

比抵抗二次元探査を用いた地下水系区分による水源開発事例

日本地下水開発株式会社 ○高橋 健太，大沼 隆

1. はじめに

山形県西置賜郡飯豊町にて新規水道水源開発計画があり、計画地は水質が良好と期待される野川水系と、鉄分が多く水源としては不適切と推定される福田川水系との合流域のため、地下水の供給源を区分する水理地質構造を把握する必要があった。本報告では地下水賦存量や水質により変化する地盤の比抵抗値に着目して比抵抗二次元探査を適用して水理地質構造を把握し、水源井掘削地点を決定、掘削したところ、水量・水質共に良好な水源が得られた地下水源調査事例を報告する。

2. 調査地の概要

調査地は山形県南西部の長井・飯豊盆地の西縁に位置し、西方の朝日山地から流入する野川、福田川により形成された複合扇状地上に位置する。周辺には多数の深井戸、浅井戸が存在し、既存井戸の水質は、福田川水系は鉄分を含有し、野川水系は鉄分を含まない良好な水質の傾向にある。

図-1既往地質図によると、野川の後背地質は白亜紀花崗岩類、福田川の後背地質は新第三系凝灰岩・泥岩で異なる。このため、扇状地堆積物の礫種、マトリックスも後背地質を反映してそれぞれ異なることとなる。両水系の集水面積は野川水系の方が広い。

「穴戸ほか、2001³⁾」によると、一般に水道水質基準に不適合となる項目の頻度は鉄分が最も多く、色度・濁度・マンガンがこれに続く。鉄分は堆積岩類で出現頻度が高く、火山岩類で出現頻度が低い傾向にあるとされる。

したがって、地層の比抵抗値が地質のみならず、地下

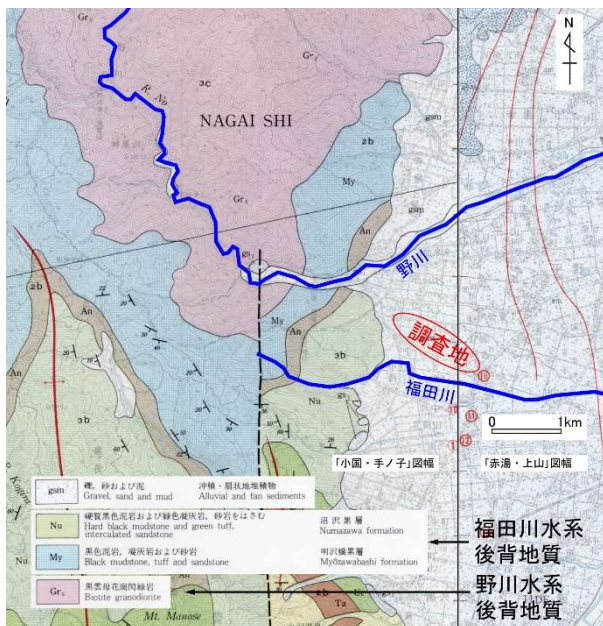


図-1 既往地質図¹⁾²⁾

水中の鉄分含有量の違いも反映すると考え、比抵抗二次元探査の適用を考えた。

3. 調査結果

(1)比抵抗二次元探査

対象地域の水理地質構造を詳細かつ連続的に把握するために、推定される地下水流動方向にほぼ直交する形で計6測線、延べ3.9kmの測線を設定し、比抵抗二次元探査を実施した。周辺井戸の揚水実績より、新水源井の深度は30～40mと想定されたため、電極間隔は5m、探査深度は50mとした。

図-2に比抵抗二次元探査の解析結果を示す。

図-3に地下水系区分図を示す。

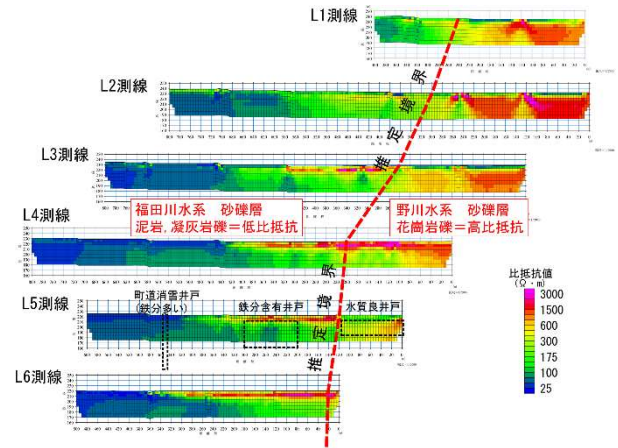


図-2 比抵抗二次元探査結果



図-3 地下水系区分図⁴⁾

全測線において終点側（野川側）に高比抵抗領域、始点側（福田川側）に低比抵抗領域の分布がみられた。

比抵抗値の違いは砂礫層の礫種およびマトリックスと含有水分の水質の違いによるものと推察され、野川水系

の礫種が花崗岩かつ水質良好＝高比抵抗，福田川水系の礫種が凝灰岩・泥岩かつ溶存成分（鉄分）過多＝低比抵抗であるためと考えた。

なお，周辺井戸の深井戸の電気検層データも上記区分と調和的であり，野川水系の井戸は高比抵抗，福田川水系の井戸は低比抵抗の傾向にあった。

周辺井戸の電気検層データでは福田川水系の砂礫層の比抵抗値は200Ωm以下となっていた。孔内にて電極間隔：0.25～1mの小スパンで測定する電気検層と地表計測にて電極間隔：5mで計測する比抵抗二次元探査では同じ地層であっても得られる見掛け比抵抗値は必ずしも同じではない。

このため，水道水源として利用することを考慮した安全側への配慮から，野川水系砂礫層（鉄少なく水質良好）と福田川水系砂礫層（鉄分が多い領域）との閾値を比抵抗値300Ωmと想定し，2系統の地下水系を区分した。

(2)水源開発適地の選定

水道水源を開発するにあたり，開発地の選定条件としては以下の4点が挙げられた。

- ① 水量が豊富である
- ② 水質が良好である（鉄分を含まない）
- ③ 周辺既存井戸への影響が最小限となる地点
- ④ 配水計画および用地取得などの設計・施工条件

以上を考慮して水源適地を選定した。（図-4参照）

地下水系区分より，野川水系が浅井戸・深井戸ともに鉄分を含まず水質良好と見込まれたが，周辺井戸への影響を考慮すると可能な限り既存井戸からの離隔を確保することが望まれた。図中では隣接する既存井戸より半径150m以上離れた区域を有望域として示した。

水量の条件としては東側（扇状地下流側）の方が優位と推定されるが，下流域には既存の井戸が多数分布するため揚水による影響は避けられないと推測された。また，周辺井戸には深度10m以下の浅井戸が多数を占めるため，これらに影響を及ぼさないためにも深井戸タイプの水源井が適当と考えた。

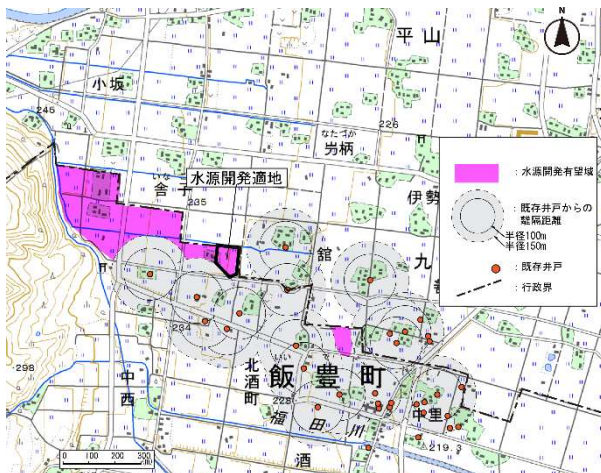


図-4 水源開発適地選定図⁴⁾

4. 試掘井、本設井の掘削結果

深度40mの試掘井と観測井を掘削し，揚水試験を実施し，合わせて観測井において地下水位の観測を行った。揚水試験時の観測井の水位データを用いて非定常式のCooper-Jacobの方法（ $s=\log(t/r^2)$ ）プロットによる直線勾配法）により水理定数を求め，以下の通り算定された。

- ・透水量係数T（ m^2/s ）T： 1.02×10^{-2} （ m^2/s ）
- ・透水係数k（ m/s ）k： 3.62×10^{-4} （ m/s ）
- ・貯留係数S： 8.00×10^{-6}

水理解析により求めた透水係数kより調査地での取水可能量を試算したところ，本設井として井戸口径350mm，深度40mの水源井を掘削した場合，井戸内水位低下 $s=5m$ で取水可能な量は $Q=130m^3/h$ （ $=2.17m^3/min$ ）と試算された。

また，試掘井における水道水質基準（原水39項目）の水質分析結果は，全39項目とも基準値に適合する良好な水質であった。

以上の調査結果，検討結果より，本設水源井を掘削し，想定通り運用に十分な水量，良好な水質の地下水源を得ることができた。

5. まとめ

今回は比抵抗二次元探査が実際の地下水開発に適用された事例を紹介した。今回の調査により，水源開発箇所選定のための水理地質構造の把握方法として有効であることが再確認出来た。地下水は古来より利用され，我が国においても高度成長期には工業地域での水源確保を目的に数多くの利用がなされ，現在でも水道水源，農業用水，冷暖房の熱源など多方面で利用され，資源としての地下水の価値は近年世界的に高まっている。

比抵抗二次元探査は環境への悪影響に対する懸念が少ない非破壊的調査方法であり，ボーリングに比べて広範囲に短期間で実施可能な探査手法である。今後さらにフィールドでの経験を積み重ね，知識と実績を蓄積していきたい。

《引用・参考文献》

- 1) 5万分の1土地分類基本調査「小国・手ノ子」（1990）：山形県
- 2) 5万分の1土地分類基本調査「赤湯・上山」（1983）：山形県
- 3) 宍戸 政仁，疋田 貞良，伊東 佳彦，鈴木 哲也，二平 聡（2001）：北海道における農業用地下水開発，北海道開発土木研究所月報No. 577，p12-20
- 4) 国土地理院地形図（に加筆），（最終閲覧日2023年1月20日）