

地下空間の恒温恒湿性の客観性に関する一考察

宇都宮大学工学部 正員 清木隆文
 東海大学海洋学部 正員 アイダン・オメル

1. はじめに 地下空間を人々の生活に密接した用途で利用を考えると、閉鎖性が人間心理に悪影響を与え、住環境に適さないとされている。また、太陽光の取り入れが難しいなど問題点が挙げられる。一方、利点である恒温・恒湿性を生かすには、倉庫の地下化が用途として適すとされている。著者らは、平成14年12月末から、栃木県宇都宮市の大谷町（以下、大谷地域）で大谷石採掘地下空間の温度、湿度を自動計測している。本報告では、この計測で得られた温度・湿度および温度の連続測定データを対象とした時系列解析を実施した結果について考察する。

2. 温度・湿度測定について 大谷石採掘地下空間は、大谷地域に200箇所以上あると言われるが、その殆どは、採掘を止めて放置されている。著者らは、今もなお大谷石の採掘を行っている大谷石の採石地下空間（写真-1、写真-2）を対象として、空洞躯体の岩盤工学的な安定性および、地下空間の有効性を確認するための調査を実施している。本報文では、大谷石採石地下空間の恒温・恒湿特性と外気との関連性を実証するため、温度および湿度の連続測定の結果について説明する。温度・湿度の測定には、自動計測サーモメーター（タバイエスペック社製、RS-11[温度・湿度測定用]、RT-11[温度測定用]）を用いた。測定項目は、大谷石採石地下空間への地上入り口付近[温度1ch、湿度1ch]（以下、外気）、地表と採石地下空間を繋ぐ立坑部の下底付近[温度1ch、湿度1ch]（以下、坑口）、採石地下空間の採石部[温度2ch]（以下、坑内）の3箇所を設定した。各測定点の温度あるいは湿度を一つの測定器によるデータで特性を代表させるもの（ただし、「坑内」は温度の測定点2箇所）とし、10分間隔で測定した。

3. 温湿度の測定結果についての考察 外気は、この期間、最高気温16.1、最低気温-8.1（レンジ[=最高気温-最低気温]24.2）、平均気温1.75、最高湿度99%、最低湿度24%と大きく変動するのに対して、換気口の役割も果たす立坑直下の温度は、最高気温12.5、最低気温8.5、平均気温10.35（レンジ3.70）、最高湿度99%、最低湿度94%となり、地下空間の恒温恒湿性を裏付けている傾向にある（図-1、図-2）。また、今回対象とした採石地下空間の最深部である採石箇所では、平均気温11.61で、レンジは2.40を示している。採石地下空間内は、大谷石の壁面から蒸散する水分で、ほぼ100%の湿度を示し、平均



写真-1 大谷石採石場最深部からの空洞眺め



写真-2 大谷石採石場内の採石部

キーワード：大谷石、温度湿度測定、採石地下空間、時系列解析、恒温性、連絡先：〒321-8585 宇都宮市陽東7-1-2 宇都宮大学工学部建設学科建設工学コース Tel. & Fax. 028-689-6216

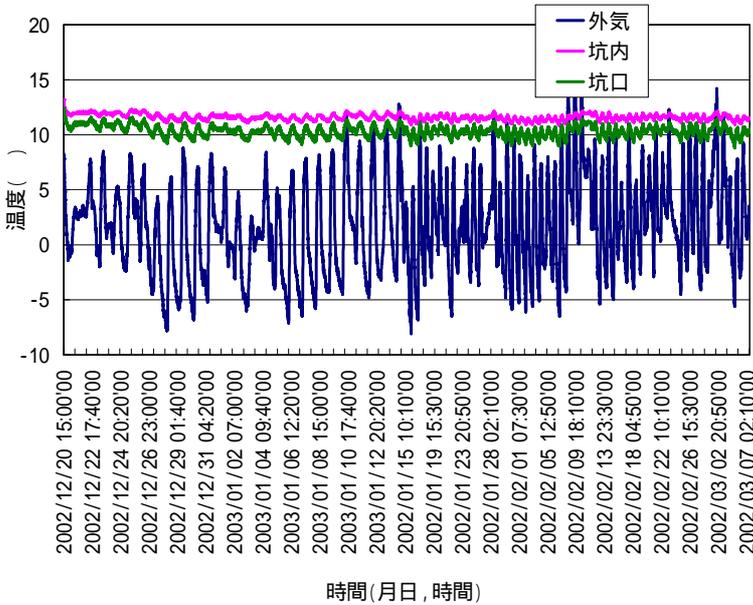


図 - 1 大谷石採石場付近及び坑内の温度変化
（平成 14 年 12 月 20 日～平成 15 年 3 月 7 日）

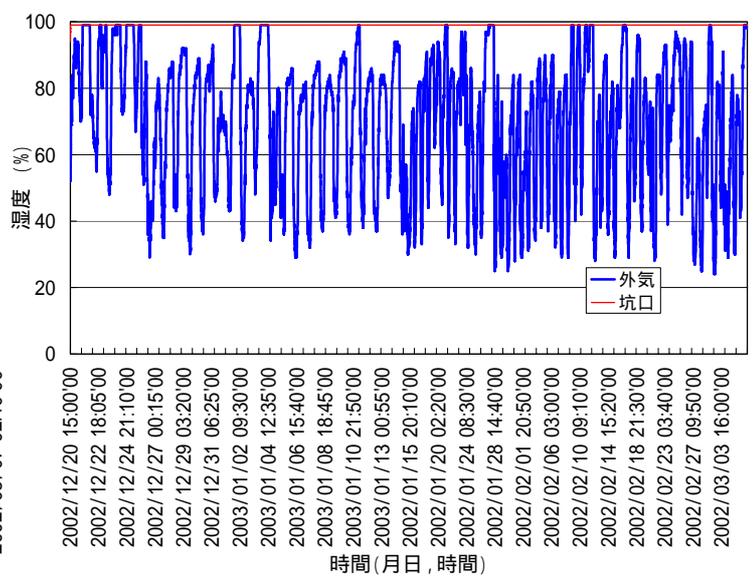


図 - 2 大谷石採石場付近及び坑内の湿度変化
（平成 14 年 12 月 20 日～平成 15 年 3 月 7 日）

気温は、11 程度となることを示している。

4. 時系列解析の概要および考察 大谷石採石地下空間付近で測定した温度・湿度の時系列データの中で、温度の定常部分（平成 15 年 1 月 14 日～平成 15 年 3 月 7 日）のデータを解析対象とした。外気、坑口、坑内の 3 箇所で測定した温度を変数として、多変量自己回帰モデル¹⁾を適応し、解析を実施した。本データを定常時系列として、モデル化するために、ユールウォーカー法とハウスホルダー変換に基づく最小二乗法の 2 方法を用いた。得られた多変量自己回帰モデルは、スペクトル解析を実施して、周波数領域における相対ノイズ寄与率を計算するために用いられる。これは、ある温度変化への全寄与率 100% に対して、自己および他測定点の温度が何%程度影響するかを周波数毎に整理するものである。この結果、坑内の温度変化は、坑内温度自身にのみに影響を受ける傾向を示した。また坑口の温度変化は、外気温の影響を多く受けると予想されたが、その傾向は見られず、周波数領域全体を通して、坑内温度が 87% 以上寄与し、次いで坑口の自己の温度データに影響を受ける傾向を示した（図 - 3）。同じ条件で、ユールウォーカー法により、多変量自己回帰モデルを求めた結果、全測定点の温度変化は、各々の自己成分だけに影響を受ける結果となった。冬季の温度を連続計測した結果を定常時系列データとして、解析を行った結果、外気と坑内、坑口の挙動は、各々の自己成分が卓越する傾向を示した。

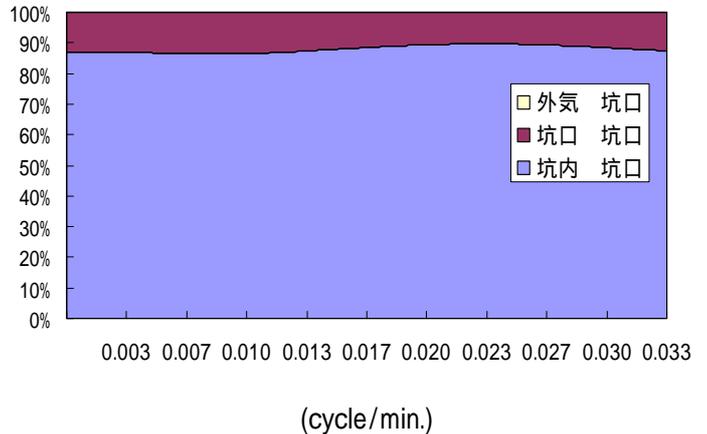


図 - 3 各測定点温度の相対ノイズ寄与率（最小二乗法、データ読み込み t=60 分間隔）

5. まとめ 宇都宮市大谷地域には、大谷石の採石地下空間は、200 箇所以上点在する。現在も稼働している 1 つの大谷石採石地下空間を対象として、立坑地上部付近の外気、坑口、坑内について温度、湿度の計測を実施した結果を考察すると、地下空間が恒温恒湿特性を持つことが確認された。また、各測定箇所の温度データを時系列の変数として、多変量自己回帰モデルで表現すると、個々は自己成分が卓越して推移する結果となった。

参考文献 1) 北川源四郎, 岩波コンピュータサイエンス, Fortran 77 時系列解析プログラミング, 岩波書店, 1994.