

施設の熱負荷推定に基づいた大谷採石地下空間の有効利用に関する検討

宇都宮大学大学院 学生会員 ○井上 達也

宇都宮市役所 阿部 友哉

宇都宮大学大学院 正会員 清木 隆文

1. 研究背景及び目的

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、地球温暖化による、CO₂の削減をはじめとする環境負荷の低減が求められているためである。そこで、地下空間の特性を活かすことで、施設の建設や運用に要する環境負荷を低減し、環境にも配慮することができる。既存の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。

栃木県宇都宮市大谷地区では、古くから建築資材として用いられてきた大谷石の採石が盛んに行われて来た。しかし、大谷石採石後の採石跡地下空間の多くは放置され荒廃している。これらの採石跡地下空間の有する特性をうまく利用することで、地上施設よりも環境負荷の低減を図ることが出来る。そこで、本研究では長期利用時に熱が大谷石に与える影響を踏まえて、施設の熱負荷推定を行い、その上で大谷採石地下空間の有効利用を検討することを目的とする。

2. 対象とした採石地下空間の概要

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の中には、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)の地下工場として利用された。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たものもある。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。

3. 有効利用の検討

本研究で、地下空間の有効利用の検討を行った施設は、貯蔵施設と都市施設(データセンター)である。

地下における貯蔵施設は、大谷石壁体を直接利用するものとし、地下施設の長期利用を想定し、有効利用の検討を行う。都市施設はコンテナサーバーを7機設置することを想定し、立坑からの外気の流入や、データセンターの稼働によって暖められた空気の移流を考慮し、有効利用の検討を行う。

4. 貯蔵施設と都市施設の熱伝導解析

(1) 貯蔵施設の熱伝導解析

有効利用の検討対象である、大谷地域の採石地下空間を解析ソフト FLAC3D によってモデル化した(図-1)。解析モデルに初期温度 286K(13℃)と、境界条件として解析モデルの最外面に 286K(13℃)を設定した。その後、想定した貯蔵物に応じた貯蔵温度(表-1)を貯蔵施設に与えた。以上の条件をもとにして、熱伝導解析を行い、設備稼働から1年後と50年後の貯蔵施設周辺温度を求めた。

表-1 貯蔵物と貯蔵温度¹⁾

貯蔵物	貯蔵温度(℃)
魚(冷凍)	-29
ハウレンソウ	0
グレープフルーツ	10

(2) 都市施設(データセンター)の熱伝導移流解析

都市施設の解析は、データセンターが設置された地下空間の温度変化を求めることを目的とし、検討対象とした地下空間の一部にコンテナサーバーを設置した模様を FLAC3D によってモデル化した。貯蔵施設の解析と同様の初期温度と境界条件を与え、コンテナサーバー内温度を 298.15K(25℃)に固定した。その後、データセンターが稼働した際に発する熱量を解析モデルに与える必要があるが、本解析では、熱量ではなく温度(318.15K(45℃))を設定した。この温度を、コンテナ南側壁面に設定することで、データセンターが稼働した際に発する熱を再現した。本解析では、夏季、冬季、春季・冬季の3パターンを想定し、各季節における、設備稼働から3ヶ月後の地下空間の温度分布を求めた。

5. 地下空間の有効利用に関する考察

(1) 貯蔵施設

解析から得られた施設周辺温度を用いて、熱負荷計算^{2,3)}を行い、熱負荷計算結果より年間電力消費量を算

キーワード 大谷石 地下空間 有効利用 熱負荷

連絡先 〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東 7-1-2 宇都宮大学大学院工学研究科 岩盤工学研究室

TEL : 028-689-6218

出し、地上施設と地下施設の比較を行った。図-2に貯蔵施設(ホウレンソウ貯蔵)の年間電力消費量を示す。

年間電力消費量について、地上施設の年間電力消費量は空調設備による電力消費量で、地下施設の年間電力消費量は空調設備と昇降設備による電力消費量を足し合わせたものであるが、施設稼働から1年後と50年後共に地下施設の方が有利な結果となった。

(2) 都市施設(データセンター)

貯蔵施設と同様に、解析から得られた施設周辺温度を用いて、熱負荷計算を行い、地上施設と地下施設の年間電力消費量の比較を行った。地下空間の相対湿度が一年を通して約100%であるため、除湿が必須である。しかしながら、除湿に要する負荷を考慮しても地下空間を利用の方が有利となった。

6. まとめ及び今後の課題

(1) まとめ

貯蔵施設の熱負荷の比較において、年間電力消費量を計算した。既往の研究における電力消費量の比較の際に、昇降設備の電力消費によって、地下施設の電力消費量が地上施設を上回ることが懸念された。本研究では昇降設備の電力消費量を、選定した昇降設備の定格出力等から算出し、電力消費量の比較に適用した。その結果、全ての貯蔵物の想定壁厚さパターンにおいて、地下施設が有利となった。

都市施設の熱負荷の比較も貯蔵施設と同様に、年間電力消費量に関して地上施設と地下施設の比較・検討を行い、地下施設が有利という結果を得た。地上施設と地下施設で想定しているコンテナサーバーの断熱性能は同一として年間冷房負荷を算出したため、冷房負荷は設置された空間の温湿度に依存する。さらに、年間電力消費量は冷房負荷に依存するので、電力消費量に関して、地下空間はコンテナ型データサーバーを設置する空間として、地上よりも有利と言える。

(2) 今後の課題

貯蔵施設に関して、50年後の温度分布をみると、貯蔵温度の影響が境界面付近まで及ぶことが観察できた。よって、境界部周辺の温度は境界条件による影響が顕著になると考えられるため、長期間の解析を行う際は、解析領域をさらに拡大した条件で解析を行うことが望ましい。

さらに、想定する施設規模の違いによっては、昇降

設備の電力消費量によって、地下施設が不利になる可能性があるため、施設規模の異なるケースの比較が必要であると考えられる

また、都市施設に関する数値解析は、夏季、冬季、春季・秋季の3パターンの外気条件を固定して実施した。それぞれの季節を独立させて解析を行い、別々に解析結果を抽出して負荷計算等に用いた。この解析は、厳密に1年の季節変化を反映させた熱伝導移流解析とは言えない。このため、各季節間で連続性を持たせる解析を行い、その解析結果を用いた負荷計算を行う必要がある。また、都市施設においても長期的な利用を視野に入れた解析、検討を行う必要がある。

謝辞：本研究の一部は、財団法人鹿島学術振興財団研究助成を受けて実施した。記して感謝いたします

参考文献

- 1) 田中芳一、丸山務、横山理雄：食品の低温流通ハンドブック、株式会社サイエンスフォーラム出版、2001。
- 2) 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 1991。
- 3) 社団法人 空気調和・衛生学会、第12版 空気調和・衛生工学便覧 3 空気調和設備設計篇、財団法人 空気調和・衛生工学会出版、1997。

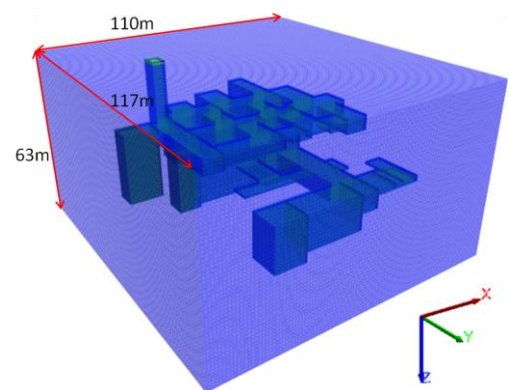


図-1 モデル化した対象地下空間

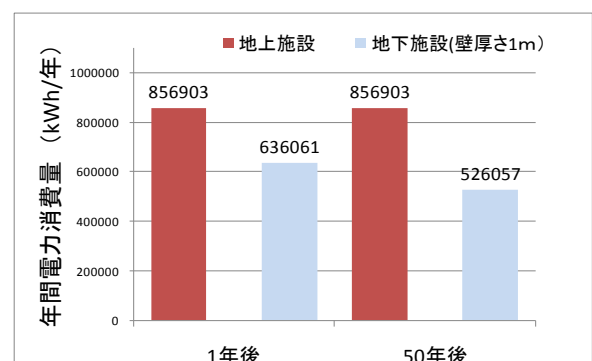


図-2 ホウレンソウ貯蔵時の年間電力消費量