

高松塚古墳石室の空気漏洩量調査

1. 目的

石室内を窒素で封印することで石室内のカビを窒息させて死滅させる方法の可能性を検討するために、石室を微加圧させて空気漏れ量を実測する。

2. 方法

空気ガスボンベからイオン交換水で湿度 90% RH 以上に加湿された空気を、石室 (3.3m³) 内に送り込み、石室内を微加圧 (0.5mmAq 程度) させた状態で、石室内外の差圧とガス流量を実測して、空気漏れ量を求める。

試験装置の概要を図1に、測定項目と装置の仕様を表1に示す。

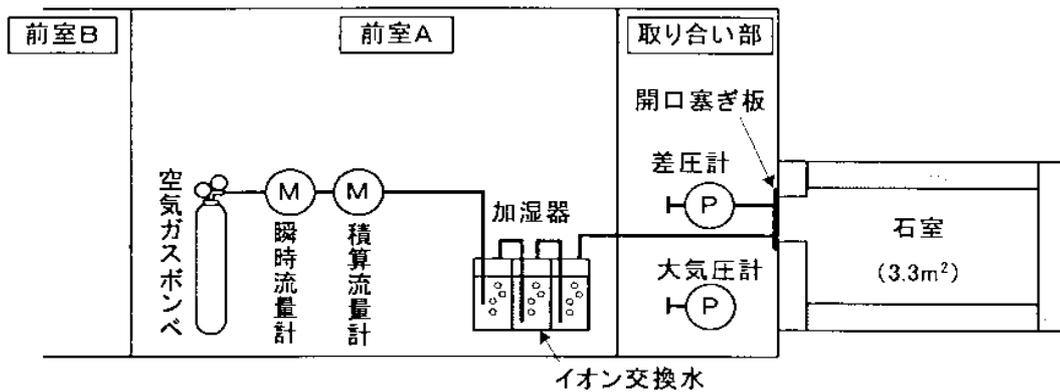


図1. 試験装置の概要図

- (1) 実測日：平成16年12月1(水)～2(木)日
- (2) 立会者：小林文化財調査官、増記文部科学技官(文化庁)
森井研究員((独)文化財研究所)
- (3) 測定者：(株)コベルコ科研 西口主席研究員、市川研究員、坂本研究員
- (4) 高砂熱学からの調査・立会者：大野、林、中室、増田

表1. 測定項目と主な装置の仕様

| 測定項目 | 装置 | 仕様 | ユーティリティ | 設置スペース | 重量 |
|--------|---------------------|----------------|--------------|----------------|---------|
| 差圧 | デジタルマノメータ(長野計器GC15) | 0～100Pa | AC100V 180mA | W230×D270×H130 | 3.7kg |
| 大気圧 | 大気圧計(ゲイザラPTB220B) | 500～1100hPa | AC100V 5mA | W145×D140×H66 | 1kg |
| 温度 | 温度センサー | 参考値 | 不要(電池式) | - | - |
| 湿度 | | | | | |
| 流量(瞬時) | フロー式流量計 | 0～20L/min | 不要 | - | - |
| 流量(積算) | 積算流量計 | 0～1100L/h | 不要 | W174×D150×H258 | 2.6kg |
| - | ガスボンベ | 合成空気、10Lボンベ×2本 | 不要 | (各)φ140×H900 | (各)15kg |
| - | 計測用パソコンなど | - | AC 100V | W600×D450 | 5kg |

結果

実測結果を表2並びに図2、図3に示す。

当初想定していたよりも空気漏れ量が大きかったために 0.5 mmAq (=4.9Pa) 程度まで石室内の圧力を上昇させることはできなかった。しかし、流入空気を 15 l/min にしたときに比較的安定した差圧 0.1 Pa を測定することができた。

したがって、0.1 Pa の差圧に対する空気漏れ量は 15 l/min であることが分かった。

表2. 実測結果 (再現性も確認済み)

| 空気流量 [l/min] | 差圧の実測値 [Pa] |
|--------------|-----------------|
| 5 | 0.0 |
| 10 | 0.0 と 0.1 を繰り返す |
| 15 | 0.1 |
| 20 | 0.2 |

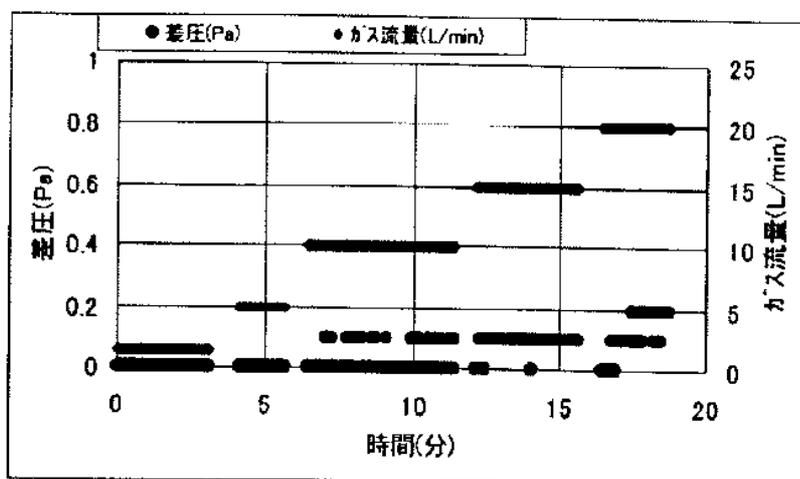


図2. 実測結果1 (12/2の1回目の測定)

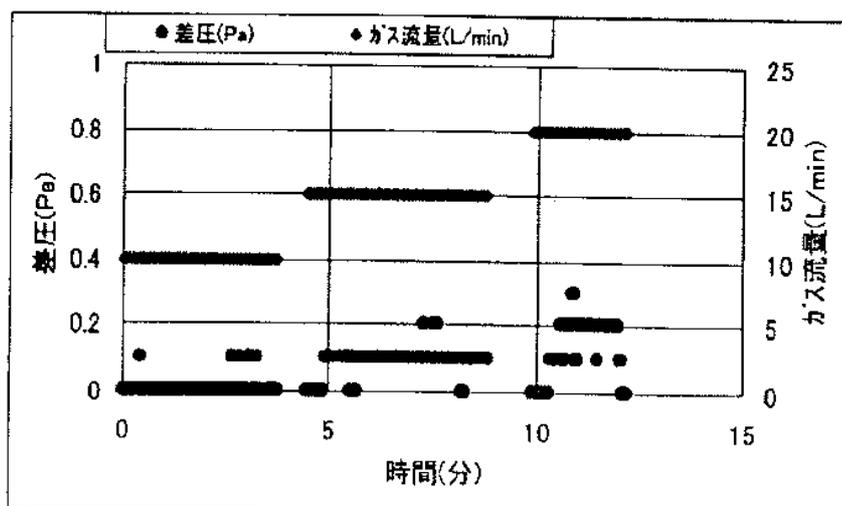


図3. 実測結果2 (12/2の2回目の測定)

4. 開口面積の推定

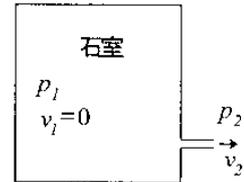
今回の実測結果（差圧 0.1Pa、流量 15 l/min）をもとに、石室の開口面積の推定を行った。

流体の2点間の圧力と流速を求めるベルヌーイの式は下式で表せる。

$$\frac{p_1}{\rho} + \frac{v_1^2}{2} + gz_1 = \frac{p_2}{\rho} + \frac{v_2^2}{2} + gz_2$$

ここで、 $v_1 = 0$ 、 $z_1 = 0$ 、 $z_2 = 0$ より

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot (p_2 - p_1)}{\rho}} = \sqrt{\frac{2 \times 0.1 \text{ Pa}}{1.2 \text{ kg/m}^3}} = 0.41 \text{ m/s}$$



実測した隙間の流速および流入ガスの流量から、隙間の総面積が算出できる。

$$A = \frac{Q}{v} = \frac{0.015 \text{ m}^3/\text{min}}{60 \text{ s/min} \times 0.41 \text{ m/s}} = 0.0006 \text{ m}^2 = 600 \text{ mm}^2$$

したがって、石室内の隙間の総面積は、600mm²(24mm × 24mm)程度であることが分かった。この値は、0.1mm × 6m の亀裂として考えるならば妥当な数値と言える。

【参考】

p : 圧力 [Pa]、 v : 流速 [m/s]、 g : 重力加速度 (=9.8 m/s²)、 z : 位置ヘッド [m]、
 ρ : 空気の密度 [kg/m³]、 Q : 流量 [m³/min]、 A : 面積 [m²]

5. その他

取り合い部の空気漏量を測定したところ、20//min の空気流量では部屋の圧力が上昇するには至らず、取り合い部における空気漏れ量は大きいことが分かった。

以上

【添付資料】 コベルコ科研報告書「微加圧時の空気量調査結果」