

大谷採石地下空間における安全性に着目した 空間価値評価の試み

栃木県庁 宇都宮市役所 宇都宮大学 正会員
 斎藤 明秀 佐藤 大地 清木 隆文

1. 研究背景と目的

近年、大深度地下を始め、多くの地下空間が注目されている。一般的に地下空間は、恒温性や恒湿性、遮音性、耐震性など地上部にはない特性を有している空間が多い。栃木県宇都宮市大谷地域には採石によって形成された地下空間跡地が多数存在されている。これらのほとんどが、放置され荒廃している。その内再利用されているが、観光用に公開されている大谷資料館などごく一部である。このような既存の地下空間を貴重な空間資源として捉えて、その特性を活かした様々な利用が求められる。既存の地下空間である大谷採石地下空間跡地を有効的に利用するためには、安全性の保証が不可欠である。過去にも利用例はあるが、安全性を疑問視し、利用が中止になった場合もある。そこで、本研究では、大谷地域に関わる事業者を対象に、大谷採石地下空間内部における不安を感じる要素を知るために、コンジョイント分析¹⁾を用いたアンケート調査を行った。この調査結果から、事業者が地下空間に不安要素を感じる程度を把握する調査を行う。また、大谷資料館を訪れる観光客を対象に、トラベルコスト法²⁾を用いたアンケート調査を行い、レクリエーション価値を計測する。

2. 事業者の視点から見た大谷採石地下空間の不安要素に関するコンジョイント分析

(1) 調査内容

本研究では心理的な不安を感じるような6つの属性の組み合わせを、直交表を用いて8枚のコンジョイント・カードを作成した(表-1)。評価方法は、各要素についての説明後、8枚のカードを同時に提示し、被験者に5段階で点数をつけてもらうものとした。また、被験者の属性を知るために、地下空間に入った経験の有無や、事業の実態についての設問を設けている。

(2) 調査実施

アンケートは、宇都宮市役所産業政策課の方々のご協力を得て、大谷地域に関わりのある事業者の方に行うアンケートを実施した。配布期間は平成27(2015)年12月中旬から平成28(2016)年1月中旬までとし、電子媒体のアンケートを電子メールに添付して配布した。回答者の属性を表-2に示す。

(3) 調査結果のコンジョイント分析

コンジョイント分析において算出された各部分効用値の絶対値の合計からの割合を空間不安要素に対する属性の重要度とする。個別の得点と全回答の得点の平均値に対する重要度の結果を表-3に示す。なお、各属性の数値の大きさは不安要素に対する影響の大きさを示し、符号が正であれば、好影響、負ならば悪影響となっている。

3. トラベルコスト法を用いた大谷地域のレクリエーション価値の変動評価

(1) 調査内容

大谷資料館におけるレクリエーション価値の変動の比較を行うため、ゾーン・トラベルコスト法(ZTCM)を用いて、回答者の出身都道府県からの往復費用と訪問率の関係から、レクリエーション価値MSを算定した。

表-1 コンジョイント・カードの項目

No.1		No.2		No.3		No.4	
構造形式	長壁	構造形式	長壁	構造形式	長壁	構造形式	長壁
立坑	1つ	立坑	1つ	立坑	2つ以上	立坑	2つ以上
壁面	目立った汚れなし	壁面	目立った汚れなし	壁面	節理がある	壁面	節理がある
破損	あり	破損	なし	破損	あり	破損	なし
鉄骨補強	なし	鉄骨補強	あり	鉄骨補強	なし	鉄骨補強	あり
地下水	あり	地下水	なし	地下水	なし	地下水	あり

No.5		No.6		No.7		No.8	
構造形式	柱房	構造形式	柱房	構造形式	柱房	構造形式	柱房
立坑	1つ	立坑	1つ	立坑	2つ以上	立坑	2つ以上
壁面	節理がある	壁面	節理がある	壁面	目立った汚れなし	壁面	目立った汚れなし
破損	あり	破損	なし	破損	あり	破損	なし
鉄骨補強	あり	鉄骨補強	なし	鉄骨補強	あり	鉄骨補強	なし
地下水	あり	地下水	なし	地下水	なし	地下水	あり

表-2 回答者の属性

	年代	地下空間経験	業種	内容
回答者1	20代	あり	建設コンサルタント	再生可能エネルギー、プロジェクトマネジメント
回答者2	50代	あり	食品メーカー	醸造品熟成
回答者3	60代	あり	IT	ソフト開発
回答者4	30代	あり	建設コンサルタント	水資源管理、地中熱利用
回答者5	60代	あり	コンサルタント	地中熱利用
回答者6	30代	あり	建設コンサルタント	再生可能エネルギー
回答者7	40代	あり	建設コンサルタント	エネルギーの効率利用 探索
回答者8	40代	あり	建設コンサルタント	建設業に関する調査・計画・設計等
回答者9	40代	なし	建設コンサルタント	地質・地盤部門
回答者10	20代	なし	建設コンサルタント	民活事業
回答者11	20代	あり	建設コンサルタント	調査・解析

表-3 空間不安要素に対する属性の重要度

属性	回答者1	回答者2	回答者3	回答者4	回答者5	回答者6	回答者7	回答者8	回答者9	回答者10	回答者11	全体
柱房形式	10.0%	7.1%	15.0%	50.0%	8.3%	-5.6%	-7.1%	-5.6%	-42.9%	0.0%	25.0%	3.1%
立坑2つ以上	-10.0%	7.1%	-5.0%	0.0%	-8.3%	27.8%	21.4%	5.6%	-14.3%	0.0%	5.0%	9.2%
節理あり	-20.0%	-21.4%	-15.0%	16.7%	-8.3%	-16.7%	-50.0%	5.6%	-14.3%	-20.0%	-15.0%	-29.6%
破損箇所なし	20.0%	21.4%	25.0%	-8.3%	-8.3%	5.6%	7.1%	-5.6%	0.0%	0.0%	15.0%	19.4%
鉄骨補強あり	10.0%	21.4%	-5.0%	16.7%	-8.3%	5.6%	-7.1%	-50.0%	28.6%	20.0%	-5.0%	-3.1%
地下水なし	30.0%	21.4%	35.0%	-8.3%	-58.3%	38.9%	-7.1%	27.8%	0.0%	60.0%	35.0%	35.7%

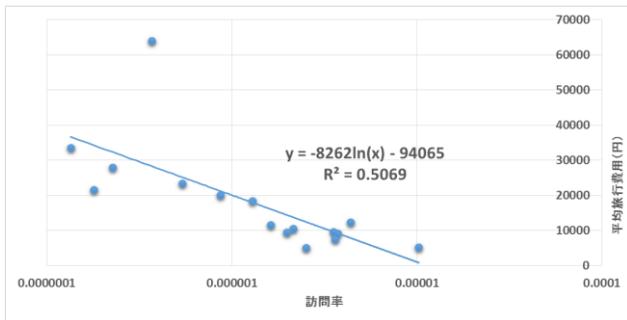


図-1 往復旅行費用と訪問率の関係 (2015年)

(2) 大谷地域のトラベルコストの算出

アンケートの回答対象者は大谷資料館に訪れる観光客とし、配布日は1年前の実施日平成26(2014)年12月27日(土)と同時期の平成27(2015)年12月19日(土)とした。2015年の往復旅行費用と訪問率の関係を図-1に示す。大谷地域のレクリエーション価値MSは2014年が8,341円、2015年は8,262円となった。また、再訪問の意思に関する設問に対して、約9割の方が、また訪れたいと回答している。

4. 施設部分を熱源とした地下空間の熱応力解析

(1) 解析対象および解析条件

解析は、エネルギー関係者の視点から、設備稼働時の安定性に注目する観点から、FLAC3D(Itasca社)による熱応力解析を行った。解析対象は現在も採掘が行われている大谷採石地下空間の採掘申請箇所も含めた地下空間で、これを単純化したモデルとする。解析条件は、地下空間の一部の温度が上昇したと仮定し、設備稼働によって10年間熱が伝導するものとする。今回は地下空間の一部が45℃となったときの結果を示す。

(2) 解析結果

空洞のある地点の天盤部と底面部にある測定点における、温度と鉛直変位の経年変化を図-2に示す。

5. まとめ

事業者の視点で見た大谷採石地下空間の空間構成要素に対する不安要素では、全体としては、「地下水なし」、「節理なし」、「破損状況なし」の順に重要度が高い結果となった。しかし、全体の結果と反して、個別の結果としては、地中熱開発などエネルギー分野に携わる事

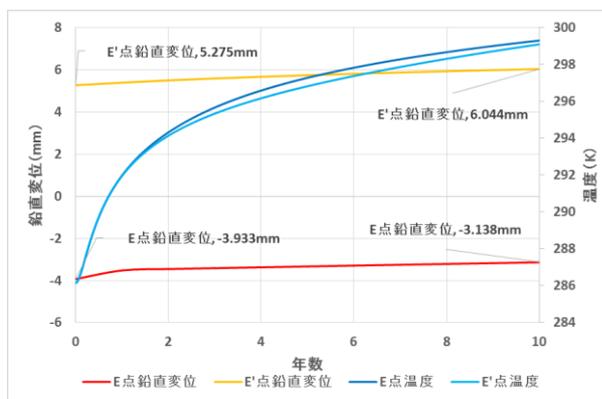


図-2 測定点における温度と鉛直変位の変化

業者は「地下水あり」を重要視するが、「節理」や「破損状況」の有無をあまり重要視しない結果となっている。これは、地下水の冷熱を活用する動きがあることから、地下水を一つのエネルギー源として捉え、「地下水あり」を重要視する結果になったものと考えられる。また、地下空間に入った経験のない事業者や、工学分野の専門とは無関係な事業者は「鉄骨補強」について、重要度が高い結果を示している。このことから、補強材があることで、地下空間に入ったことのない事業者や、工学分野とは無関係な事業者にとって、心理的な安心をもたらす影響が強いことが伺える。このことから、地下空間内に節理や破損が存在しても、その恒温性などの特性から、冷えた地下水や空気に着目した有用な利用方法できる可能性が考えられる。また、補強材があることは、不特定多数の人の利用方法や、工学分野とは無関係な事業者の参入に、心理的に安心を与え、より活発な利用の促進に繋がることが期待される。

トラベルコスト法アンケートでは、レクリエーション価値は前年と大きく変動していない結果となった。このことから、引き続き大谷資料館における地下空間の観光資源としての価値が示された。また「また訪れたい」と回答する人が約9割もいたことから、観光地としての価値の高さが伺え、大谷採石地下空間の観光資源としての利用の有効性の高さが示された。

実際に存在する大谷採石地下空間を、FLAC3Dを用いて、3次元モデルとして再現し、空洞の一部の温度を変化させた熱伝導・応力解析を行った。その結果、岩盤部が熱の伝達による温度上昇に伴って、熱膨張し、空洞全体の変位が隆起する方向に変動することが確認できた。しかし、空洞部の温度が初期温度13℃から温度上昇15℃程度では、初期の変位量に対して大きな影響がないほどの軽微な変位の変化であり、このことから、貯蔵施設やデータセンターとしての利用による温度変化では、構造安定性に大きな影響を与えないことが確認された。

6. 今後の課題

事業者向けのアンケートの結果から、地下水に着目した利用方法を考えることや、補強材による安心性の向上から、補強方法の検討をすることが求められる。また、利用者や地域住民などがどのようなことに不安を感じ、どのような対策により不安を軽減できるかの検討も必要である。

トラベルコスト法のアンケートでは、今回は年末の土曜日と観光客が多く見込まれる日に実施したため、季節や曜日を変えたアンケート実施が望まれる。また、年間の訪問者数から、1年を通じた価値の変動や、また訪れたい方法を検討する必要がある。

熱応力解析においては、熱環境以外の要因の数値解析による検討や、実験・観測データとの比較検討も望まれる。

参考文献

1) 高橋 智信, 多田 海成, 下池 恭平, 清木 隆文: 事業化を目指した大谷採石地下空間の価値評価, 地下空間シンポジウム論文・報告集, 第21巻, 土木学会, pp.57-64, 2016.
 2) 藤本 聡, 佐藤 浩, 濱田 俊一: 国土技術政策総合研究所, プロジェクト研究報告, pp.157-232, URL: <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryu/kpr/pm0001.htm> (2015年12月参照).