

《修士論文要旨》

# 「史跡高井田横穴における微生物学的調査と 微気候分析から導く保存環境の研究」

須 山 貴 史\*

## 1. 序 論

屋外の文化財が曝露される劣化要因は多岐に及ぶ。このため外的影響下での劣化リスク推定は困難な課題である。本研究では保存環境と微生物劣化の相互関係を明らかにし、立地環境が文化財周辺の温湿度変動や気流といった微気候に与える影響を検証する。

ここでは、線刻壁画を有する高井田横穴（国史跡、古墳時代後期）の第3支群5号横穴（3-5横穴）を調査地とし、微生物学的調査・温湿度調査・熱水分移動の検討を行った。また全体の目的として史跡の包括的な保存環境の提案を設定する。

史跡高井田横穴では2008年～2009年にかけて線刻壁画保存事業が行われた。この際に大阪教育大学が微生物調査を行っている。また奈良女子大学による微生物調査も報告されている。本研究ではこれら先行研究との比較も行った。

## 2. 高井田横穴の保存環境

高井田横穴は大阪府柏原市に位置し、総数164基のうち27基に線刻壁画が描かれている。3-5横穴の『ゴンドラに乗る人物像』はもっとも有名で柏原市のモニュメントとしても親しまれている。軟質の玉手山凝灰岩から成るため、地表に生える高木の樹根が大きな劣化要因となっている。保存事業による整備で状態は改善しているが、線刻壁画表面にコケやカビが発生しており、雨水や外気の影響も大きい。

## 3. 第3支群5号横穴での微生物調査

3-5横穴での微生物調査は先行研究があるが、環境変化により微生物の種類・性状が異なる可能性が高い。そこで2011年4月に横穴内12地点から微生物を採取、調査実験を行った。

まず横穴内の10地点からカビ26株を分離した。劣化リスクの高い壁面と線刻壁画に由来する11株で18SrRNA D1/D2領域の解析と形態観察を行い、*Trichoderma*属、*Cladosporium*属、*Penicillium*属など8属を同定した。

カビの耐乾性実験において、高浸透圧培地で全株で耐乾性を確認した。とくに*Cladosporium*属2  
平成23年度 \*文学研究科文化財史科学専攻

株は顕著であった。先行研究では好湿性カビが分離されていたが、本実験では分離されていない。

線刻壁画汚染の主因となるカビを特定するため、高井田近郊の玉手山凝灰岩と栃木県産大谷石を試料として無栄養で培養を行った。その結果、全株で玉手山凝灰岩ないし大谷石のいずれかでの生育が認められた。*Trichoderma*属、*Cladosporium*属は胞子生産能が高く、汚染リスクも高い。

横穴内部では*Trichiderma*属、*Clarosporium*属、*Penicillium*属が主要な属と考えられる。また*Oidi dendron*属は高松塚古墳でも報告されている。線刻壁画や剥落部分から多くのカビが分離され、史跡の保存対策上で検討を要する。

#### 4. 横穴内外の温湿度調査

本研究では2009年7月13日～2011年11月30日にわたり3-5横穴内外の温湿度を測定した。通年の傾向として、平均気温は外気17.83℃、玄室上部15.70℃、玄室下部13.65℃となり日変動は1～3℃であった。湿度は外気は80～40%を推移したが、玄室内部は年平均95%以上の高湿度環境である。ただし冬季は乾燥しやすく日変動も大きい。また玄室上部では梅雨期は玄室下部や外気より低温多湿になるのが特徴的である。玄室下部は冬季に温度の降下が顕著になり、最低気温が外気の影響を強く受ける。

#### 5. 横穴周辺における微気候の分析

梅雨期の玄室上部では顕著な湿度上昇と温度低下が見られた。これを説明するため、玄室上部の温湿度変動と、次式のペンマン法による横穴地表面での水収支変動を比較した。

$$ET_{pen} = \frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \frac{R_n}{l} + \frac{\gamma}{\Delta + \gamma} f(w_2)(e_{sa} - e_a)$$

その結果、温湿度は地表面水収支と強い相関性を示し、水収支が正の時期に湿度上昇と温度低下が確認できた。梅雨期は年間でもっとも結露リスクが高い。

冬季は自然換気による温湿度変化の影響が大きいと考えられる。玄室上部は日中に自然換気が生じ、相対湿度の変動が著しい。しかし玄室下部は日中の温度上昇に反して相対湿度は100%を維持する。冬季の横穴内の結露リスクは、日中の底面でもっとも高くなる。

#### 6. 結 論

史跡および線刻壁画の保存対策案として、覆屋を設置して熱水分移動を緩和、夏季の結露や劣化を低減させる。冬季には低速の送風によって結露を抑制する。これらの対策は微生物の繁殖抑制にも効果的であると考えられる。

今後の課題として、水分量の定量、生物劣化や熱水分の推定精度向上が求められる。多くの文化財で環境と生物劣化との関係性や保存対策への知見が充実されることを望みたい。