【CM099】

物理探査によるボタ埋め土の調査・検証事例

日本地研株式会社　　松地　遼太郎

1. はじめに

本論文は，ボタで埋立てられた旧谷地形で，物理探査を用いて旧地山の出現深さを推定し，ボーリング調査によって直接的に出現深さを確認した事例を紹介するものである．

調査地は，いわゆるボタ山の跡地であり，基盤岩を厚くボタ(採炭屑等)が覆っている．一般に，採炭屑は小型の貨車に載せ，ワイヤー巻き上げでボタ捨て場に運び，無造作に積み上げられていた．そのため，ボタ山は締め固められず,地盤としては緩い状態であると考えられる．

今回の調査は，ボタと地山の密度の違いに着目して，物理探査でその境界を把握しようとしたものである．物理探査は弾性波探査と電気探査を実施しており，探査結果とボーリング調査結果の比較を紹介する．

2. 調査の概要

(1)業務の目的

業務としての目的はボタの層厚と締まり具合，支持層の出現位置および化学的性質を把握することであり，本論文はボタの層厚の調査を主体として記述した．

(2)調査地の地形



図-1 周辺地の地形図[1900(明治 33)年]



図-2 周辺地の空中写真[2021(令和 3)年][1)]

現況地形は台地状の平坦地であるが，かつては近隣で炭鉱が稼働しており，ボタ山が形成された履歴がある．ただし，詳細な造成資料は残っておらず，ボタの層厚は不明である．

図-1の旧地形図を見ると，かつては幾筋かの尾根が延びていた．その後，閉山までにボタ山が形成され，造成のためにボタの一部が解体され,図-2の現況地形となる．

(3)調査の概要

次の手順で調査を実施した．

①弾性波探査

調査概要：人工的に発生させた振動（弾性波）が地下を伝わる速度や反射する性質を利用して，地層の硬軟や境界，地下構造を可視化する

結果利用：調査結果からボタが厚い(地山出現が深い)位置をボーリング地点として選定する．

➤弾性波速度が上昇する範囲と低下する範囲を確認できた．速度上昇箇所がごく浅い位置で計測された範囲は，地表面から地山が分布すると思われたが，旧地形では谷部にあたる範囲であったため，電気探査を併用して再検討することにした．

②電気探査

調査概要：地面に打ち込んだ電極に電気を流し，地盤の比抵抗を測定することで，地質構造や地盤の状況，地下水の分布などを可視化する

結果利用：弾性波探査の結果も参考にして，調査結果からボタが厚い(地山出現が深い)位置をボーリング地点として選定する．

➤弾性波速度が上昇した範囲に高比抵抗箇所が確認された．この高比抵抗範囲は地表面から数ｍの範囲であり，ボタ以外の埋設物の可能性があると想定し，目視確認のためにトレンチ調査を実施することになった．

③トレンチ調査

調査概要：バックホウで□0.75m×5m，深さ1m で床掘直接目視で地盤状況を確認する

結果利用：弾性波速度の上昇と高比抵抗が測定された理由を判断する

➤高比抵抗部には鉱滓が確認された．深さ方向の分布も把握する目的で，当該範囲でもボーリング調査を実施することにした．

④ボーリング調査

調査概要：φ66mm のオールコアボーリングで，掘進止め条件はN≧50を5m 確認とした

結果利用：ボタの層厚確認と支持地盤の推定

➤ボタの性質把握のために，室内土質試験で物理試験一式と室内土壌分析分析試験(土対法27項目，PFAS，pH，硫化物，フミン酸)を実施した．土壌分析等の結果は，基準値が定められている項目については基準を満足するものであった．

3. 調査結果

(1)弾性波探査と電気探査

弾性波探査は 2 測線(A 測線，B 測線)で実施した．ここでは，浅部に高比抵抗が確認された A 測線について結果を示す(図-3)．

黒矢印の位置に弾性波速度の上昇や低下の変化部が認められた．弾性波速度の上昇部は周囲と比較して硬い状態であり，旧地形の尾根部とも考えられたが，図-1 に示した地形図では谷部と推定される位置であった．調査地の不確実な情報として，廃棄物の埋設の疑いがあることを把握していたため，同じ測線で電気探査も実施した．

その結果，該当箇所で浅部に高比抵抗が測定されたことから，埋設物が存在するおそれがあるとして，目視確認のためトレンチ調査を実施することになった．なお，これらの結果を基に，ボタが深く分布していると思われる 2 地点を選定して，ボーリング調査を実施した．

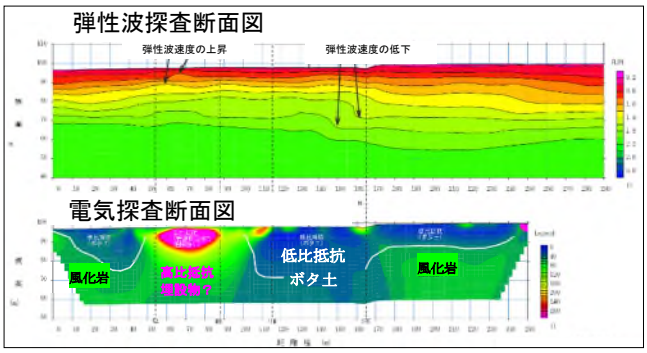


図-3 弾性波探査と電気探査の結果断面図(A 測線)

(2)トレンチ調査結果

トレンチ調査は図-4 に示す 4 か所で実施した．バックホウを用いて□0.75m×1m，深さ 1m の床掘を行った(図-5)．調査の結果，高比抵抗が確認された範囲で鉱滓が確認された．非常に硬く固結しており，調査に用いたバックホウでは掘削困難になる場所もあった．

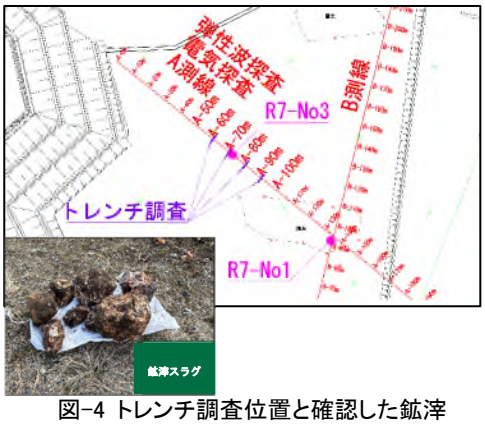


図-4 トレンチ調査位置と確認した鉱滓

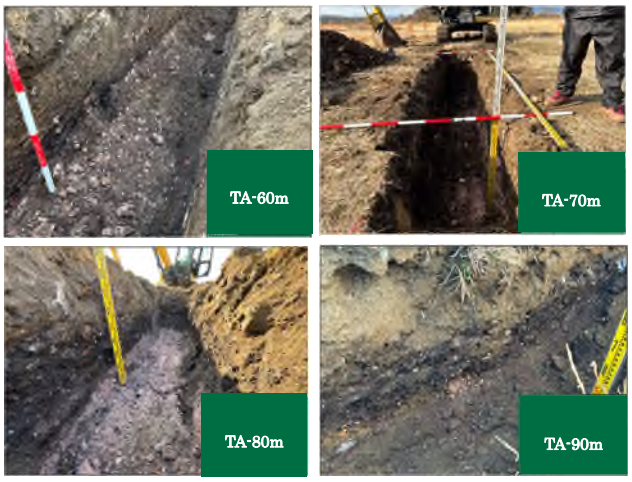


図-5 トレンチ調査結果

鉱滓の深さ方向の分布を確認する目的も兼ねて，当該範囲でもボーリング調査を実施することとした．

(3)ボーリング結果

ボーリング調査は，ボタ分布深度の確認で 2 箇所，鉱滓分布深度の確認で 1 箇所実施した．対象地の基盤岩は古第三紀の堆積岩類であり，その上位をボタが覆っている．図-6 はボーリング調査結果を基にした推定地質断面図と電気探査の結果を重ねて示したものである．

R7-No.1 はボタが深く分布すると推定していたが，ボーリング調査で表層付近から風化泥岩が確認された．また，R7-No.2 の礫岩直上の礫分を多く含んだ箇所や R7-No3 の強風化岩は電気探査の推定と若干相違が見られた．

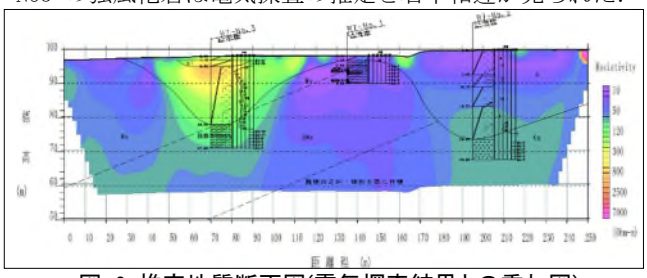


図-6 推定地質断面図(電気探査結果との重ね図)

4. まとめ

弾性波速度や比抵抗値は土質・地質に固有の値ではないため，相対的な判断となる．特にボタはその地域の基盤岩と同等のものが母岩であるため，ボタと風化岩の区分が困難なことがある．

今回の調査は，ボーリング調査でボタと地山の区分を数点で確認でき，探査の結果評価の精度向上につながった．また，旧地形図や過去の空中写真も，埋没した旧地形の推定に有効であった．今後も多視点から物理探査の結果をとらえ，探査結果をより良く判断できるように経験を積んでいきたい．

《引用・参考文献》

1) 国土地理院地形図（に加筆），(最終閲覧日2025年3月16日）．
https://maps.gsi.go.jp/#16/.