

「大規模な地下空間」となっている大谷石採取場跡地の有効利用に関する可能性検討

來山 尚義¹・近久 博志²・的場 征史³・半田 正道³

¹正会員 建調査設計株式会社 技術研究所 (〒732-0052 広島県広島市東区光町2-10-11)
E-mail:kitayama@fukken.co.jp

²フェロー会員 山口大学 イノベーション推進機構 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台2-16-1)

³宇都宮市 経済部産業政策課 (〒320-8540 栃木県宇都宮市旭1-1-5)

宇都宮市中心部から北西に約6kmの位置にある大谷地区では、東京の帝国ホテルの壁材などとして利用されて全国的に有名となった大谷石の採掘が古くから行われていて、その採取場跡には大規模な地下空間が形成されている。本論文は、この大規模地下空間を有効利用することを目的として、まず、当該地区の地理地形、掘削の経緯、規模、気温・湿度等とこれまでの利用実績（資料館、観光・イベント会場、貯蔵庫、撮影会場など）を整理する。そして、今後の大谷地区の地下空間利用についての可能性と課題について考察し、地域の活性化に向けた事業者が進出しやすい制度・環境および自治体の支援策について検討を加える。

Key Words : *Underground space, Industrial heritage, Effective use, Ohya stone collection place site, Regional reproduction.*

1. はじめに

東京から東北新幹線で約1時間の宇都宮市中心部から北西約6kmの位置にある大谷地区には、東京の帝国ホテルの壁材などとして利用されて全国的に有名となった大谷石が分布している。

大谷石の採掘は古墳時代から始められたとされており、かつては地上に露出している採掘しやすい石の部分の掘削する「露天掘り」であったが、現在は地中深くを掘削する「坑内掘り」が主流となり、坑内掘りによる掘削跡地には大規模な地下空間が相当数形成されている。

地下空間は、外部との遮断性（気候変動、電磁波、放射能などからの遮断）、恒温恒湿性、気密性、遮音性、低振動性などの内部環境特性に優れている。このため、我が国においてもエネルギー施設、物流施設、教育スポーツ文化施設、観光施設、処理処分施設、防災施設、研究開発施設、商業施設など多岐に亘って利用が行われている¹⁾。

大谷石採取場跡地においても、資料館、撮影会場、観光・イベント会場、ワインの貯蔵、ハムの熟成等として利用はされているものの、恒常的な利用は限定されているのが実情である。

そこで、大谷石採取場跡地の恒常的な利用を促進する

ことを目的として、本論文では、まず、大谷石採取場跡地の概要を整理し、これまでの利用実績についてまとめる。そして、これまでの地下空間の利用例について整理し、大谷地区における利用可能性の検討結果について検討した結果について述べる。

2. 大谷石採取場跡地の概要

大谷石採取場跡地のある宇都宮市は、栃木県のほぼ中央、図-1に示すように東京から北に約100kmの位置にあ



図-1 宇都宮の交通環境²⁾

表-1 大谷石の標準的な物性値³⁾

物性項目 岩種	見かけ比重		空隙率 (%)	一軸圧縮強度 (MPa)		圧裂引張強度 (MPa)		弾性係数 (GPa)		ポアソン比	
	乾燥	湿潤		乾燥	湿潤	乾燥	湿潤	乾燥	湿潤	乾燥	湿潤
荒目	1.40	1.76	37.9	10.9	5.46	1.55	0.84	4.69	2.17	0.199	0.246
細目	1.40	1.76	38.5	21.4	6.71	2.48	0.87	4.00	1.33	0.165	0.232
田下	1.76	2.04	29.8	32.0	10.8	3.66	1.16	4.96	1.68	0.193	0.238
桜田	1.84	2.12	28.2	41.1	8.82	5.07	0.84	4.65	0.71	0.127	0.193

表-2 大谷石採取場跡地下空間（規模別）⁴⁾

面積(m ²)	空洞数 (個)	深度別内訳(個)		
		50m 未満	~100m 未満	100m 以上
5,000 未満	164	65	92	7
~1,0000 未満	51	5	40	6
~15,000 未満	20	1	15	4
~20,000 未満	8	0	5	3
~25,000 未満	4	0	3	1
合計	247	71	155	21

り、東北自動車道、東北新幹線が市内を南北に縦断している。また、平成 23 年には北関東自動車道が全通し、水戸から宇都宮、関越自動車道を経由して新潟まで高速道路でつながる予定である。

大谷地区は、宇都宮市中心部から北西に約 6km、東北自動車道宇都宮 IC から約 15 分の距離にあり、標高 200m 弱の丘陵部と周辺を取り巻く高位段丘面および低地（概ね標高 140~200m）からなる。

大谷石は新第三紀頃（約 2000 万年前）に形成された代表的な溶結凝灰岩であり、基盤層（流紋岩類、チャート、砂岩など）の上に東西約 8km、南北約 37km にわたって分布し、厚いところで 200~300m の層厚を有している。このうち、採掘区域は東西約 3km、南北約 6km におよんでいる。

大谷石は古墳時代（約 1500 年前）に石棺や石室としての利用が始められた。その後、714 年には国分寺建立にあたって、石垣、土止め、土台石等に利用され、1063 年には宇都宮城築城に際して、砦に大谷石が使用された。

そして、大正 8 年には東京の帝国ホテルの建築に利用され、関東大震災の時にその優れた耐震性や耐火性が証明され、関西地方まで販路が拡大された。

大谷石の採掘は当初は手掘りによって行われていたが、昭和 27 年頃から機械化が進み、現在は機械掘りが主流となっている。また、採掘を安全に行うため、採石法の改正と技術指針の改訂が随時行われており、現在は事務手続きは都道府県が所管し、平成元年の県通達（技術審査基準）により採掘が行われている。

大谷石の品質は、「ミソ」と呼ばれる粘土鉱物等の不

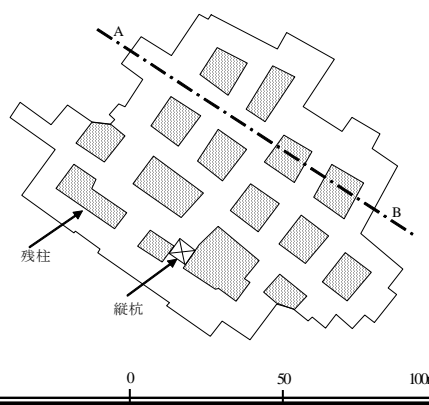


図-2 地下空間形状の一例⁴⁾

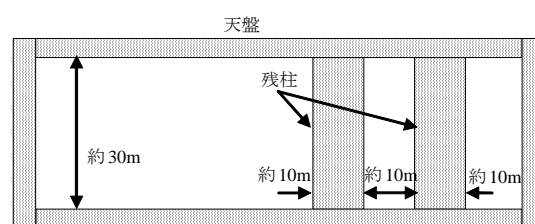


図-3 断面模式図（A-B 断面）⁴⁾

純物を伴う空隙の密集度合いに依存している「通り」と呼ばれる部分の大小によって決まる。すなわち、「ミソ」の集中している部分は、石材の品質はあまり良くないので、「通り」を避けて出来るだけ良質な石材を切り出してきた。特に「ミソ」の含有の少ないものから順に、細目、荒目一級、荒目二級などと分類している。

また、大谷層は上部層、中部層、下部層、最下部層に分けられ、このうち上層部の下部は「通り」がなく最も良質な石材である。

表-1に、大谷石の標準的な物性値³⁾を示す。

大谷石採取後の跡地には大規模な地下空間が形成されている。現在、表-2に示すように 247 箇所があり、そのうち面積 5000m²未満のものが 164 箇所と全体の 70%弱を占め、地表から空間底部までの深さが 50~100m のものが 155 箇所と最も多い。

このうち、非水没（一部湛水を含む）、非陥没、非埋戻、振動が多発していない、形状が明確等、利用にあたって障害が少ない空洞は約 30 である。

図-2、図-3 に地下空間形状の例を示す。また、写真-1



写真-1 地下空間内部の状況

表-3 地下空間内温湿度計測結果例 1⁴⁾ (単位℃)

	気温 (℃)						湿度 (%)						
	平成元年 8 月			平成 2 年 2 月			平成元年 8 月			平成 2 年 2 月			
	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	平均	最高	最低	
外部	25.0	33.0	20.1	3.5	15.9	-6.1	83	98	59	75	98	37	
空洞内	入口	13.9	20.9	10.0	欠測			90	92	89	欠測		
	南西部	8.8	12.1	7.5	3.8	5.6	1.6	94	94	94	90	95	72
	中央部	8.0	9.1	7.8	2.0	4.4	-1.0	97	97	97	88	98	65
	北東部	7.8	8.6	7.6	1.1	3.8	-1.0	97	97	95	91	99	70

表-4 地下空間内温度計測結果例 2 (単位℃)

年	月	温度 (℃)												平均
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
96-00		2.0	1.5	3.0	5.5	7.4	8.7	10.4	11.8	12.9	12.0	8.6	4.6	7.4
00-04		1.5	1.3	2.2	4.7	6.8	8.2	9.6	11.0	12.0	11.1	7.9	4.6	6.7
2005		1.7	1.0	1.8	3.8	5.7	7.0	8.2	10.9	11.4	10.3			
2007						7.6	9.6	10.7	11.9	13.0	11.7	8.1	4.3	
2008		1.4	1.0	3.4	6.2	7.4	8.9	10.3	11.6					
月平均		1.6	1.2	2.4	4.9	6.9	8.3	9.7	11.2	12.1	11.2	8.0	4.6	

に地下空間内部の状況を示す。

地下空間内での温度・湿度の観測結果の例を表-3および表-4に示す。表-3より、地下空間内の気温は-1~12℃程度で推移していて、同時に観測した外気温(-6~33℃)と比較して変動が小さいことがわかる。また、湿度は冬季に70%程度まで低下する場合があるものの、全体的には90%以上で推移している。表-4は観測位置、観測時期は異なるものの、長期的な気温の変化を観測しており、地下空間内の気温は概ね表-3と同様な傾向を示している。

さらに、別の空間内で観測した地下水温度は5℃前後で一定している。これより、地下空間内は恒温・恒湿の条件を有しているといえる。

なお、大谷地区では平成元年に発生した陥没事故を受け、図-4に示す「大谷石採取場跡地観測システム」を構築し、計126箇所地震計を設置して監視を行っている。

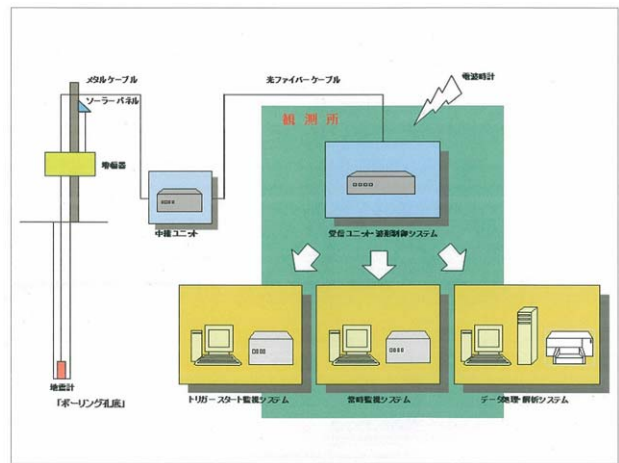


図-4 大谷石採取場跡地観測システムの概要⁵⁾

3. 大谷石採取場跡地におけるこれまでの利用

大谷石採取場跡地における主な利用実績を整理し、表-5に示す。これより、観光・イベント会場、貯蔵庫、養殖場・製造所、研究所および映画・テレビ等のロケーション会場等として多くの利用が行われている。

このうち、第二次世界大戦中に中島飛行機地下軍需工場として利用されたのを始め、昭和44年頃には政府米の保管庫として利用されてきた大谷資料館は、昭和54年に常設展示資料館として利用が始められ、現在はコンサート、展示会、ファッションショー、撮影会場などとしての利用も行われている。

なお、大谷資料館以外の採取場跡地においても、これまで柑橘類、玄米、ワインなどの貯蔵、ハムの熟成、撮影会場等としての利用が行われてきた。しかしながら、現在、柑橘類の貯蔵は行われておらず、現段階では、玄米・ワインの貯蔵、ハムの熟成、撮影会場等としての利用に止まっている。

4. 地下空間の利用例

我が国においては、これまで多くの地下空間が掘削形成され、工場・実験施設(倉庫などを含む)、文化・スポーツ施設、交通・物流施設(トンネル、地下駅、駐車場など)、エネルギー施設(発電所、LNGタンクなど)、上下水道・治水施設など多種多様な利用が行われている。

一方、北欧諸国では地下核シェルターの機能を有する地下空間を積極的に利用している。例えば写真-2に示すオリンピック・マウンテン・ホールは、1994年にノルウェーのリレハンメル近郊で開催されたオリンピックの会場として建設されたが、景観を保全するために世界最

表-5 大谷採石場跡地利用実績一覧

利用状況	利用開始	利用内容	備考
1 観光・イベント会場としての利用	S54年～	大谷資料館	消防法による設備済み
	S62年	演劇等の上演 大谷洞窟迷路	実施者は大谷地区総合開発推進協議会
2 貯蔵庫としての利用		① 柑橘類（熊本県経済連外）の貯蔵	
		② キウイフルーツ（静岡産）の貯蔵	
		③ 柿（奈良県西吉野農協）の貯蔵	
		④ ヤマトイモ（小山市絹農協）の貯蔵	
		⑤ レタス（青森、千葉産）の貯蔵	
		⑥ ジャガイモ（北海道産）の貯蔵	
	S57年～終了	⑦ 大豆（中国産）の貯蔵	
	S61年～終了	⑧ イチゴ苗の貯蔵（花芽分化促進）	
		⑨ モチ菓子原料の貯蔵（試験中のもと）	
	S61年～終了	⑩ 米の低温貯蔵実験	
	S62年～終了	⑪ 切り花保護および開花技術	
	終了年不明	⑫ キャベツの貯蔵	
		⑬ 樹シュヴァリエのワイン 30万本の熟成	
		⑭ 日本酒	
	S45～47年	⑮ 米の貯蔵庫（農林水産省補助事業）	
S56～60年	⑯ 柑橘類の貯蔵		
H21～	⑰ 米の貯蔵	商品名：大谷涼洞米	
3 養殖・製造所としての利用		① 滝沢ハム製造プラント工場（ハムの天然熟成）	商品名：オーヤグロット
	S60年～終了	② 納豆の精製（脱アンモニア無臭化）こいしや食品と共同開発	商品名：百歳納豆
	S61年～終了	③ ホワイトシメジの栽培	
	*終了年不明	④ チーズの熟成（こいしや食品と共同開発）	
	S57～60年	ヒメマスの養殖	
4 高度技術当研究所としての利用	S60年～終了	① 宇宙線の研究（東京大学宇宙線研究所折戸研究室）	
	S61年～終了	② ホログラフスタジオ（レーザー光線による3次元の立体映像（樹フォロテックマツダ）	
	S61年～終了	③ 氷蓄熱システム開発（清水建設および久保田鉄工と共同開発）	S59～60年農林水産省補助事業 通商産業省補助事業
	S61年～終了	④ 超先端加工システム研究開発〔形状創生技術の研究開発（トヨタ工機）のための環境制御技術の調査研究（清水建設）〕	
	S59年～終了	⑤ 宇宙線の研究（東京大学宇宙線研究所）	
	S61年～終了	⑥ 宇宙線の研究（東京大学宇宙線研究所折戸研究室，早稲田大学・日本大学）	
	S61年～終了	⑦ 宇宙線の研究（東京大学宇宙線研究所）	

太枠囲み：現在継続中

大の人工岩盤地下空洞とし、またその入口も景観に配慮してあまり目立たないようなデザインとなっている(写真-3)。この施設は、全床面積が 14,910m²で、幅 61m、高さ 25m、長さ 91mのアイスホッケー場と、幅 12.5m、長さ 25m、6レーンの一般プールと、幅 4m、長さ 8mの幼児用プールからなっている。メインの空間となるアイスホッケー場は、収容人員 5,830人、観客席 5,100席で、イベント会場としての活用も図られている。

わが国の地下空間の利用者に地下空間を選定した理由についてアンケートを取ったところ⁶⁾、工場・実験施設、文化・スポーツ施設では、恒温・恒湿・音響特性などの内部環境特性および気密性・遮音性・断熱性などの遮断性を期待した例が多かった。また、交通・物流施設では、遮断性、土地の有効利用を、エネルギー施設では、耐震性、土地の有効利用、景観・自然の保全を、また上下水道・治水施設では耐震性、土地の有効利用、施設の共有化を期待した例が多くなっていた。



写真-2 オリンピック・マウンテン・ホール



写真-3 オリンピック・マウンテン・ホールの入口

表-6 大谷石採取場跡地利用可能性検討結果一覧表⁷⁾

	大谷石採取場跡地の特徴													土地の 利用しやすさ	大谷での 業種	備 考				
	恒温性	恒湿性	音響特性	神秘性・ 非日常性	耐震性	断熱性	気密性	遮音性	遮光性	電磁波遮断性 放射線	低振動性	景観保全	環境保全				交通アクセス 良好な空間	大規模空間		
物流	物流センター	○	○			○	○					○	△		○	○	難	無	道路、電力が不足	
	低温倉庫	○	○			○	○					○	△		○	○	難	無	道路、電力が不足	
	冷凍倉庫	○	○			○	○					○	△		○	○	難	無	道路、電力が不足	
	野菜倉庫	○	○			△	○					△	△		○	○	難	有	道路、電力が不足	
	穀物倉庫	○	○			△	○					△	△		○	○	難	有	道路、電力が不足	
製造	野菜工場	○	○			△	○			△		△	△		○	△	難	無	道路、電力が不足	
	精密機械	○	○			○	○				○	○	△		○	○	難	無	道路・電力・水が不足、 レイアウトに大きな制約を受ける	
	日本酒焼酎貯蔵	○	○		○	△	○			△		△	△		△		易	有	酒の販売所としても利用	
	日本酒製造	○	○			△	○					△	△		△		易	有	水が必要?	
	ワイン貯蔵	○	○		○	△	○					△	△		△		易	有	ワイナリーとしても利用	
	ハム熟成	○	○			△	○					△	△		△		易	有		
	納豆製造														△		難	有	道路が不足	
チーズ熟成	○	○			△									△		易	有			
養殖	ヒメマス養殖	○	○			△	△							△	○	普	有	道路・電力、水が不足		
エネルギー関連	石油備蓄					○	○					△	○		○	○	難	無	道路が不足、安全性の確保が課題	
	地下水貯蔵	○	△											○		○	普	無	渇水時の水確保	
	冷熱貯蔵	○	△					○						○		○	普	無		
	冷水貯蔵	○	△					○						○		○	普	無		
	温度差発電	○	△				○	○						○		○	難	無	電力送信設備が必要	
	水蓄熱	○	△				○								○		難	有	電力が不足	
スポーツ	体育館	○			△	○	○								△	○	難	無	電力が不足、半地下方式、柱撤去、天盤掘削	
	スケートリンク	○			△	○	○			△					△	○	難	無	電力が不足、半地下方式、柱撤去、天盤掘削	
	人工雪スキー場	○			△	△	△			△					△	○	難	無	電力が不足、半地下方式、柱撤去、天盤掘削	
	バトミントン会場	△			△	△	△	○							△	△	普	無	無風状態を維持	
	ライトフレーション会場	△			△	△	○								△	△	普	無	無風状態を維持、柱が邪魔?	
音楽・映像	コンサート会場	△	△	○	○					○					△	△	易	有	大谷資料館で利用している	
	音楽スタジオ	△	△	○	○					○					△	△	易	無		
	映画・TV撮影			△	○					△					○		易	有	大谷資料館他で利用している	
	ホログラム作成			△	○										△		易	有	大谷資料館他で利用している	
	映画村				○	△									△	○	普	無	道路、電力が不足	
文化	展示場	△	△		○	△	△								△	○	普	有		
	美術館	△	△		○	△	△								△	○	普	有		
	図書館	△	△		○	△	△								△	○	普	無		
	劇場	△			○	△									△	○	難	無	半地下方式、柱撤去、天盤掘削	
研究	研究施設	○	○	△		○	△	△	△	△	○	○			△	△	普	有	レイアウトに大きな制約を受ける	
医療	病院	△	△		○										△	△	普	無	カルテ保存、サナトリウム	
情報防災	コンピュータセンター	○	○			○	○					△	○		△	△	難	無	電力が不足	
	防災センター				○								○		△	△	普	無		
レジャー	結婚式場	△		△	○										△	○	普	有		
	バー・スナック	△		△	○												普	無	小分割することにより利用可能	
	レストラン	△		△	○										△		普	無	小分割することにより利用可能	
	ホテル	△			○										○	○	普	無		
	アミューズメント施設	△			○										○	○	普	無	サバイバルゲーム場等としての利用を含む	
	巨大迷路	△			○										△	○	普	有		
宗教	宗教施設	△		△	△										△	○	普	無	墓地としての利用を含む、地元同意が得られるかが課題	
迷惑	ゴミ処理場														○	△	△	普	無	地元同意を得られるかが課題
	下水処理場														○	△	△	難	無	地元同意を得られるかが課題
	火葬場														○	△	△	普	無	地元同意を得られるかが課題

物流センター：多種大量の商品を供給者から荷受けし、積換え、保管、仕分け、流通加工、情報加工などを行い、多数の需要家の注文に応じて品揃えし、配送する重要な物流拠点

凡例

○：メリット大
△：メリット小
無印：メリットなし
×：デメリット

土地の利用しやすさ

易：現状のインフラや地形に近い状態で利用できる
普：利用するには現状のインフラや地形に多少の手を加える程度でよい
難：利用するには現状のインフラや地形を大規模に変更する必要がある
(インフラ：主に道路、水、電力)

アンケートでは、実際に施設を地下空間に設置・運用した際の評価も聞いているが、湿度対策が想定以上に必要といった低い評価がある反面、空調費が削減される、地震に強い、神秘性が高いといった事項で高い評価を得ていた。

5. 大谷石採取場跡地の新たな利用可能性の検討

本検討においては、大谷石採掘場跡の大きな特徴（大規模地下空間、恒温・恒湿、神秘性、耐震性等）を考慮に入れ、これまでの利用実績、利用者へのヒアリング結果、既往報告、他の地下空間利用者へのヒアリング結果などをもとに、当地区で可能性のある利用策を挙げ、そ

の利用を行う上で期待・要求される特徴と、当地区が有する特徴とを対比することにより利用可能性の検討を行った。その結果を表-6に示す。

これより、いずれも一長一短があり、利用に際して解決すべき課題があるものの、物流施設（倉庫、物流センターなど）、野菜工場、精密機械、スポーツ施設、文化施設、コンピュータセンターなどが候補として挙げられ、それぞれについて、メリット、デメリット、売り込み対象業種等について検討を行った。このうち、物流基地としての検討例を表-7、図-5に示す。

これらの中で、特に、解決すべき課題として以下の事項が考えられた。

①地元理解：跡地にはそれぞれ複数の土地所有者、採掘権所有者があり、利用にあたってはこれらの同意を

得る必要がある。合わせて、円滑な利用推進にあたっては、地元住民の理解を得ることが必要である。

②消防法、建築基準法への対応：空洞内を利用するに当たり、防災に対する対策も必要となる。特に、煙制御、避難経路の確保、スプリンクラーの設置などが必要となるが、実施に当たっては関係機関との十分な協議が必要である。

また、大谷石採石場跡地における利用を促進するための助成金、補助金について、特に中小企業が進出するための主な補助金等をまとめた(表-8 参照)。なお、当地区の特性を活かした企業の進出を促進するため、新たな助成制度の新設を検討することも必要と考えられた。

表-7 大谷石採取場跡地利用可能性検討結果の例

物流基地 (物流センター, 低温倉庫, 冷凍倉庫, 野菜倉庫, 穀物倉庫など)	
①概要	採石場を特に首都圏への供給基地として位置づけ、集積、積み替え、保管、仕分け等の機能を持たせる。倉庫の種類としては定温倉庫, 低温倉庫, 冷凍倉庫などが考えられる。取扱貨物としては、これまでに実績のある野菜や穀物以外にも、冷凍食品, 日用品なども考えられる。
②メリット	首都圏等の大市場に近く、また高速道路の IC に近いことから、東北地方からの大量の商品を扱うことが出来る。 (北関東自動車道→関越道を経由して新潟港(中国, 韓国など)からの輸出も視野に入れることができる) 恒温, 恒湿であり、保存のための空調費が削減できる。 大規模空間であることから、大量の商品を扱うことが出来る。
③デメリット	周辺の交通機能を整備する必要がある 大規模な電力を供給する必要がある 取扱商品によっては湿度対策が必要となる 採石場内, 採石場外の大規模な地形変更が必要となる 建築基準法, 消防法などの制約を受ける
④対象	倉庫業, 流通業, 製造業など (観光協会, 商工会議所なども)
⑤備考	宇都宮市「産業集積促進調査業務」中間報告書(案)の中で、宇都宮市の方向性の一つとして、宇都宮市の強み(災害が少ない)と脅威(情報のグローバル化)を活かした災害回避型都市が挙げられている。その中で、宇都宮市の市場規模, 立地環境などから物流センターの誘致が提案されている。 物流基地機能とあわせて、展示即売場(空洞外でも可)を併設することにより、集客性も期待できる。 また、天盤を撤去して半地下構造とすれば、地下構造物としてのメリットは残したままで、法的な制約を少なくすることが可能になる。



図-5 物流基地建設イメージ

表-8 助成金・補助金に関する制度検索結果の例

助成・補助制度名	概要, 関連 URL など
宇都宮市・宇都宮市中小企業融資振興会	
中小企業商工振興資金 (大谷活性化資金)	大谷地区における地域振興若しくは地域活性化事業又は安全対策事業に係る資金の設備資金(土地購入に係る部分を除く。)及びそれに伴う場合の運転資金を融資 http://www.cityoffice.city.utsunomiya.tochigi.jp/sangyo/chushokigyo/002074.html

6. おわりに

大谷石の採取場跡地に形成されている大規模地下空間を有効利用することを目的として、地下空洞が有する様々な特性を整理するとともに、他地区での利用例も参考に利用可能性の検討を行った。その結果、様々な分野での利用が考えられるが、いずれのケースも解決すべき課題が浮かび上がったところである。

そのため、今後は、有効利用の障害となるこれらの課題の解決を図るほか、民間事業者の進出を促すような支援策の研究を行いながら、事業環境を整えていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 地下開発利用研究センターホームページ
- 2) 宇都宮市 第5次宇都宮市総合計画 平成20年3月
- 3) 清木隆文・アイダンオメル・西淳二・田中正一：既設地下空間の構造的安定性に関する一考察—大谷石採掘跡地空間について—, 地下空間シンポジウム論文報告書, 第10巻, pp.79-88, 土木学会, 2005.
- 4) 的場征史・半田正道・中村有希・近久博志・田口岳志・來山尚義：大谷石採取場跡地に形成されている大規模地下空間の有効利用策について(その1：現状紹介)
- 5) 財団法人大谷地域整備公社：大谷石採取場跡地観測システム パンフレット
- 6) Present status and evaluation of the use of underground space in Japan, 5th Joint Workshop COB/JTA in Japan 2002.
- 7) 的場征史・半田正道・中村有希・近久博志・田口岳志・來山尚義：大谷石採取場跡地に形成されている大規模地下空間の有効利用策について(その2：利用策検討)