大規模土砂災害における無人航空機等を活用した初動調査について

国土交通省近畿地方整備局近畿技術事務所　亀井稔，松岡和行※1，南口由行※2
国土交通省国土技術政策総合研究所　木下篤彦
中電技術コンサルタント株式会社　○秦雅之，中田一騎，山野亨，河井恵美，荒木義則
（※1：現 豊岡河川国道事務所，※2：現 大和川河川事務所）

1. はじめに

地震や豪雨により生じた大規模な崩壊等により、崩壊土砂が河道を閉塞し、天然ダムが形成されることがある。形成された天然ダムは降雨や渓流の流水により次第に侵食されることが多いが、天然ダムが決壊すると上流に溜まった水を含む大規模な土石流が発生し、下流域の人家等に甚大な被害を及ぼす危険性がある。このため、天然ダムが形成された際に実施する緊急調査について「緊急調査実施の手引き（河道閉塞による土砂災害対策編）平成 23 年 4 月」が策定されている。また、本手引きでは、地上またはヘリコプターでレーザー距離計による計測等を行って緊急調査の必要性を判断すること、緊急調査では天然ダムの形状の計測結果等を踏まえて被害のおそれのある区域及び時期を推定することなどが定められている。

本検討では上記手引きの初動対応「Ⅰ.緊急調査着手の判断」、「Ⅱ.初動期における被害の生じるおそれのある区域および時期の想定に関する調査」について、既往資料を基に課題を整理した上で、無人航空機や ICT 機器（砂防調査・管理効率化ツール「SMART SABO」）を活用してそれらの課題を解決するための実証実験を行い、その有効性を検証した。

2. 大規模土砂災害における初動対応の課題と対応の方向性

既往の検討資料・実績を基に大規模土砂災害における初動対応の課題を抽出し、無人航空機や ICT 機器を活用してその課題を解決するための対応の方向性(案)を検討した（図-1）。

3. 無人航空機や ICT 機器を活用した初動対応の実証実験の概要

上記の課題とその課題解決の方向性(案)を踏まえ、平成 23 年の紀伊半島大水害で大規模な河道閉塞が発生した奈良県五條市赤谷地区で無人航空機や ICT 機器を活用した初動対応の実証実験を行った（図-2）。

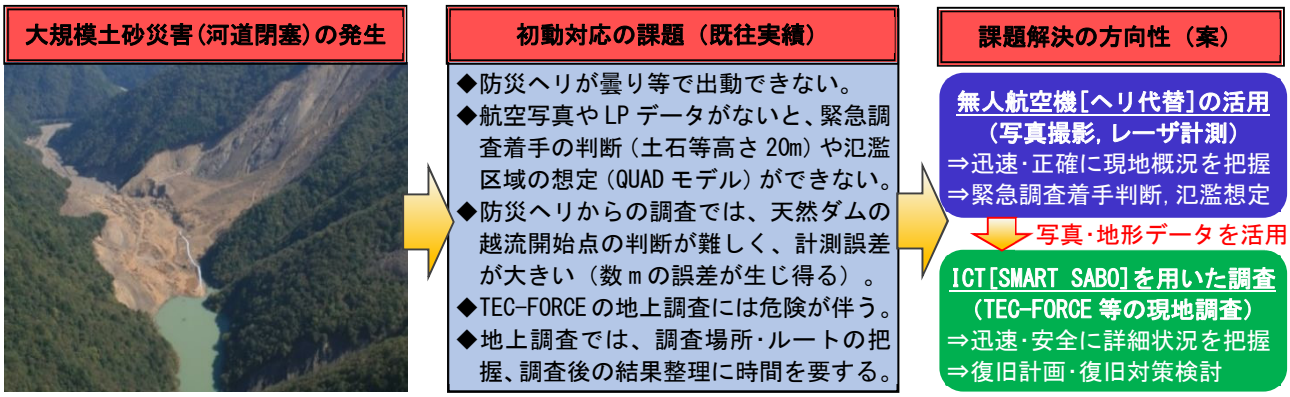

図-1　大規模土砂災害発生時の初動対応の課題と課題解決の方向性(案)

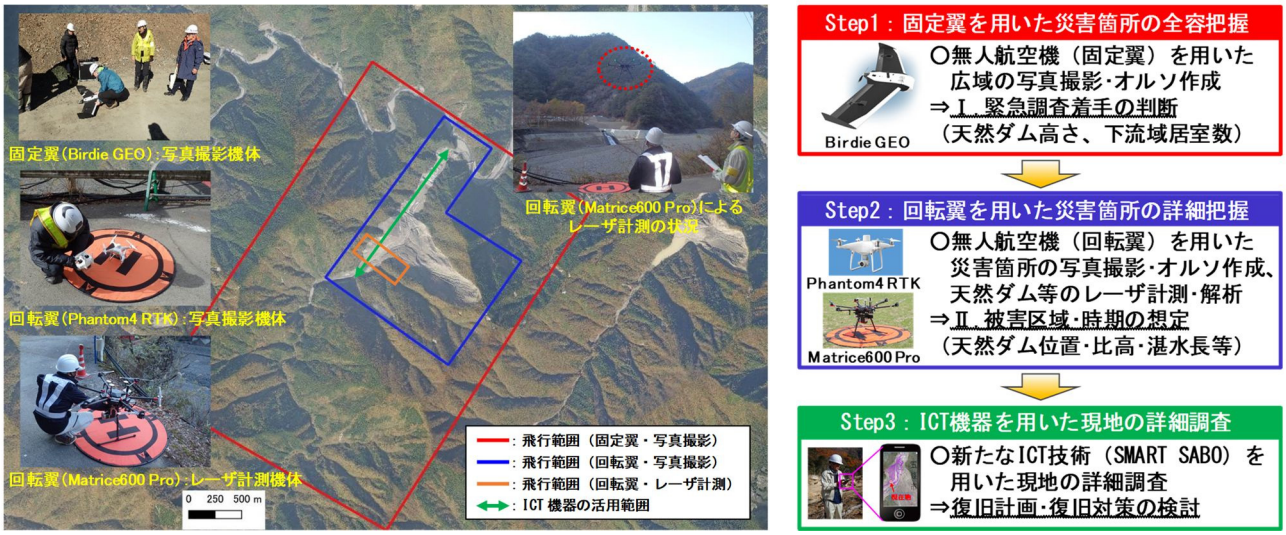

図-2　ICT 技術を活用した初動対応の実証実験（奈良県五條市赤谷地区）

4. 初動対応の実証実験の結果

①緊急調査着手の判断

Step1 の固定翼（Birdie GEO）を用いた広域調査（撮影高度：海抜 1,648m、撮影範囲：3.0km×4.4km）の結果、赤谷地区の大規模崩壊地の 10 倍程度の広さを撮影でき、天然ダムや周辺の崩壊地を含む災害箇所周辺の全容を把握することができた。また、撮影写真から PPK（Post Processing Kinematic：後処理キネマティック方式）で位置情報を取得して 3 次元点群モデルを作成することにより、1 日以内に仮想天然ダム（実験では尾根部を設定）の概略形状（天然ダムの高さ等）を計測できた（図-3）。これより、防災ヘリ調査を実施できない場合も、固定翼を用いた調査を行うことで、緊急調査着手の判断が可能になると言える。ただし、写真から作成した 3 次元点群は樹木を含んだ地表のデータであるため、樹木の高さ程度の誤差を含むことに留意が必要である。

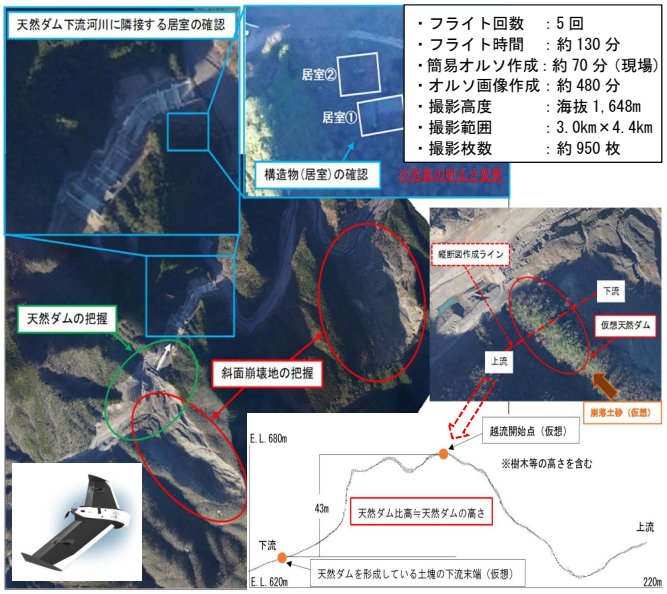

図-3　固定翼を用いた災害箇所の全容把握（Step1）

②初動期における被害の生じるおそれのある区域および時期の想定に関する調査

Step2 の回転翼（Phantom4 RTK）を用いた垂直写真撮影により、天然ダム周辺の詳細なオルソ画像を作成し、天然ダムの湛水長を計測することができた。また、回転翼（Matrice600 Pro）を用いたレーザ計測（計測誤差：30cm 未満）により、QUAD モデルによる天然ダムの決壊シミュレーションに必要な数値データ（天然ダムの位置・比高・下流側水平長・越流までの水位差）を全て半日以内に計測することができた（図-4）。これより、防災ヘリ調査を実施できない場合も、回転翼を用いた写真撮影・レーザ計測を行うことにより、従来より迅速かつ高精度で天然ダム決壊に係る被害区域や決壊時期のシミュレーションを実施できると考えられる。

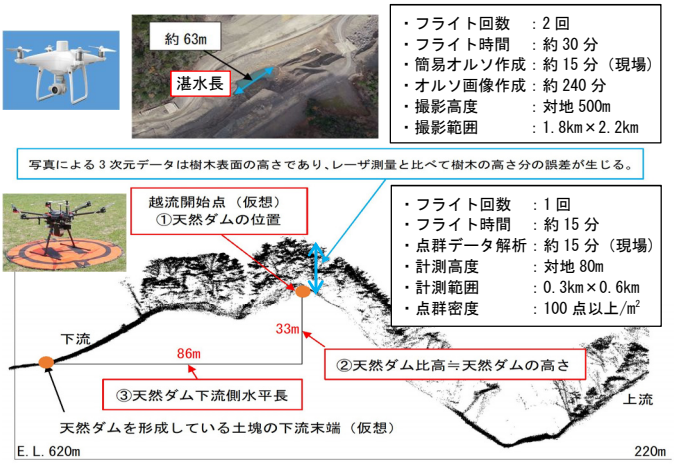

図-4　回転翼を用いた天然ダム形状の詳細把握（Step2）

③砂防調査・管理効率化ツール「SMART SABO」を活用した現地調査

Step3 では、②で作成した天然ダム周辺のオルソ画像を「SMART SABO」の背景図として取り込み、TEC-FORCE の初動対応を想定した地上での緊急調査を実施した。その結果、調査場所・調査ルートの把握、調査員の安全確認、調査の進捗管理、調査完了後のデータ整理等において、従来の調査方法と比べて格段に負荷を軽減できることを確認した。また、「SMART SABO」は別途作成した復旧計画（案）の CAD 図面や国土数値情報の土砂災害警戒区域等の GIS データを取り込めるため、復旧計画と現地の各種情報を確認しながら現地調査を行うことができるなど、TEC-FORCE の初動対応のみならず、その後の復旧計画・復旧対策の検討等にも非常に有益であることを確認した（図-5）。

図-5　SMART SABO を用いた現地の詳細把握（Step3）

5. おわりに

本検討では、既往の大規模河道閉塞の発生箇所（奈良県五條市赤谷地区）で大規模土砂災害発生時の初動対応の実証実験を行い、無人航空機及び ICT 機器（砂防調査・管理効率化ツール「SMART SABO」）を活用することにより、従来より初動対応を格段に迅速、安全かつ高精度で実施できることを確認した。本手法は、当該地区のみならず他の多くの大規模土砂災害の初動対応に活用できると考えられるため、今後大規模土砂災害が発生した際は、本手法を参考にして初動対応を実施されることを期待する。