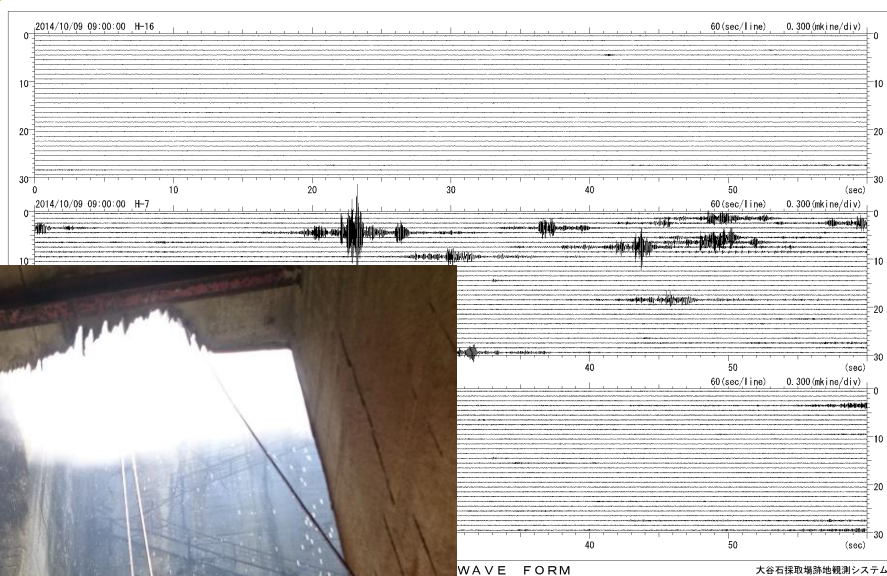


大谷石採取場跡地 観測システム



長時間モニター記録例



大谷石採取場立坑内(深さ約 60m)

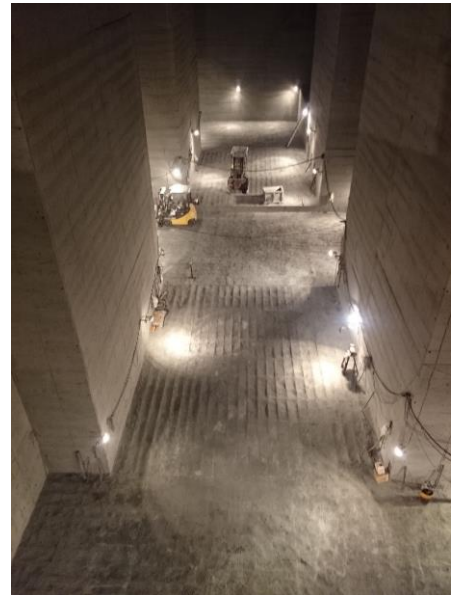
大谷地域の安全のために、地震計が常時、地下の変動を監視しています。

公益財団法人 大谷地域整備公社

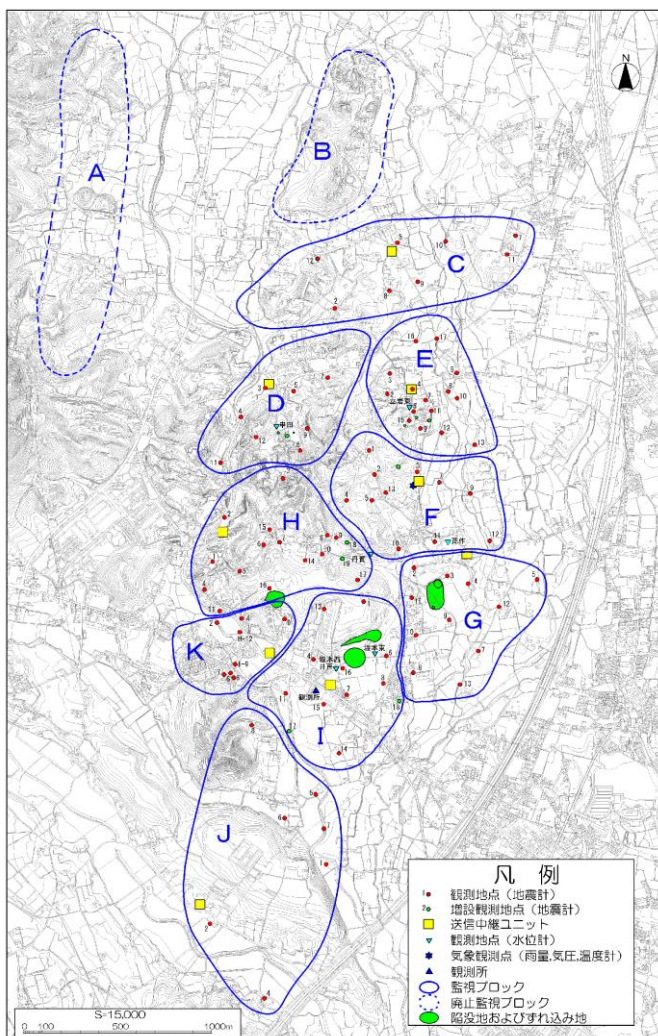
観測システムの整備

大谷石とは、宇都宮市の北西部に位置する大谷町を中心に、東西約4km、南北約6kmの範囲に分布する凝灰岩の通称です。今から約2千万年から1千5百万年前、海底火山の激しい活動により、溶岩、軽石、火山灰、砂礫などが海底に堆積してできた「流紋岩質軽石凝灰岩」で、埋蔵量は約6億トンと推定されています。

大谷石は、他の石材に比べやわらかく加工しやすいため、古くから採掘されてきました。昔の採掘方法は、露出した岩盤を直接採掘する「露天掘り」でしたが、需要の拡大や採掘機械の導入、また、良質の石材を得るため、地下数十メートルでの「坑内掘り」に変わってきました。この「坑内掘り」という特殊な採掘方法が、大谷地域に陥没事故を発生させることとなります。



大谷石採取場坑内



大谷石採取場跡地の陥没事故は、古くから発生していましたが、1989年2月10日、大谷町の坂本地区で、東西約60m、南北約70m、深さ約30mの大規模な陥没が発生しました。

さらに、1か月もたたない3月5日には、周辺部が再び陥没し、同月18日にも周辺部が崩落して、被害は東西約115m、南北約160mに及びました。

このため、栃木県は、同年9月から、坂本地区の12か所に地震計を設置して振動観測を開始しました(予備観測)。この観測及び解析の結果を基礎データとし、大谷石岩片落下振動実験等も行いながら、観測システムの構築を行いました。

1990年3月28日には、大谷石採取場跡地が存在する全域を95か所の観測点で監視する本観測システムがスタートしました。

同年4月1日には、観測システムの管理運営が、県から大谷地域整備公社に移りました。

その後、観測システムの整備拡充を図りながら大谷石採取場跡地が存在する東西約3km、南北約5.5kmの観測区域に、AからKまでの11監視ブロックに分けて126か所の観測点を設け、地下の変動を常時観測していました。

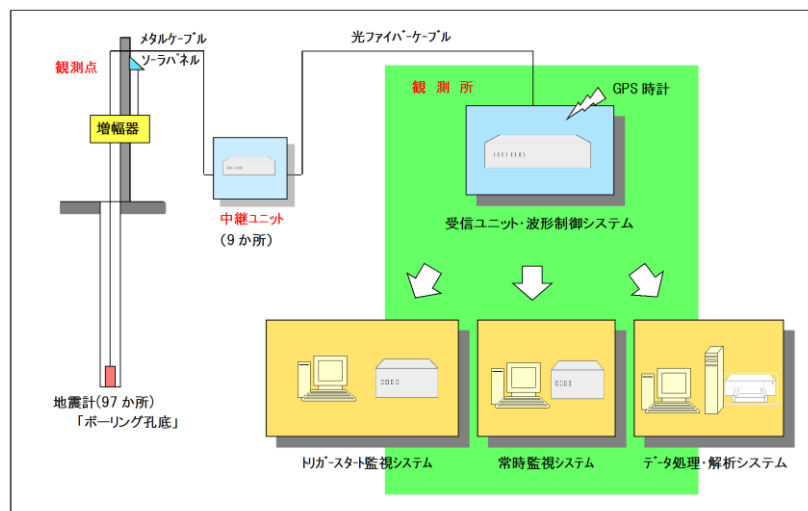
2014年度からは、これまでの観測実績を踏まえ観測点の再配置(※)を行い観測区域は東西約2km、南北約4.4kmとし、9監視ブロック97か所の観測点により常時観測をしています。

(※) 過去の観測実績等により、A及びB監視ブロックの廃止など観測点33か所の撤去と4か所の追加配置を行った。



観測システムの概要

観測システムは、地震計により、地下空洞の天盤、壁面、残柱等に生じる岩片剥離や亀裂、崩落に伴って発生する振動を観測するとともに、地下水位の観測も行いながら、総合的に地下の変動を監視しています。また、それらのデータを解析することにより、陥没等の可能性を予測するものです。



観測システム系統図

観測点・地震計

観測点には、3成分(上下動1、水平動2)の振動が観測できる地震計が設置されています。大部分の観測点では、1成分(上下動)だけを測定していますが、特に監視が必要な観測点では、3成分を観測しています。作業や自動車による振動など、地表で発生する人工的なノイズを避けるため、ほとんどの地震計は、直径66mmのボーリング孔の孔底(平均地下20m)に埋設されています。

また、観測点には、振動波形をよりクリアに測定するため、ソーラー発電によるバッテリーを備えた増幅器を設置しています。



ソーラーパネル・増幅器(地震計)

伝送システム

地震計が捉えた振動波形は、観測点からメタルケーブルで、監視ブロックごとに設置された中継ユニット(光信号送信装置)に送られます。

中継ユニットでは、受信した電気アナログ信号を増幅したのち、ノイズに強い光デジタル信号に変換し、光ファイバーケーブルを通じて、振動波形を観測所の受信ユニットに送っています。



中継ユニット

監視システム

観測点からのデータは、すべて大谷石採取場跡地観測所に集結されます。観測所では、受信ユニットに送られてきた振動波形を、トリガースタート監視システム、常時監視システムなどに分配しています。



監視・解析システム

トリガースタート監視システム

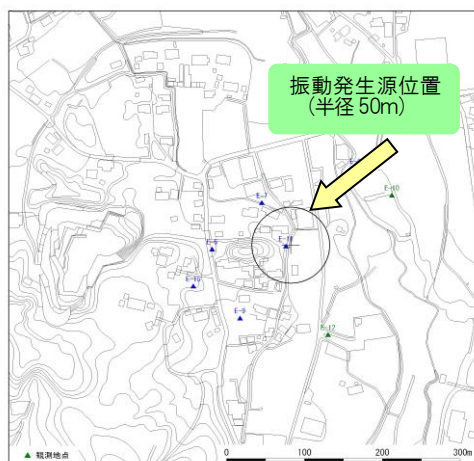
予め設定されたトリガーレベル以上の振幅が生じた場合には、振動発生源に近い8か所の観測点を選定し、振動のデータを収集しています。さらに、ノイズと地下の変動に伴う振動を自動的に選別し、出力・保存しています。なお、自然地震については、18か所の観測点の波形データを出力し、全観測点のデータを保存しています。



観測データの分析

常時監視システム

過去の陥没地に隣接する観測点など、重要な観測点(12か所)では、常時、振動波形をモニタリングしています。観測点の設定は、データの推移や陥没の危険などにより、随時変更することができます。



振動発生時の情報提供(速報版)

データ処理・解析

観測したデータは、波形の分析、発生源位置の推定、発生頻度、振動の規模(エネルギー)などの解析処理を行うとともに、データベース化して、今後の監視や陥没などの予測に活用しています。また、監視活動の中で、地下変動等が確認された場合は、その情報(振動波形、発生源位置等)を、観測所の掲示板で地域の皆様に提供するとともに、県、市などの関係機関に随時報告しています。

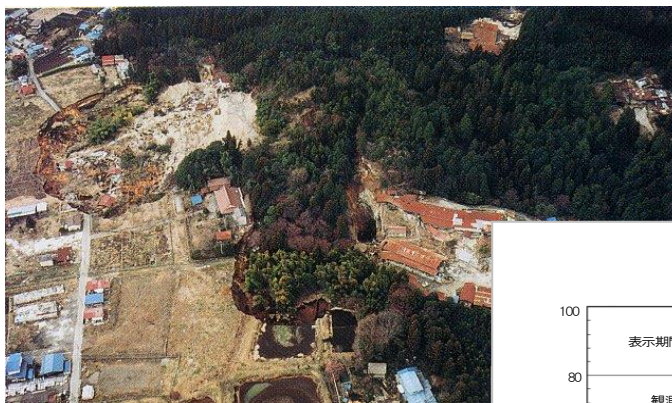
観測の実績

観測開始後に6回の陥没が発生しています。

このうち、坂本地区と瓦作地区の陥没では、陥没が起こる半年～1年前から振動が発生していました。1～2.5か月前には、その発生頻度が高まり、さらに1週間前からは、極めて多く発生する傾向にありました。また、頻発する前には、振動発生が全くない空白期間があることが、両地区に共通する特徴となっています。

立岩西地区と同東地区の陥没では、1～2か月前から振動が頻発するのを確認し、警戒監視を強化することができました。

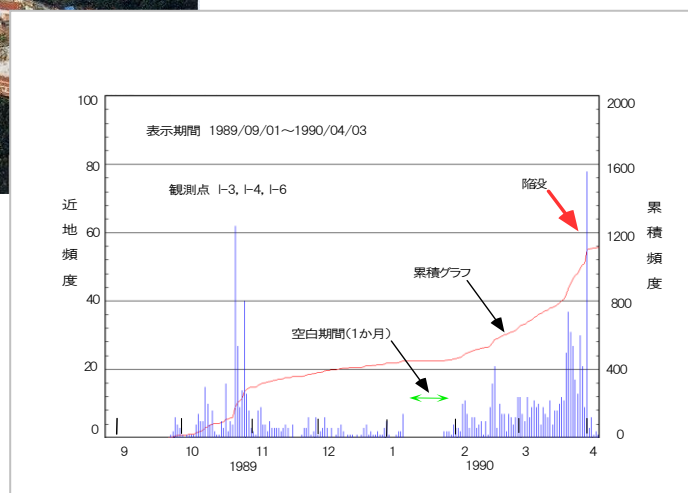
観測開始後の陥没



陥没の状況

坂本地区の陥没

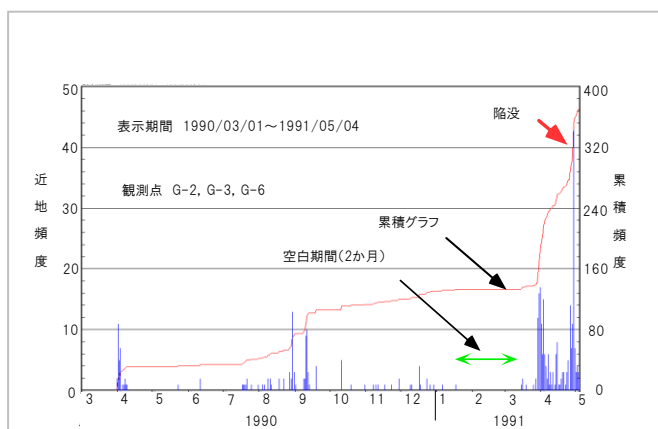
(1990年3月29日)



陥没までのデータ

瓦作地区の陥没

(1991年4月29日)



陥没までのデータ



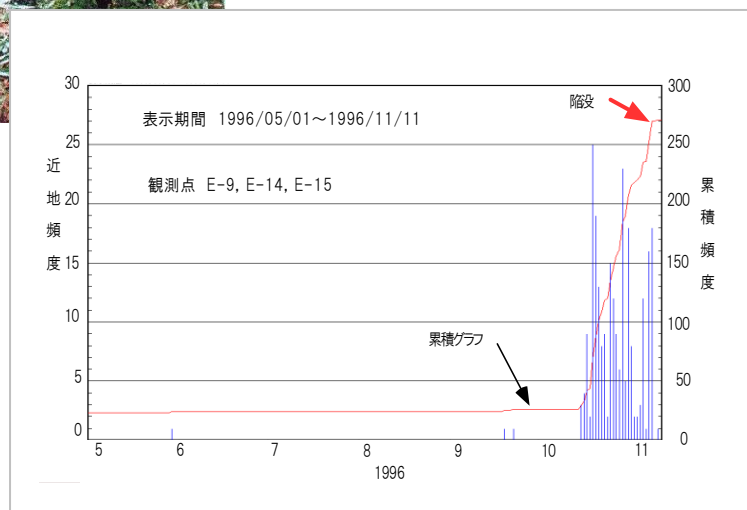
陥没の状況



立岩西地区の陥没

(1996年11月8日)

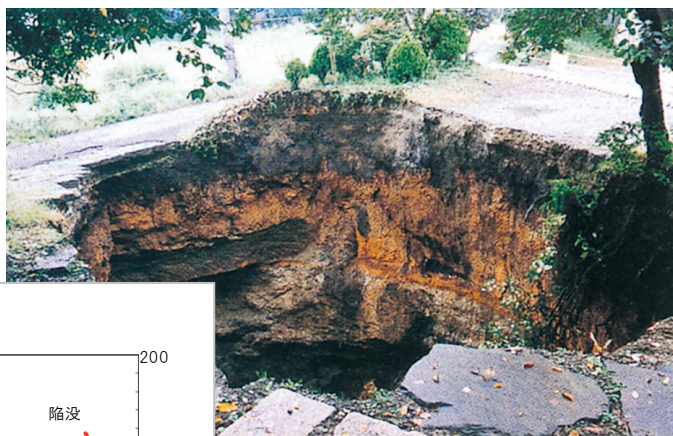
陥没の状況



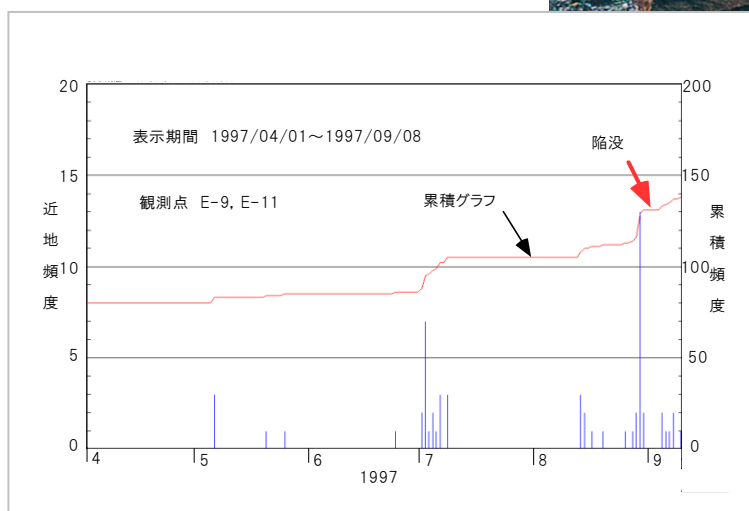
陥没までのデータ

立岩東地区の陥没

(1997年9月3日)



陥没の状況



陥没までのデータ

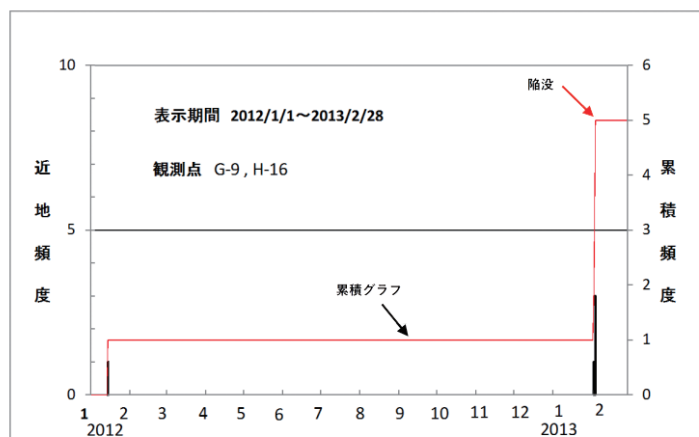
荒針地区の陥没

(2013年2月3日)



陥没の状況

※地形等の特異性により、わずか5回の振動で陥没に至る、特殊なものでした。



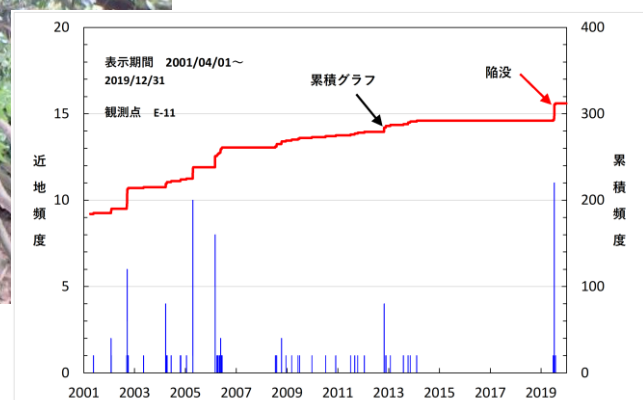
陥没までのデータ

立岩東地区の陥没

(2019年7月9日)



陥没の状況

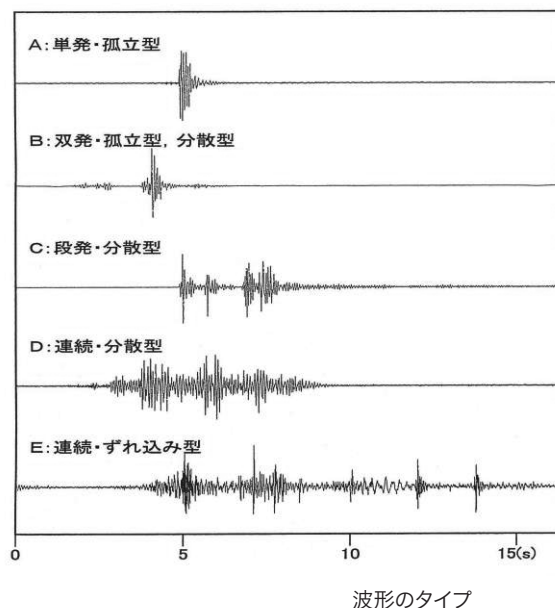


陥没までのデータ

● 振動波形

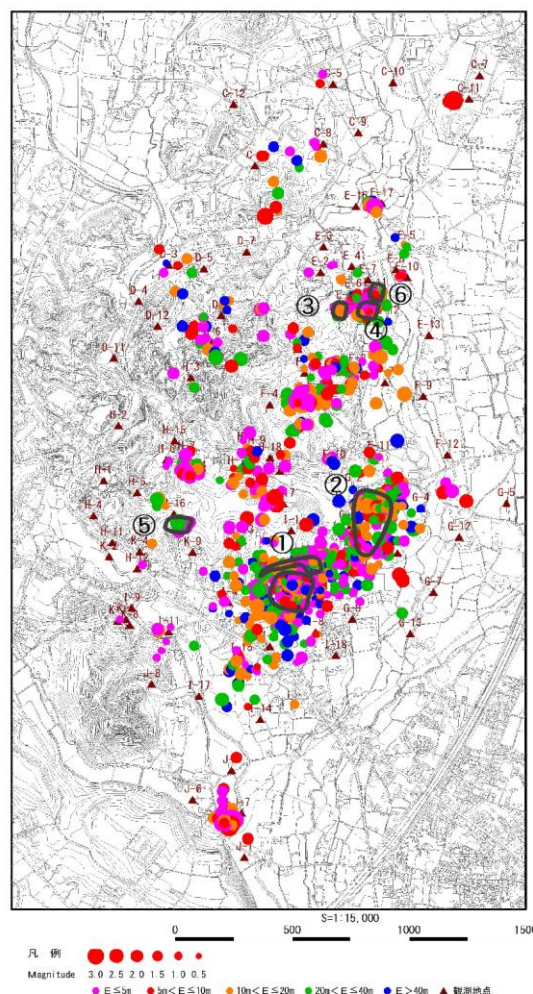
振動の波形は、その外観の特徴により、5つのタイプ(A～E)に分類されます。

- A：岩盤亀裂の発生・伸長による振動
- B：天盤から岩片が剥離した際、さらにこの岩片が落下した際に生じた振動
- C：複数の岩片が段発的かつ分散的に落下する際に生じた振動
- D：岩盤の崩落剥離の規模が大きく、岩片が広範囲で崩落して生じた振動
- E：陥没地や立坑における埋め戻し土砂のずれ込みによる振動



● 振動発生源位置及び陥没地の分布 (1989年9月29日～2021年5月31日)

- ① 坂本地区の陥没 (1990年3月29日)
- ② 瓦作地区の陥没 (1991年4月29日)
- ③ 立岩西地区の陥没 (1996年11月8日)
- ④ 立岩東地区の陥没 (1997年9月3日)
- ⑤ 荒針地区の陥没 (2013年2月3日)
- ⑥ 立岩東地区の陥没 (2019年7月9日)



公益財団法人 大谷地域整備公社

〒320-0043 宇都宮市桜 4-2-2
(県立美術館普及分館1階)
TEL028-643-6621 FAX028-643-6622

大谷石採取場跡地観測所

〒321-0345 宇都宮市大谷町 1075

TEL 028-652-3091 FAX 028-652-2330

令和3年7月作成