

## 大谷石採石地下空間の熱交換特性に基づいた環境負荷の低減について

宇都宮大学 学生会員 ○阿部 友哉  
宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

### 1. 研究背景

近年、大深度地下をはじめとする地下空間の利用が注目されている。この理由としては、都市部の土地不足や CO<sub>2</sub> 削減をはじめとした環境負荷の低減が求められていることがあげられる。そこで、地下空間の特性を利用することで施設の建設や維持に要する環境負荷を低減することができる。既存地下空間を貴重な空間資源として捉え、種々の用途への利用が求められている。

### 2. 研究目的

栃木県宇都宮市大谷地区では、古くから建築資材として広く使われてきた大谷石の採石が盛んに行われてきた。しかしながら、ほとんどの採石跡地下空間は放置され、荒廃の一途をたどっている。これらの採石跡地は貴重な空間資源であり、地下空間の特性をうまく利用することで、地上施設よりも環境負荷を低減することが可能であると考えられる。そこで、本研究では、環境負荷に影響を与える熱特性に着目し、大谷石採石地下空間での熱交換特性を推定することを目的とする。そして建設可能な設備について考える。

### 3. 対象地下空間概要

大谷地区は、宇都宮市の中心から北西約 7km に位置している。大谷石採石地下空間は、太平洋戦争時、米軍爆撃を避けるために、中島飛行機(現 富士重工)地下工場として利用された<sup>1)</sup>。現在では、ハム製造工場や食糧、飲料の貯蔵施設などとして利用されている。地下空間の有効利用を検討するにあたり、現在も採石を行っている大谷地域の採石地下空間をモデルとして設定する。

### 4. 大谷石壁体の想定厚さの推定

採石地下空間の熱特性を推定するために、大谷石の壁体構造の考慮すべき厚さを推定する。

本研究では、夏季と冬季に分けて、施設と地下空間の温度条件と大谷石物性値をもとに、解析ソフト (FLAC3D) を用いて非定常熱伝導解析を実施し、厚さの

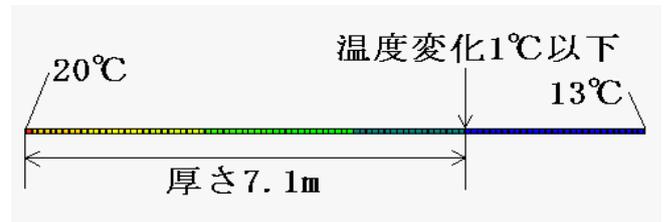


図-1 1次元解析結果

推定を行う。

解析したモデルを図-1 に示す。各要素は一辺が 10cm の立方体であり、全体の長さが 10m の棒状のモデルである。大谷石の温度は地下空間の気温(夏季 13°C, 冬季 11°C)と等しいと仮定し、モデルの初期温度を大谷石の温度とし、モデルの左端を施設の温度に固定した。右端は大谷石の温度に固定して 1 年後の温度分布を求め、初期温度からの温度変化が 1°C 以下である厚さを想定厚さとし、その値を求めた。

この結果をもとに、生産施設と倉庫施設の地下空間利用に対する有効性の検討を行う。

### 5. 地下空間有効利用の検討

ここで有効利用の検討した施設は、生産施設と倉庫施設(魚(冷凍)貯蔵)である。検討した項目は年冷暖房負荷<sup>2),3)</sup>である。これを地上・地下施設で比較し、地下空間利用の有効性を考察する。表-1、図-2 に生産施設の年冷暖房負荷計算結果を、表-2、図-3 に倉庫施設の年冷暖房負荷計算結果を示す。

なお、地上・地下施設の建設面積、容積、建設材料は同様とするが、生産施設では地上施設は 2 階建て、地下施設では 1 階建てとする。また、倉庫施設においては、地下施設では大谷石壁体を利用するものとする。

### 6. 地下空間の有効利用に関する考察

#### (1) 生産施設

地下施設は、地上施設に比べ、夏季では 12.5%、冬季では 29.8% の年冷暖房負荷となった。夏季、冬季ともに、地下施設の冷暖房負荷が小さい。これは、地下空間の気温が一年を通して 12°C 前後であるため、地上の気温よりも施設の温度に近いためである。夏季においてよ

り大きな差が出ているのは、地下施設では夏季でも暖房のため、照明などから生じる熱が不利に働かないためである。

(2) 倉庫施設

地下施設の冷暖房負荷は、地上施設に比べ、夏季では、43.9%、冬季では、79.8%の年冷暖房負荷となった。夏季、冬季ともに、地下施設の冷暖房負荷は小さくなっている。この理由として、夏季においては、地下空間の気温が地上の気温よりも低いことがあげられる。冬季には、地上の方が地下空間よりも気温が低いにもかかわらず、地下施設の冷暖房負荷が地上施設よりも小さい。これは、地下空間の断熱性能が地上よりも優れているためである。

7. まとめ

大谷石壁体の熱解析結果から大谷石壁体の想定厚さの推定を行った。推定された大谷石壁面の想定厚さから、生産施設と倉庫施設の年冷暖房負荷計算を行い、地上・地下施設の比較を行った。生産施設、倉庫施設ともに一年を通して、地上施設に比べ地下施設の冷暖房負荷が小さい結果が得られた。冷暖房負荷の観点では、地下空間利用が有効である。

8. 今後の課題

地下空間利用の有効性は、冷暖房負荷だけでは評価することはできない。地下に施設を建設する場合は、昇降設備が不可欠となるので、昇降設備の電気消費量や施設の建設コストを考慮する必要がある。また、環境負荷に関して、電力消費、建設によるCO<sub>2</sub>排出量の考慮も必要となる。また、実際には、熱は3次元的に伝わるので、採石地下空間を区切り、部分毎にその構造を再現したモデル(図-4)を作成し、解析を行う。

さらに、解析モデルの大谷石の層厚を段階的に変えてその影響を考察する。また、模型実験によって、計算の正確さを確かめる。

9. 参考文献

- 1)館野康雄：大谷石の歴史と巨大地下空間，大谷資料館  
URL：http://www.oya909.co.jp/museum/index.html
- 2)清木隆文，高橋京：大谷石採石地下空間における施設の環境負荷及び寿命の検討，第64回土木学会年次講演会，2ps，CS10-001，CD-ROM，Disc2，土木学会，2009.
- 3)岡建雄：わかりやすい グリーンオフィスの設計 オーム社出版，2000.

表-1 生産施設の年冷暖房負荷

	地上施設	地下施設
年冷暖房負荷(夏季) [MJ/年]	271728	33918
年冷暖房負荷(冬季) [MJ/年]	67369	20091

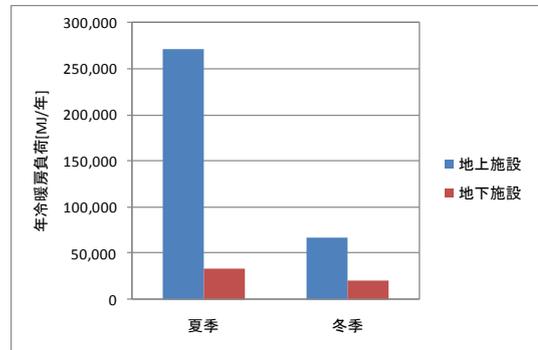


図-2 生産施設の年冷暖房負荷

表-2 魚(冷凍)貯蔵の年冷暖房負荷

	地上施設	地下施設
年冷暖房負荷(夏季) [MJ/年]	1088372	477782
年冷暖房負荷(冬季) [MJ/年]	590377	471133

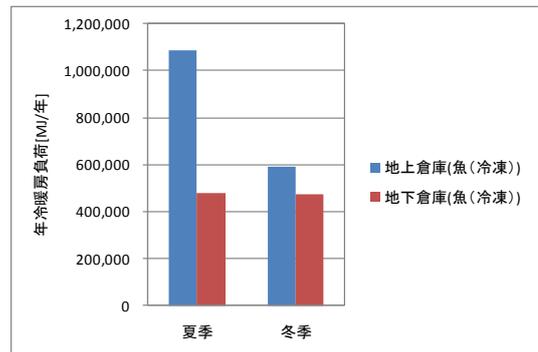


図-3 魚(冷凍)貯蔵の年冷暖房負荷

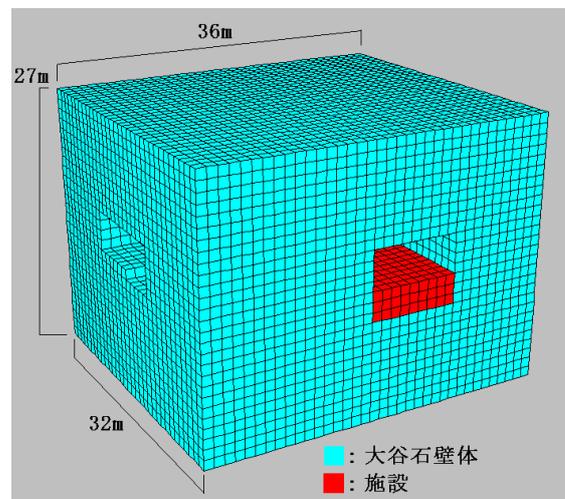


図-4 地下空間再現モデル