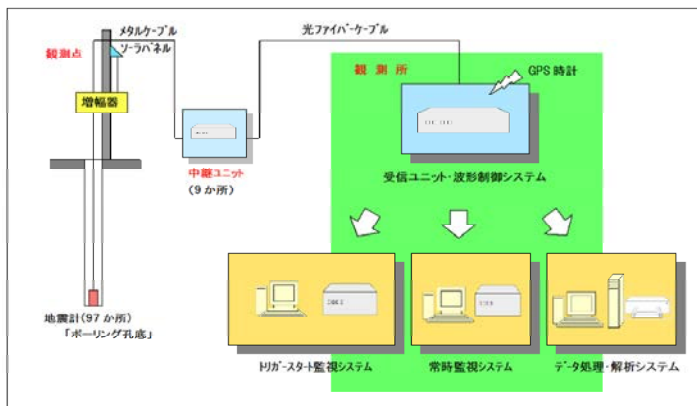


技術概要書（様式）

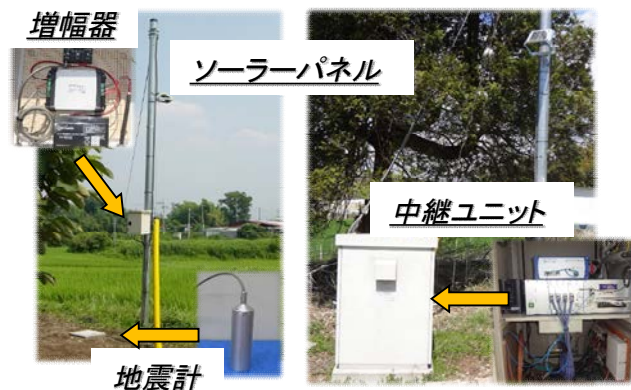
※別紙2

出展技術の分類	安全・防災	インフラDX	維持管理	環境	コスト	品質	(該当分類に○を付記)
技術名称	大谷石採取場跡地観測システム		担当部署	企画・技術本部			
NETIS登録番号			担当者	山田茂治			
社名等	川崎地質株式会社		電話番号	03-5445-2071			
技術の概要	1. 技術開発の背景及び契機						
	<p>1989年2月10日に、栃木県宇都宮市大谷町坂本地区の大谷石採取場跡地で東西約60m、南北約70m、深さ約30mの大規模な陥没が発生し、同年3月には東西約115m、南北約160mまで拡大しました。この陥没を契機として、同年9月に陥没地のある坂本地区の12か所に地震計を設置して落盤や採掘空洞内の亀裂発生に伴う振動の予備観測を開始しました。この観測および解析の結果を基礎データとして、翌1990年3月には大谷石採取場跡地のほぼ全域、東西約3km、南北約5.5kmの95か所に地震計を設置する振動観測システムを構築し、本観測を開始しました。</p> <p>本観測の開始以後、観測地点の配置について適宜見直しと強化を行い、現在は東西約2km、南北約4.4kmに97か所の地震計を設置して34年間観測・管理・運用を継続中です。</p>						
	2. 技術の内容						
	<p>地震計により、地下空洞に生じる岩片剥離や亀裂、崩落に伴い発生する振動を観測するシステムです。地震計は、上下動と水平動2成分の合計3成分が観測可能であり、地表で発生する人工的なノイズを避けるため、ボーリング孔底(平均地下20mの凝灰岩内)に埋設しています。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(写真-1)。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に送られます。中継ユニットでは、受信したアナログ信号をノイズに強いデジタル信号に変換し、光ファイバーケーブルを通じて観測所の受信ユニットに送ります。</p> <p>観測点からのデータは、すべて観測所に集結され、トリガスタート監視システム、常時観測システム、データ処理・解析システムに分配され、解析処理が行われます(図-1、写真-2)。</p>						
	3. 技術の効果						
<p>観測データは、振動発生源位置の推定などの解析処理とともに、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。</p> <p>観測情報は、行政等関係機関に随時報告するとともに、観測所の掲示板やホームページにて地域の皆様に提供しています。</p> <p>また、大谷地域内6か所の地下水位定時自動観測も行いながら、総合的に地下の変動を監視しています。</p>							
4. 技術の適用範囲							
<p>採取場跡地空洞で観測された振動波形の外観的な特徴(振幅ピークの数や継続時間の違い等)から、岩盤亀裂の発生・伸長や、天盤、壁面、残柱等に生じる岩片剥離や崩落等の破壊現象を推察し、振源域の移動や発生頻度の時系列変化に注意しながら観測・監視を行っています。</p> <p>データ処理と解析は、振動の波形分類とFFT分析、2段階方式による振動発生源位置の推定を行います。まず、速報版として半径50mの推定円を数秒で計算し、初動体制確保に活用しています。確定版は、初動到達時刻を読み取って発生源位置と規模(ローカルマグニチュード)を推定し、発生頻度とともに推定結果をデータベース化して陥没予測へ活用するための資料提供を行っています。</p>							
5. 活用実績							
<p>1989年の観測開始以後、陥没が現在まで6回発生しました。観測開始から現在までの振動発生源位置と6回の陥没地の分布では、振動が集中する箇所と陥没地が対応していますが、陥没に至っていない所でも振動集中が見られ、引き続き注意深く観測を行う必要があります(図-2)。振動発生頻度は、陥没発生に先立って振動が頻発し、陥没発生後は急激に減少する傾向があります。年度別に見ると、東日本大震災のとき一時的に増加しましたが、長期的には年々減少傾向にあります(図-3)。</p> <p>1991年の大陥没(写真-3)における振動発生の時系列変化を見ると、陥没の約1年前から振動が頻発した後、4か月前から振動発生全くない空白期間が2か月程度存在していました(図-4)。1990年に別の場所で発生した大陥没の際にも、約1.5か月の空白期間が存在しました。</p>							

6. 写真・図・表



図一 観測システム系統図



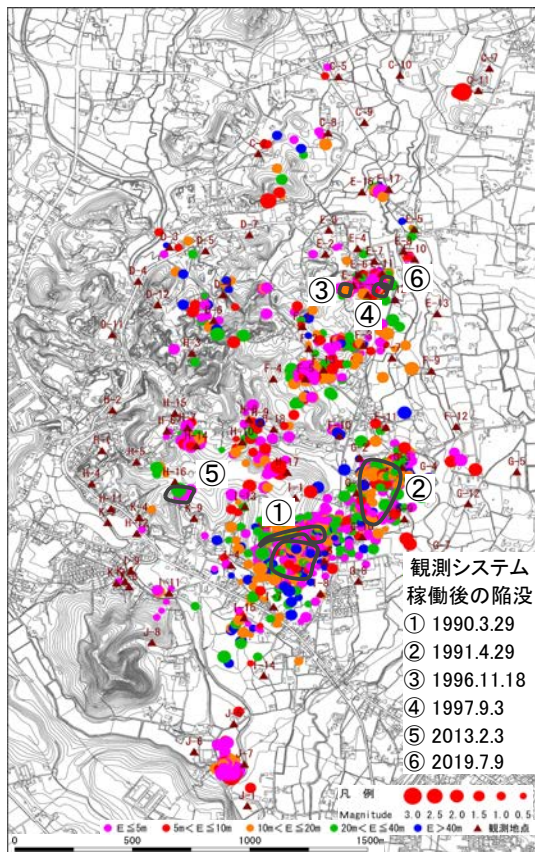
写真一 屋外観測機器



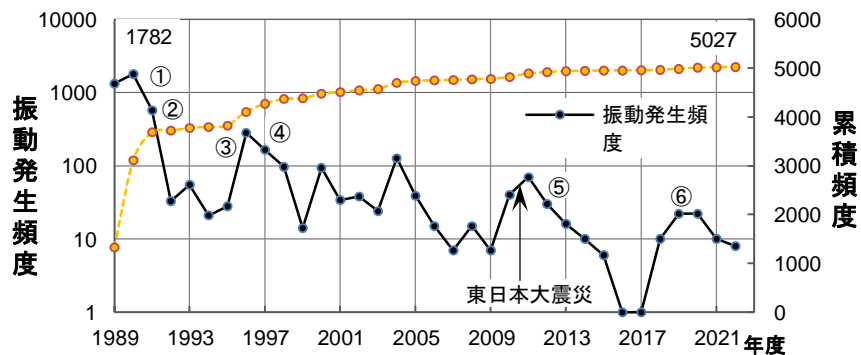
写真二 監視・解析システム



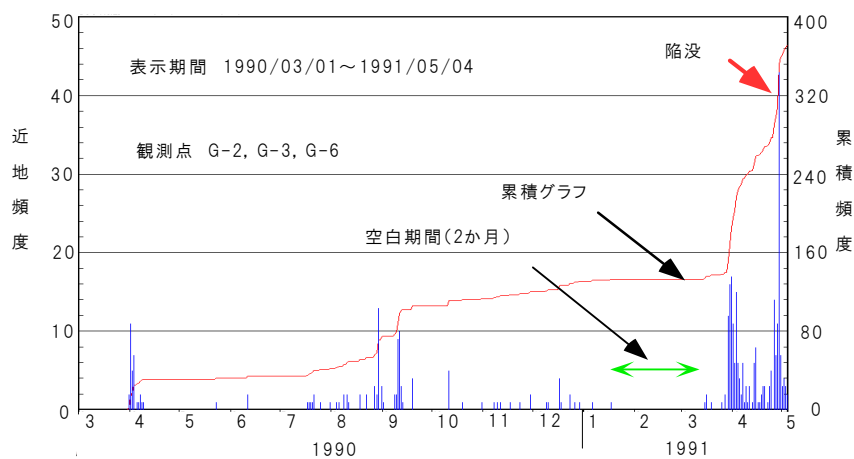
写真三 1991年4月29日発生の陥没



図一 振動発生源位置(1989-2022)



図三 年度別振動発生頻度(1989-2022)



図四 陥没までの発生頻度時系列変化事例