

既存地下空間の有効利用に関する一考察

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
名古屋大学大学院	フェロ -	西	淳二
宇都宮大学工学部	正員		今泉繁良

1. はじめに

著者らはトルコ共和国・カッパドキア地方の地下空間利用を対象に、温度・湿度特性の観点から見た住環境および岩盤工学的・地質学的立場から見た地下空間の長期安定性について研究を進めてきた¹⁾。本報文ではこの成果をもとに、国内で同様の地質条件で、既存の地下空間が存在する場所である大谷地区（栃木県宇都宮市大谷町）を対象として考察をすすめる。この地区は大谷石（流紋岩質角礫凝灰岩）を地下 30 m 以深から産出することにより、結果として地下空間を二次的に形成している。近年、この大谷石の産出量も減少の一途にあり、採掘によって生じた空間を埋め戻すことなどが検討されてきた。ここでは、二つの地域を比較し、大谷地区の採石跡地空間の展望について考える。

2. 地質学的観点からの比較

(1) カッパドキア地方¹⁾ トルコ共和国の中央アナトリア高原に位置し、Kayseri - Aksaray - Niğde の三箇所に囲まれた 5,000 km² の範囲を示す。周囲にある 3 つの 3,000 m 級の活火山（Mt. Erciyes, Mt. Hasandağı, Mt. Göllüdağ）の火山活動によってこの地域は形成された。この地域で観られる主な地質は、各種基盤岩、Yeşilhisar 層、Ürgüp 層および第四紀堆積層で構成されている。特に Ürgüp 層の中にある Kavak（凝灰岩）層において古くから地下空間が作られてきた。この層は、厚いところで 300 m、薄いところでも 80 m の層厚を持つ。これらを構成する茶褐色の Kavak 凝灰岩（総称として Cappadocia 凝灰岩）の一軸圧縮強度は 60 kgf/cm² 程度である。地下水位は地表から 20 m ~ 30 m と比較的深い位置にある。

(2) 大谷地区²⁾ 栃木県宇都宮市の中心より北西に位置する大谷町を中心に、新第三紀頃に形成された大谷層が基盤層（流紋岩類、チャート、砂岩など）の上に東西約 8 km 南北約 37 km にわたって分布し、厚いところで 200 ~ 300 m の層厚を持っている。また、東西に約 2 km、南北に約 4 km にわたり、淡緑色凝灰岩が所々に露頭している。採掘区域は東西に約 3 km、南北に約 6 km に及んでいる。大谷層は上部層、中部層、下部層、最下部層に分けられる。この地域から産出される石材 - 大谷石は、荒目石、細目石、田下石、桜田石の 4 種類に大別される。荒目石、細目石には「みそ」と呼ばれる粘土鉱物等の不純物を伴う空隙が内在し、その大きさ・分布の頻度の高いものを「荒目」、そうでないものを「細目」と分類する。実際にはこれらの間に「中目」を設け、3 段階で石材としての区分を行っている。細目は大谷層の上部層の下・中位から採られ、荒目は中部層の上位から中位に分布し、一軸圧縮強度が 100 ~ 200 kgf/cm² 程度である。田下石、桜田石は下部層の「みそ」を含まない細粒凝灰岩を指す。これらの名前は採掘する字名に由来する。一軸圧縮強度が 300 ~ 400 kgf/cm² と荒目石、細目石に比べて堅固である²⁾。地下水位は地表から概して 10 m 以浅と比較的浅い。

3. 地下空間の発生過程からの比較

(1) カッパドキア地方 古代の人々は周辺に住居を建てるための十分な樹木がない環境下で、火山活動や宗教的迫害から逃れるために地山を掘削し、地下空間を創出した。結果として 2,000 年以上前から地下空間を生活と密接な空間として利用している。周囲の地山は比較的軟らかく、幸運にも当時の単純な掘削道具で地下に都市（町）を建設できる材料が身近にあり、非常に恵まれていたことになる。現在でも一部の大規模な

地下空間の掘削を除き、手掘り掘削が行われている。

(2) 大谷地区 6世紀後半から7世紀の頃に古墳を作るための石材に使われたことが歴史に初めて登場する。これ以後建物の塀、門柱、蔵の建材や化粧板として使われている。旧帝国ホテルの装飾に使われたことは特に有名である。明治年間には露天採掘が主流であったが、大正年間からは坑内採掘によって石材が切り出された。その結果として地下空間が作られることとなった。掘削方法には「平場掘り：地上から掘り下げながら採掘する方法」と「垣根掘り：横坑を使って掘り進み、横方向に石材を掘り進む手法」の2とおりがある。これらを組み合わせた手法が「露天掘り」、「坑内掘り」である。地上から掘り下げる平場掘りの方が、手間などを考えると、垣根掘りに比べてコストは安い、浅い層の質の悪い石材を掘り出すことなく、深部の上質な石材を切り出せるので、垣根掘りの方の採算性が良い。1973年の売上をピーク（年間生産高98億円：石材業者数118）に、平成11年度には廃業も進み業者数が23にも落ち込んでいる³⁾。この傾向を示す最大の理由は大谷石の需要減少にあるが、従業員の高齢化、石材業者の零細化が拍車をかけている。新たな産業を誘致するためにも、安全条件を満足した地下空間の有効利用が望まれる。

4. 地下空間の周辺環境との調和に関する比較

(1) カップパドキア地方 地下空間は半地下型と地下型に分類されるが、主要な町の周辺に点在している。昔のまま半地下住居を住まいとして使用している一方で廃墟と化した地下空間を別荘やホテルとして再生している。町の郊外では倉庫を地下に作り商業的に用い、季節に応じてオレンジやポテト、玉ねぎなどを貯蔵している。幾世代も前から地下空間を生活の手段として利用してきたので、地下空間と地上周辺環境は非常に良く調和している。1985年にユネスコによって「ギョレメ国立公園とカップパドキア」として世界遺産の一つに制定されたこともあり、町の色調をCappadocia凝灰岩で統一している。

(2) 大谷地区 採石跡地は周囲に点在し、一部が有効利用されている。例えば1919年から1986年までの約70年間、大谷石を切り出すことによってできた巨大な地下空間（広さ約2万m²）が現在、大谷資料館として、一般に公開されている。戦争中は、陸軍の糧秣廠・被服廠の地下秘密倉庫や飛行機の地下工場として使われ、戦後には政府米の保管倉庫としても使われたようである。開館(1979年)以降、美術展やコンサート演奏会などが毎年のように開催され、地下空間が自然の舞台装置として使われている。また年間を通して8前後と低い温度に保たれているので、一部貯蔵に使われている（写真-1）。この他にも掘削跡地空間が多数在るが、残念ながら大谷資料館ほど有効には利用されていない。

5. 考察

カップパドキア地方の地下空間利用事例を参考にして、大谷地区の既存地下空間を取り巻く環境に検討を行った結果、(i) 地下空間の発生経緯が異なるので、地下空間が既存であることがそのまま開発には繋がらない、(ii) 地下水位が比較的高いので、設ける設備によっては凝灰岩の凍結・融解等の安全性を確認する必要がある、等問題がある。また、新たに産業を大谷地区に興す場合、アクセスの機能が十分であり、業務に有利な範囲に設備が立地可能であるという条件を満たす必要がある。大谷地区は道路幅員の広さに問題はあるが、東北自動車道の最寄りのインターチェンジまで10km程度であることを考えると、立地としては適当である。そこで、貯蔵施設、生産施設、研究施設および展示施設等⁴⁾、目的とニーズに適合する地下空間を改修し、新たな展開が望まれる。



写真-1 大谷資料館の貯蔵風景

6. 参考文献 1) アイダ・オメル(1999)：文部省科学研究費(国際学術研究)報告書「地下都市(トルコ共和国デリンクユ)の住環境に関する研究」課題番号09044154、2)東京通商産業局編(1983)：大谷地域における大谷石採石技術指針、3)例えば下野新聞(平成12年2月10日朝刊3面)、4)川本桃万監修、三井康司、藤川富夫、亀井紀幸(1989)：ロックエンジニアリングと地下空間、鹿島出版会。