

## 冷却シートによる墳丘部の冷却

墳丘上へ冷却シートを設置する場合

### 1. 墳丘上へ冷却シートを設置した場合の石室内温度の予測

#### 1.1 温度予測の方法

冷却シートをどのくらい温度を下げたら石室の温度はどのくらい変化するかがわからないと期待するカビ対策に結びつくかが判断できないし、冷却熱源容量、冷却装置の規模も見えてこない。そこで冷却効果を予測するため数値解析の技法を用いる。冷却範囲と温度を変化させたとき土壌の温度変化を計算し、その結果で石室の温度予測を行う。

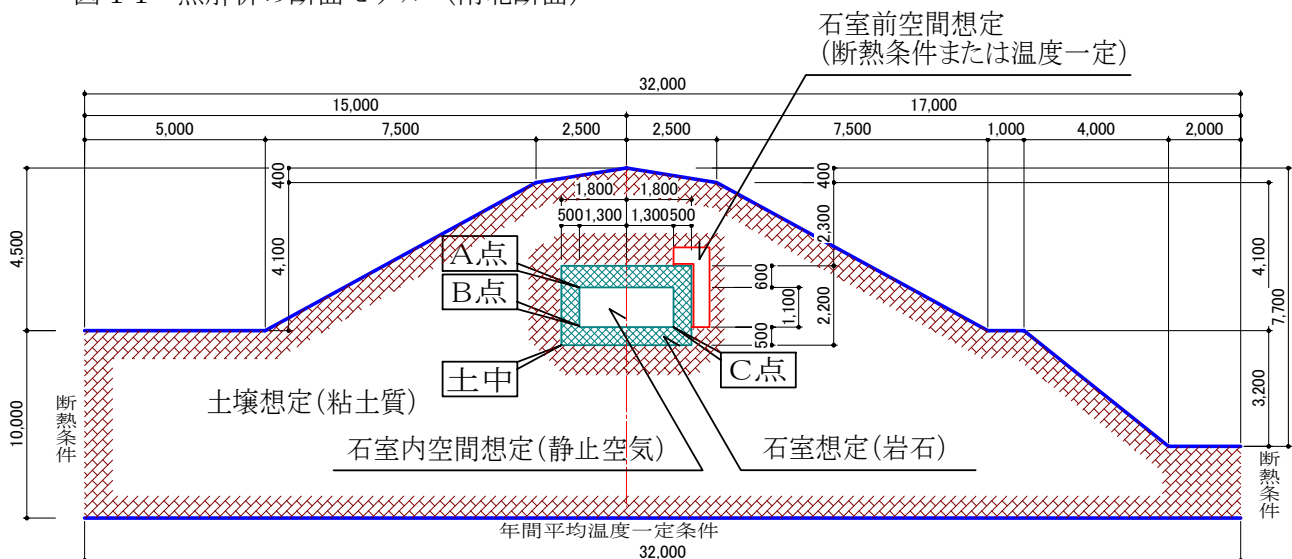
#### 1.2 数値解析の条件、方法

墳丘の南北の断面を図 1-1 に示す近似モデルとして 2 次元の数値解析をおこなう。解析は閉領域内における非定常熱伝導モデルを用い、支配方程式を無次元化した後、一般座標系に変換し、差分法によって離散化し計算をおこなう。境界条件としては、地表部は 1 日の平均気温\*1、深さ 10m の最深部は 1 年間の平均気温で温度一定とし、両端は断熱条件として 2001 年 1 月～2003 年 12 月まで 1 日ごと地表部境界条件（气象台観測実データ）を変化させ計算した。初期条件は地表部以外 1 年間の平均気温の値を用いた。初期条件の影響が無視できるようになるには最低 2 サイクル 2 年分は必要との判断で 3 年間の計算をおこない、各種の評価は 3 年目の計算結果を用いた。計算に用いた諸物性値を表 1-1 に示す。土壌の諸物性値は本来、計測値を用いるのが妥当であるが、本計算では空気調和・衛生工学便覧第 3 版(p.36)出典の値を用いた。

平均気温\*1 …… 奈良市のデータを入力値とした。

(距離的に一番近い大字陀の年間平均気温は実測の年間平均地中温度と差が大きい)

図 1-1 熱解析の断面モデル（南北断面）



図中 A 点は石室内上部、土中は石室外部下側、B、C 点は石室内下部の部分を示す。A-B で上下の温度差、B-C で水平方向の温度差の指標とする。単位はmm

表 1-1 諸物性値

	熱伝導率 $\lambda$ W/(m·K)	比熱 C kJ/(kg·K)	密度 $\rho$ kg/m <sup>3</sup>	備考
空気(静止)	0.022	1	1.3	石室内
岩石(重量)	3.1	0.86	2800	石室まわり
土壌(粘土質)	1.5	1.7	1900	土壌

### 1.3 具体化モデルの計算方法と結果

墳丘上部を冷却するにはどのくらいの面積を外気温よりどれくらい冷却すればよいか、ということが予測できることが一番重要である。そこで面積の指標のため頂部より 3m の範囲 (約 28m<sup>2</sup>)、4m の範囲 (約 50m<sup>2</sup>)、6m の範囲 (約 113m<sup>2</sup>)、8m の範囲 (約 200m<sup>2</sup>) を想定し各パターンにより計算を行うこととした。5℃冷却の場合で冷却範囲をそれぞれ 8m、6m、4m、3m とした条件で計算を行う。この条件を各範囲にあわせそれぞれ、**8m-5℃**、**6m-5℃**、**4m-5℃**、**3m-5℃**、と呼ぶ。3℃冷却の場合は冷却範囲をそれぞれ 8m、6m、4m、3m とした条件で計算を行う。この条件を各範囲にあわせそれぞれ、**8m-3℃**、**6m-3℃**、**4m-3℃**、**3m-3℃**、と呼ぶ。

当然の結果ではあるが、冷却範囲が広い方が、また同じ範囲では冷却温度を -5℃ にしたほうが温度の下がり方が顕著で、効果があることがわかる。

### 1.4 具体化モデルの評価

具体的に石室の温度が基準に対して何℃下がったのか、また石室の上下温度差、水平温度差についてはどの程度差があるのか、数値が比較できる様にまとめる。

まず石室の温度が基準に対して何℃下がったのかについては、B 点の 1 月から 12 月の温度に着目し、基準と各冷却パターンを比較する。結果を図 1-2 に示す。

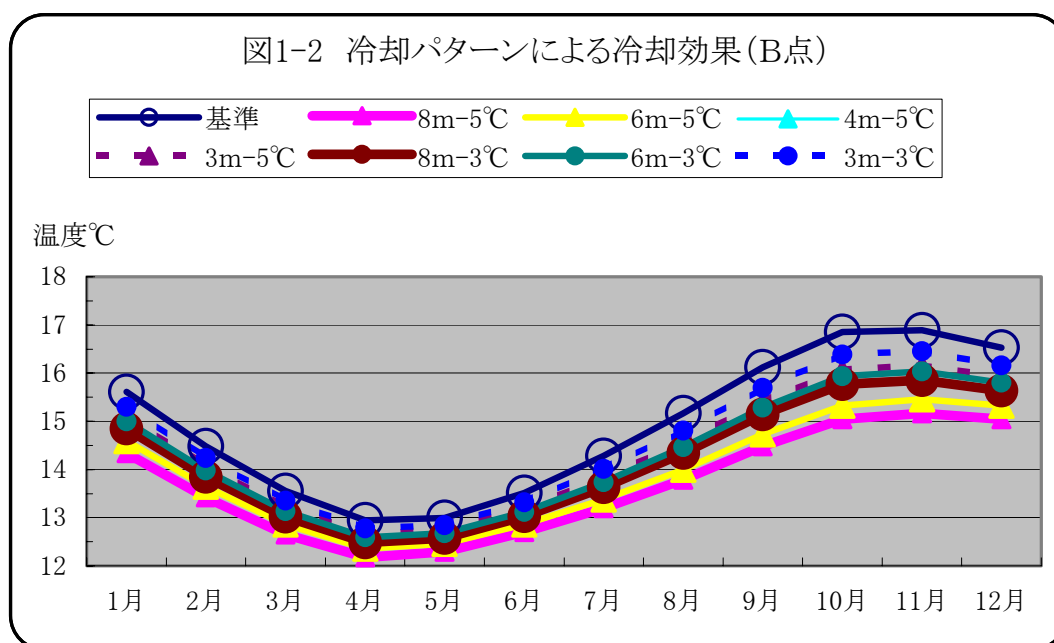


図 1-2 より以下のことがわかる。

地表部を冷却するパターンでは別図 2 と同様に冷却範囲が広い方が、また同じ範囲では冷却温度を -5℃ にしたほうが温度の下がり方が顕著で、効果があることがわかる。温度が低いすなわち効果の大きい順に並べてみると下記のようなになる。

温度低 (効果大きい) 温度高 (効果小さい)

**8m-5℃ < 6m-5℃ < 8m-3℃ ≒ 4m-5℃ 6m-3℃ < 3m-5℃ < 3m-3℃**

温度低下の大きい場合は、冷却シートを使用していない場合の温度 (基準値) より 2℃程度の温度低下が期待される。

従って冷却効果の点から見ると具体化案のなかでは地表の頂部から 6m 前後の範囲を外気温 (または付近の地表温度) よりほぼ 5℃冷却することが効果的かつ経済的であると予想される。

## 2. まとめ

墳丘部に冷却シートを設置し、その温度を現状より $5^{\circ}\text{C}$ 、 $3^{\circ}\text{C}$ 下げることにより石室の温度がどう変化するかを検討した。墳丘頂部より8 m程度範囲を $5^{\circ}\text{C}$ 冷却する場合がもっとも石室の冷却に効果があった。また、墳丘頂部より6 mの範囲温度を $5^{\circ}\text{C}$ 低下させる場合も、これに次ぐ効果があった。温度低下量は、現在の値を基準値とした場合、それより $2^{\circ}\text{C}$ 程度下げることができることが分かった。しかし、この方法では、石室部分を $15^{\circ}\text{C}$ 以下まで下げることは、難しいと考えられる。