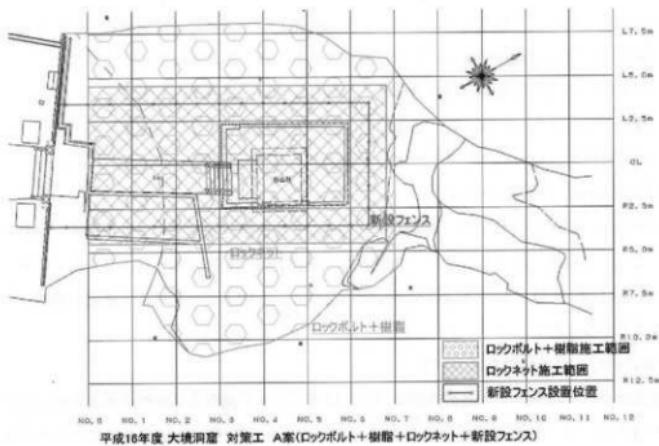
実施設計を行うにあたり、洞窟内部についてはボーリング調査及び弾性波探査を組み合わせて行うことにより、ロックボルトをどの深さで、またどのような密度で打設が必要かを検討すること、崖面についてもボーリング調査及び弾性波探査の調査を実施することについては特に異論はなかった。

(5) 本殿の問題

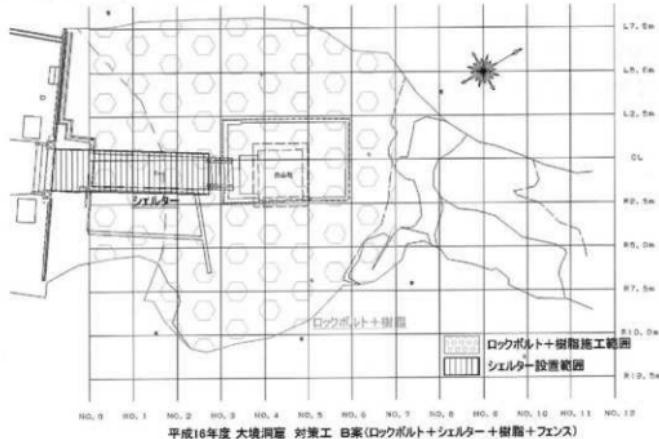
ロックボルト工等を行うためには、現在洞窟内に鎮座する本殿を一時移設する必要があるが、工事終了後①現状の位置に本殿を復す、または②本殿を拝殿のすぐ後ろに移設し、洞窟内には戻さないという2つの考え方があるが、これについては、①が有力であった。

(6) 活用(展示)について

保全整備後の展示などによる活用については、今後検討するとの意見であった。



平成16年度 大境洞窟 対策工 A案(ロックボルト+樹脂+ロックネット+新設フェンス)



平成16年度 大境洞窟 対策工 B案(ロックボルト+シェルター+樹脂+フェンス)

図 5-1 大境洞窟対策工A案・B案

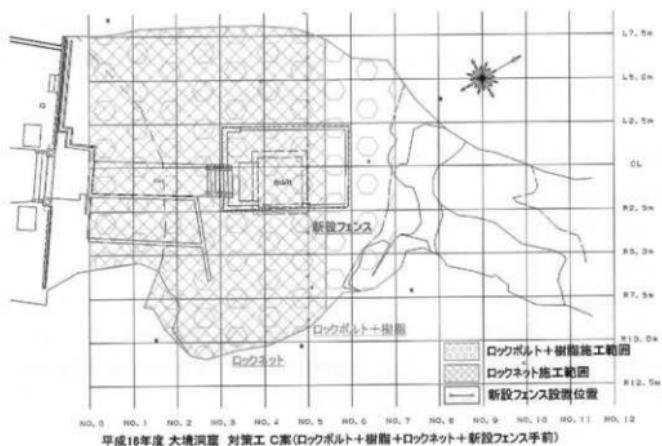


図 5-2 大境洞窟対策工C案・D案

4. 平成16年度の調査概要

平成16年度は、8月31日に開催された第3回検討委員会の結果を受けて、対策工として洞窟内部のロックボルト工による崩落防止策に加えて、ロックネット工、さらに岩盤表面の強化保存処理の採用を前提として、洞窟内部を中心とした洞窟内の目視調査、水平ボーリング、ボアホール調査、岩石試験、弾性波探査、緩み範囲と落石範囲、強化保存処理調査などの詳細調査を実施した。

5. 詳細調査の実施について

(1) 洞窟内の目視調査

洞窟内の状況を再確認するため、入口から見学可能なNo.7付近までの洞窟内壁について、目視とハンマーによる岩盤調査を実施した。

その結果は、調査概要図(図5-3)および表5-1に示す通りであり、崖面や入口だけでなく、洞窟内も危険性が高いことが再認識された。また、落石の危険性が高い壁面や落下している岩は、大部分が厚さ0.2m未満であることが判った。しかし、発掘調査時の層厚や洞窟内の岩塊の大きさから、大規模な落盤は、厚さ1.0m程度となる可能性があることも明らかとなった。

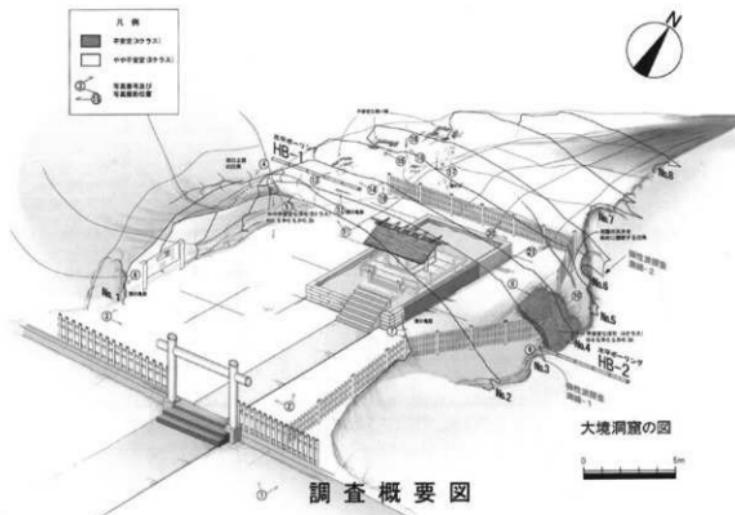


図5-3 調査概要図

表5-1 洞窟内の危険箇所

危険箇所	危険度	内 容
天井全体	不安定 (Aクラス)	不安定な固い膜 (5~10mm) が広く分布
No.3付近の右側壁	不安定 (Aクラス)	不安定な浮石 (高さ4.0m, 幅3.5m, 厚さ0.2m)
No.2のC.L天井付近	やや不安定 (Bクラス)	不安定な浮石 (高さ0.9m, 幅0.6m, 厚さ0.2m)

(2) 水平ボーリング

岩盤内の状況を調べるために、洞窟内のHB-1 = 断面No.6 左側壁およびHB-2 = 断面No.3 右側壁の2箇所において、水平ボーリングを実施した。

その結果は、ボーリング柱状図およびコア写真に示す通りである。HB-1では、深度0.70mまでは軟質で風化が進んでおり、深度2.0mまでは亀裂が多くやや風化していると考えられる。また、HB-2では、深度0.88mまでは、亀裂が多く風化が進んでいると考えられる。

ボーリング柱状図



ボーリング柱状図

調査名 大境洞窟住居跡詳調査設計業務委託

ボーリング番号

事業・工事名

シート番

ボーリング名	HB-2	調査位置	水見市大境地内	北緯
発注機関	水見市教育委員会生涯学習課	調査期間	平成 16年 10月 26日 ~ 17年 3月 15日	東緯
調査業者名	株式会社 中部日本鉱業研究所 電話 076-53-9850	責任者	竹内 淳	測定者 プロフェッショナル ポーリング 代理店 津幡 剑志 計定者 石田 伸
孔口標高	角 105° 方 23° 倾 37° 高 105m	試験機	YBM製 050A2型	
地盤延長	6.00m	エンジン	ヤンマー製 NFAD-8型	ポンプ ヤンマー製 CPJ5型



件名 大境洞窟住居跡詳調査設計業務委託
孔番 HB-2 深度 φ65mm 1.00m ~ 6.00m
水見市大境地内 社名 (株)中部日本鉱業研究所



(3) ポアホール調査

岩盤内の状況を直接観察するため、水平ボーリング孔内のポアホール調査を実施した。

その結果は、岩盤状態図、亀裂の見掛け傾斜図および表5-2に示す通りである。岩盤の内部は、コアとは異なり、比較的均一で亀裂や開口が少なく、微細な亀裂が僅かに存在するだけである。しかし、これらの亀裂は、垂直ボーリングと同様に側壁とほぼ平行であり、洞窟形状に対応して徐々に風化が進行していると考えられる。

ポアホール調査の結果より、特定の深度までの明確な風化や、危険な不連続面が存在する兆候は見出しきれいなかった。

表5-2 ポアホールによる亀裂状況

場所	計測深度	累積亀裂本数	累積開口量
HB-1	6.06m	6本	0.00mm
HB-2	6.33m	4本	0.00mm

(4) 岩石試験

岩石試験による強度変化等から劣化状況を調べるため、ボーリングコアによる針貫入試験と一軸圧縮強度試験を実施した。

針貫入試験より推定した一軸圧縮強度と深度の関係は、下図に示す通りである。この図より、2m以深は比較的新鮮で、1~2mでは部分的な劣化が生じ、1m以浅では風化により強度低下が生じていると推定できる。

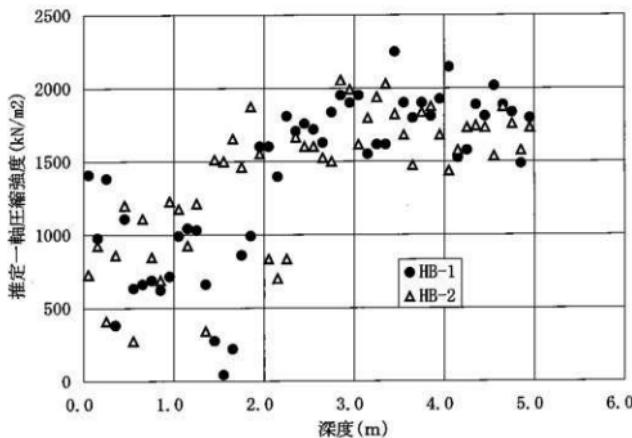


図5-4 深度と推定一軸圧縮強度の関係

実測した一軸圧縮強度と深度の関係は、下図に示す通りである。この図より、HB-1の深度1.15m以浅では強度低下が認められるが、それ以外の部分は比較的新鮮で、その強度は1200~1500kN/m²であることが判る。しかし、深度1.0m以浅は、推定値も低いことから、風化による強度低下が生じている可能性が高いと判断できる。

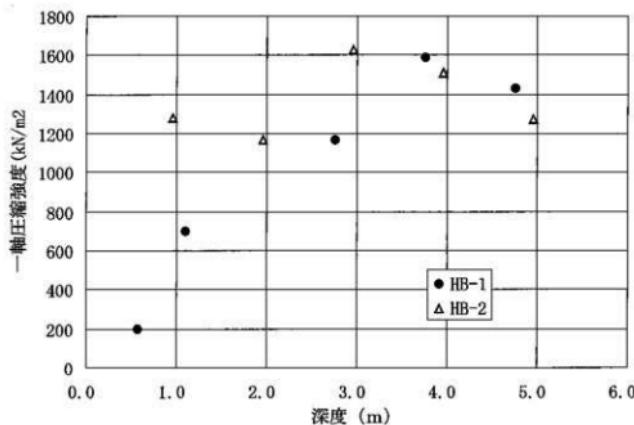


図 5-5 深度と一軸圧縮強度の関係

(5) 弾性波探査

洞窟上部の緩み領域を明らかにするため、測線-1=断面3および測線-2=断面No6において、弾性波探査を実施し、萩原の方法とトモグラフィ解析により速度分布を求めた。

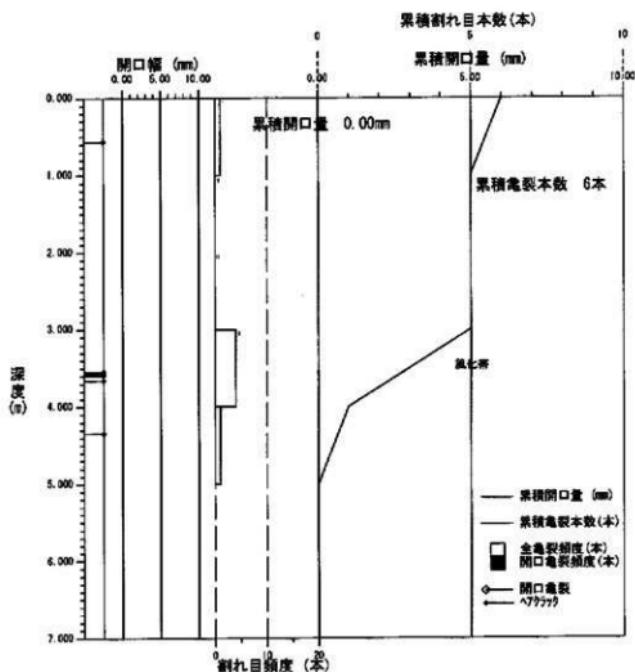
萩原の方法による結果は、萩原の速度分布図に示す通りである。両測線とも、 $V_p = 1.0 \text{ km/sec}$ を境界として、風化の進んだ第1速度層と、比較的新鮮な第2速度層に分類できる。第1速度層を緩み領域とすれば、その厚さは0.2~1.0mであり、最大1.0m程度と判断できる。

トモグラフィ解析による結果は、トモグラフィの速度分布図に示す通りである。 $V_p = 1.0 \text{ km/sec}$ 以下の範囲は、両測線とも萩原の方法による第1速度層の範囲内に納まることが判る。また、緩み範囲の1/2の $V_p = 0.5 \text{ km/sec}$ 以下を落石の危険性が高い範囲とすれば、その厚さは0.1~0.2mであり、最大でも0.2m程度と判断できる。

(6) 緩み範囲と落石範囲

調査結果を総合的に判断して、大境洞窟における緩み領域は、壁面から最大で1.0mの厚さと推定できる。また、落石の危険性が高い厚さは、最大で0.2mと考えて良い。

図 5-6 HB-1 ポアホール結果



HB-1 岩盤状態図

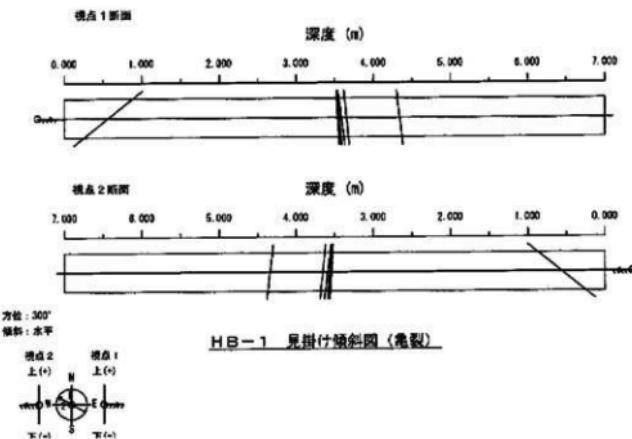
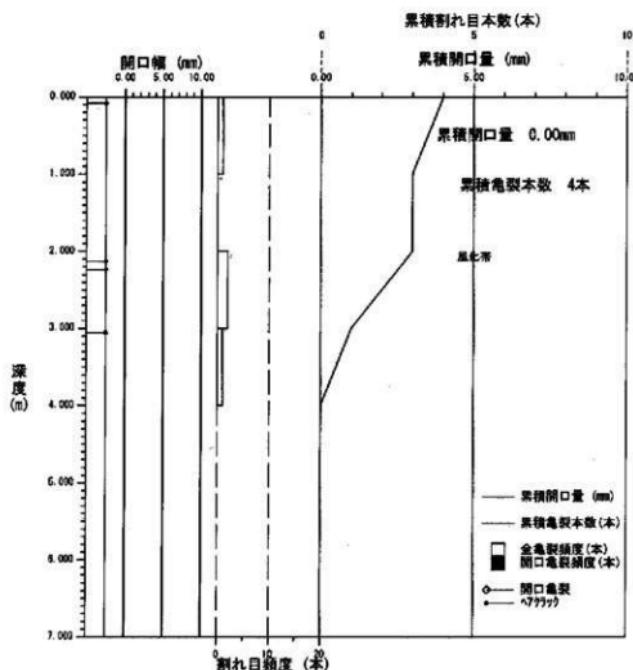
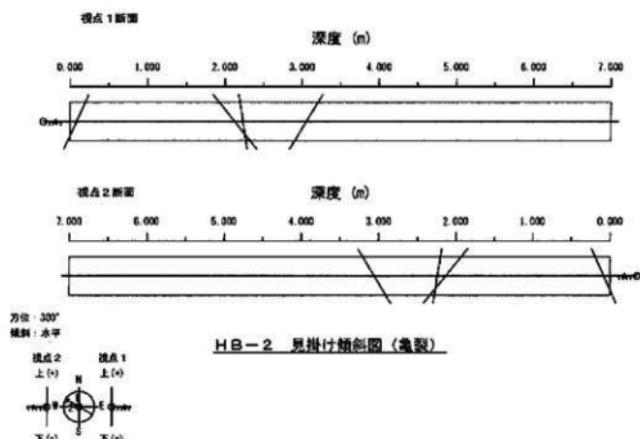


図 5-7 HB-1 ボアホール結果

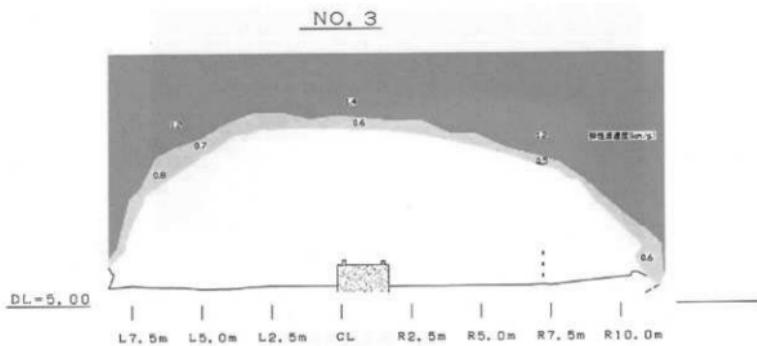


HB-2 岩盤状態図

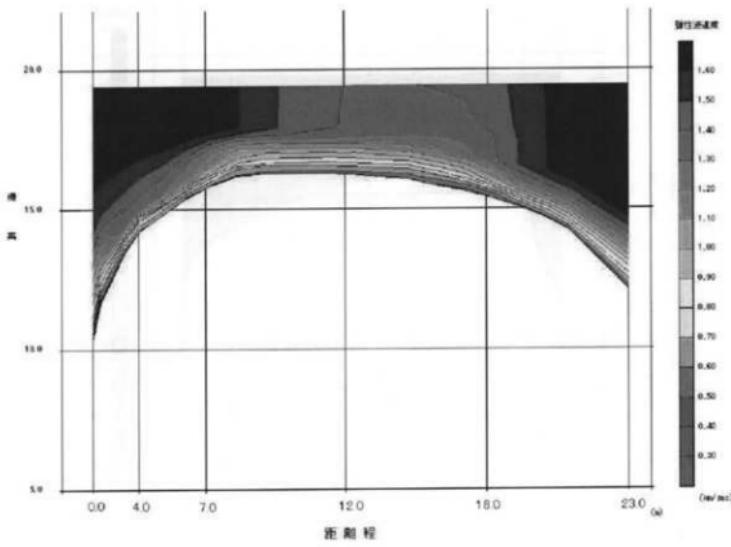


HB-2 見掛け亜裂頻度(亜裂)

図 5-8 No.3 断面弹性波探査結果

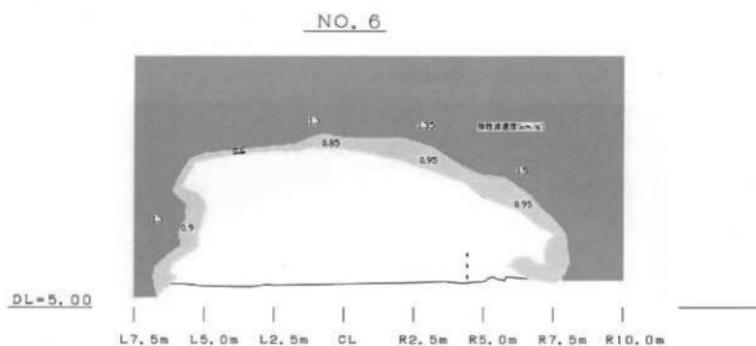


No.3 萩原の方法

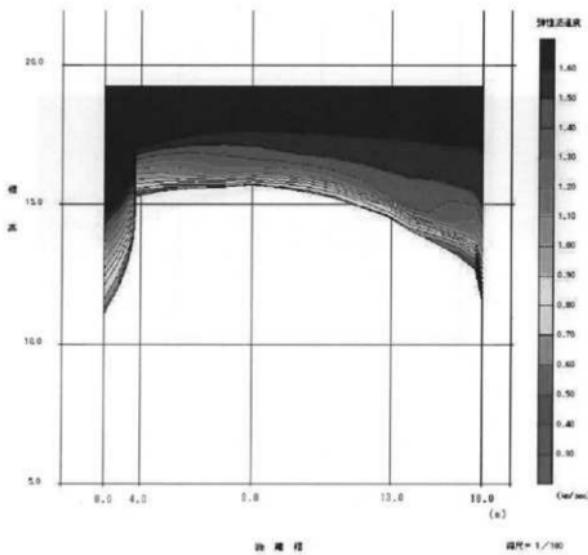


No.3 トモグラフィ

図 5-9 No.6 断面弹性波探査結果



No. 6 萩原の方法



No. 6 トモグラフィ

(7) 強化保存処理調査

強化保存処理に適する保存材料、含浸量等を調査するため、現地での供試体の暴露試験と試験施工を実施した。

供試体は、2mm以下に粉碎した洞窟内の岩石を透水性エポキシ樹脂で再固化して、均一なものを作成した。基質強化材と擬水剤の効果を見るため、下表に示す5種類の供試体を5本づつ作成し、写5-1に示すように現地の風雨や日射の影響を受ける場所に暴露した。また、擬岩も同時に暴露して、経時変化を観察することとした。

表5-3 暴露供試体の種類

種類	珪酸エステル	シラン系擬水剤
無処理	無し	無し
5分	含浸5分	無し
5分+擬水剤	含浸5分	刷毛塗り2回
15分	含浸15分	無し
60分	含浸60分	無し



写5-1 供試体の暴露状況

試験施工は、洞窟内の断面No.6～7右側に存在する大きな岩塊を用いて、現時点で評価の高い保存材料を用いて実施した。岩塊表面の洗浄、殺菌、乾燥等をした後、表5-4に示す4種類の基質強化剤または表面強化剤を洗浄瓶または刷毛により含浸させた。

表5-4 試験施工の保存材料

目的	材料
基質強化剤	珪酸エステル
表面強化剤	メタクリル酸エステルポリマー (MMA系)
表面強化剤	ポリウレタンプレポリマー樹脂 (ウレタン系)
表面強化剤	アクリルエマルジョン樹脂 (アクリル系)

試験施工の結果、基質強化剤は、外観予想よりも極端に浸透性が少なく、黄土色層部分で最大3.0kg/

m^2 、灰色層部分で最大 1.5kg/m^2 であり、設計段階では 2.0kg/m^2 程度と判断できる。さらに、表面強化剤は、施工直後の外観では、ウレタン系は白っぽく、アクリル系は鈍い光沢があるが、mA系は違和感がなく最も適しているようである。なお、暴露期間の経時変化を見て、最終判断をする。



写5-2 試験施工状況 (H17.2.16)

6. 第4回 史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会

平成17年3月2日氷見市教育文化センターにおいて、第4回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を開催した。

議事

①試掘調査の概要について

事務局より

- ・ 試掘調査の結果、洞窟内の床面には貴重な文化層が残っているので、対策工事に伴って破壊しないよう十分な注意が必要であると報告。

委員からは

- ・ 文化層は、洞窟内の床面にシートを張った上に、20~30cm程度のサンドマットで保護をすれば、特に問題はない。

②洞窟住居跡保全対策工事実施設計について

コンサルタントより

- ・ 洞窟の天井部分は、ほぼ全域にわたって1m程度は劣化している状態である。特に表面の10~20cmは劣化が進んでいる。

- ・ 厚さ1m程度の大きな落盤は、ロックボルトで防ぐものとする。そのプレートやナットは岩盤内に設置して、振岩処理をすることにより景観を修復する

- ・ 崖面は、ロックネット内の危険な落石を取り除いて、修復する。当面は、ロックネットのままとするが、危険箇所の経過観察が必要である。

委員からは

- ・ 厚さ20cm程度の小さな落石は、ロックネットで防ぐ計画であるが、景観上できるだけ使わないよう、再検討が必要である。

- ・ 小さな落石は、樹脂などを厚く塗って防ぐことが出来ないか、再検討が必要である。

- ・ 岩盤表面の強化保存処理は、長期試験の結果をみて、景観と強度、耐久性に優れた材料を使用する。処理前に表面のカビや地衣類をクリーニングする必要がある。

との意見があった。

③その他

- ・ 対策後の目に見えた活用（レプリカ等わかりやすい説明）ということを十分に考えておく必要がある。

- ・ 対策後の継続的な管理、経過観察が必要である。10年後の対策のためにデータを蓄積し管理する体制を作る必要があるとの意見があった。

7. ロックボルト及びロックネットの設計およびその他次年度崖面対策工の設計

(1) 設計条件

調査結果より、ロックボルトで支保するゆるみ域は、洞窟壁面から1.0mとする。また、ロックネットにて崩落を防止する岩塊は、壁面から0.2mの領域を対象とする。

ロックボルト極限引張力は、岩盤のせん断力、岩盤と定着材間の摩擦抵抗、定着材とボルト間の付着力およびボルト降伏荷重のうち、最小のものとする。ロックボルト極限引張力から設計荷重安全率を考慮してロックボルト設計引張力とする。ロックボルト設計引張力が、ロックボルトが支保する荷重以上であることを照査する。

ロックネットは、ロープおよび金網が崩落岩塊荷重に対して十分な耐力を有することを照査する。なお、ロックボルト間にロックネットたわみ防止用アンカーを設置するが、これはロックネットのたわみを抑えるために設置するので、外力に対する照査は行わない。

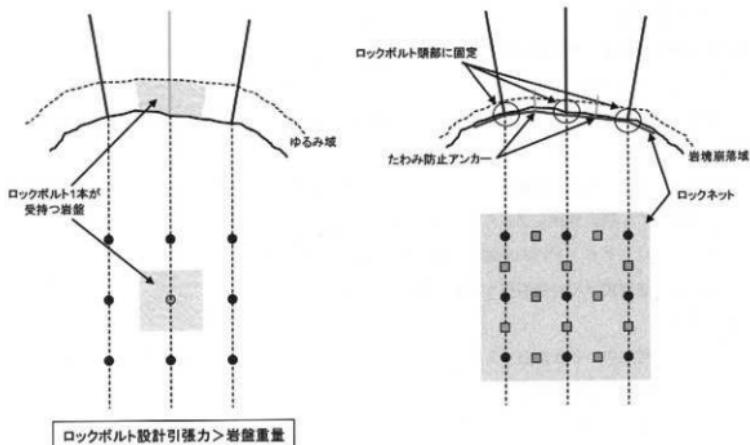


図 5-10 標準支持パターン図

以上は洞窟内の標準支保パターンであるが、平成15年度調査結果、平成16年度調査結果で示される洞窟内の「不安定」および「やや不安定」な岩塊に対しては、個別にロックボルトによる支保を検討する。

以下に設計条件を示す。

① 岩盤の力学定数

岩石試験結果を基に、以下に定める。ただし、3軸試験を実施していないので、地山の c 、 ϕ は不明である。そこで、土被り圧はあるものの、安全側であることを勘案し、 $\tau_r = 1/2 \sigma_c$ と考え、せん断強度を選定する。

・単位体積重量 : 17kN/m^3

・せん断強度 : 600kN/m^2 (強度的に $1200\sim1500\text{kN/m}^2$ と推定された下限値を採択)

② 外力

ゆるみ域内の地山ボリュームが空洞内側に外力として作用するものと考える。弾性波探査の結果を基に、壁面から1.0mの幅をゆるみ域と仮定する。

③ロックボルト

岩盤自体のせん断力、岩盤と定着材の摩擦抵抗、定着材とボルトの付着力およびボルト降伏荷重のうち最小のものからロックボルト極限引張力を設定する。

・岩盤と定着材の摩擦抵抗－地盤工学会基準「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説(JGS4101-2000)」に基づき、 600kN/m^3 とする(表5-3)。

表5-3 アンカーの極限周面摩擦抵抗

地盤の種類			摩擦抵抗 (MN/m)
岩盤		硬 岩	1.5~2.5
		軟 岩	1.0~1.5
		風化岩	0.6~1.0
		土 丹	0.6~1.2
砂岩	N値	10	0.1~0.2
		20	0.17~0.25
		30	0.25~0.35
		40	0.35~0.45
		50	0.45~0.7
砂	N値	10	0.1~0.4
		20	0.18~0.22
		30	0.23~0.27
		40	0.29~0.35
		50	0.3~0.4
粘性土			1.0 c (cは粘着力)

・定着材とボルトの付着応力－グランドアンカーテクニカル協会編「グランドアンカーワーク法－設計・施工指針－」に基づき、 1200kN/m^2 とする(表5-4)。

表5-4 アンカ一体定着グラウトの許容付着応力度

	グラウト圧縮強度	アンカー種類	許容付着応力度 (kN/m ²)
仮設用アンカー	15N/mm ² 以上	PC鋼棒、PC鋼線	500
		PC鋼より線	800
	25N/mm ² 未満	PC異形棒鋼	1100
		PC鋼棒、PC鋼線	700
		PC鋼より線	1100
	25N/mm ² 以上	PC異形棒鋼	1500
永久用アンカー	20N/mm ² 以上	PC鋼棒、PC鋼線	500
		PC鋼より線	800
		PC異形棒鋼	1000
	35N/mm ² 以上	PC鋼棒、PC鋼線	700
		PC鋼より線	1000
		PC異形棒鋼	1200

④ロックボルト間における想定剥落岩盤

弾性波探査のトモグラフィ解析結果を勘案し、また、現在不安定な岩塊の厚さが0.2m程度であることから、壁面から0.2m範囲の岩塊が剥落すると想定する。

(2) 洞窟内補強設計

①標準ロックボルトの設計

a ロックボルト設計引張力

・岩盤せん断力の算定

岩盤せん断強度 : $\tau = 600 \text{ kN/m}^2$

孔径 : $d = 0.045 \text{ m}$

定着長 : $l_s = 2.0 \text{ m}$ (ロックボルト長3.0m-ゆるみ幅1.0m)

岩盤せん断力 $F_1 = \tau \times d \times \pi \times l_s$

$$= 600 \times 0.045 \times 3.14 \times 2.0$$

$$= 169.6 \text{ kN}$$

・岩盤と定着材の摩擦抵抗算定

摩擦抵抗 : $f = 600 \text{ kN/m}^2$

孔径 : $d_b = 0.045 \text{ m}$

定着長 : $l_s = 2.0 \text{ m}$ (ロックボルト長3.0m-ゆるみ幅1.0m)

岩盤と定着材の摩擦抵抗 $F_2 = f \times d_b \times \pi \times l_s$

$$= 600 \times 0.045 \times 3.14 \times 2.0$$

$$= 169.6 \text{ kN}$$

・定着材とボルト間の付着力の算定

付着力 : $c = 1200 \text{ kN/m}^2$

ボルト外径 : $d_b = 0.032 \text{ m}$

ボルト長 : $l_b = 3.0 \text{ m}$

定着材とボルト間の付着力 $F_3 = c \times d_b \times l_b$

$$= 1200 \times 0.032 \times 3.14 \times 3.0$$

$$= 361.7 \text{ kN}$$

・ボルト降伏荷重 $F_4 = 199 \text{ kN}$

ロックボルト極限引張力 $T_{cr} = m \ln (F_1, F_2, F_3, F_4)$

$$= 169.6 \text{ kN}$$

ロックボルト設計引張力 $T_d = T_{cr} / SF$ (SF: 設計荷重安全率、=3.0)

$$= 169.6 / 3.0$$

$$= 56.5 \text{ kN}$$

(1) ロックボルト 1本あたり支保重量

岩盤重量 : $1.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \times 1.0 \text{ m}, 17 \text{ kN/m}^3$

$$W_1 = 1.5 \times 1.5 \times 1.0 \times 17$$

$$=38.3\text{kN}$$

ロックボルト重量 : 3.0m、34N/m

$$W_2 = 3.0 \times 34$$

$$= 102\text{N}$$

ロックネット重量 : ASロープ (1.5m×2本、w=2.45N/m)

ASネット (1.5m×1.5m、w=23N/m²)

$$W_3 = 1.5 \times 2 \times 2.45 + 1.5 \times 1.5 \times 23$$

$$= 59.1\text{N}$$

よって、ロックボルト1本あたり支保重量は、

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$= 38.3 + (102 + 59.1) / 1000$$

$$= 38.5\text{kN}$$

以上より、

(ロックボルト設計引張力) > (支保重量)

$$56.5\text{kN} > 38.5\text{kN} \quad \therefore \text{OK}$$

ロックボルトの定尺長およびゆるみ域の不確定性を考慮すると、L=3.0mが妥当と考えられる。

*洞窟内は次第に狭くなるため、施工位置によっては、ロックボルト L=3.0mが打設できない場合が予想される。ここでは、ロックボルト L=2.0m (定着長1.0m) での安全率を算定する。

・岩盤せん断力

$$F_1' = 600 \times 0.045 \times 3.14 \times 1.0$$

$$= 84.8\text{kN}$$

・岩盤と定着材の摩擦抵抗

$$F_2' = 600 \times 0.045 \times 3.14 \times 1.0$$

$$= 84.8\text{kN}$$

・定着材とボルト間の付着力

$$F_3' = 1200 \times 0.032 \times 3.14 \times 2.0$$

$$= 241.2\text{kN}$$

・ボルト降伏荷重

$$F_4' = 199\text{kN}$$

ロックボルト極限引張力 T_{cr} は

$$T'_{cr} = \min(F_1', F_2', F_3', F_4')$$

$$= 84.8\text{kN}$$

支保重量 W=38.5kNなので、

$$\text{安全率 } S_F = T'_{cr} / W$$

$$= 84.8 / 38.5$$

$$= 2.2$$

②岩塊個別ロックボルトの検討

洞窟内にある不安定な岩塊（AおよびB）について、標準パターンとは別にロックボルトによる支保を行う。

図5-11 大境洞窟の図

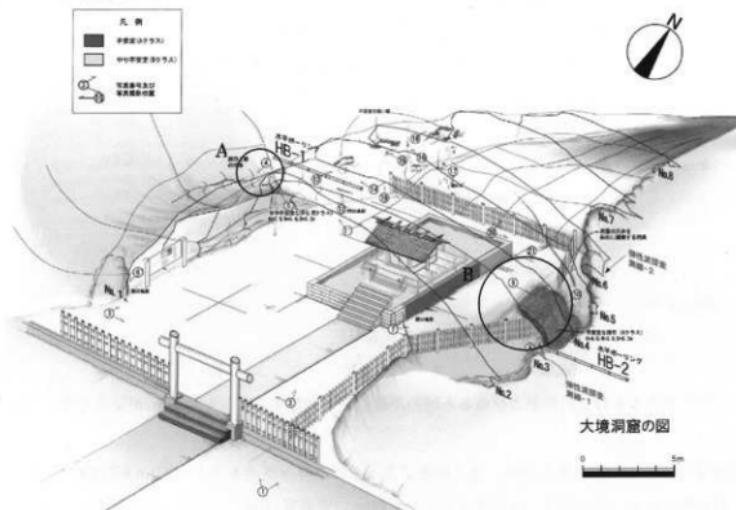


表5-5 岩塊個別ロックボルト

岩塊記号	岩塊寸法 (高×幅×奥行) [m]	岩塊重量 (単位体積重量17kN/m ³)	ロックボルト本数 (L=3.0m,T _e =56.5kN)
A	0.9×0.6×0.2	1.8 kN	1本
B	4.0×3.5×0.2	47.6 kN	1本

上表の通り、各岩塊はロックボルト（L=3.0m）1本で支持することができる。

岩塊Aについては、ロックボルト打設によって、岩塊をより不安定にする可能性があるため、支保によって補強するよりも、不安定部を除去する方が良いと考えられる。

岩塊Bは、標準パターンでロックボルトが4本打設される。ただし、厚さが0.2m程度であるので、深さ0.11mのコア抜きを行い、ロックボルトを打設すると、岩塊を破壊してしまう可能性がある。よって、岩塊Bについては、コア抜きによるロックボルト頭部処理は行わない。ロックボルトの打設に際しても慎重を要する。

③ロックネットの設計

a ロックネット仕様

ASロープ：φ7.8 (w=2.4N/m) @1.5m

AS線ひし形金網：φ2.6×50×50

(w=14.9N/m²)

b ロープの設計

①ロープ1本にかかる分布荷重

・岩盤荷重

$$1.5m \times 0.2m, 17kN/m^2$$

$$W_1 = 1.5 \times 0.2 \times 17$$

$$= 5.1kN/m$$

・ロープ自重

$$W_2 = 2.4N/m$$

・金網重量

$$W_3 = 1.5 \times 14.9$$

$$= 22.4N/m$$

よって、ロープ1本にかかる分布荷重は、

$$W = W_1 + W_2 + W_3$$

$$= 5.1 + (2.4 + 22.4) / 1000$$

$$= 5.1kN/m$$

②ロープ張力

・φ7.8ロープの許容張力（安全率2.0）

$$\sigma_a = 45/2.0$$

$$= 22.5kN$$

・ロープに発生する張力

日本道路協会「落石対策便覧」に基づき、ロープに発生する張力を次式で求める。

$$T = \frac{w l^2}{8 f}$$

ただし、w：ロープにかかる分布荷重 (kN/m)

l：スパン長 (m)

f：ロープの垂下量、スパンの5%と仮定する (m)

$$T = \frac{5.1 \times 1.5^2}{8 \times 0.075}$$

$$= 19.1kN$$

以上より、

発生する張力 $T < \text{許容張力 } \sigma_a$

$$19.1kN < 22.5kN \quad \therefore \text{OK}$$

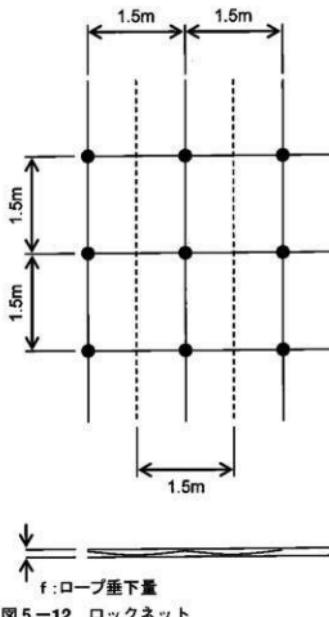


図5-12 ロックネット

c 金網の設計

①金網にかかる分布荷重（スパン1.5m、幅1mあたり）

・岩盤荷重

$$1.5\text{m} \times 0.2\text{m} \times 17\text{kN/m}^3$$

$$W_1 = 1.5 \times 0.2 \times 17$$

$$= 5.1\text{kN/m}$$

・金網重量

$$W_2 = 1.5 \times 14.9$$

$$= 22.4\text{N/m}$$

よって、金網にかかる分布荷重は、

$$W = W_1 + W_2$$

$$= 5.1 + 22.4 / 1000$$

$$= 5.1\text{kN/m}$$

②金網張力

・金網に発生する張力（幅1.0mあたり）

(2) (2)の日本道路協会「落石対策便覧」の式より、

$$T = \frac{5.1 \times 1.5^2}{8 \times 0.075}$$

$$= 19.1\text{kN}$$

・A S線 $\neq 2.6$ 倍容引張強度

$$P_s = 3.64\text{kN}$$

・線交差点強度（安全率1.5）

$$P_a = 2 P_s \cos 42.5^\circ / 1.5$$

$$= 2 \times 3.64 \times \cos 42.5^\circ / 1.5$$

$$= 3.58\text{kN}$$

・金網幅1.0mあたりの線交差点数

$$n = 1.0 / (2 \times 0.050 \times \sin 42.5^\circ)$$

$$= 14.8\text{点}$$

・金網張力（幅1.0mあたり）

$$P = P_a \times n$$

$$= 3.58 \times 14.8$$

$$= 53.0\text{kN}$$

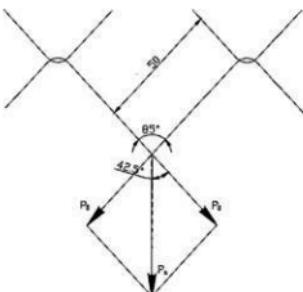


図 5-13 金網の張力

以上より、

発生する張力 $T <$ 金網張力 P

$$19.1\text{kN} < 53.0\text{kN} \quad \therefore \text{OK}$$

上記は、発生する張力に対して、金網グレードがやや過大となる結果であるが、通常の落石防護とは異なり、観光客が内部に入る洞窟内の補強であることを考慮すると、落石対策便覧に示される以上の安全率を有することが必要と考えられる。

(2) 崖面対策工の概略設計

大境洞窟周囲の岩盤斜面は現在複式ロックネット工で被覆されており、ワイヤー及びネットに破損、破断した箇所も見受けられない。また、剥離した岩塊がワイヤー・ネットにより保持されており、当該工法が効果的に機能していることが分かる。

一方、斜面上部は竹林を形成している。竹は逕急線付近まで生育しており、前方に傾斜し、強風等により倒木・落下または根本の土砂・岩体の落下の危険をはらんでいる。

また、洞窟内部は湧水が豊富で、浸透水が岩盤斜面内部の亀裂を伝って流下しているものと推測される。亀裂に浸透水が存在すると、水による風化作用、凍結・融解作用を繰り返し、岩盤の脆弱化を招く恐れがある。

以上をふまえ、以下の通り対策工を設計した。

①剥離岩塊の撤去



写真5-3 剥離岩片の状況

基岩から剥離し、ロックネットに保持されている岩片は放置しておくと、それ自体が落下したり、更なる剥離岩塊の堆積によるネットの破損へつながり、大きな事故になる恐れがある。特に写真に示す範囲は岩片が集中しており特に危険であると判断できるため、当範囲の剥離岩片の撤去を行うものとした。

施工手順は以下の通りとなる。

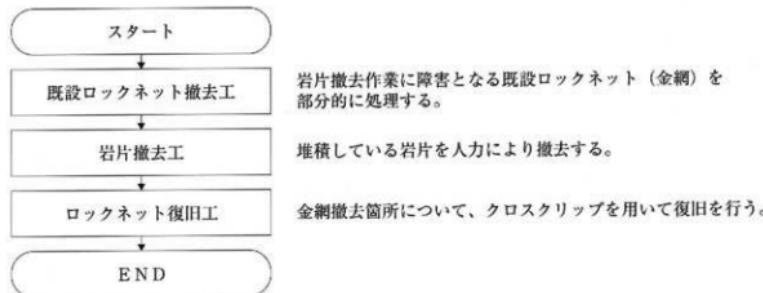


図5-14 ロックネット施工手順

②水抜きボーリング工

洞窟内部にしみ出している湧水により洞窟内壁の劣化を防止する目的で、浸透水を除去するために水抜きボーリングを実施する。水抜きボーリングは斜面の形状を考慮すると、右側より洞窟方向へ向かって打設するのが適当であると思われる。打設高さは洞窟高さを考慮し $D L = 15.00m$ の位置とする。

水抜きボーリングは地すべり抑制工として広く行われている工法であり、それを参考にし、各水抜き管は先端部で $5.0m$ 程度離れるよう配置を行う。また、打設角度は仰角 5° とする。

水抜きボーリングの施工はドリリングマシンを足場上に設置しての削孔となるため、施工に先立ち単管パイプにて足場仮設を行う必要がある。

作業手順は以下の通りである。

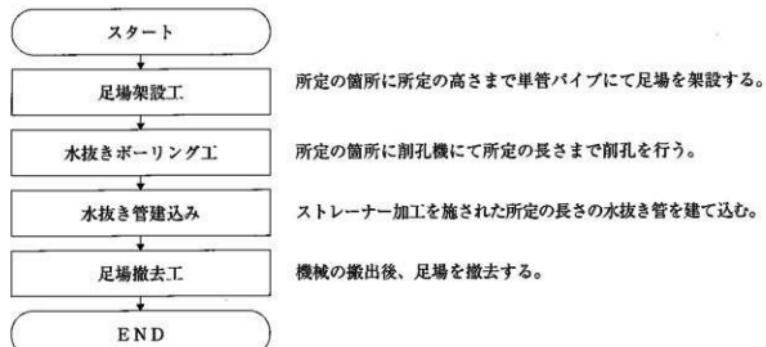


図 5-15 水抜きボーリング作業手順

8. 遺構確認調査

今回実施する保全工事では、洞窟内部に足場を組み、洞窟前面には工事車両が出入りすることになる。従って工事による遺跡への影響を避けるため、洞窟内部及び工事車両通行箇所における層位の状況を確認し、必要な保護処置を講じることにした。

確認調査は平成16年12月14日から平成17年1月28日まで、氷見市教育委員会が主体となって下記通り実施した。

調査担当：氷見市教育委員会生涯学習課主査大野究

調査協力：氷見市シルバーハウス・センター

金沢学院大学美術文化学部（代表：清水宣義教授）

氷見市教育委員会芸術部廣瀬直樹、大高崎泰明（嘱託）、河竹明子（嘱託）

三矢恵京、日南静（遺物整理）

バリノ・サーヴェイ株式会社（動物遺体分析）

調査は洞窟内部にある白山社本殿の周囲に4箇所、洞窟外側で工事車両の通路となる白山社拝殿西側に3箇所の計7箇所、1m四方の調査区を設定し、人力により掘削を行った。なお、この調査の目的はあくまでも層位の状況を確認するためのものであるため、文化層の状況・年代等を確認した段階で掘削を止め、記録をとったのち、調査区内に小砂利を約1cm敷き詰め、埋め戻しを行った。

調査成果（各調査区実測図、遺物実測図参照）

I 調査区

表上下約20cmで弥生時代文化層を確認した。弥生土器・骨角器・動物骨・貝殻（サザエが主体）が出土した。

出土遺物のうち7点を図示した（1～7）。

1は縄文土器である。2～4は条痕文を内外面に施す。5は口縁端部と外面に刺突文を施し、口縁下に指頭による隆帯を連続させる。7は針状の骨角器である。全長128.23mmの完存品であり、中央部径は2.98×2.68mm、頂部径は2.04×2.55mmを測り、断面はやや扁平である。全体的にわずかに反っている。ニホンジカの中手骨又は中足骨を素材として研磨したものと考えられる。用途は不明であるが、装饰用のものか。8はヘラ状骨角器である。全長52.32mm、幅19.08mm、厚さ7.62mmを測る。鹿角を打ち割り、一面を研磨している。工具として使用したものか。1以外は弥生時代中期前葉のものであり、大境洞窟第5層に対応する遺物である。

II 調査区

地表下約20cmで弥生時代文化層を確認した。弥生土器・動物骨・貝殻（サザエが主体）が出土した。

出土遺物のうち6点を図示した（9～14）。

9・11～13は条痕文を施す。11は口縁部に沿って指頭なでをおこない、横位に条痕を施す。10は沈線文、14は波状と平行直線の横描文様を施す。いずれも弥生時代中期前葉のものであり、大境洞窟第5層に対応する。

III 調査区

落盤による大きな岩塊がある。遺物は出土しなかった。

IV 調査区

地表下約40cmで縄文時代文化層を確認した。縄文土器・動物骨・貝殻（サザエが主体）が出土した。

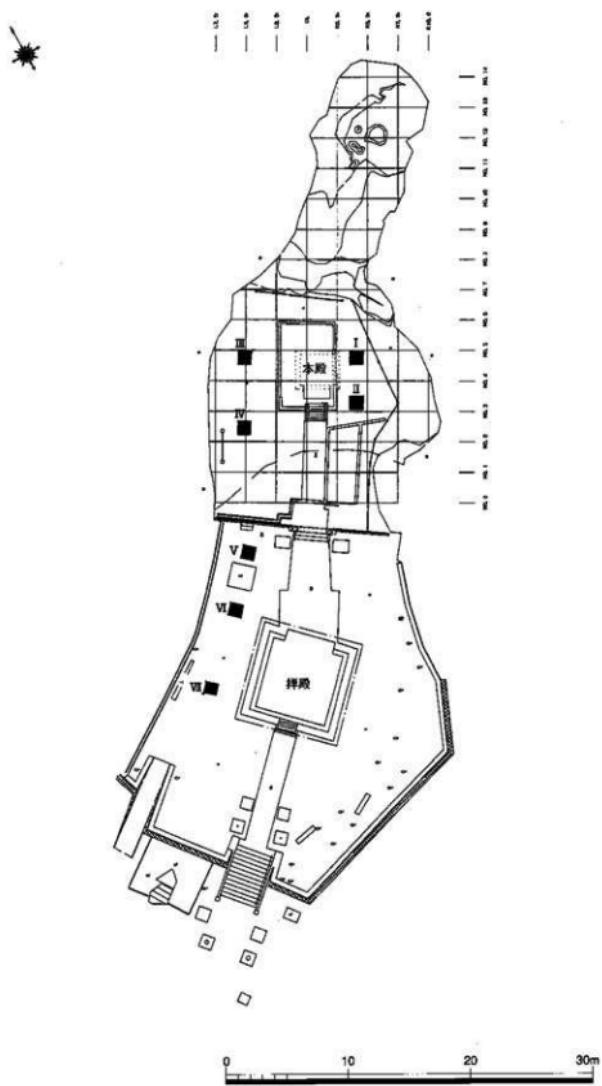


図 5-16 調査区配置図 (S=1/400)

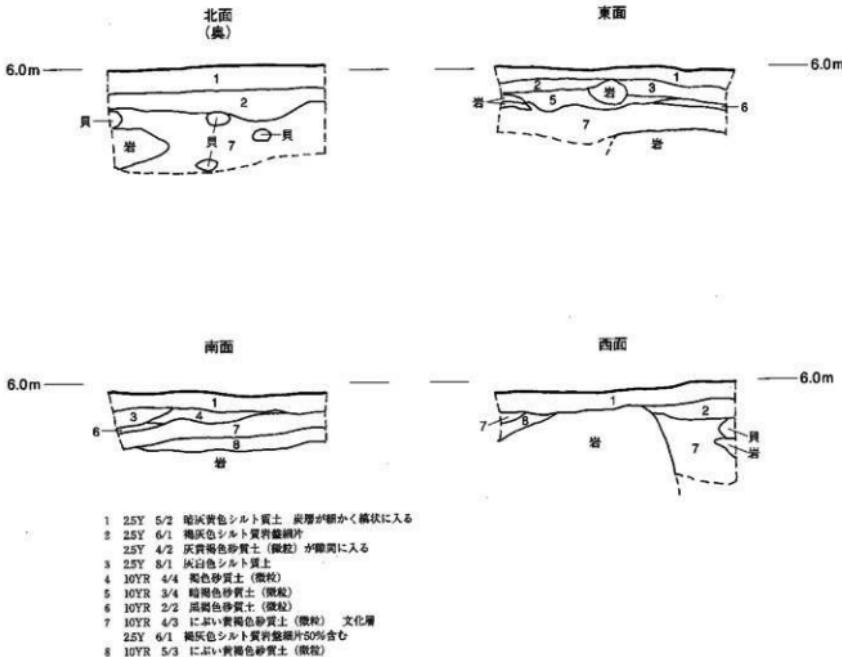
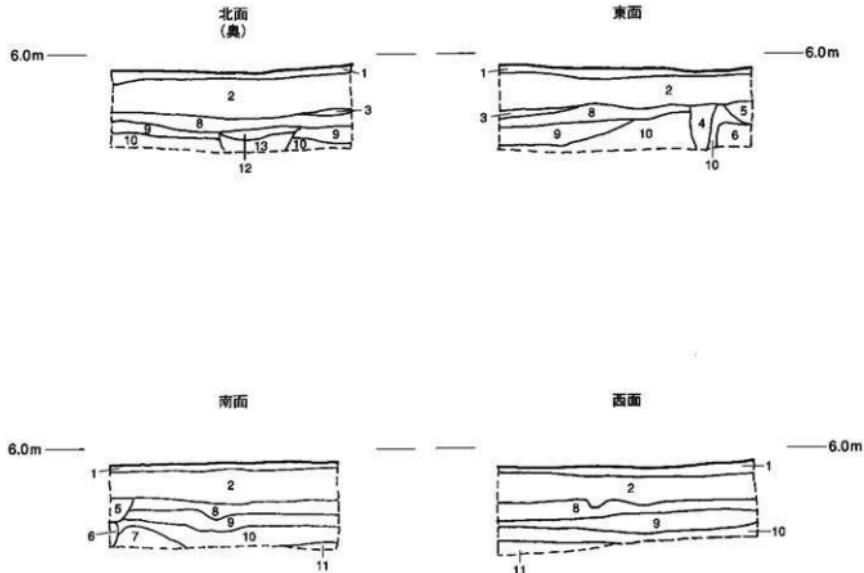


図5-17 I調査区実測図 (S=1/20)



- 1 25Y 5/2 棕黄色シルト質土
 2 25Y 6/1 黄灰色シルト質土
 25Y 4/2 棕灰色シルト質土 厚さ5~10mmの板状に重なる
 25Y 7/2 棕黄色シルト岩盤断片を60~70%含む
 3 10YR 6/2 灰白色砂質土 (微粒)
 4 10YR 2/1 黑色砂質土 (微粒)
 5 10YR 3/4 棕褐色砂質土 (微粒)
 6 10YR 4/3 にひい黄褐色砂質土 (微粒)
 7 10YR 6/2 深灰褐色砂質土 (微粒)
 8 10YR 2/2 黑褐色砂質土 (微粒) 文化層
 10YR 2/2 黑色砂質土 (微粒) が5cmほどの厚さで板状に混入
 9 10YR 6/2 棕黄色砂質土 (微粒) 文化層
 10YR 6/2 明黄褐色砂質土 (微粒) が2cm厚で入る (南面のみ)
 10 10YR 2/2 黑褐色砂質土 (微粒) 文化層
 11 10YR 3/1 黑褐色砂質土 (微粒) 文化層
 12 10YR 2/2 黑褐色砂質土 (粗粒)
 13 10YR 3/2 黑褐色砂質土 (粗粒)

図5-18 II調査区実測図 (S=1/20)

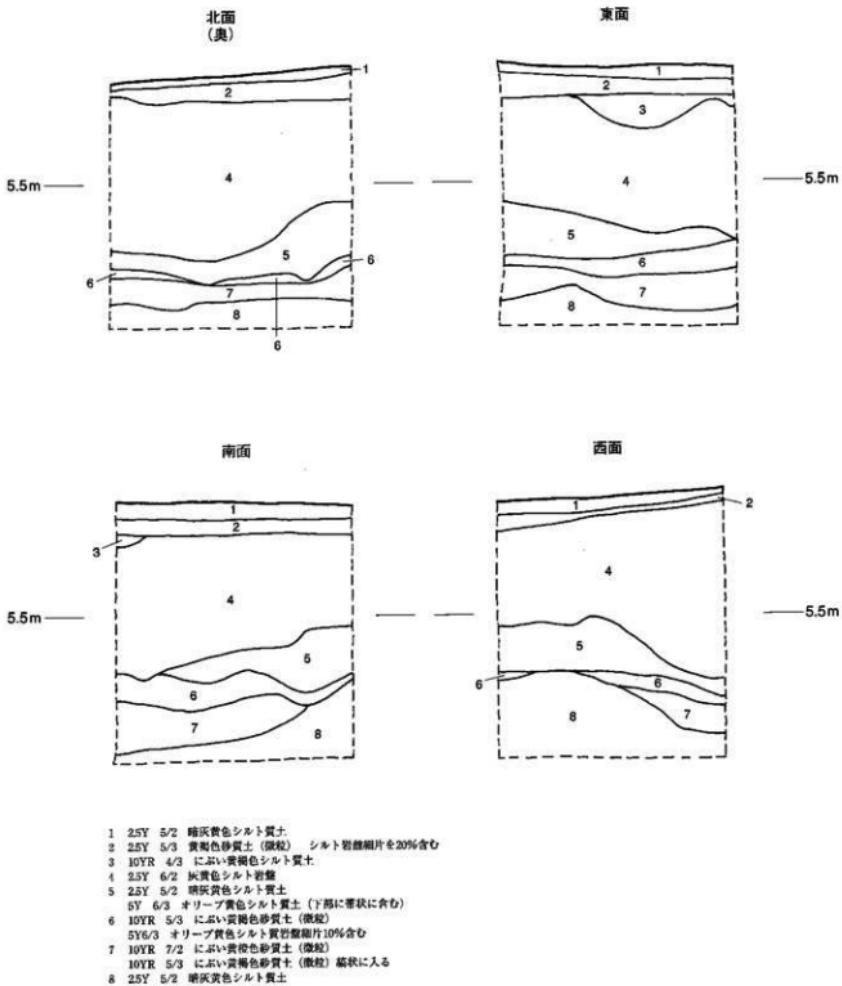


図 5-19 III調査区実測図 (S=1/20)

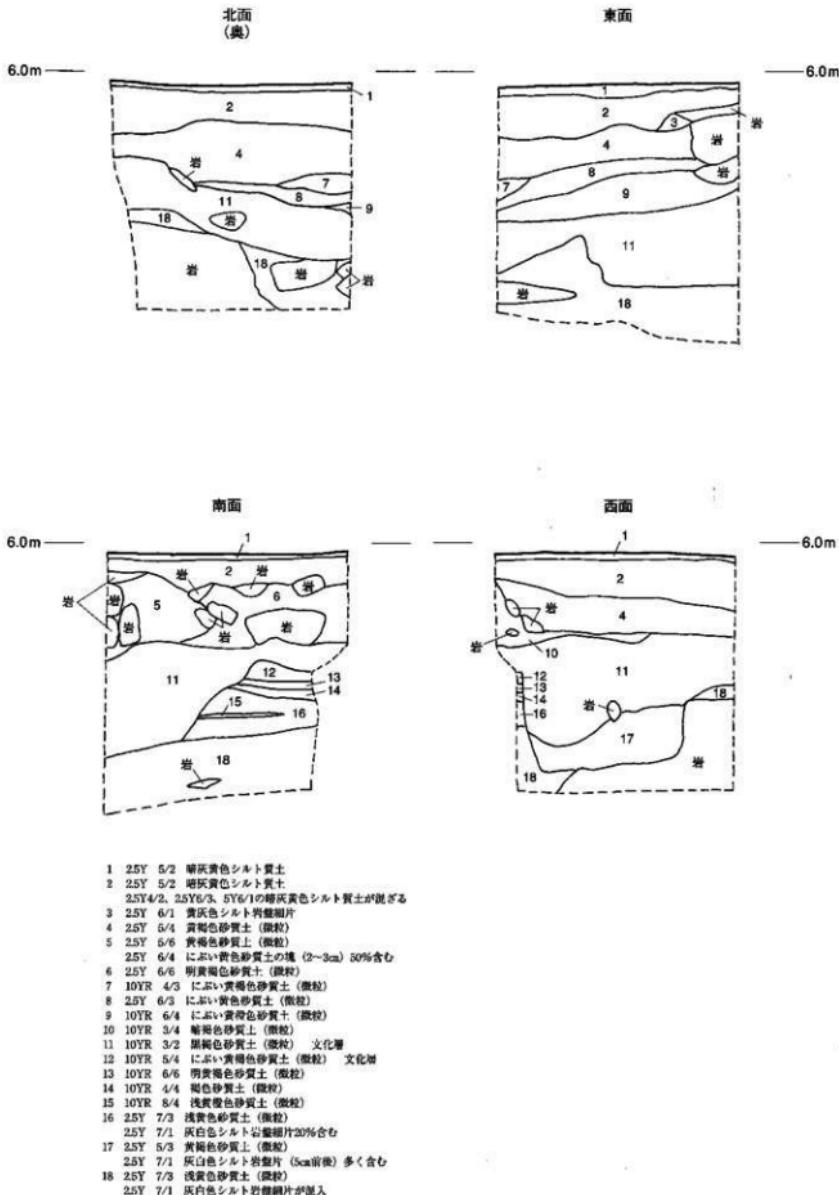
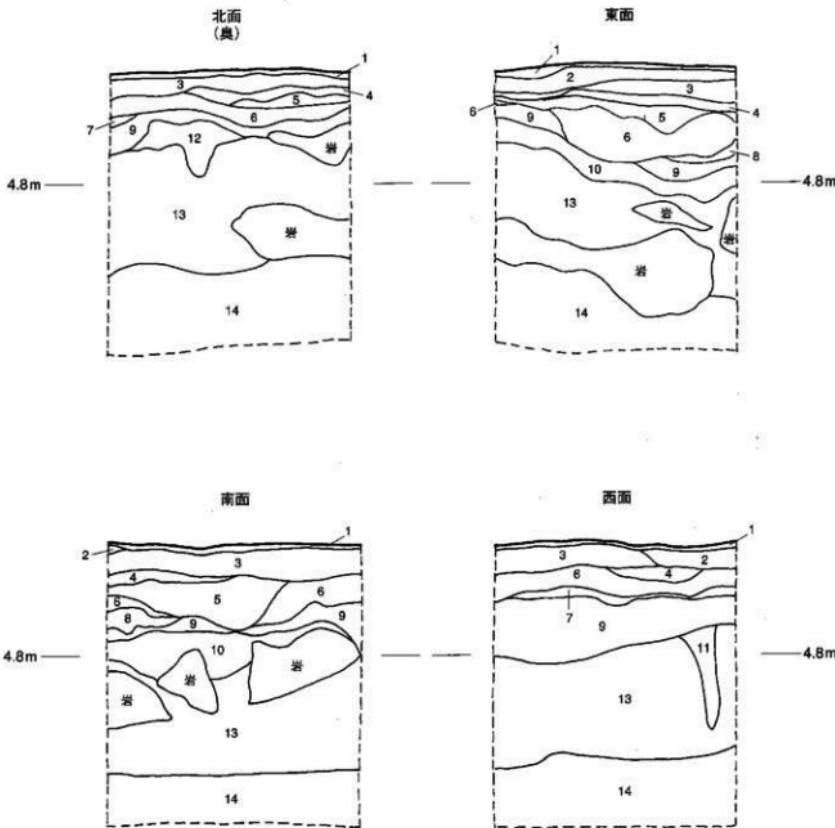
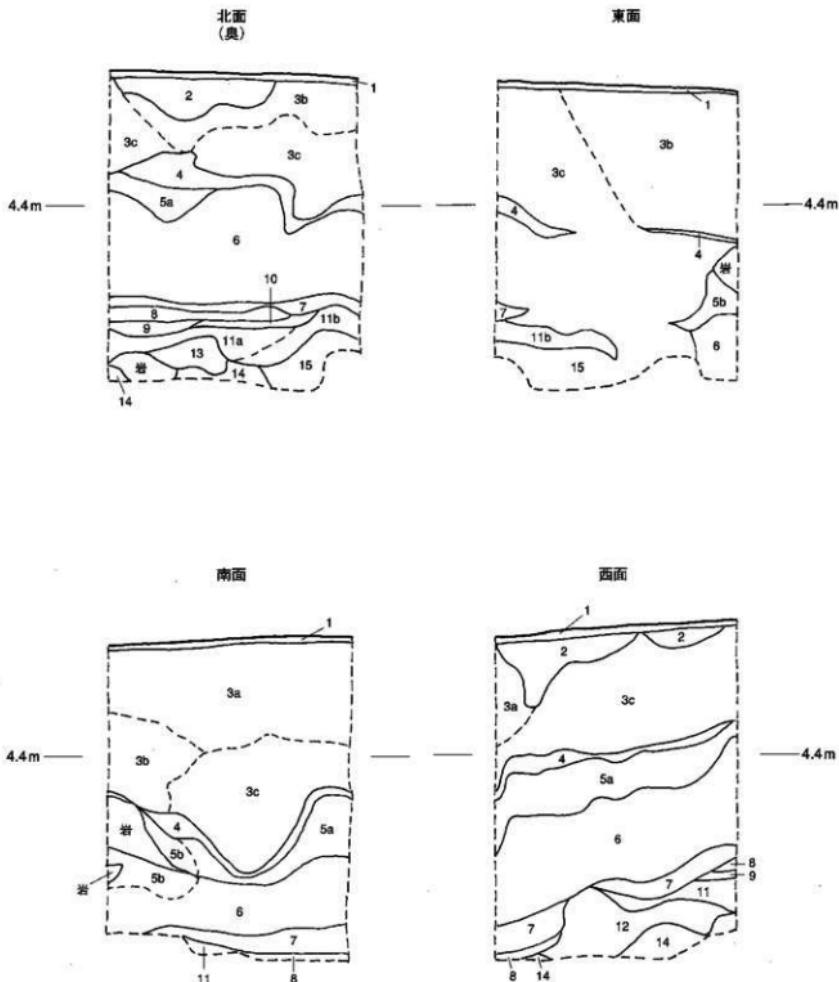


図 5-20 IV調査区実測図 (S=1/20)



- 1 10YR 4/4 閑色粘質土
- 2 10YR 5/5 にぶい黄褐色シルト質土
- 3 10YR 5/8 實質色砂質土(微粒)
- 4 10YR 4/4 閑色粘質土
- 5 10YR 6/4 にぶい黄褐色～6/6 明黄褐色シルト質土
- 6 10YR 6/4 にぶい黄褐色シルト質土
- 7 75YR 4/4 閑色砂質土(微粒)
- 8 25YR 7/7 黄褐色シルト質土
- 9 75YR 4/3 閑色砂質土(微粒)
- 10 10YR 7/3 にぶい黄褐色砂質土(微粒)
- 11 75YR 4/6 閑色砂質土(微粒)
- 12 75YR 5/3 にぶい黄褐色砂質土(微粒)
- 13 10YR 7/2 にぶい黄褐色砂質土(微粒)
- 14 10YR 6/2 灰黄褐色砂質土(微粒)
- 岩層 10YR 7/2～7/4 にぶい黄褐色シルト岩盤

図 5-21 V調査区実測図 (S=1/20)



- | | |
|--------------------------|------------------------------|
| 1 IOYR 4/2 灰青褐色粘質土 | 6 25Y 6/4 にほい黄色砂質土 |
| 2 2/0Y 6/4 灰青色シルト岩盤被覆 | 7 10YR 4/2 灰青褐色砂質土(微粒) |
| IOYR 6/4 にほい黄褐色シルト岩盤被覆 | 8 25Y 6/2 灰青色砂質土(微粒) |
| IOYR 4/2 灰青褐色粘土 | 9 10YR 2/1 黑色粘質土 |
| 3a 10YR 6/4 にほい黄褐色シルト岩盤 | 10 2.5Y 6/4 にほい黄色シルト岩盤被覆 |
| 3b 25Y 6/4 にほい黄褐色シルト岩盤被覆 | 11 2.5Y 4/2 稀缺黄色砂質土(微粒) 構造土器 |
| 3c 25Y 6/4 にほい黄褐色シルト岩盤被覆 | 12 2.5Y 6/4 にほい黄色シルト黄岩盤被覆 |
| 25Y 6/1 黑褐色粘質土 | 13 2.5Y 6/4 にほい黄色シルト黄岩盤被覆 |
| 4 10YR 3/2 黑褐色粘質土 | 25Y 4/2 稀缺黄色粘質土混入 |
| 25Y 6/1 にほい黄色粘質土混入 | 14 10YR 4/3 にほい黄色砂質土(微粒) |
| 5a 25Y 4/1 黄灰色粘質土 | 15 25Y 6/4 にほい黄色シルト岩盤 |
| 25Y 6/4 にほい黄色粘質土混入 | |
| 5b 25Y 4/1 黄灰色砂質土 | |

図 5-22 VI調査区実測図 (S=1/20)

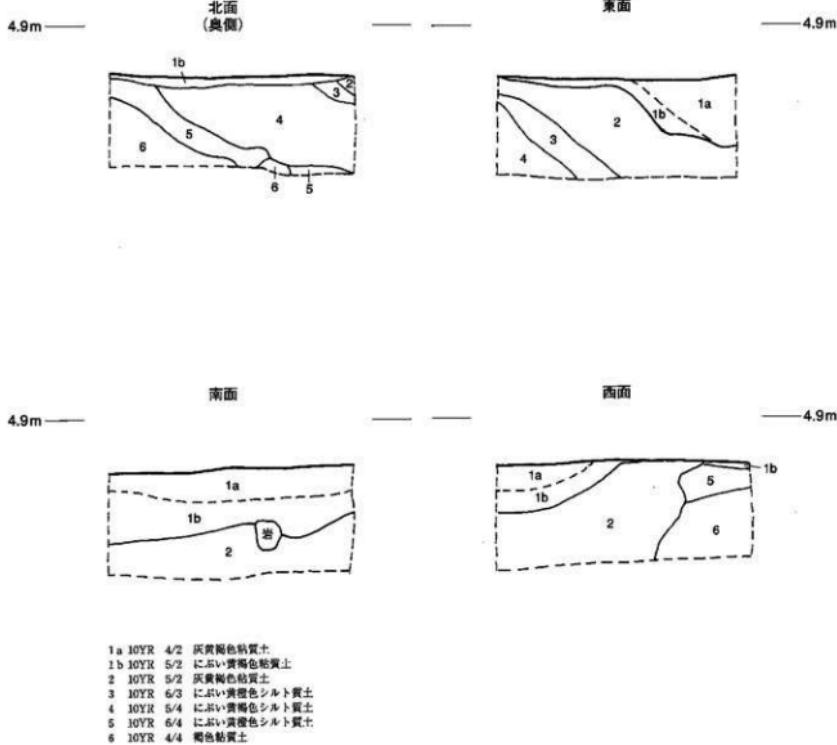


図 5-23 VI調査区実測図 ($S=1/20$)

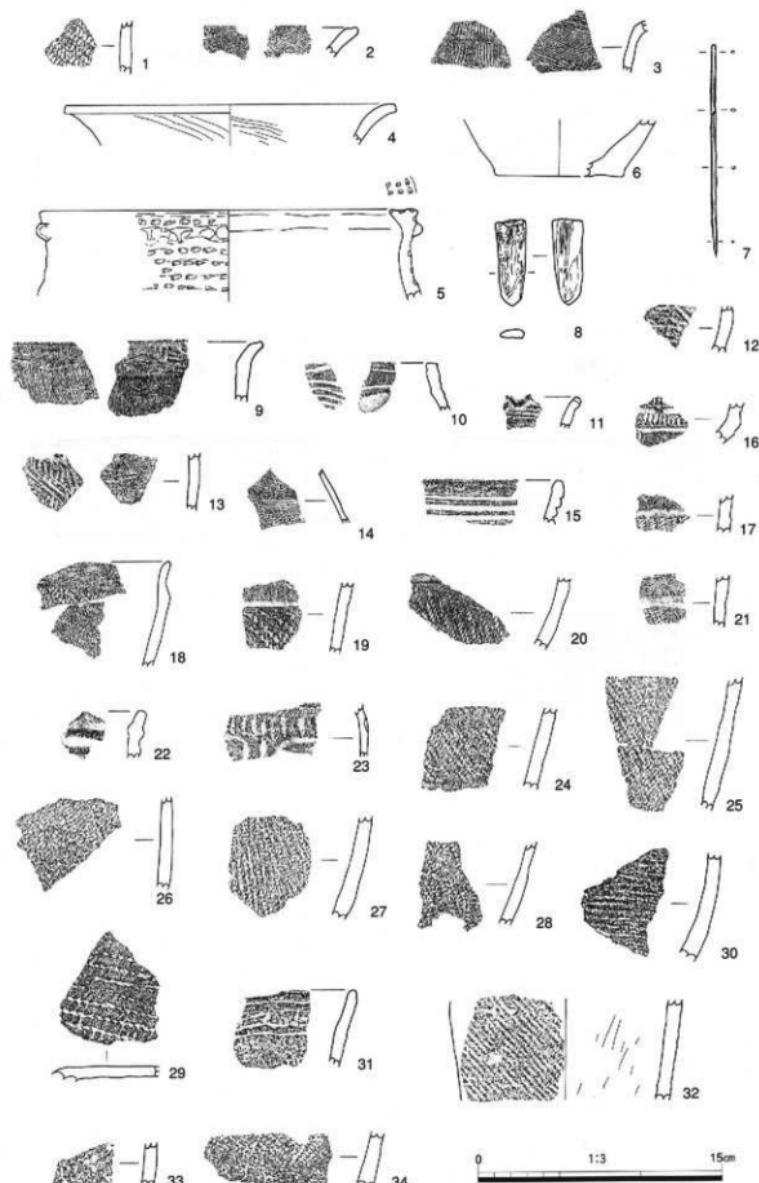


図 5-24 遺物実測図 (1) ($S=1/3$)

出土遺物のうち15点を図示した（15～29）。

いずれも縄文土器であり、大境洞窟第6層に対応する資料である。15は中期中葉、16～23は中期後葉のものである。29は網代痕の底部である。

V調査区

地表下約50cmまでは二次的な堆積である。砕かれた岩盤・炭化物・貝殻・土器片などが混入する。その下は砂層となる。砂層中、地表下70～90cmの地点で縄文土器破片が若干出土した。

縄文土器4点を図示した。詳細な時期は不明である。

VI調査区

地表下約140cmまで掘削を行い、二次的な堆積を確認した。地表下約1mまでは砂層で盛土されている。それより下は、砕かれた岩盤・炭化物・貝殻・土器片などが混入する。

出土遺物のうち6点を図示した（35～40）。35・36は縄文時代中期中葉、37は縄文時代中期後葉の土器である。38・39は縄文時代後期中葉か。40は二枚貝の中央一箇所を穿孔したものである。装身具か。

VII調査区

地表下直下から砕かれた岩盤・炭化物・貝殻・土器片などを含む二次的な堆積である。

出土遺物のうち12点を図示した（41～52）。

41～45・49は弥生時代終末期の甕である。42は内外面赤彩である。46・48・50は弥生時代終末期の鉢、47は同じく底部である。46は外面赤彩し、48は台付か。51古代土師器皿であり、内外面に赤彩を施す。52は中世土師器、手づくねの小皿である。

確認調査では、多数の動物遺体が出土している。

各調査区で最も目立ったのは、サザエである。貝類ではこの他にマガキ等がある。硬骨魚綱ではカサゴ類・スズキ・ハタ類・マダイ・サバ類・フグ類の6種類、鳥綱ではカモメ類・アビ類・アホウドリの3種類、哺乳綱ではヒト・ノウサギ・イルカ類・イヌ・アシカ・イノシシ・ニホンジカの7種類が出土した。

獣類ではイノシシ・ニホンジカが大半を占める。アシカは朝日貝塚でも出土しており、氷見沿岸にかつて生息していたことが推測される。イルカは少ない。

魚類ではマダイやハタ類が多く、洞窟周辺の岩礁地帯での捕獲と推測される。

調査の結果、洞窟内部及び洞窟前面の層位の状況について、以下のように判明した。

- 1 本殿東側（奥に向かって右側）では、大正7年調査の第五層に相当する弥生文化層が、良好な状態で遺存している。従って、その下の第六層も遺存している可能性が高い。
 - 2 本殿西側（奥に向かって左側）では、入口周辺に大正7年調査の第六層に相当する縄文文化層が、良好な状態で遺存している。縄文文化層の下は地山岩盤ブロックを含む純砂層が続く。
 - 3 洞窟前の現在拝殿がある敷地は、大正7年に洞窟内部からの排出土を盛土して整地されたものである。
 - 4 洞窟内地盤表面は凝固しているため、人間の通行等においては支障ないが、浅いところでは地表下20cmに文化層があるため、工事作業中は何らかの養生が必要である。
- この結果、保全工事にあたっては遺跡の保護のため、洞窟内部と作業路部分について約20cmの砂を盛り、その上に鉄板を敷くことで対処を行った。

工事立会で採集した遺物

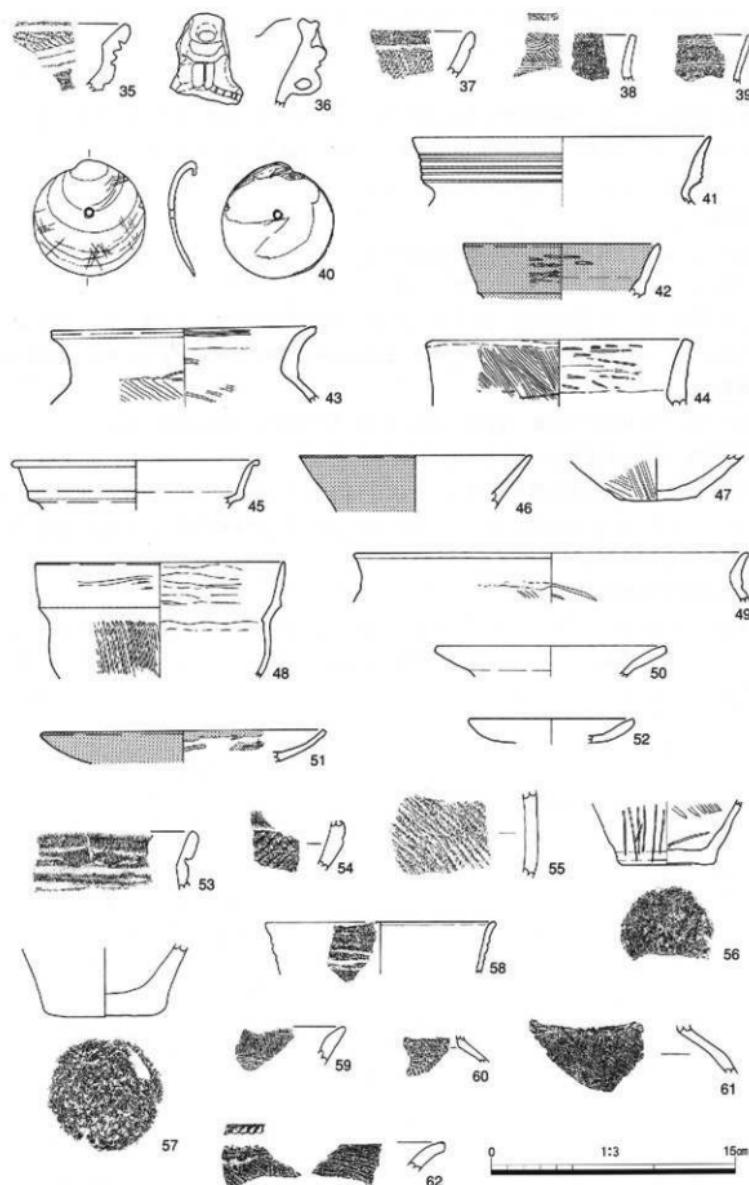


図5-25 遺物実測図(2) (S=1/3) 網点は赤彩

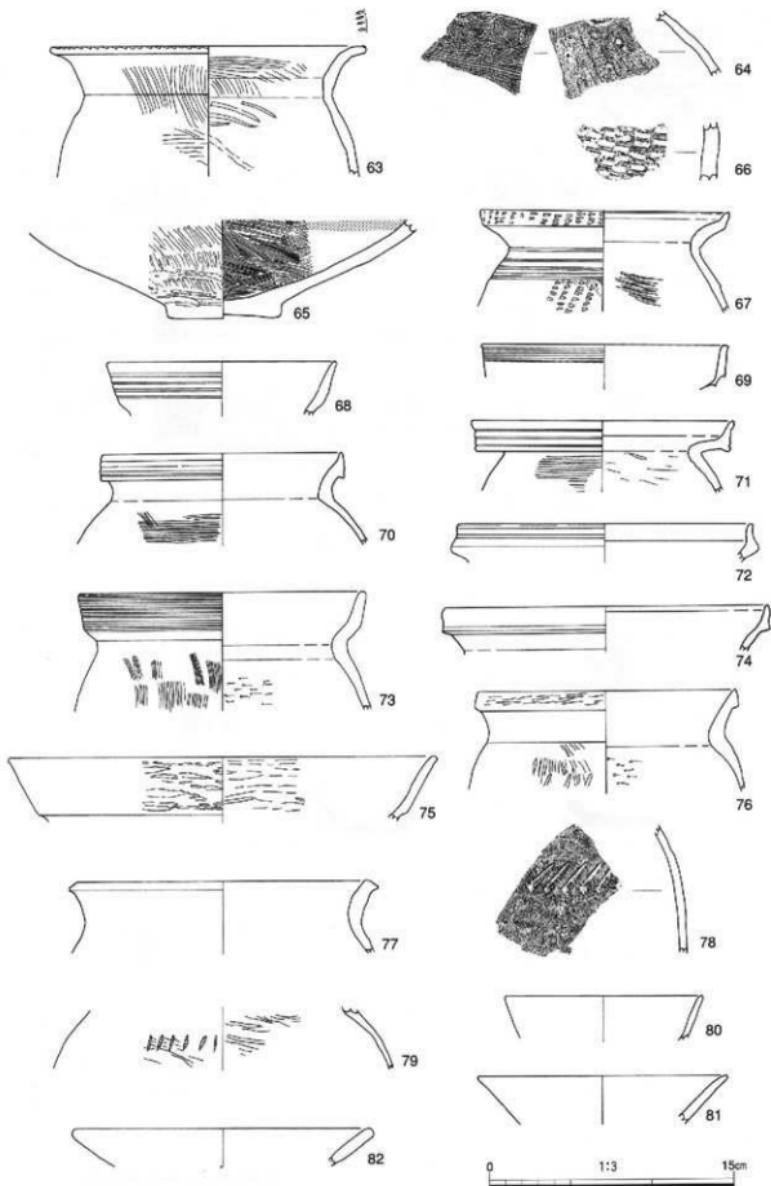


図5-26 遺物実測図(3) ($S=1/3$) 網点は赤彩

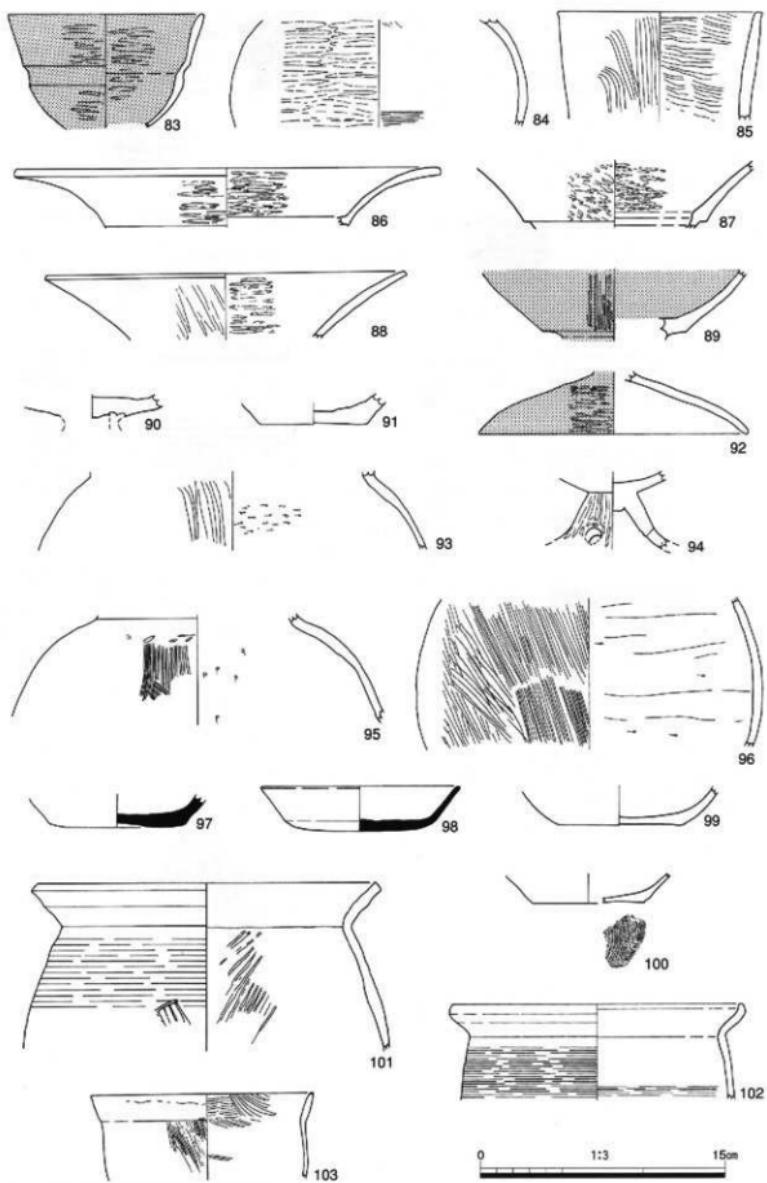


図 5-27 遺物実測図 (4) ($S=1/3$) 網点は赤彩

今回の工事では、白山社拝殿西側に身障者用スロープを設置することになった。

古写真や新聞等当時の記録から、スロープ建設地点は大正7年6月～7月にかけて、白山社改築のため洞窟内の土砂を掘削し、洞窟前面に盛土した場所であることがわかる。

この工事の時に多数の土器・人骨等が出土したのが地元新聞に掲載され、同年秋の調査につながったわけであるが、この時地元の人々によって回収された遺物類は主要なもののみであり、盛土内には多数の遺物が二次的に包含されていることが予測された。

今回のVI・VII地区の確認調査では、この部分が盛土であることを改めて確認したが、同時にこの盛土内から土器破片等が出土し、遺物が包含されていることが判明した。

従って、身障者用スロープ部分の掘削工事にあたっては学芸員が立会を行い、盛土に含まれる遺物の採集を行った。

遺物実測図53～106が、この工事立会で出土した遺物である。

53～57は縄文土器である。53は中期中葉、54は中期後葉である。58～92は弥生時代の土器である。58～62は中期前葉、65は後期の広口壺底部である。67～75は終末期の有段口縄壺、76・77はくの字状口縄壺、83の鉢は内外面赤彩を施す。86～90は高杯、92は蓋である。93～96は古墳時代の土師器である。97・98は古代須恵器杯、99は古代土師器杯、100は古代土師器皿である。101～103は古代土師器壺、104は古代土師器鍋である。105は中世土師器皿、106は貝輪である。

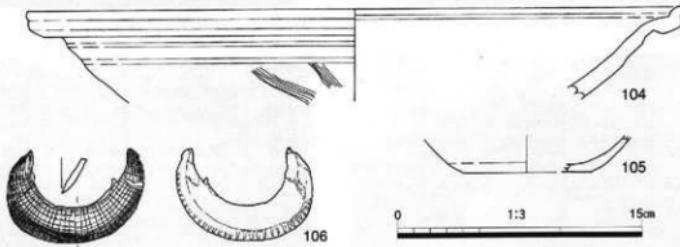
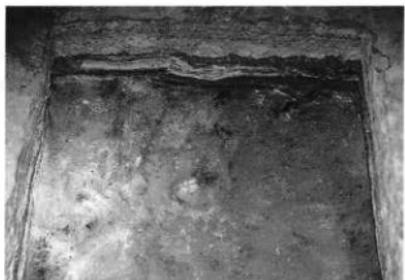


図5-28 遺物実測図(5) ($S=1/3$)



写5-4 I調査区（南から）



写5-5 II調査区（北から）



写5-6 III調査区（東から）



写5-7 IV調査区（西から）



写5-8 V調査区（南から）



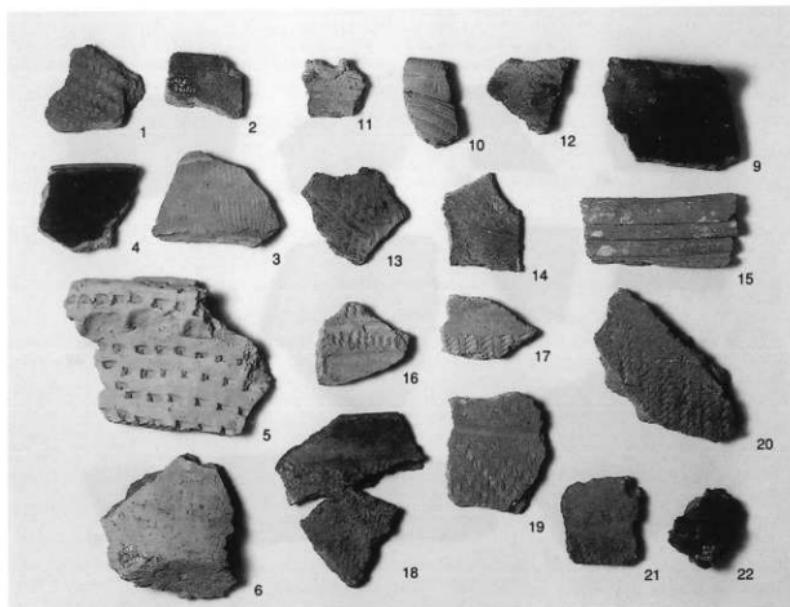
写5-9 VI調査区（東から）



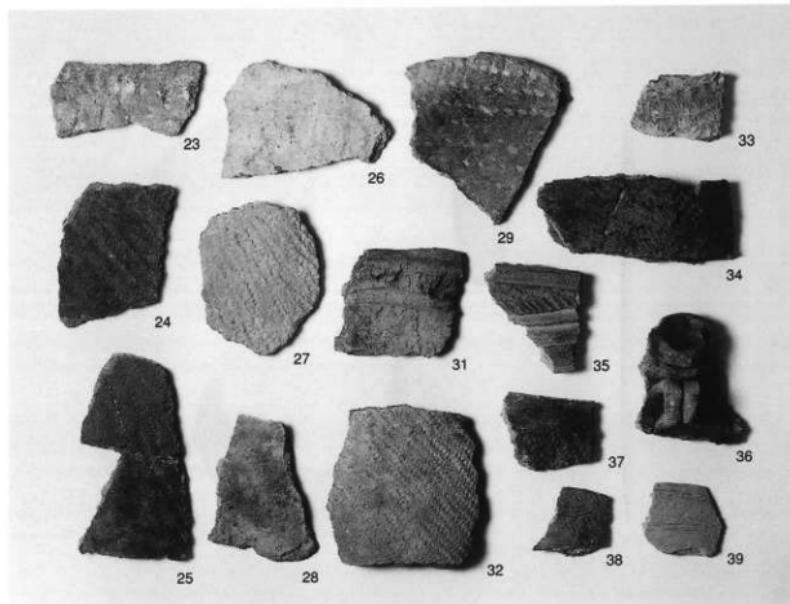
写5-10 VII調査区（南から）



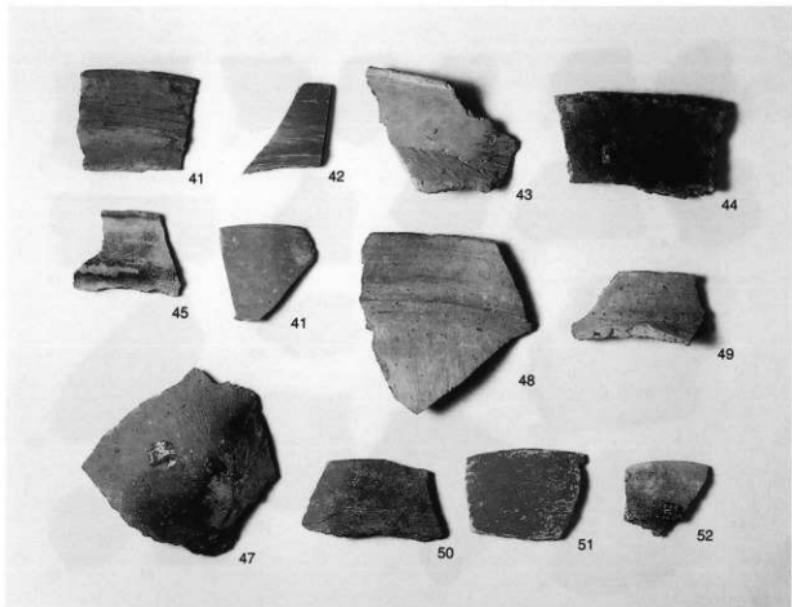
写5-11 調査風景（北から）



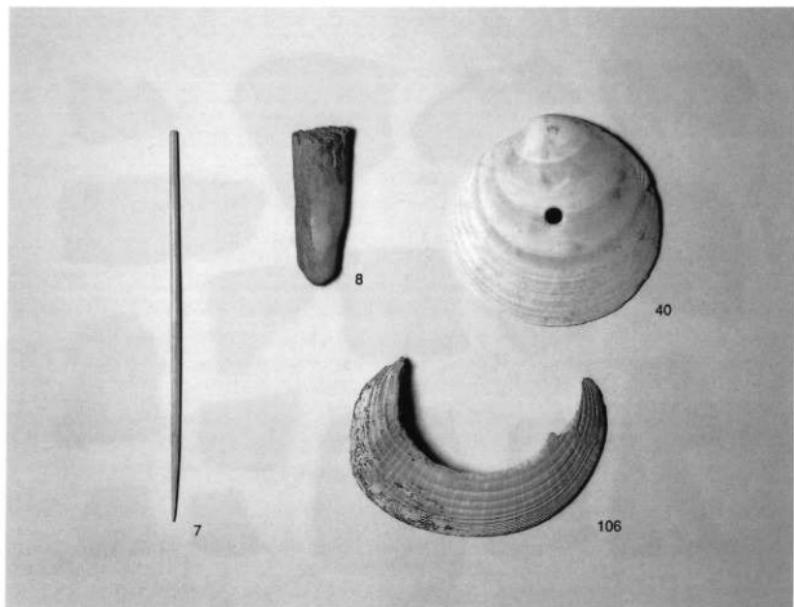
写5-12 遺物写真（1）



写5-13 遺物写真（2）



写5-14 遺物写真（3）



写5-15 遺物写真（4）

6章 平成17年度事業

1. 平成17年度事業の概要

史跡大境洞窟住居跡保存修理工事は、検討委員会におけるこれまでの検討内容や各委員の意見を踏まえて、できるだけ自然に近い形を残しながら、洞窟内を安全かつスムーズに見学できるように、以下に示すような数種類の工法を組み合わせ、実施することとなった。

平成17年度は、ロックボルト工事により洞窟内の大规模崩落を防止し、洞窟上部から浸透する雨水等が洞窟内部へ伝わり風化が進行することが懸念されることから水抜きボーリング工によりこれを防止することとした。

2. 第5回 史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会

平成17年8月19日に第5回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を開催した。

委員会での要旨は

①景観および防護柵等について

委員からは

- ・景観を損ねないようにするともに、見学者の安全を十分に確保することを考えれば、ロックボルト+ロックネット工法は、土木の標準的な工法であり、安全性の確保には寄与できるが必ずしも恒久的な対策ではなく、現時点で考えられる最善の安全対策であり、他に良い工法が出てきた場合はネットを外すことを意識する必要がある。
- ・通路幅は1.5m。防護柵の高さは安全で目立たないことなどを考慮し検討し、色はとけ込むものにする。網格子柵の方が圧迫感もない。
- ・工事の際に植物は取るなど、洞窟内はクリーニングを行う。

との意見があった。

②周辺整備案について

- ・洞窟手前左の石仏像は、整備後洞窟内で展示する。
- ・洞窟奥は今後も立入禁止とする。
- ・説明板を設置し、大正7年の測量図面を展示する。
- ・現代、バリアフリー化は必須であり、野外なので洞窟前面にスロープを設置し、車椅子の対応を検討する。
- ・観光客の動線を検討する必要がある。

3. 平成17年度の工事内容

- ①測量工 基本測量データを盤面に表示するため、水糸を格子状に張る。
- ②栈橋設置工 神社前から重機、資材等を搬入するための仮栈橋を設置する（写6-1）。
- ③敷鉄板工 史跡の養生と工事車両の通行のため、敷鉄板工をする。
- ④仮開い工 本殿下の造構面を含む基壇を養生するため、仮開いを行う。
- ⑤社殿等の移設 本殿等を洞窟外へ移設し、工事に備える（写6-4）。
- ⑥足場工 洞窟内部のロックボルト工に必要な足場を設置する（写6-6）。
- ⑦水抜きボーリング工 4本の水抜きボーリング孔をあけ、洞窟上部の岩盤に染み込む水を排水する（写6-3・5）。
- ⑧ロックボルト工 洞窟内部に222本のロックボルトを打ち込みセメントを注入して固化し、落整を防止する（写6-7・8）。
- ⑨洞窟内部の洗浄 洞窟の天井部に発生する剥離岩やコケ等を洗浄機で除去する。



写6-1 仮栈橋の設置

・洞窟内部の対策

- ①ロックボルト工により大規模な崩落を防止する。

・洞窟上部（崖面）の崩落防止対策

- ①既設のロックネット内にとどまっている崖面の落石を除去する。
- ②危険性の高い部分をモルタル吹付け等により新たな落石を防止した上で、ネットを復する。
- ③水抜きボーリングにより、洞窟上部から浸透した雨水等が洞窟へ伝わり、風化が進行することを防止する。

4. ロックボルト工

ロックボルト工は、トンネルや崖面などの崩壊を防ぐ工法として一般的であり、岩盤に鉄棒=ロックボルトを打ち込んで岩盤を補強する工法である。本工事では、詳細図に示すように、洞窟の内壁から岩盤に向かって長さ3.0mのロックボルトを1.5m間隔に打ち込んで、洞窟全体を補強した。ロックボルト頭部は、岩盤表面を掘り込んで内部に設置し、表面からモルタル詰めおよび擬岩処理をして景観を損なわないようとする。なお、施工範囲は、平面図に示すように、洞窟の主要部分である洞窟入口～No.7付近までとし、222本のロックボルトを打ち込みセメントを注入して固化した。



写6-2 ロックボルトの引っ張りテスト

5. 水抜きボーリング工

水抜きボーリング工は、入口東側の崖面より $L = 20m \times 4$ 本を実施した。



写6-3 水抜きボーリング工

図6-1 大境洞窟住居跡保全対策工事 工程表 平成17年10月1日～平成18年9月30日

工種	内 容	平成18年度											
		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
準備工	発注者打合せ 地元説明 現場事務所設置等												
仮設道路工	仮設橋架設 土工等 史跡標等移設、仮置												
仮置撤去工	本殿曳屋、覆屋 掘、門撤去												
養生工	洞窟底面養生 排水等防護柵 落石処理												
崖面对策工	モルタル吹付 水抜ボーリング												
ロックボルト工	設置場所削孔 ロックボルト設置												
足場工	足場設置												
搬岩処理工	岩石粉準備 搬岩処理												
保存処理工	洗浄処理 基質強化処理 仕上げ漏水処理												
ロックネット工	ケミカルアンカー打設 ASネット設置												
復元工	足場、養生撤去 本殿等の復元 仮設道路撤去												
後片付け工	現場整理、完成検査												

図 6-2 仮設栈橋工

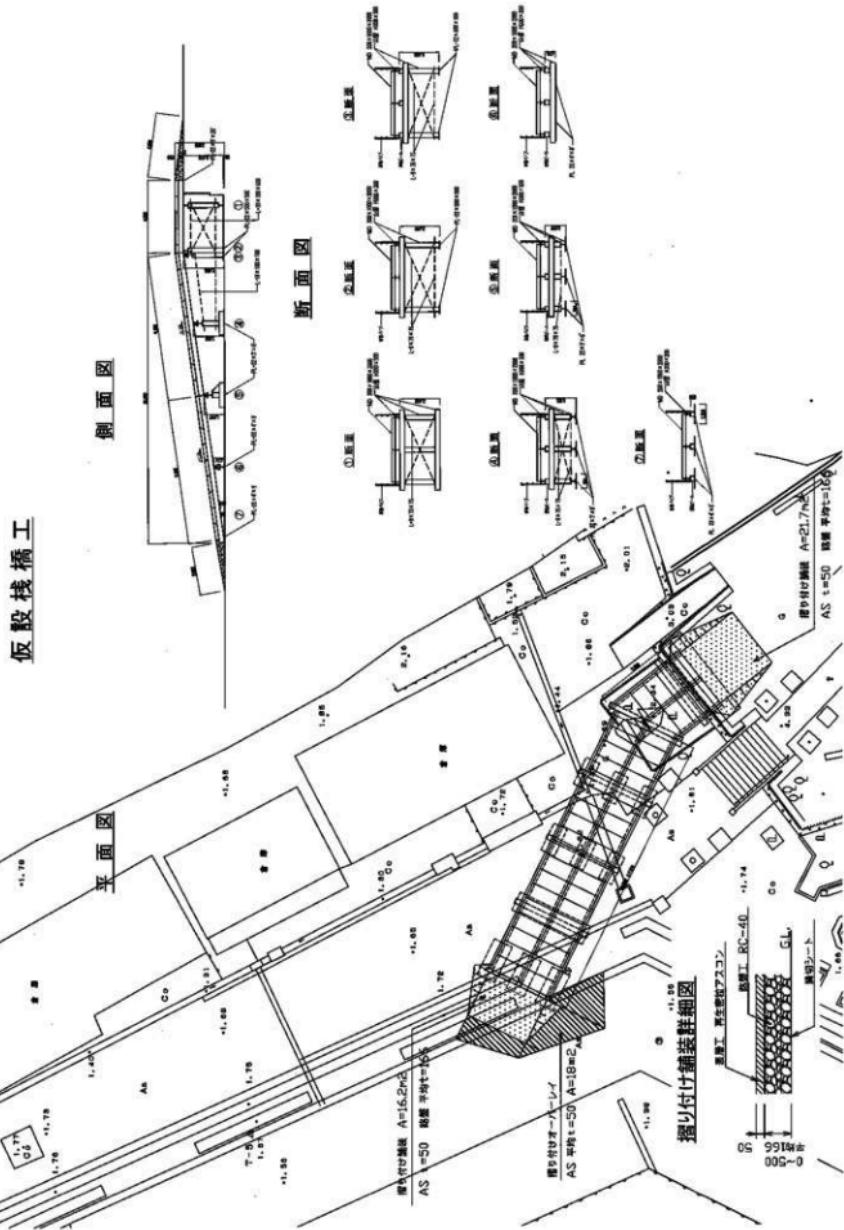


図 6-3 敷板工・仮囲い工・足場工平面図

敷板工・仮囲い工・足場工平面図

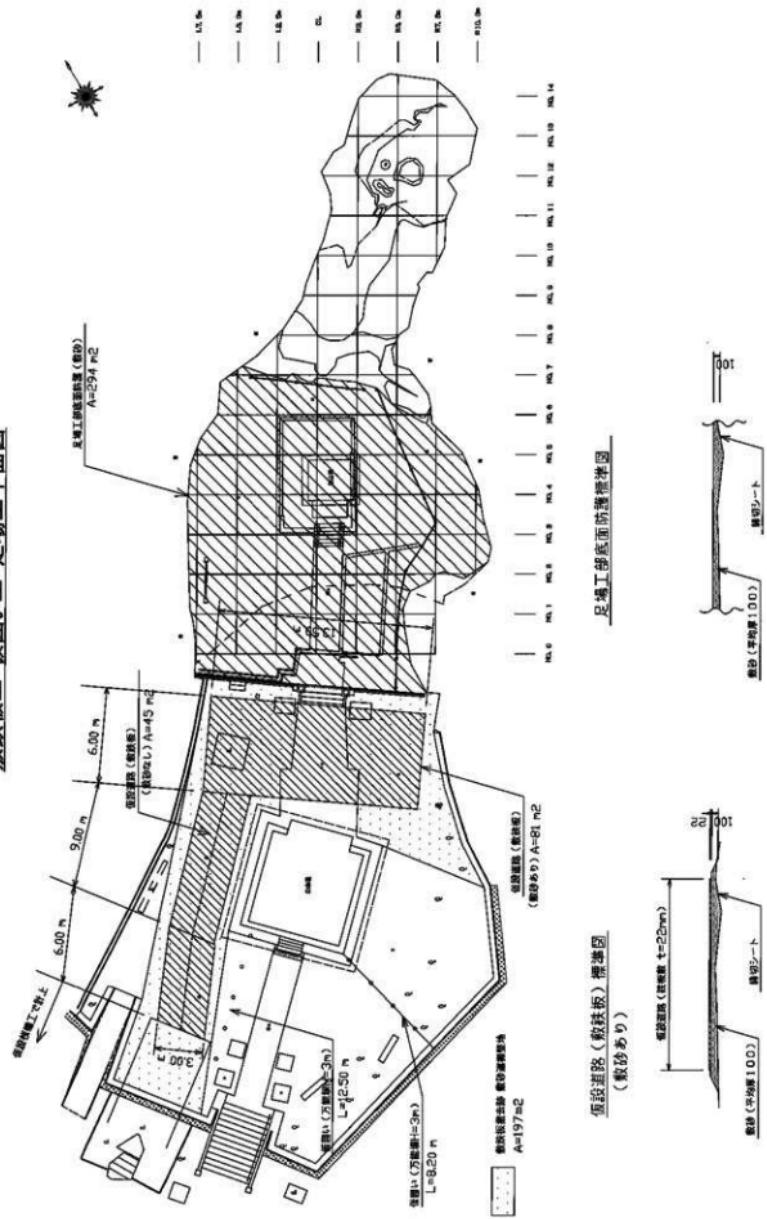


図 6-4 水抜き配水管平面図

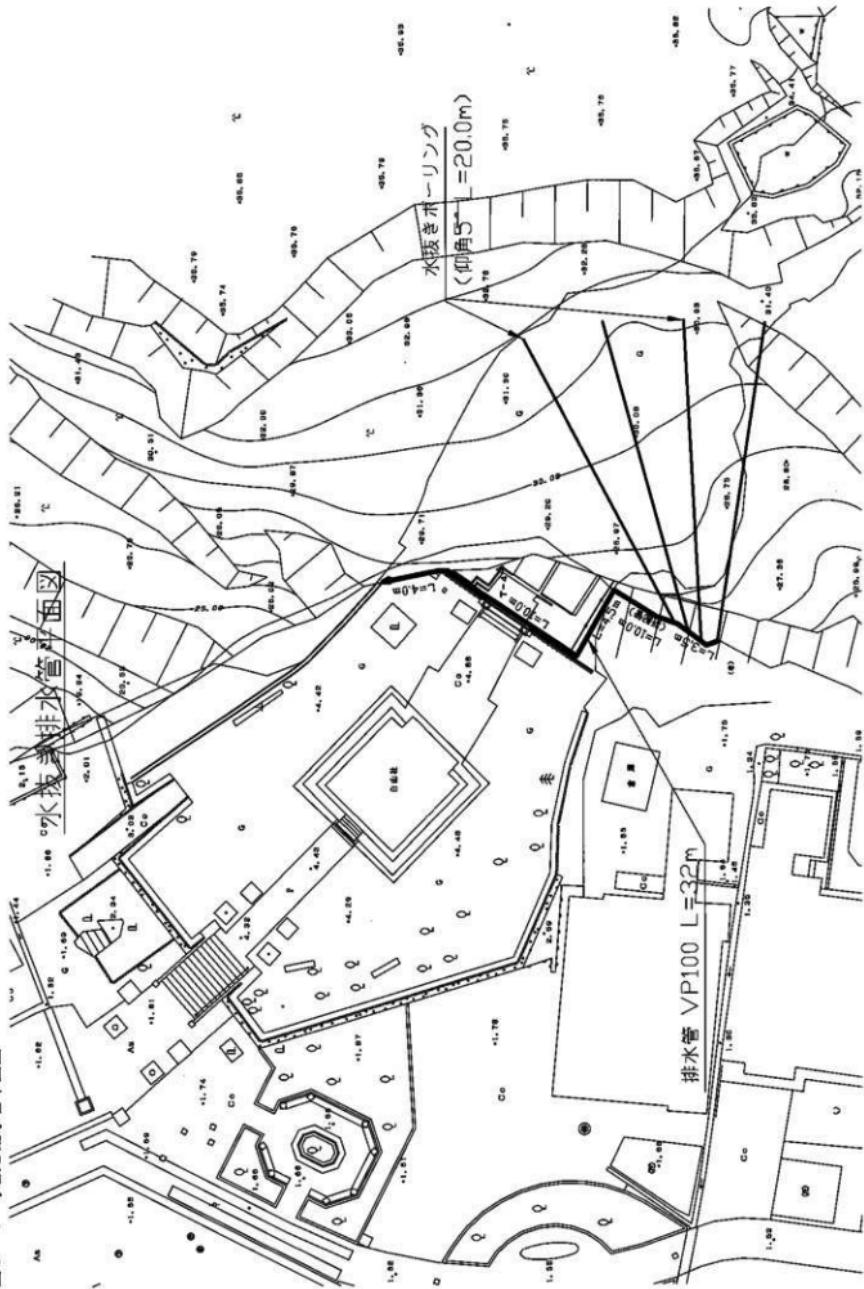


図 6-5 ロックボルト平面図

ロックボルト平面図

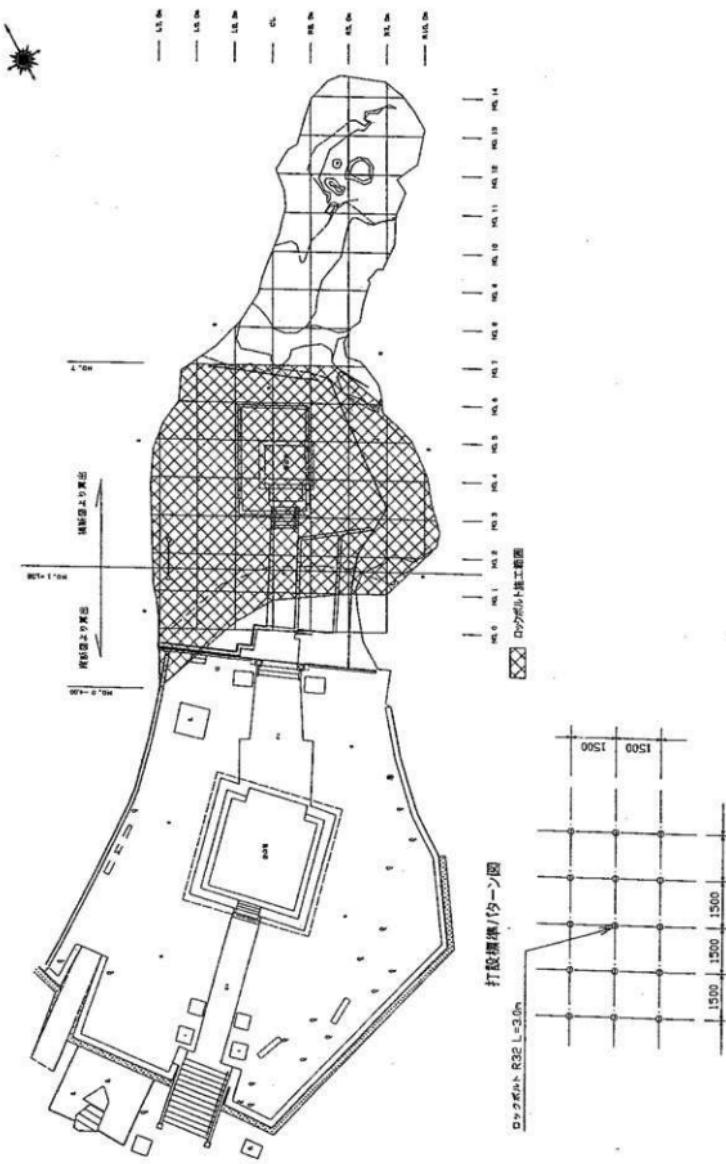
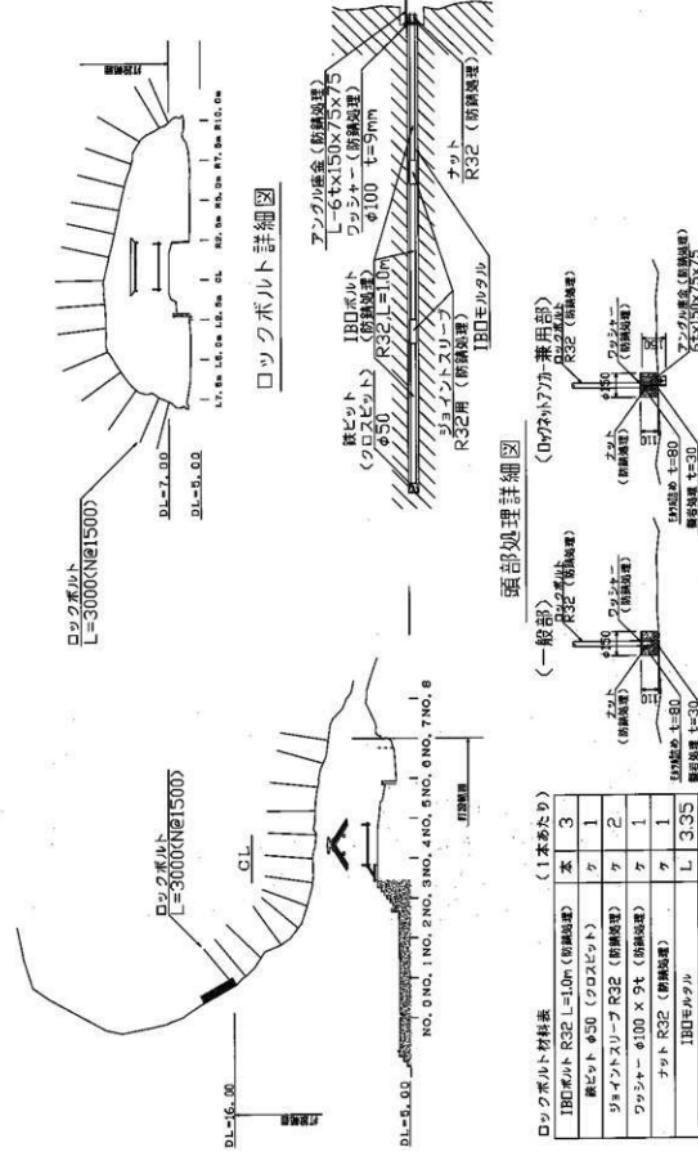


図 6-6 ロックボルト詳細図

ロックボルト詳細図

縦断図

横断図





写6-4 社殿の移設



写6-5 水抜きボーリング



写6-6 足場の設置



写6-7 ロックボルト削孔



写6-8 ロックボルト材料



写6-9 洞窟内部の洗浄

7章 平成18年度事業について

1. 平成18年度事業の概要

平成18年度は、平成17年度に引き続き、洞窟内部の対策として樹脂の塗布とロックネットの設置を実施した。樹脂の塗布では含浸により表面を固化とともに、風化の進行を防ぐ。また小片の落下を防止するため、ロックネットを設置する。

さらに、洞窟上部の雨水対策として、排水ボーリングを行うことにより、洞窟上部の岩石に浸透する雨水等を排出し、洞窟への影響を抑えることとした。

また、第6回検討委員会を開催し、平成19年度の園路等の工事についての検討を実施した。

2. 工事の内容

(1) 摳岩処理……ロックボルト孔の表面を、撹岩処理により塞ぐとともに、着色等により周辺の岩石と調和させて、目立たなくさせる。また天井部や側壁部に走るクラックの処理や表層強化処理を行う。

(2) ロックネット工……本巣周辺の見学区域の天井部に落石防止のロックネットを設置し、安全確保に努める。

3. ロックネット工

ロックネット工は、急傾斜地における落石防止工法として一般的であり、ロックボルト工では防ぎ切れない小さな落石を防止するために岩盤表面に金網＝ロックネットを設置する工法である。詳細図に示すように、網目間隔50mmのロックネットをワイヤーと座金によりロックボルトの頭部に固定した。また、ロックボルト間に、0.75m間隔にケミカルアンカーを打設して、ロックネットのたわみを防止すると同時に岩盤表面の補強をした。ロックネットは、景観に配慮して、岩盤に近い色の金網を使用した。なお、施工範囲は、平面図(図7-2)に示すように、見学者の安全を確保するため、防護柵より約1.0m広い範囲とした。

4. 強化保存処理工

強化保存処理工は、石仏などの風化防止を目的として開発された工法で、樹脂等の化学薬品を岩盤表面に浸透または塗布して、表面付近を強化したり撥水効果を高めることにより風化を防止する工法である。現地における暴露試験および試験施工の結果や洗浄後の亀裂状況などにより判断して、今回は基質強化処理、表層処理、撥水処理等を施した。

5. 崖面対策工

崖面対策工として、落石防護ネット内にたまつた岩塊を小割りにして処理し、ネットを撤去・復旧を行った。

・施工手順(洞窟内部)

①ロックボルト孔の撹岩処理…岩石粉を固めて、孔を塞いだ。(222孔) また、周りとの色彩の調整等

を行った（写7-1）。

- ②クラック処理工…洞窟の天井部及び側壁部に走るクラックに樹脂を埋め込んだ（写7-2）。（クラック長40m）
- ③基質強化処理工…岩石の表面を強化させるため、基質強化剤を噴霧器等で染み込ませた（写7-3）。また表層からの風化を抑えるために表層強化処理（写7-4）と撥水処理（写7-5）を行った。
- ④ロックネット工…耐食性の強いA S ネットを天井の入り口及び洞窟内の中央部に設置した（写7-6）。（242m²）。
- ⑤足場撤去工…工事用に設置されていた洞窟内の足場を撤去した（写7-7）。
- ⑥本殿復旧工…洞窟外部で移設されていた本殿を復旧した（写7-8）。
- ⑦簡易防護柵設置工…本殿周辺を見学区域とし、他への立ち入りを禁止する防護柵を設置した（写7-9）。

図 7-1 史跡碑等移設・復旧工平面図

史跡碑等移設・復旧工平面図

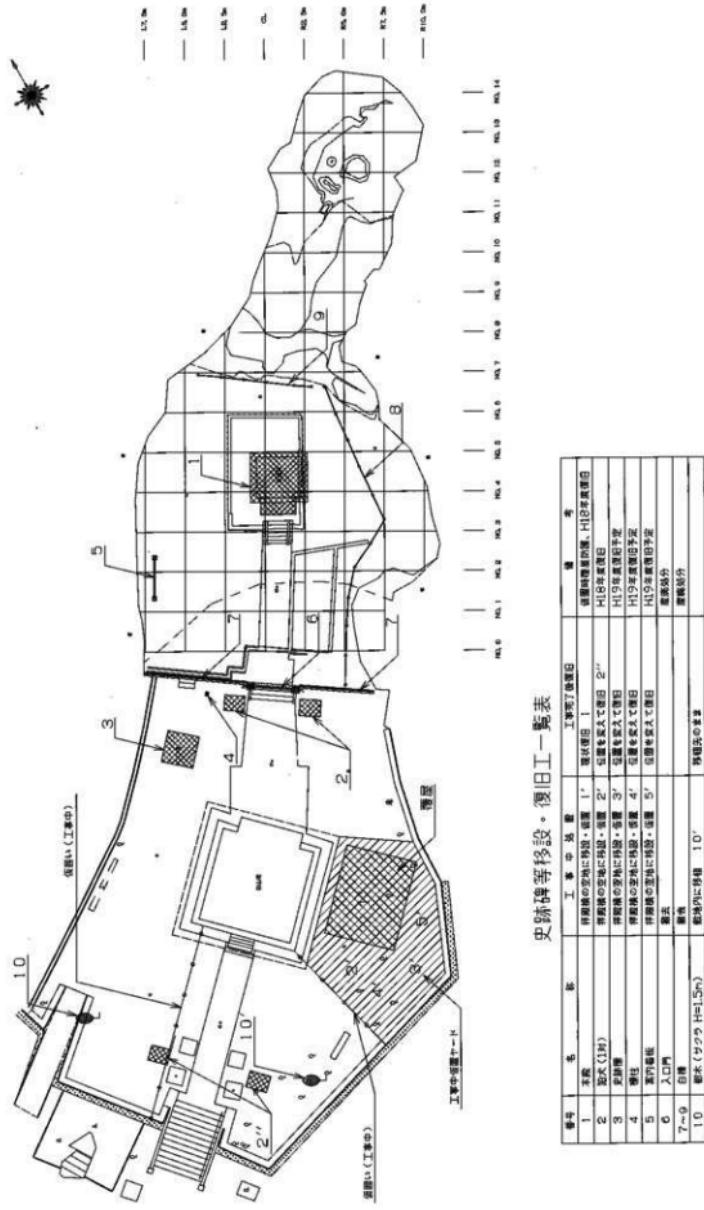


図7-2 ロックネット工平面図

ロックネット工平面図

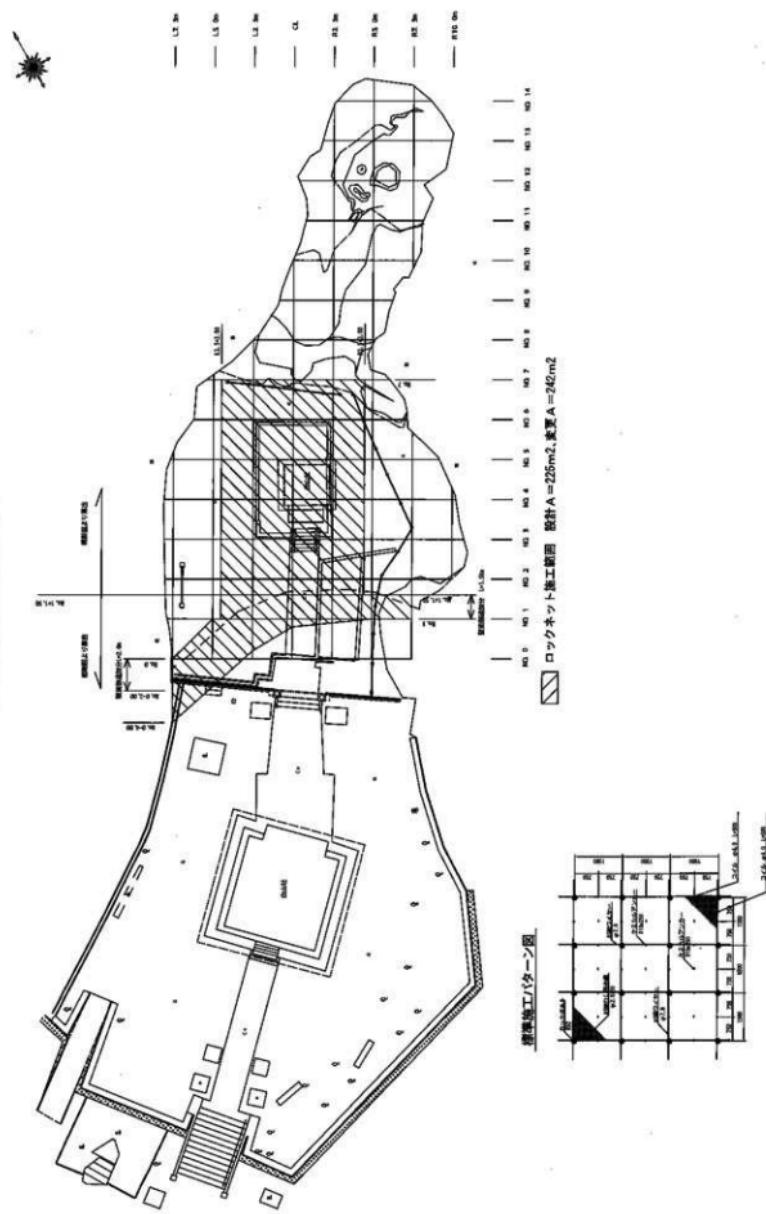
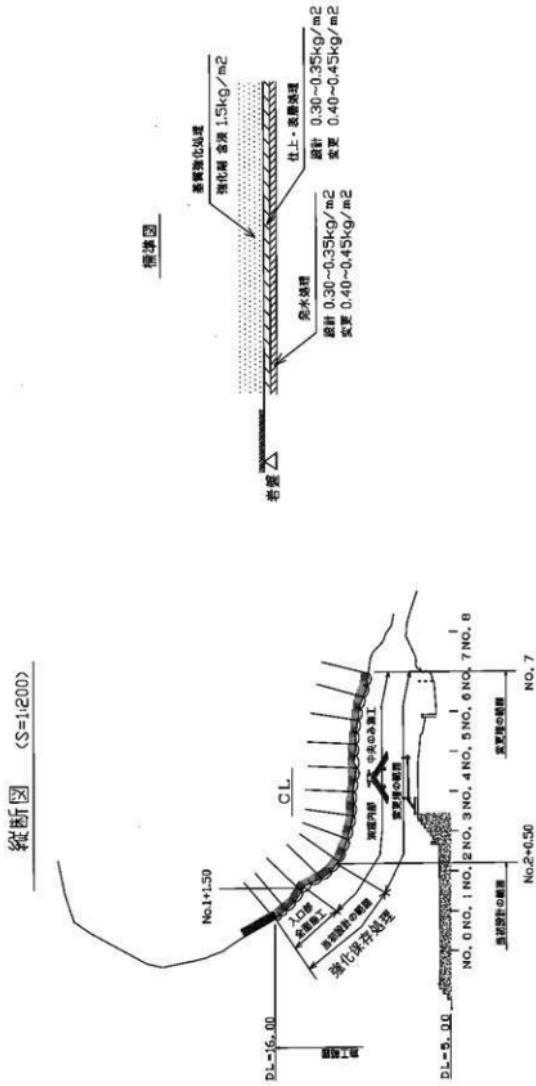


図 7-3 強化保存処理工詳細図

強化保存処理工詳細図





写7-1 ロックボルト孔の凝岩処理



写7-2 クラック処理工



写7-3 基質強化処理



写7-4 表層強化処理



写7-5 撥水処理



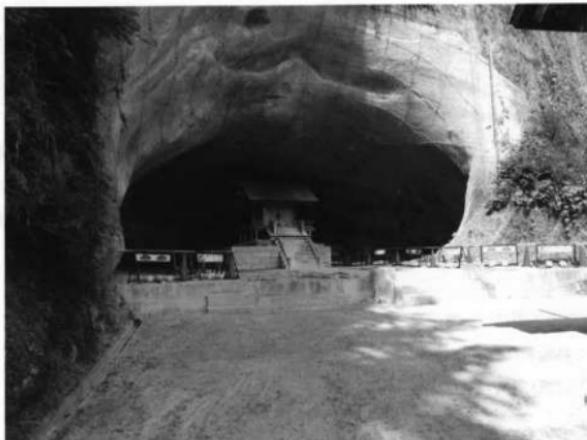
写7-6 ロックネット工



写7-7 足場撤去工



写7-8 本殿復旧工



写7-9 ロックネット工等完了状況

6. 第6回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会

第6回史跡大境洞窟住居跡保存活用検討委員会を平成18年11月17日開催した。

1. 現地視察

平成17年度および平成18年度の保存修理工事が完了した大境洞窟の現状を現地で視察。

2. 議事

(1) 平成17年度及び平成18年度の工事について

事務局から平成17年度及び平成18年度の工事の説明の後、

委員からは

- ・ロックボルトは上手に施工されており、大きな崩壊については震度5、マグニチュード6程度までは安心だと思われる。ただし、洞窟奥左側の岩棚（龕状遺構）の部分は、流整となっており、幅1.5m奥行1.0m×厚さ0.2~0.3m程度が少し危険と考えられるので、何らかの対策をした方が良いと思われる。風化については、基質強化や撥水処理がなされたので、一応安心であるが、逆に景観上どうなのか経過観察が必要である。
- ・基質強化は表面から薬剤が少し滲み込んだ内部、表層強化は表面1~2cmの強化である。おそらく20~30年は大丈夫だと思うが、長期の暴露試験結果はないので、今後注視して行く必要がある。
- ・基質強化についてはかなり長持ちするが、撥水剤は雨などの当たる所は結構短い期間で効果が無くなる事例が多い。良く観察して、メンテナンスが必要である。

との意見が出された。

(2) 平成19年度の工事について

- ・身障者や高齢者に配慮した園路のスロープの設置について
- ・排水路の設置について

委員から

- ・園路のスロープの勾配は $1/12 = 8\%$ 程度とすることが望ましい。
- ・スロープを折り曲げて距離を伸ばすという方法も検討して欲しい。
- ・サインについては、設置場所にも注意が必要である。
- ・排水路の史跡を掘り下げないように盛土内に設ける。
- ・園路の舗装は、現状が白っぽいので、違和感のない白色系のものが望ましい。

との意見が出された。

また、盛土についても検討がなされた。

工事の結果少し以前と景観が変わったが、長期的な遺跡の保存、見学者の安全が優先であり、結果的に正しいと思われる。今後は、来年度の計画の中で活用を考え、やって良かったという整備にして欲しいとの意見であった。

8章 平成19年度事業

1. 平成19年度の事業の概要

平成19年度は、最終年度として洞窟遺跡である本史跡の保存と見学者が安全に見学できるように緩勾配の園路を整備し、洞窟内の立入禁止エリアへの進入を防止するための柵を設置した。園路の段差ができるところには転落防止柵を設置した。

また大境洞窟住居跡の歴史的意義を分かりやすく紹介するため、解説板を設置した。

2. 事業の内容

①園路整備…洞窟の内外に園路を整備し、安全に見学ができるようとする。

特に高齢者や身障者等の見学に配慮し、緩勾配の園路を整備（最大斜度12分の1）。

・スロープ部分の園路の景観舗装は、自然石を用いた景観舗装材を使用した。

・洞窟内部の園路は、史跡の景観に配慮し、真砂土による自然系土舗装とした。

②排水路の整備…水はけが悪く、見学者にとって、滑りやすい現状にあるため、史跡地内の排水を良くする。

③洞窟内立入禁止柵及び転落防止柵整備…洞窟内の立入禁止エリアへの進入を防止するため、柵を設置（高さ85cm）。また、園路周辺の段差ができるところには、危険防止のため、転落防止柵を設置。

④解説板の設置工事…大境洞窟住居跡が持つ歴史的な意義や大正7年の発掘調査の様子などを紹介する説明板を設置する。

・既存の説明看板1基を移設設置。

・遺跡の入り口付近に遺跡内を案内するため、総合案内看板を2基（大1基、小1基）設置する。

・洞窟内にイラスト入りの説明板（A2サイズ）を12基設置。

⑤調査・整備報告書の発行…平成14年度からの調査及び3か年にわたる保全整備事業の報告書を発行。

図 8-1 施設平面図

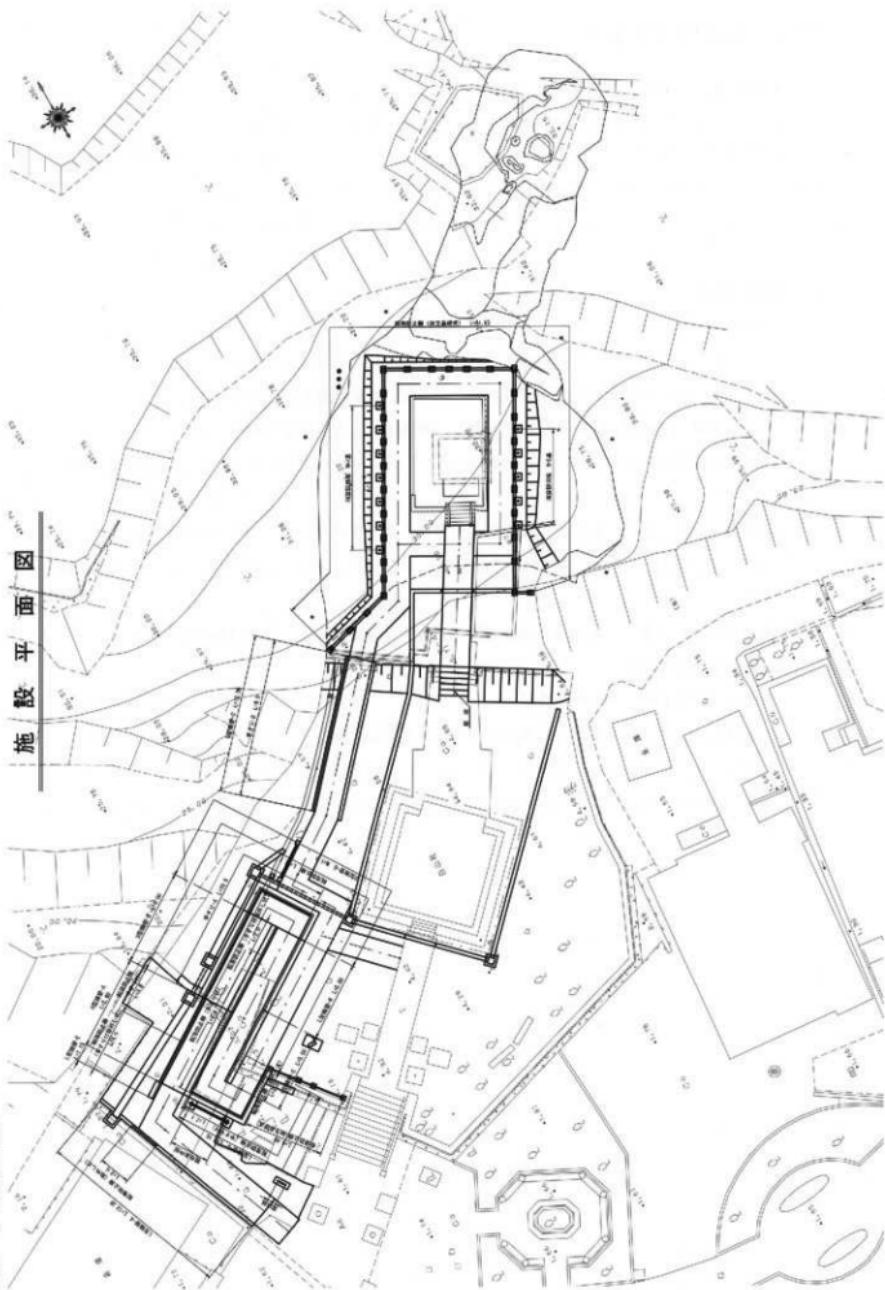


図 8-2 スロープ部断面図

スロープ部断面図

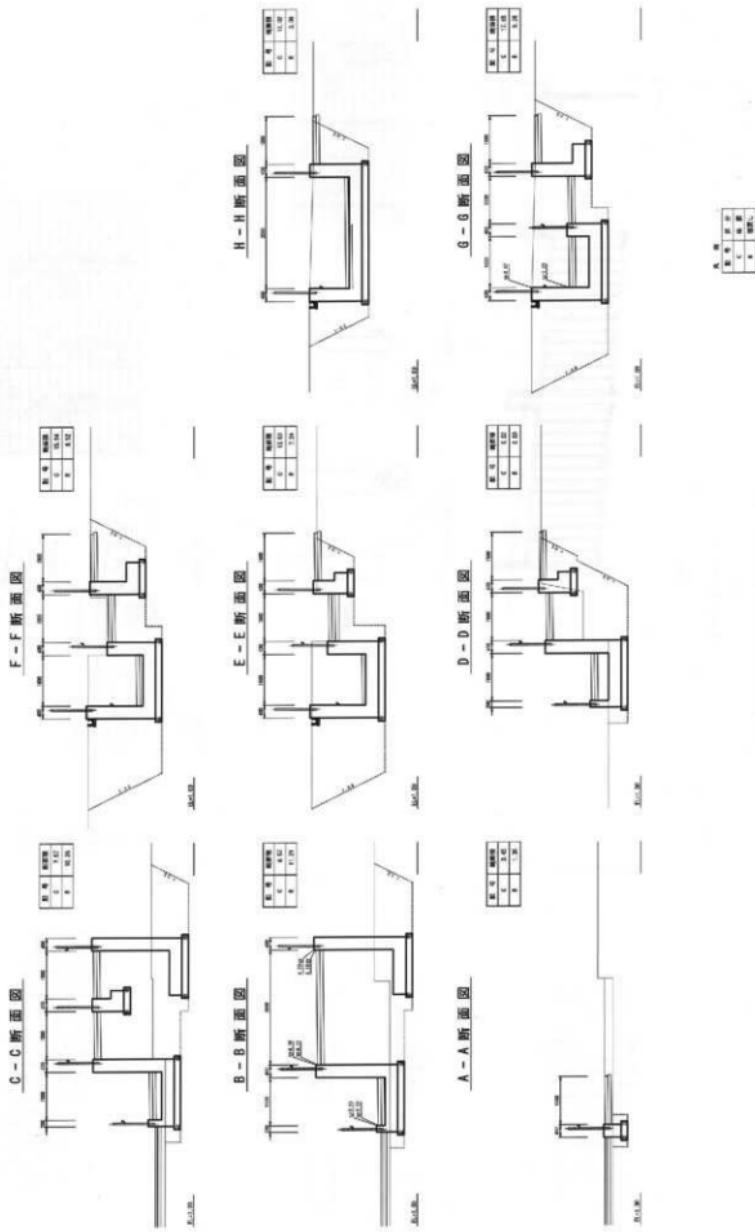


図 8-3 管理施設整備工構造図 (1)

管理施設整備工構造図 (1)

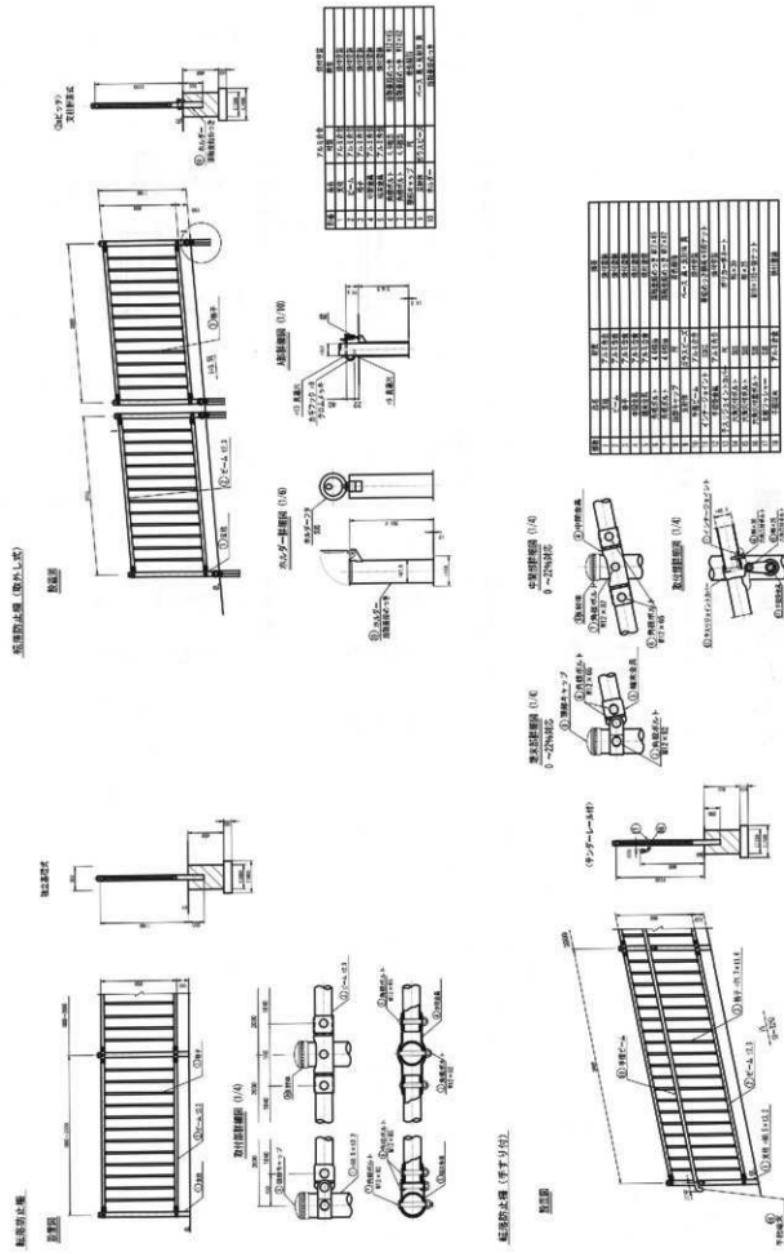


図 8-4 管理施設整備工構造圖 (2)

管理施設整備工構造圖 (2)

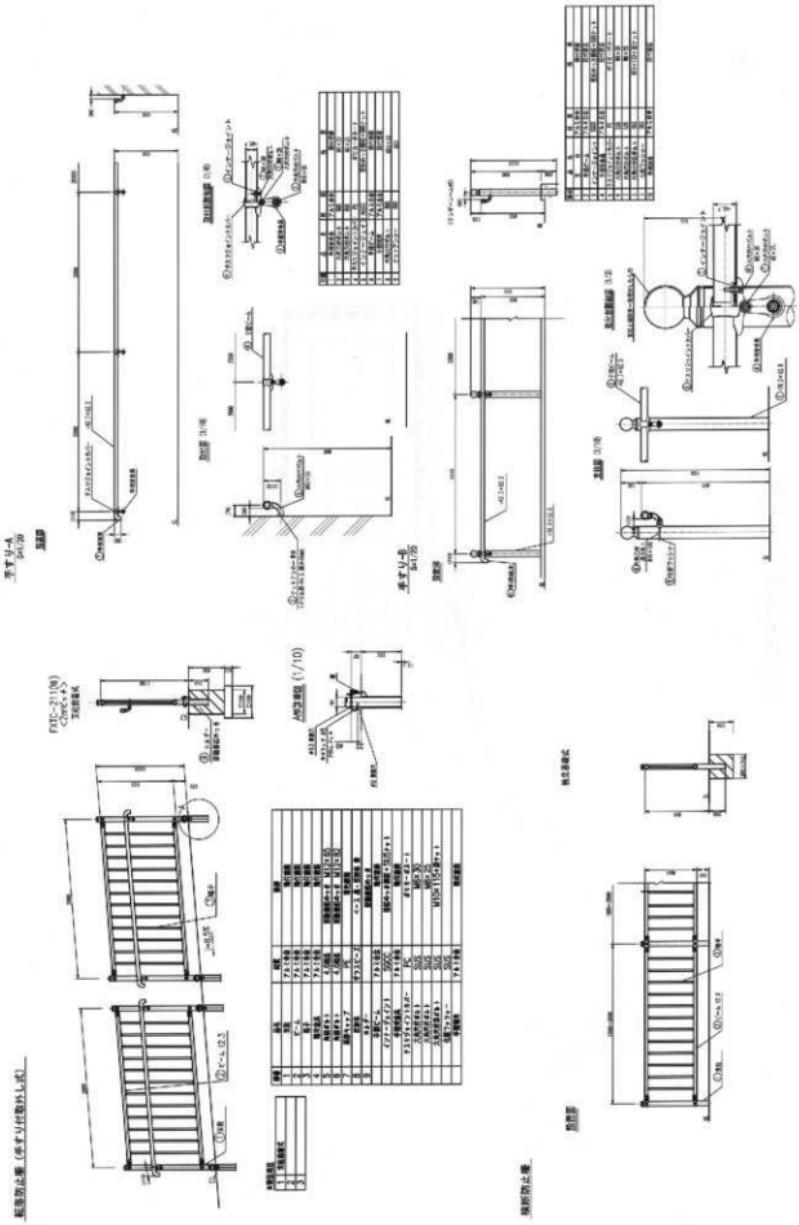


図 8-5 雨水排水設備工平面図

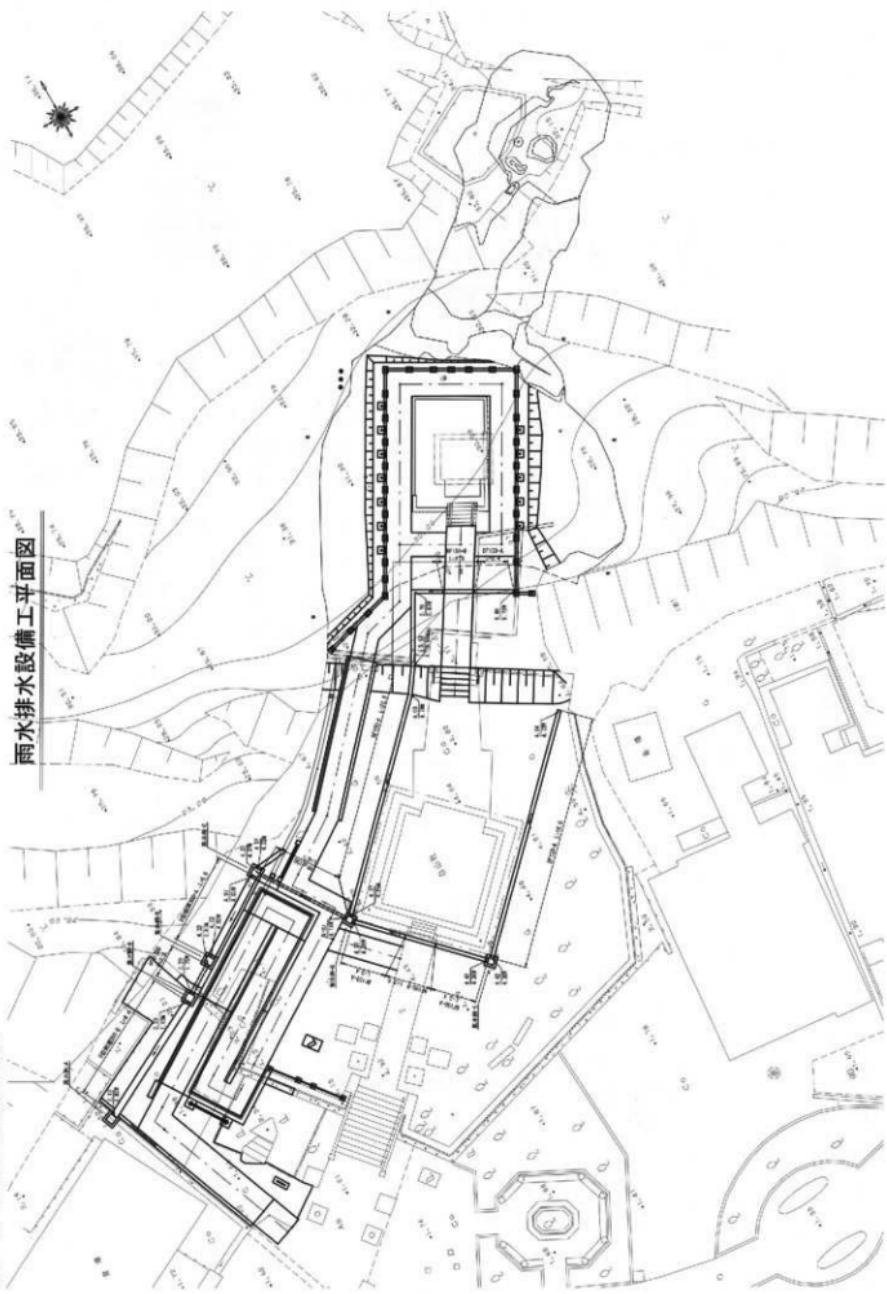


図 8-6 総合案内板(大)

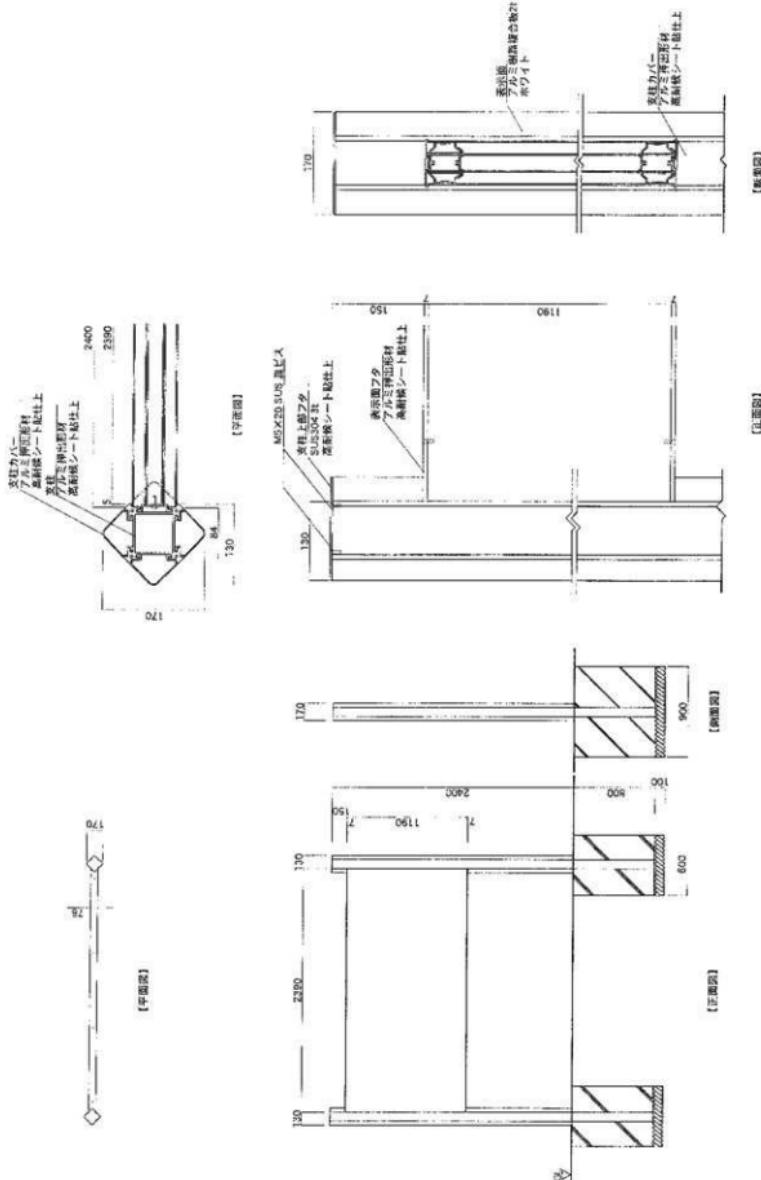
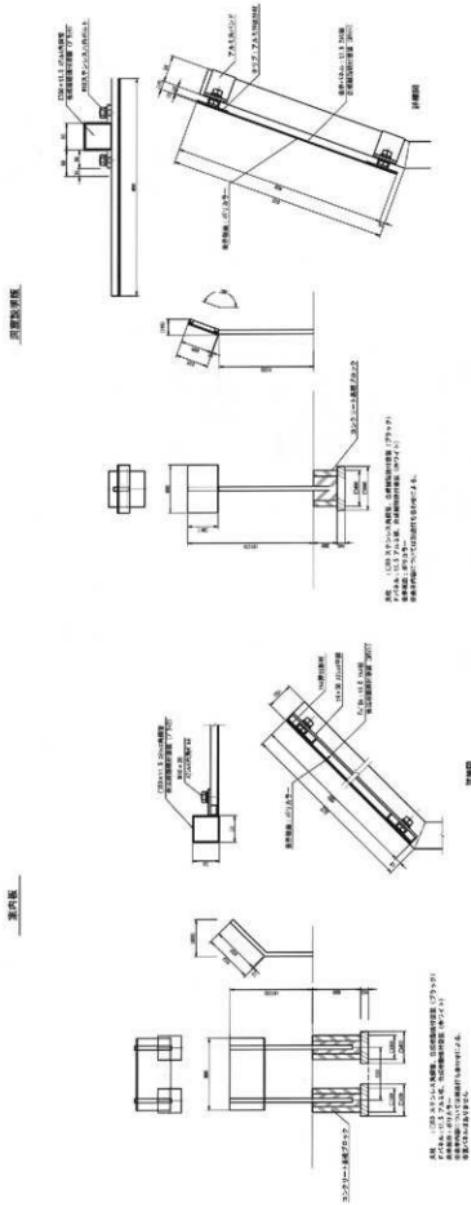


図 8-7 説明版・総合案内板 (J1)

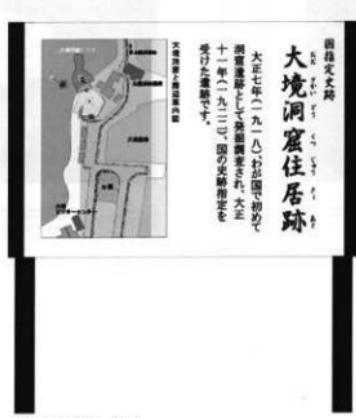
サービス施設設備工構造図(1)



総合案内板

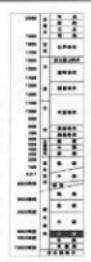


総合案内板（大）

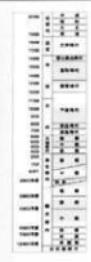


総合案内板（小）

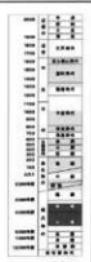
洞窟内説明版



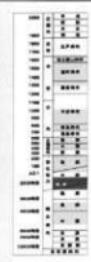
1 洞窟の誕生



2 地層の重なり



3 第6層



4 第5層



5 第4層



6 第3層



7 第2層



8 第1層



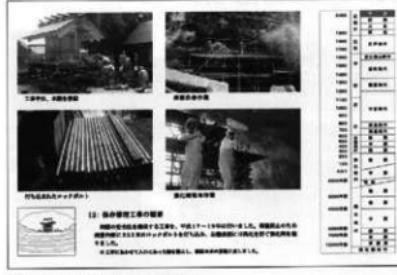
9 発掘調査の様子



10 調査の成果



11 史跡の指定



12 保存修理工事の概要



写8-1 大境洞窟住居跡全景



写8-2 園路入り口付近と総合案内板



写8-3 総合案内板（小）



写8-4 総合案内板（大）



写8-5 園路スロープ部分と転落防止柵



写8-6 洞窟内の立ち入り禁止柵と真砂土による景観舗装



写8-7 洞窟内部の説明板と立ち入り禁止柵



写8-8 説明板と園路



写8-9 洞窟内の園路と説明板

**国指定史跡 大境洞窟住居跡
保全整備事業報告書**

平成20年3月18日印刷
平成20年3月21日発行

編集・発行 水見市教育委員会
〒935-0016
富山県水見市本町4番9号
TEL 0766-74-8215
印 刷 株式会社トーザワ