

# 文化財学的研究におけるボーリング調査の役割

— 磨崖仏の調査・保存を例として —

山路 康 弘

## 1. はじめに

大分県の歴史や文化を語る上での特徴の一つとして「石の文化」があげられる。日本は「木の文化」とうたわれるが、実は大分県内には数多くの石造文化財が点在しており、どちらかというところ「石の文化」と表現するほうがふさわしいと考える。その石の文化の中心は国宝及び特別史跡の二重指定<sup>(1)</sup>を受けている「臼杵磨崖仏」を筆頭とする磨崖仏である。日本における磨崖仏の分布は東北から九州に至るまで、ほぼ全国的な広がりを見せているが、中でも大分県は日本を代表する密集地域で国東半島、大分平野、大野川流域を中心に県内で85箇所前後も散在している。

このような磨崖仏がどのような場所に造立され、どのような岩質に刻まれているかなど、磨崖仏が造立されている立地条件を地質学の分野から明らかにするため、これまでボーリングによる地質調査が実施されてきた。しかし、このようなボーリング調査は磨崖仏の保存修理工事に伴う事前調査として実施されており、地質構成の確認及び樹脂を用いた保存修理のための補助的データとして扱われてきた。そのためボーリング調査から得られたデータが十分活かされてきたとは言い難い。それは、考古学、歴史学、美術史学の分野でボーリング調査が重要なデータを含んでいるにも関わらず、ほとんど活用されてこなかったからである。本来地質学的アプローチ、とりわけボーリング調査は岩質そのものを研究の対象としているが、実は磨崖仏の研究と保護を考える上で非常に重要な意義を持っているのである。なぜならば、ボーリング調査から得られたデータはそれ自身、磨崖仏の物理的保存対策だけに役立つだけでなく、歴史学的には磨崖仏の造立背景を探る足掛かりとなり、さらに保存科学的では保存修理の際に問題となる「水」について必要不可欠なデータを与えてくれる。また当該磨崖仏の造立当初における彫刻面の状況を美術史的視点から復元的に研究する際にも貴重なデータとなり得る。

本論文では文化財学的研究における「ボーリング調査」を研究手段のひとつとしてとらえ、考古学、歴史学、美術史学及び保存科学の各研究分野における応用例や成果を示し、ボーリング調査の重要性を説いていく<sup>(2)</sup>。

## 2. 磨崖仏周辺の地質

### 2.1 地質状況

大分県は「豊の国」と呼ばれるが、これは地形、地質、気候、温泉、動植物など自然が豊かな地

域であることが所以である。とくに大分県の地質は複雑になっており、ここでは県内を「県北部地域」・「県中部地域」・「県南部地域」の3分類し、地質状況の説明を行う<sup>(3)</sup>。

まず県北部地域の地質状況は、基盤岩が古生代の変成岩と花崗岩である。この上部を火山岩類と火山砕屑物（噴火物）を主とする地層が覆っている。すなわち、県北部地域の地質は概して安山岩や溶結凝灰岩及び凝灰角礫岩と称される火山岩及び火砕性堆積岩が広く分布する地域と言える。この他にも変成岩類<sup>(4)</sup>も分布しており、非常に複雑なものとなっている。

次に県中部地域の地質状況は、基盤岩が大分市及びその近郊では大分層群及び碩南層群などの堆積岩が広く分布し、竹田・大野地方では大野川層群と称される堆積岩の上部を阿蘇・九重の火山砕屑物（噴火物）が広く覆う形態をなしている。また、大分市北東部の佐賀関地方では三波川帯結晶片岩類が広く分布しており、緑色片岩や蛇紋岩などの変成岩類が分布する。

最後に県南部地域の地質状況は、佐賀関南部から宮崎県境にいたる基盤岩は西南外帯特有の帯状配列で、秩父帯や四万十帯などの古い地層が分布している。またこれらの他に祖母・阿蘇系の火山砕屑物（噴火物）が表面を覆う形態をなしている。

このような複雑な地質構成は磨崖仏造立に対して、非常に大きな影響を与えているのである。その影響を「県北部地域」と「県中部及び南部地域」に分け、表-1に地域別磨崖仏の特徴として示した。地域別の大きな特徴としては石材及び彫方の相違が挙げられる。

県北部地域の磨崖仏はほとんど安山岩及び安山岩礫を含む凝灰角礫岩に刻まれているため、彫方が薄肉彫や半肉彫（中肉彫）・浮彫が多いのが特徴である。また、この地域の磨崖仏は表-1内の熊野磨崖仏に代表されるよう

に安山岩礫を含む凝灰角礫岩に刻まれているケースが多いため、溶結凝灰岩に刻まれた磨崖仏と比べると表面の滑らかさに欠ける。一方、大分川や大野川流域の県中部及び南部地域の磨崖仏は阿蘇火砕流堆積物（一般的には「溶結凝灰岩」と呼ばれる）に刻まれているため、彫方は厚肉彫（高肉彫）・丸彫がほとんどである。この地域の磨崖仏は表-1内の臼杵磨崖仏に代表されるように木彫像を彷彿させるほど緻密でシャープな表現が

表-1 地域別磨崖仏の特徴一覧表

地域	・県北部地域	・県中部及び南部地域
石材	・安山岩・凝灰角礫岩	・溶結凝灰岩
彫方	・半（中）肉彫 ・浮彫・薄肉彫	・厚（高）肉彫・丸彫
磨崖仏	 熊野磨崖仏（大分県豊後高田市）	 臼杵磨崖仏（大分県臼杵市）

施されていることが特徴である。

このように複雑な地質構成は各地域における磨崖仏の石材や彫方に大きな影響を与えていることがわかる。しかし、地質構成の違いにより石材や彫方が異なるものの、大分県内の磨崖仏のほとんどが凝灰角礫岩や溶結凝灰岩などのいわゆる軟岩に刻まれているため、加工しやすいという共通点を持っている。だが、その一方で磨崖仏は軟岩に刻まれているため耐久性に乏しく、劣化しやすいという負の共通点も持ち合わせている。このような性質を反映して磨崖仏は時代の経過と共に劣化が進行し、現在では著しい劣化が認められることが多くなった(写真-1)。磨崖仏が刻まれた岩質が軟岩であるということが磨崖仏の劣化の大きな要因の一つであると言える。

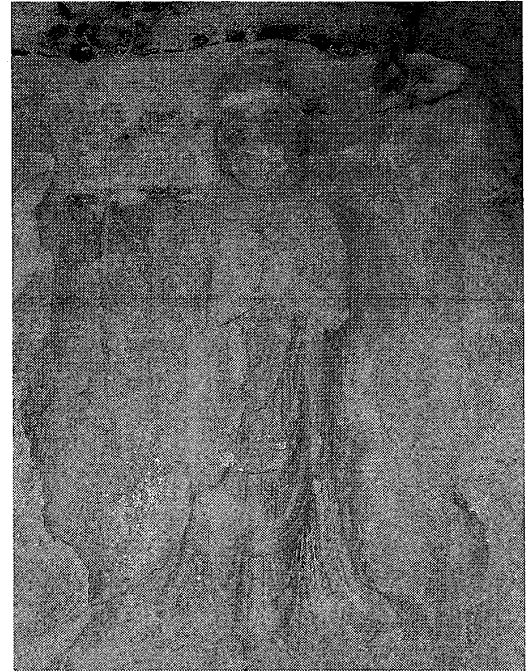


写真-1 岩屋寺石仏(大分県大分市)

## 2.2 ボーリング調査における成果

保存修理工事の事前調査としてボーリング調査が実施された磨崖仏は、<a>白杵磨崖仏、<b>白杵磨崖仏(大日石仏)(以上白杵市)、<c>大分元町石仏(大分市)、<d>楢本石仏(宇佐市)、<e>瑞巖寺磨崖仏(九重町)、<f>緒方宮迫西石仏、<g>緒方宮迫東石仏、<h>犬飼石仏(以上豊後大野市)の計8箇所である(図-1)。

上記8箇所のボーリング調査から得られた岩石資料(ボーリングコア)を用い、一軸圧縮強度試験(写真-2、図-2)及びボーリングコアの観察結果が報告されている(5)~(8)。ボーリング調査結果によると、どの磨崖仏も溶結凝灰岩に造立されており、この溶結凝灰岩は溶結度により「強溶結部~中溶結部~弱溶結部」に分類される。これら溶結凝灰岩の中でも白杵磨崖仏、白杵磨崖仏(大日石仏)、大分元町石仏、緒方宮迫東石仏、緒方宮迫西石仏、犬飼石仏は阿蘇火砕流堆積物、瑞巖寺磨崖仏は九重火砕流堆積物、楢元磨崖仏は耶馬溪火砕流堆積物に大別さ

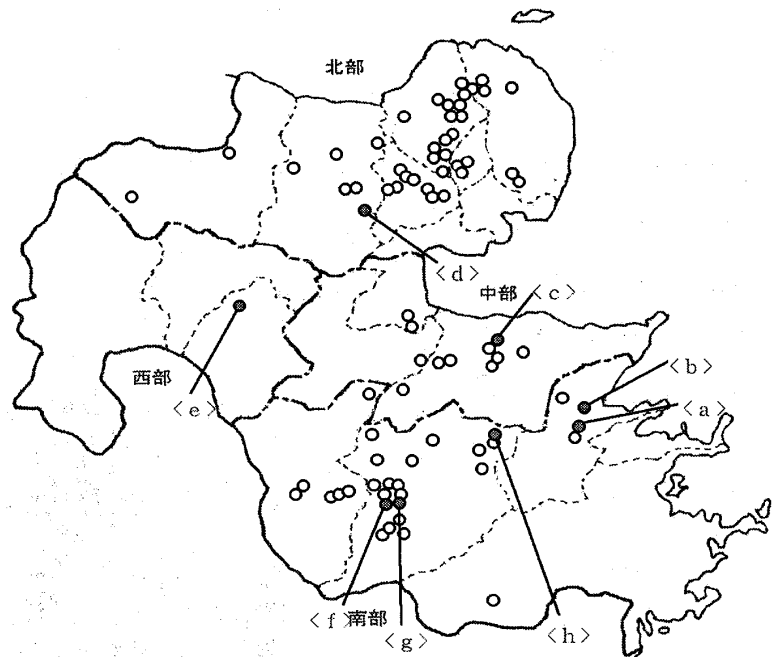


図-1 ボーリング調査を実施した磨崖仏の所在地

れる。また、各種結果から臼杵磨崖仏は溶結凝灰岩の弱～中溶結部、緒方宮迫東石仏・緒方宮迫西石仏では東石仏が弱溶結部、西石仏が中溶結部に造立されていることが明らかとなり、他の磨崖仏も上記磨崖仏同様、ほとんどが弱～中溶結部に造立されていた<sup>(9)</sup>。

さらに図-2の一軸圧縮強度試験結果は各磨崖仏をボーリングコアによる圧縮強度から溶結度を示している<sup>(10)</sup>。中でも臼杵磨崖仏(大日石仏)は圧縮強度が1,000kN/m<sup>2</sup>と一番低く、次いで1,520kN/m<sup>2</sup>の犬飼石仏、2,340kN/m<sup>2</sup>の瑞巖寺磨崖仏と続く。また、谷を挟んで100mほど離れた位置に造立されている緒方宮迫東石仏・緒方宮迫西石仏では、緒方宮迫東石仏の圧縮強度が2,640kN/m<sup>2</sup>に対して、緒方宮迫西石仏は4,280kN/m<sup>2</sup>と圧縮強度が約1.6倍も高いことが示された。この圧縮強度試験により示されたデータ同様、両磨崖仏は現在の保存状態に微妙な差が出ている。このように圧縮強度試験結果から臼杵磨崖仏(大日石仏)、犬飼石仏、瑞巖寺磨崖仏、緒方宮迫東石仏は弱溶結部、緒方宮迫西石仏は中溶結部に刻まれていることが確認できる<sup>(11), (12)</sup>。

磨崖仏が造立されている層がAso-4などの溶結凝灰岩のほとんど弱溶結部(一部、中溶結部)からなり、この弱溶結部は他の溶結部と比べ、非常に脆弱で劣化しやすい岩質である。現在でも写真-3のように蘚苔類や地衣

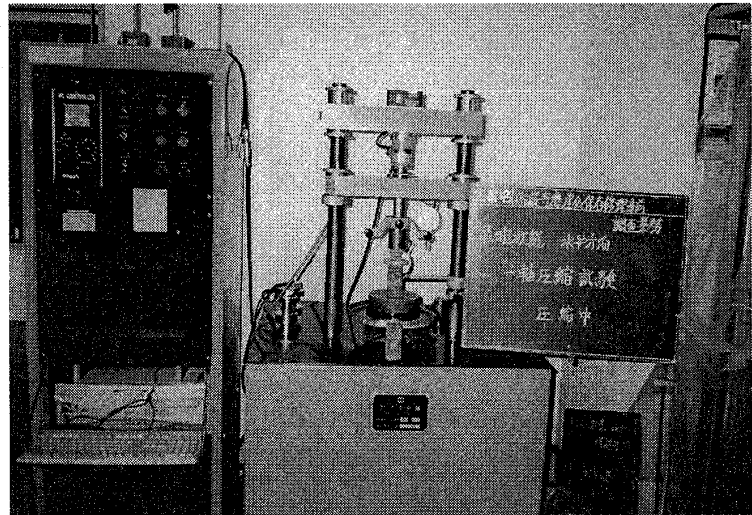


写真-2 一軸圧縮試験状況

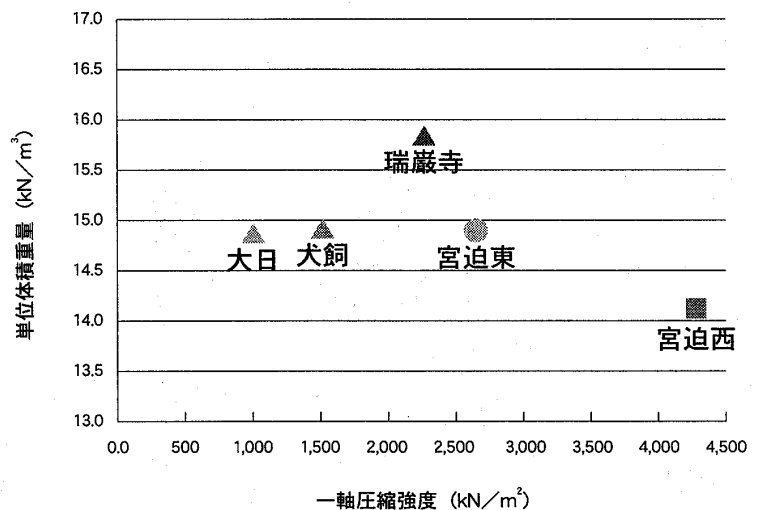


図-2 磨崖仏付近の岩石の一軸圧縮強度試験結果



写真-3 生物的風化作用により劣化した磨崖仏

類などの着生植物が繁茂し、冬期には凍結破壊や塩類風化により弱溶結部の彫刻部分や岩壁などは脆弱化し続けている。ではなぜこのようなことが起こるのであろうか。それは Aso - 4 の下層に Aso 3 - 4 層間火砕物が分布しており、この層が難透水層となって上層の溶結凝灰岩から浸透した水がこの難透水層の上を流れ、再び溶結凝灰岩内部にフィードバックされ磨崖仏表面に湧出されるからである。この湧出された水が起因し、物理劣化や生物劣化などを引き起こすのである。そのため、この難透水層及び水の位置が磨崖仏の彫刻面に近いほど磨崖仏は脆弱化する傾向が強い。このことから、難透水層及び水と磨崖仏の位置関係が、その後の磨崖仏の保存状態に強い影響をもたらしていると言える。写真-4は白杵磨崖仏：ホキ石仏2群の湧水箇所（写真の○内）であるが、湧水周辺は着生植物が繁茂し、岩が脆弱していることがわかる。さらに写真-5は○内部における湧水の状況である。

これはボーリング調査により弱溶結部の下層に難透水層が存在していることが明らかとなったことで把握できた。このように磨崖仏の劣化の要因に岩質が深く関係していることをボーリング調査が導き出したのである。

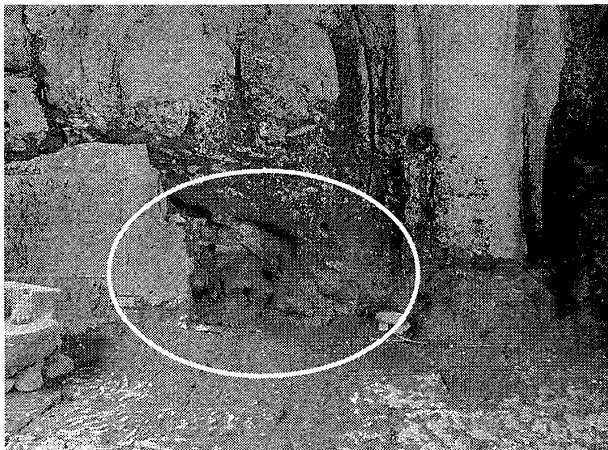


写真-4 白杵磨崖仏：ホキ石仏第2群の湧水状況

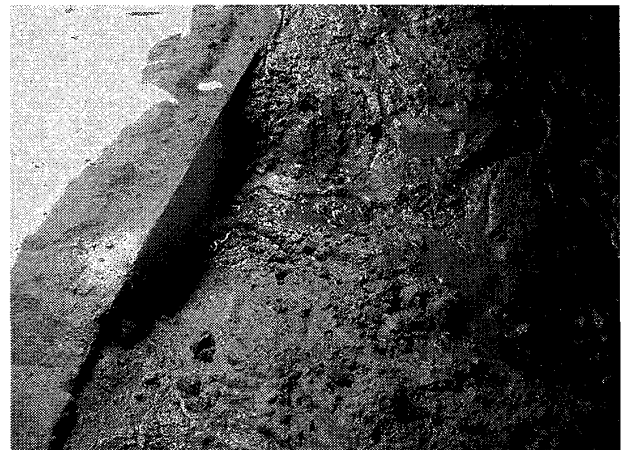


写真-5 写真-4の○内近接状況

### 3. ボーリング調査から各研究分野へのアプローチ

本章では、考古学、歴史学、美術史学及び保存科学の文化財学的各研究分野におけるボーリング調査の有用性について述べる。

#### 3.1 考古学へのアプローチ

ボーリング調査を「点」の調査手法と考えるならば、発掘調査は「面」での調査手法である。しかし、両調査手法における調査結果はほぼ同質の成果を示す。代表的な例としては白杵市教育委員会による白杵磨崖仏周辺での一連の発掘調査、中でも古園石仏群前庭部におけるボーリング調査<sup>(13)</sup>と発掘調査である<sup>(14)~(16)</sup>。この両調査成果における共通の成果を次に示す。

### 3.1.1 前庭部における盛土の堆積状況

古園石仏群前庭部におけるボーリング調査の盛土の記載は、「山側（磨崖仏側）では非常に薄く、谷側では2.0～4.0 m程度と厚い」と記されている。また、発掘調査によって前庭部の全貌が明らかとなり、図-3に示す前庭部の断面図を見ると、磨崖仏側では地山までの堆積土が浅く、反対側では深いことがわかる。このことから両者の調査結果は一致し、ボーリング調査結果の正確さを発掘調査により裏付ける結果となった。ちなみにボーリング調査で盛土とした堆積土は、発掘調査により上・中・下層の3層に分層されている。

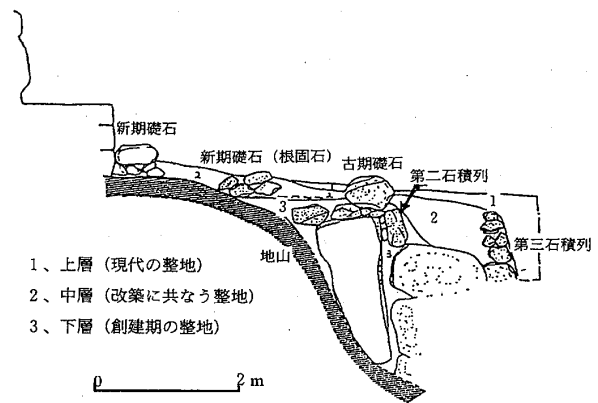


図-3 古園石仏群前庭部遺構及び層位関係断面図

### 3.1.2 盛土内における風化礫の混入

古園石仏群前庭部におけるボーリング調査の記載では溶結凝灰岩の風化礫を「転石」と記されている。発掘調査からこの風化礫は「転石」ではなく、図-3に示された石積や礎石（根固石）として人為的に用いられていた石であることが明らかとなった。ここで用いられた風化礫の出所であるが、これは図-4の整地想定図に示すように、現地で彫刻面を整形した際に切出された溶結凝灰岩と考えられる。この切出した溶結凝灰岩を前庭部の整地に転用し、その部分をボーリングしたためにボーリング調査では風化礫と判断したと考えられる。

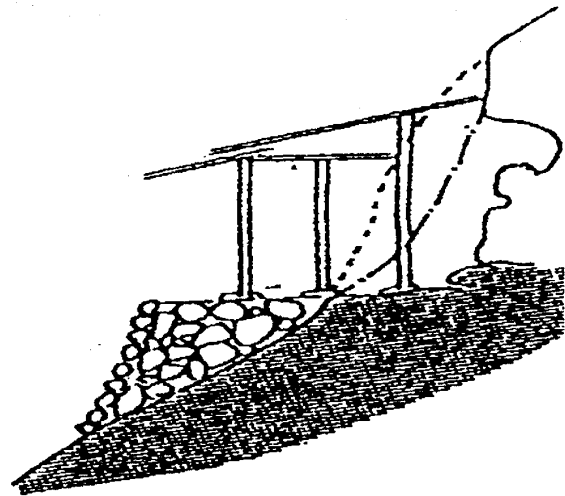


図-4 切出した凝灰岩による整地想定図

このように「面」の調査である発掘調査を行うことによって、「点」の調査であるボーリング調査結果を裏付けることができる。このことから効率よく発掘調査を行うためには、事前に遺跡の概要を明らかにするボーリング調査は必要不可欠と考えられる。

### 3.2 歴史学へのアプローチ

ボーリング調査から歴史学へ提起できる問題も少なくない。その一つが「水」の問題である。例えば緒方宮迫東石仏・緒方宮迫西石仏では、図-5に示すとおり磨崖仏が造立されている Aso-4 の下層に Aso 3-4 層間火砕物の難透水層が存在することがボーリング調査により明らかとなった。この境界付近では地下水位が確認され、この地下水は Aso-4 に浸透した水が、難透水層となっ



写真-6 緒方宮迫西石仏における取水孔

ている Aso 3-4 層まで達し、境界面を流動しているものと考えられる。地元では、これら磨崖仏のやや標高の低い境界面付近に取水孔(写真-6)を掘って地下水を集水し、ここから生活用水が取水され、現在でもここで取水された水は生活用水として利用されている。この取水孔は明治期に掘削されたことが周辺の聞き取り調査から明らかとなったが、明治期以前もこの地域に人々が生活をしてきたことから、この水の利用は明治期よりはるか昔から行われてきたと考えられる。よって、実用的な面からも水は人々にとって不可欠なものであり、この水の不断の湧出が磨崖仏をこの場所に造立させた背景の一つと考えられる。

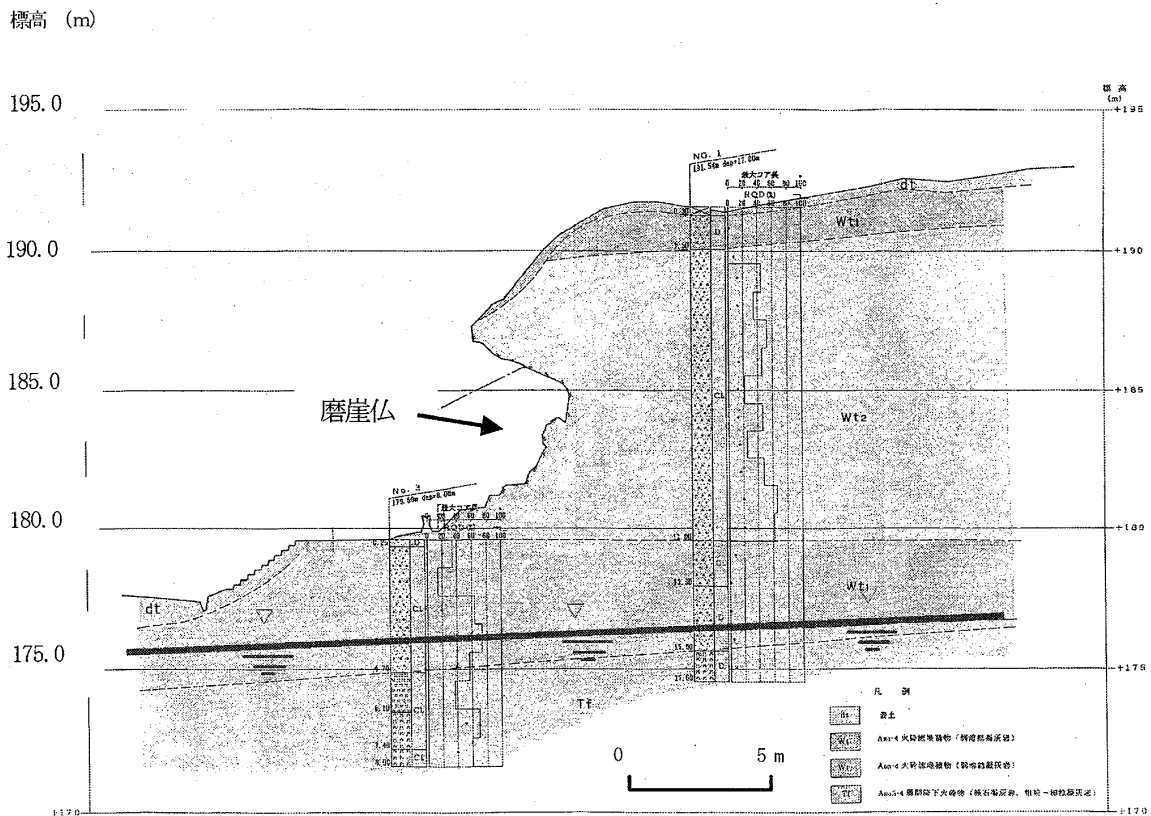


図-5 緒方宮迫東石仏における難透水層と地下水の位置  
(-は地下水水位)

地域に生きる人々に欠かせない「水資源の利用と保全」との共生の歴史を研究する上で、ボーリングにより得られた「水」の問題は、磨崖仏本体の問題だけに留まらず、地域の歴史そのものに係る大きな研究課題となり得る。

### 3.3 美術史学へのアプローチ

磨崖仏の劣化には岩質や水利学的な地質環境が関係している。さらに「磨崖仏の彫刻面」と「ボーリングコアによる新鮮な岩石」との比較検討によって、我々が目にしている磨崖仏の彫刻面は劣化した現在の姿であり、造立当時の姿をとらえるためにはボーリングコアや露頭を削り出すなどして新鮮な状態の岩を観察する必要性が明らかとなった。

#### 3.3.1 臼杵磨崖仏の例

写真-7の臼杵磨崖仏の古園石仏群では、各仏像の下半部以下の劣化が激しく、本来この部分にしっかりした彫像があったかさえ現在では判断が付かない。またボーリング調査結果から、この部分は上位を被覆する溶結凝灰岩との間に風化礫を含む粘土質の凝灰岩層が挟まれており、この凝灰岩が難透水層の役割を果たしていることが明らかとなった。このため、古園石仏群やホキ石仏第2群（写真-8）では、図-6の地質断面図に示すとおり境界付近から湧水があり、その影響で溶結凝灰岩最下部の弱溶結部の劣化が進み、この部分に刻まれていた磨崖仏は崩壊し、欠落したと考えられる。しかし、ボーリングコア（写真-9, 10）を観察すると、この部分は他と比べると脆弱な岩質ではあるものの、造立当時は上半部と同様な溶結度であり、判別の付かない程度の彫刻面であったと推測される。従って、造立当時は全体にわたって優美な彫刻が施されていたものと考えられる。

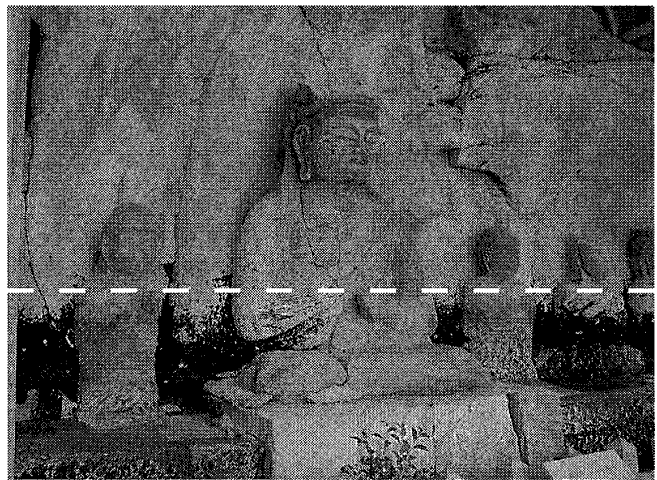


写真-7 臼杵磨崖仏：古園石仏群  
（-付近より下部が弱溶結部にあたる）

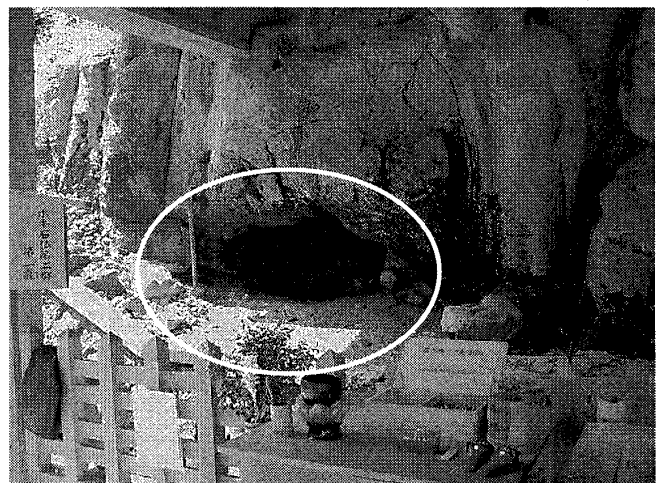


写真-8 ホキ石仏第2群における湧水箇所（○）



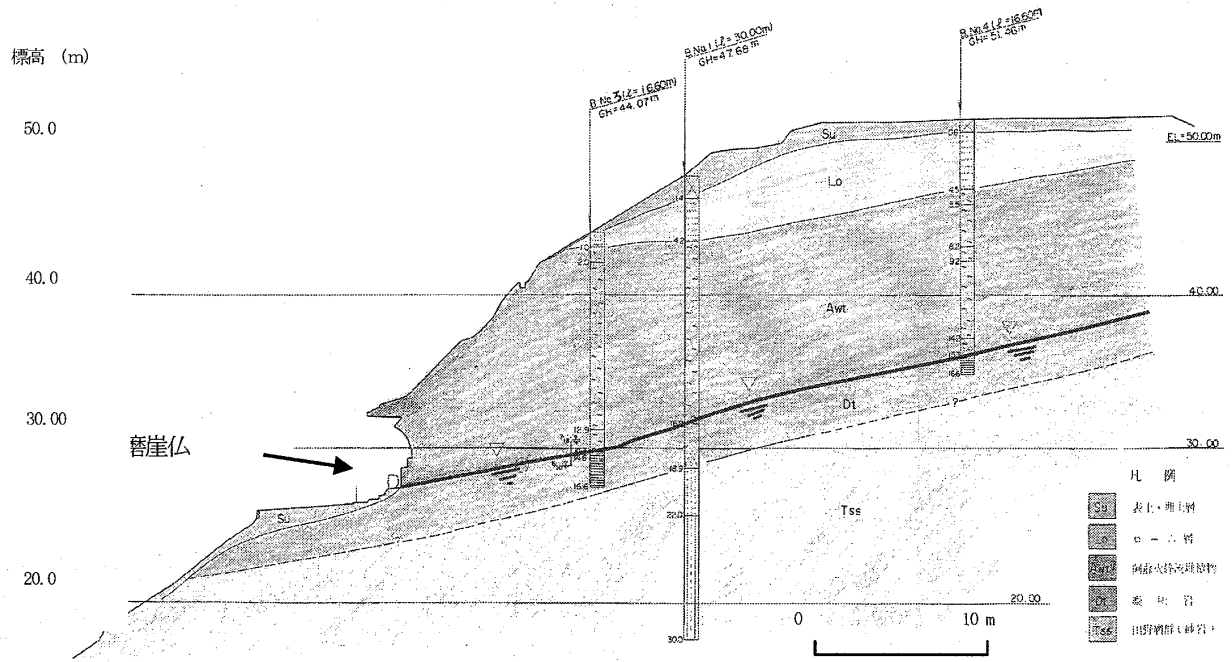


図-6 臼杵磨崖仏(古園石仏):地質断面図(←は地下水位面)



写真-9 古園石仏ボーリングコア (No.3)  
(←は脆弱部分に相当)

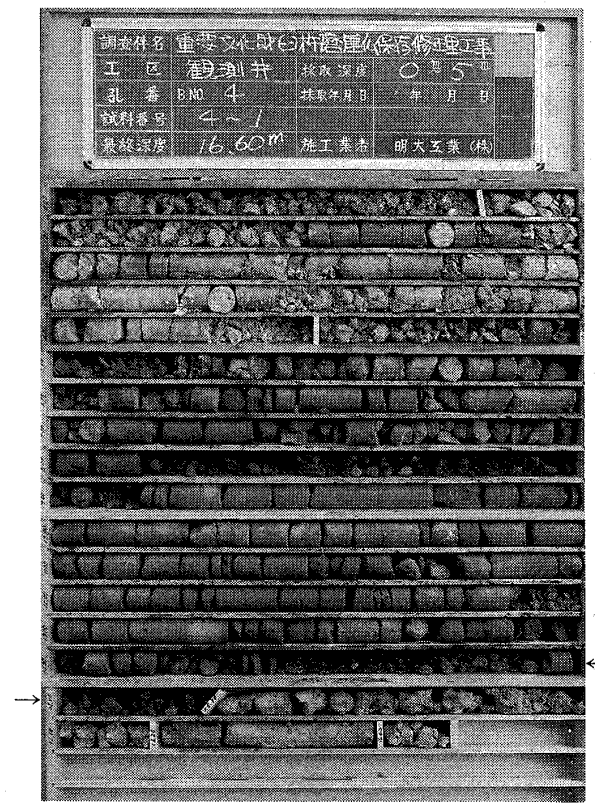


写真-10 古園石仏ボーリングコア (No.4)  
(←は脆弱部分に相当)

### 3.3.2 緒方宮迫石仏の例

緒方宮迫東石仏・緒方宮迫西石仏では、「2.2 ボーリング調査における成果」で述べたように溶結度の違いにより、弱溶結部の宮迫東石仏と中溶結部の宮迫西石仏とでは、保存状態に若干の差が認められる。この保存状態の差というのは、弱溶結部の宮迫東石仏では写真-11に示すような表面がポーラス状を呈している箇所<sup>(17)</sup>が非常に多く認められるのに対して、中溶結部の宮迫西石仏ではこのような劣化がほとんど認められない点である。これは圧縮強度試験で示された値からもわかるように宮迫西石仏の方が宮迫東石仏より約1.6倍も岩の強度が高いことが影響している。また、彫刻面から難透水層上面で移動する水（地下水）の位置が宮迫東石仏の方が近いことも原因の一つと考えられる。

しかし、写真-11の持国天立像が脆弱化しているとは言え、ボーリング調査により得られたボーリングコア（写真-12）の観察を行うと、持国天立像付近のボーリングコアは溶結度が低い

ものの水分を保有し安定した岩質であった<sup>(18)</sup>。このことから造立当初はボーリングコアが示すように十分な水分を保有し、安定していた表面であったことを窺い知ることができる。よって、上記結果から造立者には両磨崖仏の溶結度の違いは認識できていなかったと考えられる。なぜならば造立当初は十分な水分の保有があり、外見上の差異についての識別は困難だったと思われるからである。そのため両磨崖仏が辿るその後の姿を造立者たちは想像できなかったのではないだろうか。すなわち、これら2箇所の磨崖仏について、保存状態に差異がもたらされたのは、「溶結度の違い」と「溶結凝灰岩と難透水層の境界付近を移動する水（地下水）」であることが示されたのである。

磨崖仏の造立当時の姿を確認するためには、同一深度付近及び難透水層までのボーリング調査が必要不可欠であることを裏付けた。このことからボーリング調査は造立当初の磨崖仏彫刻面を美術史的視点から復元的に研究するための足掛かりとなり得る。



写真-11 緒方宮迫東石仏 持国天立像  
(塩類風化により表面がポーラス状になっている)

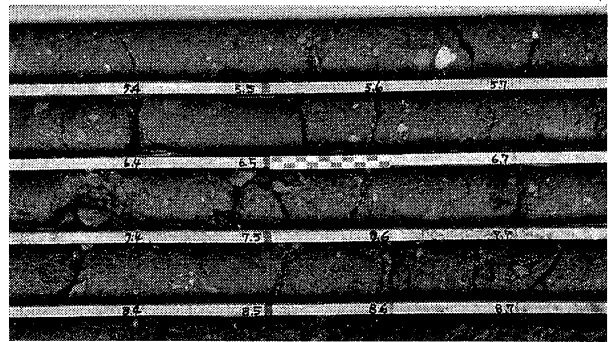


写真-12 持国天立像付近のコア状況

### 3.4 保存科学へのアプローチ

磨崖仏の保存において「水」は非常に重要な問題である。水の動きを知ることは排水対策を考える上で重要となり、岩石の含水率は修理の際の施工方法や岩体を強化するために用いる樹脂の効果に大きな影響を与える。ここでは写真-13に示す緒方宮迫東石仏において1997年度から実施している事前調査<sup>(19)</sup>(写真-14)から2002年度の地下水位観測結果及び岩石の含水率観測結果<sup>(20)</sup>(図-7)を例にとって「水」の問題を考察する<sup>(21)~(23)</sup>。



写真-13 緒方宮迫東石仏 (大分県豊後大野市)

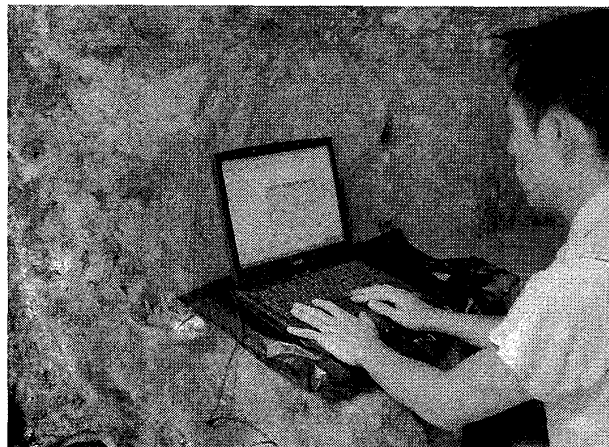


写真-14 データ収集状況

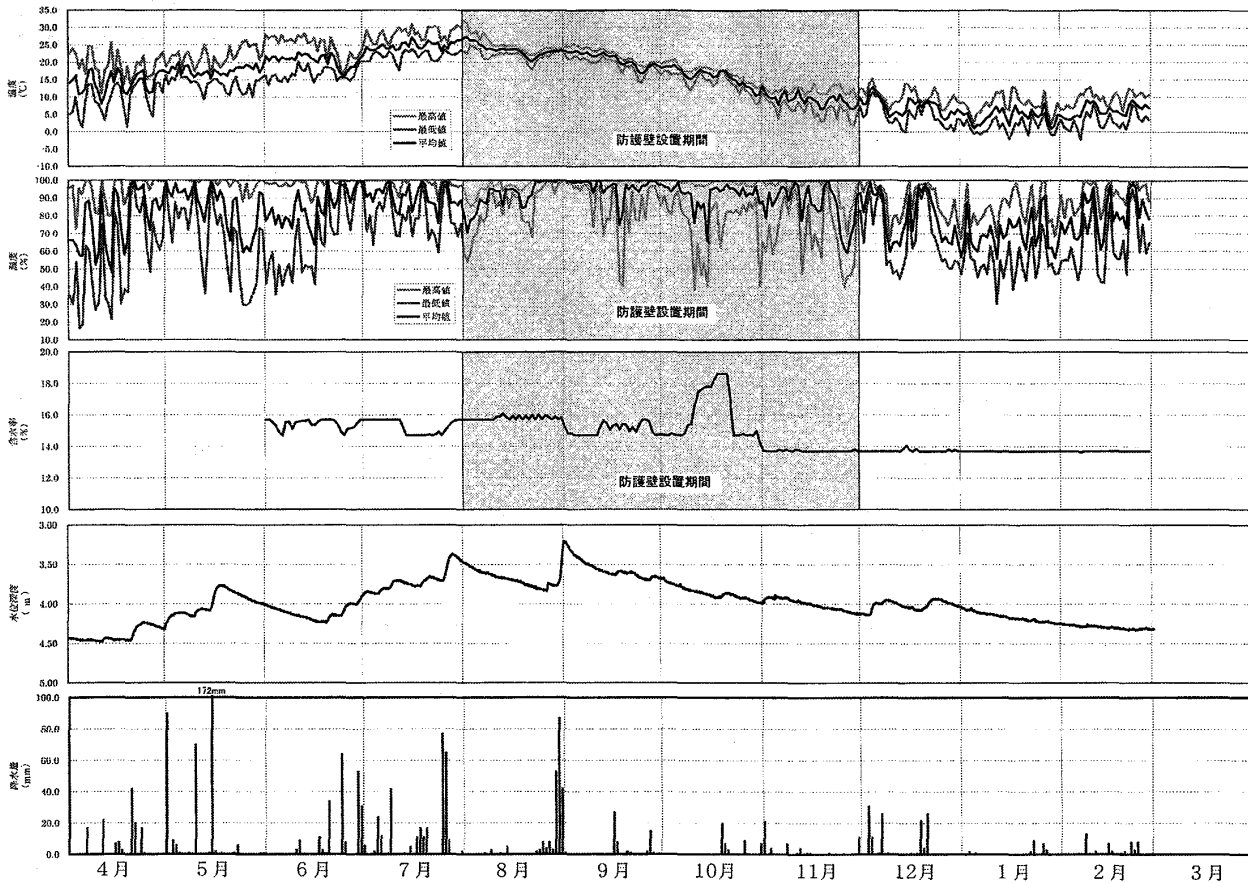


図-7 2002年度緒方宮迫東石仏観測結果総括図 (上段より 温度, 湿度, 含水率, 地下水位, 降水量)

### 3.4.1 地下水位観測結果

4月下旬～5月中旬にかけて計433.0mmの降雨があり、その期間に地下水位が0.69m（最低水位：4.46m→最高水位：3.77m）上昇し、その後徐々に下降する。6月中旬～7月にかけては計507.0mmの降雨に対して0.86m（最低水位：4.23m→最高水位：3.37m）、8月下旬に計210.0mmの降雨に対して0.63m（最低水位：3.84m→最高水位：3.21m）の上昇をみせた。その後、渇水期に入ると徐々に水位の下降が認められ、12月上旬には計70.0mmの降雨により0.19m（最低水位：4.14m→最高水位：3.95m）の地下水位の上昇が認められるが、その後は再び下降する。さらに変動幅をみると、例えば5月14～16日の計175.0mmの降水量に対して0.31m（最低水位：4.09m→最高水位：3.78m）、7月25～27日の計151.0mmの降水量に対して0.34m（最低水位：3.71m→最高水位：3.37m）の上昇を記録している。逆に、9月29日～10月18日の20日間降雨がない期間は0.27m（最高水位：3.65m→最低水位：3.92m）、12月22日～1月2日の12日間降雨がない期間は0.15m（最高水位：3.93m→最低水位：4.08m）、1月6～21日の16日間降雨がない期間は0.10m（最高水位：4.11m→最低水位：4.21m）の下降を記録した。また、観測期間中において日変動幅が「0.10cm以上」を記録した回数は5回である（8月31日は0.38mの上昇を記録している）。

2002年度観測期間中の最大変動幅は8月23日～9月1日の10日間で計211.0mmの降雨を記録した期間で、この時0.63m（最低水位：3.84m→最高水位：3.21m）の地下水位の上昇を記録している。また、日最高水位は9月1日に3.21m、日最低水位は4月10～11日にかけて記録した4.48mであった。

上記観測結果及び表-2の観測結果一覧表から地下水位は降雨の状況にもよるが、梅雨に入るまでは緩やかに上昇し、梅雨時期になると地下水位は急激に上昇、9月上旬にピークを迎え、再び渇水期には下降する傾向にあることがわかる。さらに全体的に変動幅は小さいものの、少量の降雨に対して数cmの上昇が認められることから、降雨に対して敏感に反応していることが明らかとなった。すなわち、宮迫東石仏の地下水位は「豊水期には地下水位の変動が顕著で、渇水期には変動幅が小さい」という傾向となる。

表-2 2002年度緒方宮迫東石仏地下水位観測結果一覧表

観測 (年/月/旬日)		地下水位 (m)			降水量 (mm)	
		最高	最低	変動幅		
2002年	4月	上旬	4.43	4.48	0.05	137.0
		中旬	4.43	4.48	0.05	
		下旬	4.23	4.43	0.20	
	5月	上旬	4.10	4.32	0.22	362.0
		中旬	3.77	4.10	0.33	
		下旬	3.82	4.01	0.19	
	6月	上旬	4.00	4.15	0.15	217.0
		中旬	4.14	4.24	0.10	
		下旬	3.89	4.15	0.26	
	7月	上旬	3.71	3.89	0.18	302.0
		中旬	3.67	3.78	0.11	
		下旬	3.37	3.71	0.34	
8月	上旬	3.47	3.66	0.19	220.0	
	中旬	3.66	3.77	0.11		
	下旬	3.22	3.84	0.62		
9月	上旬	3.21	3.56	0.35	57.0	
	中旬	3.56	3.64	0.08		
	下旬	3.59	3.70	0.11		
10月	上旬	3.67	3.84	0.17	46.0	
	中旬	3.83	3.92	0.09		
	下旬	3.86	3.99	0.13		
11月	上旬	3.89	3.97	0.08	51.0	
	中旬	3.95	4.05	0.10		
	下旬	4.05	4.13	0.08		
12月	上旬	3.95	4.14	0.19	124.0	
	中旬	3.98	4.08	0.10		
	下旬	3.93	4.05	0.12		
2003年	1月	上旬	4.05	4.14	0.09	24.0
		中旬	4.14	4.20	0.06	
		下旬	4.19	4.25	0.06	
	2月	上旬	4.25	4.29	0.04	46.0
		中旬	4.28	4.32	0.04	
		下旬	4.30	4.33	0.03	
	3月	上旬	4.20	4.32	0.12	134.0
		中旬	4.11	4.25	0.14	
		下旬	4.07	4.17	0.10	

### 3.4.2 含水率観測結果

6月～8月上旬にかけて含水率は14.7～15.7%を推移し、8月中旬～下旬は若干上昇し15.7～16.6%で推移している。しかし、9月上旬～10月上旬にかけて再び含水率は14.7～15.7%で推移しはじめたが、10月中旬～下旬には13.7～18.6%と変動幅が大きくなり、10月14～22日には観測史上最高である18.6%を記録した<sup>(24)</sup>。11月に入ると変動幅は13.7～14.7%と安定しており、ほとんど13.7%を記録することが多く、1月からは13.7%を常に維持している<sup>(25)</sup>。

2002年度観測期間中の宮迫東石仏における含水率は10月中旬～下旬を除けば全体的な変動幅は極めて小さく、最大変動幅も3.0%程度（最高含水率：15.7%、最低含水率：12.7%）であり、平均に至っては変動幅が0.1～0.2%前後と極わずかである。

上記観測結果及び表-3の観測結果一覧表から含水率については非常に変動幅が小さく、日変動幅は1.0%前後、日平均含水率に至っては変動幅が0.1～0.2%程度であり、観測期間中の含水率は最大でも17.0%を超えることはなく、平均して13.7～15.5%内で変動していることがわかる。このことから通常宮迫東石仏における含水率は豊水期において15.5%前後、渇水期では13.7%前後であり、概ね宮迫東石仏の含水率は「13.7～15.5%±1.0%」と考えられる。

表-3 2002年度緒方宮迫東石仏含水率観測結果一覧表

観測（年／月）	含水率（%）			降水量（mm）
	最高	最低	平均	
2002年4月	—	—	—	137.0
2002年5月	—	—	—	362.0
2002年6月	15.7	14.7	15.4	217.0
2002年7月	15.7	14.7	15.5	302.0
2002年8月	16.6	15.7	15.8	220.0
2002年9月	15.7	14.7	15.1	57.0
2002年10月	(18.6)	13.7	(16.0)	46.0
2002年11月	14.7	13.7	13.7	51.0
2002年12月	14.7	13.7	13.7	124.0
2003年1月	13.7	12.7	13.7	24.0
2003年2月	13.7	12.7	13.7	46.0
2003年3月	—	—	—	134.0

この地下水位と含水率の両者における共通点は「水」である。宮迫東石仏における地下水位の変動は降雨が直接影響するのに対して、含水率の変動は湿度の上昇に伴って発生する結露という二次的要因における水が影響している。このことから、両者の水の問題は一括りにできないことが明らかとなった。なぜなら、地下水位から見る「水」は難透水層上面で移動する水（地下水）であり、

この水は排水対策を考える上で非常に重要なキーワードとなり、含水率から見る「水」は岩内部が保水している水、すなわち彫刻面から浸透してくる水であり、この水が樹脂を用いた保存修理に大きな影響を及ぼすことを理解しておかなければならないからである。

ボーリング調査は磨崖仏の保存修理の際に問題となる「水」を地下と表面（彫刻面）の二方向から常に意識させてくれ、どのような対策を講じればよいのか事前に考えさせるデータを提供してくれるのである。

#### 4. まとめ

本論文では磨崖仏を文化財学的に研究する上で、考古学、歴史学、美術史学及び保存科学の各研究分野におけるボーリング調査の役割や成果を述べた。今回のように磨崖仏の保存修理における事前調査の一環である「ボーリング調査」から磨崖仏をアプローチするという一貫した問題意識に立つことにより、文化財学的研究におけるボーリング調査の役割について理解を深めることができたと思われる。とくに磨崖仏は露出した自然の岩石（溶結凝灰岩や安山岩など）そのものを素材としており、周辺環境に支配されているため環境の変化を直接受けてしまう。そして、現在のような劣悪な環境が続けば磨崖仏の寿命は縮み、最終的には消失する恐れも否定できない。この状況を回避するためには事前調査による地質調査や周辺環境の把握が必要となる。そのため磨崖仏の調査と保護を考える上で、岩質そのものを研究対象としているボーリング調査は重要な意義を持っており、その必要性は非常に大きい。なぜならば大分県の磨崖仏は軟質である石材に刻まれているため、地質環境が磨崖仏の劣化に大きな影響を与えており、ボーリング調査結果を基に岩質の特性を踏まえながら保存科学の立場から磨崖仏を保護するための修理方法や材料などの開発が重要な課題となるからである。さらに、ボーリング調査では「水」の重要性を浮き彫りにした。水は岩質に次いで磨崖仏の劣化の大きな要因となり、磨崖仏を保護する上で地下水や含水率などの水の問題を考慮することは非常に重要であることをボーリング調査結果から改めて提起されることとなった。このことは「磨崖仏」と「水」との共生方法の確立に向けての研究が最も重要であることを意味している。よって今後は両者の共生を視野に入れた研究を行わなければ、磨崖仏の保護は成立しないと言っても過言ではない。

以上、ボーリング調査を文化財学的研究の一つの手法として取り入れることにより、以前のように保存修理工事に伴う事前調査の一環としての地質の確認だけで終わらせるのではなく、その成果を文化財関連諸分野へアプローチさせることで、他のデータとの相互活用へと発展していくことを示す形となった。今後、磨崖仏を学際的に研究する際、ボーリング調査の役割及び重要性がより評価されていくものと期待する。

## 【註】

- (1) 大分県内で臼杵磨崖仏のように国重要文化財と国史跡の二重指定を受けている磨崖仏は、菅尾石仏（豊後大野市）と熊野磨崖仏（豊後高田市）である。
- (2) 拙稿：『豊後磨崖仏の文化財学的研究－主としてボーリング調査からのアプローチ』 p.569  
2004年 別府大学学位論文
- (3) 大分県：『大分県の地質新版 20 万分の 1 大分県地質図説明書』 1972年 大分県
- (4) この地域で分布している変成岩類には、片麻岩及び結晶片岩、千枚岩、片状ホルンフェルスがある。
- (5) 臼杵市教育委員会／明大工業株式会社：『重要文化財臼杵磨崖仏保存修理工事』 1986年 臼杵市
- (6) 緒方町教育委員会／明大工業株式会社：『宮迫東西石仏保存修理基本調査委託業務』 1998年 緒方町
- (7) 九重町教育委員会／正栄建装株式会社：『平成 12 年度瑞巖寺磨崖仏保存修理事前調査』 2001年 九重町
- (8) 犬飼町教育委員会／明大工業株式会社：『史跡犬飼石仏地質調査』 2001年 犬飼町
- (9) ボーリング調査を実施した磨崖仏の中で楢元磨崖仏だけが強溶結部に造立されている。
- (10) 大分元町石仏では一軸圧縮強度試験を実施していない。
- (11) 楢元磨崖仏でも一軸圧縮試験を実施しており、圧縮強度は  $21,860\text{kN/m}^2$  と臼杵磨崖仏（大日石仏）の約 21.8 倍、緒方宮迫西石仏の約 5.0 倍と他の磨崖仏と比較にならないほど強度が高く、このことから楢元磨崖仏は強溶結部に刻まれていることが示された。
- (12) 一軸圧縮試験に用いたボーリングコアは、岩盤中に存在していたものであり、磨崖仏彫刻面の強度については今回の値より低くなる。
- (13) 臼杵市教育委員会／明大工業株式会社：『臼杵磨崖仏（古園石仏）覆屋設置に伴う地質調査委託業務』 1992年 臼杵市
- (14) 菊田徹：『臼杵石仏群地域遺跡発掘調査報告書』 1982年 臼杵市教育委員会
- (15) 菊田徹：「考古学から見た臼杵磨崖仏」『史学論叢第 25 号』 pp.46 - 56 1995年 別府大学史学研究会
- (16) 菊田徹：「考古学よりみた臼杵石仏」『臼杵石仏－よみがえった磨崖仏－』 pp.120 - 162 1995年 吉川弘文館
- (17) 写真－11 の表面は軽石が混入していた部分であるが、塩類風化によりさらにポーラス状となっている。
- (18) この付近のボーリングコアはハンマーの軽打で安易に割れる程度の溶結度で、5～20cm 程度の棒状～岩片状コアで採取されている。
- (19) 緒方宮迫東石仏・緒方宮迫西石仏では保存整備事業を計画するにあたり、磨崖仏とその周



辺の現状を把握するため、1997年度にボーリング調査、1998年度には温湿度測定、さらに1999年度には地下水位観測、湧水観察、地下水分析、析出物分析、着生植物調査を実施。また、2000年度は1999年度からの追跡調査に加え、含水率測定、樹脂耐候試験（洗浄試験、樹脂強化試験）、さらには2004年度には赤外線サーモグラフィによる劣化診断解析を実施した。これら観測及び観察は現在も継続中である。

- (20) 2002年8月から11月にかけて覆屋の改築工事に伴い防護壁を設置していたため、同時期の温度、湿度、含水率の観測データはそのことを考慮して読み取らなければならない。
- (21) 緒方町教育委員会／拙稿：『平成14年度国史跡緒方宮迫東西石仏保存修理調査業務委託報告書』2003年 緒方町
- (22) 拙稿：「国指定史跡緒方宮迫東石仏・緒方宮迫西石仏 ～過去から未来へ～」『ふるさと学講座・地域学～おおいたの文化再発見講座～「おおいたの文化財：大野の磨崖仏②』」2006年 大分県立生涯教育センター
- (23) 拙稿：「緒方宮迫東石仏・緒方宮迫西石仏の保存修理事業について―事前調査から保存処理まで―」『韓日共同研究報告書2006』pp.13 - 20 2006年 大韓民国文化財庁国立文化財研究所
- (24) この期間については計測機器のバッテリー不備及び結露による水がセンサーに触れたため、データに影響を及ぼした可能性が高い。
- (25) 但し、1月12日23:00、13日0:00、2月7日2:00、3:00の計4回、12.7%を記録している。