

体験談2

‘ドライホール地域’での水井戸開発の挑戦

田北 廣（八洲開発株式会社）

1. プロフィール

私は、広域の地質コンサルタント会社に31年間勤務した後、55歳になったのを契機に、老いた両親の住む熊本市に戻って技術士事務所を開業しました。しかし、地質技術者を育てる夢を捨てきれず、限られた選択肢の中から、社員20人程度の地質コンサルタント会社のオーナー社長となり、それから10余年が経過しました。地域の地質コンサルタント会社に入って驚いたことは、地域の会社の多くは、広域の会社がそうであるように、ボーリング技術をはじめとした現場技術を下請け任せにしており、地質調査に必要な設備や技術の伝承も覚束ない状態にあることでした。

地質調査の基本は、まず調査地域を歩いて地形・地質の状況を把握し、クライアントから頂いた課題に対する問題解決フローを立案し、それに基づいて問題をスピーディに解決し、結果報告を行うことにあります。町医者に例えられることの多い地域の地質コンサルタント会社は、初期診察（地表踏査）で課題に対する処方箋（問題と解決フロー）を書き、診察（物理探査、調査ボーリング及び試験計測など）を行い、必要に応じて治療（設計・施工）やその後の処置に関する提案を行い、一貫した診療体制を構築して患者を健康回復に導くことです。そのような一連の調査⇒設計⇒施工の流れの上流側を担当するのが地質コンサルタントの役目で、次の設計施工段階につなぐ重要な役割を担っています。当然のことですが、小さな仕事の場合には、自社内で一連の流れを完結できる実力を有していることが望まれます。

私はこのような考えに立って、自社の経営方針の中核に自前主義を据え、社内にそれに必要な技術者と最新の資機材を保有してボーリングや計測を社内で行い、依頼を受けた問題解決への取組みを通して、地質技術者とボーリング技術者を育成することにしています。

ここでは、ある山間地域の簡易水道の水源開発に関わる調査工事を自社内で一貫して行い、水源開発が難しいと言われた地域で水井戸を掘り当てた事例を通して、地質技術者の初期診断の重要性、そしてその診断によりプロジェクトがどの様に展開したのかを示し、地質技術の社会貢献の一例として紹介したいと思います。

2. プロジェクトの概要

ここでは、私が八洲開発株式会社に入社してから取り組んだ業務の中で印象に残っている五木村頭地地区（図-1参照）における簡易水道の水源開発に係る調査工事についてお話しします。

九州山地の南西部に位置する熊本県五木村では、沢水を集落ごとに集めて利用する、山間部の集落によくみられる方式の簡易水道により生活用水を確保しています。しかし、降雨時の濁りの除去費用や野生動物の糞尿の混入による衛生上の問題などから、簡易水道の水源を沢水から井戸水に変更する対策が進められています。

この業務は、水井戸を掘削したいが、近傍3ヶ所で掘削された井戸が、何れも水の出ない、いわゆる“空井戸（ドライホール）”であったので、「何とか知恵を絞って、この地域で水の出る井戸を掘り当ててほしい」との依頼を受けて実施したものです。そして、水文地質踏査⇒井戸の位置選定⇒井戸の設計⇒井戸の掘削工事を一貫して自社で行い、難工事を克服して、顧客から要望のあった水井戸を掘りあてることが出来たものです。

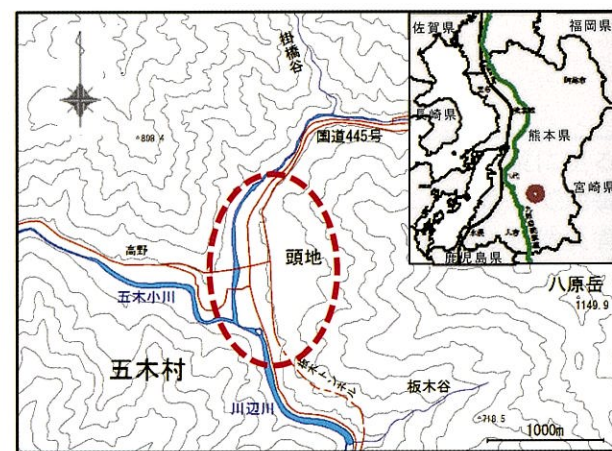


図-1 調査地位置図

3. 問題となった事象

一般に、火砕流台地における地下水開発は比較的容易だと言われています。それは基盤岩の浸食地形の上に砂礫層を介して分布する柱状節理の発達した溶結凝灰岩が帯水層を形成していることが多いからです。基盤岩の上面に刻まれた凹地状の浸食地形を物理探査で捉えることができれば、大量の地下水が得られることも希ではありません。しかし、ここに話題を提供する五木村頭地地区の火砕流台地（約20万m²）では、どういうわけか、それまでに掘削された3ヶ所の井戸が、何れも“空井戸（ドライホール）”だったため、水井戸の掘削を断念せざる

を得なかったと言うのです。

この原因について議論する前に、その前提となる、この地域の地形・地質の概要を簡単にまとめますと、概ね次のようになります。

- 1) 地形：この火砕流台地は、五木小川と川辺川の合流点の東側にある八原岳の西側山麓裾部に広がる緩斜面（図-1参照）で、川辺川の河床からの比高は70~80m程度となっています。河川の営力により東側に大きく湾曲して流れた初期の川辺川の河道を始めとした浸食地形を覆って阿蘇火砕流堆積物が分布し、その堆積面である平坦面が広がっており、現在は集落として利用されています（写真-1参照）。後背地の山地から水が供給され、火砕流台地の地下にはある程度の地下水が期待できるように思えます（図-4参照）。

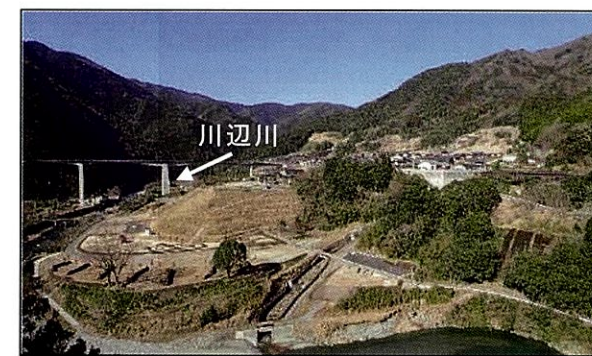


写真-1 頭地地区の火砕流台地

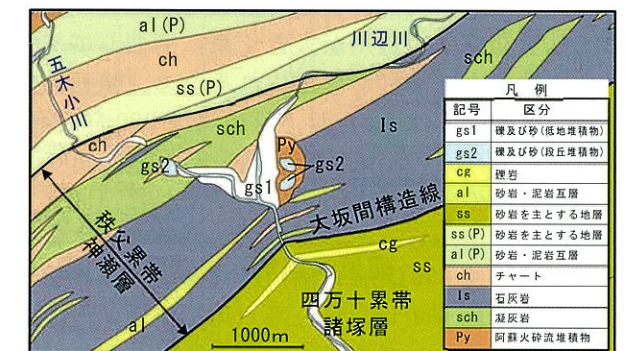


図-2 地質概要図

- 2) 地質：九州における臼杵―八代線以南の西南日本外帯は球磨川中流の大坂間と五木村頭地、大分県佐伯を結ぶ大坂間構造線（仏像構造線）によって北の秩父累帯と南の四万十累帯に分けられていますが、頭地地区はこの大坂間構造線のやや北側に位置しています（図-2参照）。この地域の地質は、基盤をなす秩父累帯神瀬層の石灰岩（輝緑凝灰岩、砂岩、チャートを挟在）とそれを覆う阿蘇火砕流堆積物からなり、その間に初期の川辺川の河川堆積物である古期砂礫層を挟んでいます。別途目的で実施された地質調査ボーリングで作成された東西方向の地質断面図を図-3に示します（断面位置は図-4参照）。川辺川に直交するこの地質断面図をみると、基盤をなす神瀬層の石灰岩の上面には初期の川辺川による浸食地形である凹凸が存在するので、初期の川辺川の谷地形を捉えることができれば、良好な地下水を確保できると思われれます。ただ懸念材料としては、火砕流台地の基盤をなす石灰岩中に鍾乳洞が存在するような場合には、地下水は鍾乳洞に集められ、地下河川として火砕流台地外に流出し、基盤岩上面の凹地に地下水の流れがないことも考えられるということです。なお、このような場合には、基盤岩中の地下水脈を物理探査で捉えるのは極めて難しいと言えます。

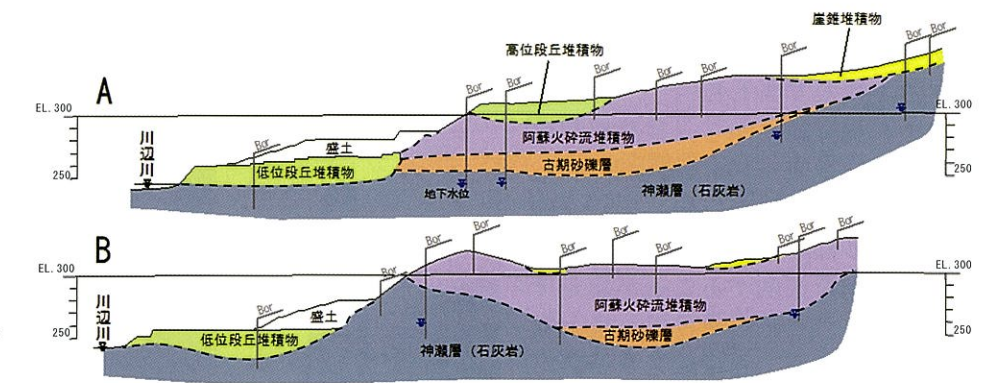


図-3 地質断面図

4. 問題解決のプロセスと着眼点

近隣3ヶ所に掘られた既設の井戸（図-4参照）は、地質状況や井戸の掘削位置をあまり検討せずに施工された結果、空井戸（ドライホール）となってしまったと考えられます。このため、今回は、以下の手順で掘削位置を選定した上で、井戸の掘削深度と井戸構造を検討することにしました。

- ①まず既往の地質調査資料をもとに水文地質踏査を行い、この火砕流台地の水文環境を把握しました。既往資料によると、この地域の地下水位は、阿蘇火砕流堆積物中には存在しないことも多いので、基盤の神瀬層上面の旧谷地形部に集められて古期砂礫層中を流れているか、神瀬層の石灰岩層中に存在する鍾乳洞に集めら

れて地下河川として火砕流台地外に流出しているようです。この地域で地下水脈を掘り当てるには、前述したどちらかの水脈を探し出した上で井戸を掘削しなければ、空井戸となる可能性があると言わざるを得ません。このため、今回は、前者の神瀬層上面の旧谷地形に集められた地下水脈を狙うことを前提とした物理探査を行うことにしました。

②以上のことから、火砕流堆積物の下位に広がる基盤岩に刻まれた谷地形の存在とそれを埋めている堆積物の性状を把握するため高密度電気探査（比抵抗映像法）を計画しました。この地域の火砕流台地の基盤岩の上面には、北から南に流れる初期の川辺川が大きく東に湾曲してできた河道に沿った地下水の流れが想定されるため、東西方向に565mの測線を設定することにしました（図-4参照）。なお、電極間隔は5mとし、目標深度200mの探査を行いました。

③高密度電気探査の結果、探査測線の距離程400m付近を底とする、大きな谷地形を埋める高比抵抗帯（赤とオレンジ色）の分布が明らかになりました（図-5参照）。周辺の地質状況から、この谷地形の基盤をなす緑色～青緑色系（比抵抗値650Ω・m未満）は神瀬層の堆積岩類、谷地形を埋める赤色～オレンジ色系（比抵抗値750Ω・m以上）は古期砂礫層、そしてその上部の赤色系（比抵抗値900Ω・m以上）は阿蘇火砕流堆積物の溶結凝灰岩に相当すると考えられますが、古期砂礫層と溶結凝灰岩との地層境界は明瞭には区別できない状況です。なお、阿蘇火砕流堆積物の上位にある、地表部付近の層厚10～35mの青色～緑青色系（比抵抗値300Ω・m以下）は崩積土と造成盛土と思われます。なお、図-5断面（下）の右上の地表部近くにある小さな高比抵抗帯（比抵抗値750Ω・m以上）は擁壁等の構造物や礫質の崩積土を示していると思われます。これらの地質状況の解釈から、探査結果に基づいて作成した図-5（上）の想定地質断面図では、地表部から深度80mに達する谷地形の下部を埋める古期砂礫層中に地下水脈が存在する可能性があるとして想定できますので、その部分に達する井戸を掘削することになりました。

④以上の調査結果から、井戸掘削地点では、地表～10mは盛土と崖錐、10m～45mは溶結凝灰岩、45m～80mは古期砂礫層、80m以上は神瀬層の堆積岩類を掘削することが想定できました。これを受けて、最上部の未固結の盛土と崖錐をトリコンビットで掘削し、コンダクターパイプを挿入して孔壁保護を行った後、その下位の比較的硬い溶結凝灰岩をシングルエアハンマー工法、そして深度45m以上は崩れやすい古期砂礫層を二重管エアハンマー工法（掘削と同時にケーシングを挿入できるため、崩壊性地盤で力を発揮できる工法）で掘削する計画を立てました。そしてその結果、ほぼ予定通りの深度で古期

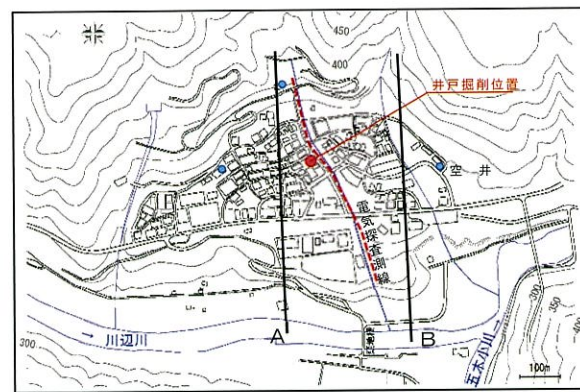


図-4 電気探査測線配置図

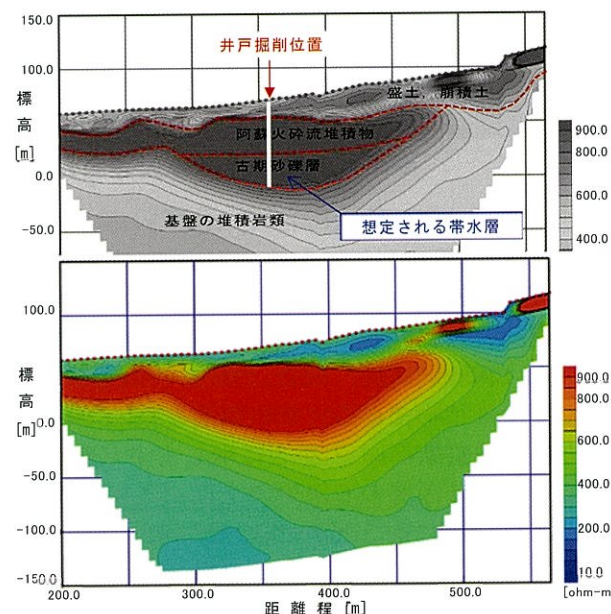


図-5 電気探査解析結果図



写真-2 水井戸掘削現場の状況（左）
二重管ビット（右上）
川砂利のようなスライム（右下）

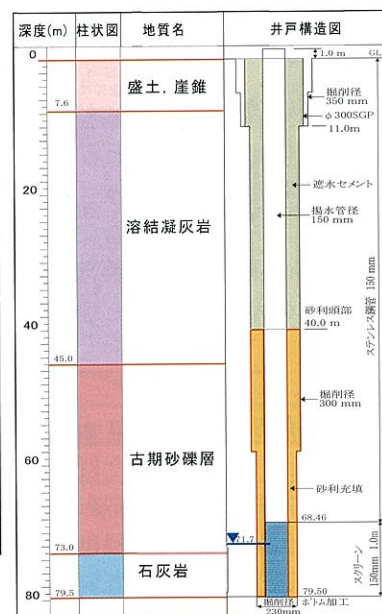


図-6 井戸の地質と井戸構造

砂礫層に到達しました。この砂礫層は予想した以上に孔壁崩壊が激しい上に、ケーシングの締め付けもありましたので、文字通り悪戦苦闘の末、深度71.7mで地下水位を確認し、そして73mで硬質の神瀬層石灰岩に着岩しました。しかし、この神瀬層の石灰岩は掘り進むにつれて割れ目が多くなり、割れ目からの逸水が懸念されましたので79.5mで掘止めとしました。

⑤井戸の能力を判定するために実施した段階揚水試験の結果、この井戸の限界揚水量は、図-7のように、250L/分（水位低下量1.1m）となり、常時200L/分の揚水量を見込める水の豊富な井戸であることが分かりました。水質試験の結果、この水にはカルシウム分40mg/l程度が含まれており、“ミネラルウォーター”と言えることも分かり、クライアントに大変喜んで頂ける結果となりました。

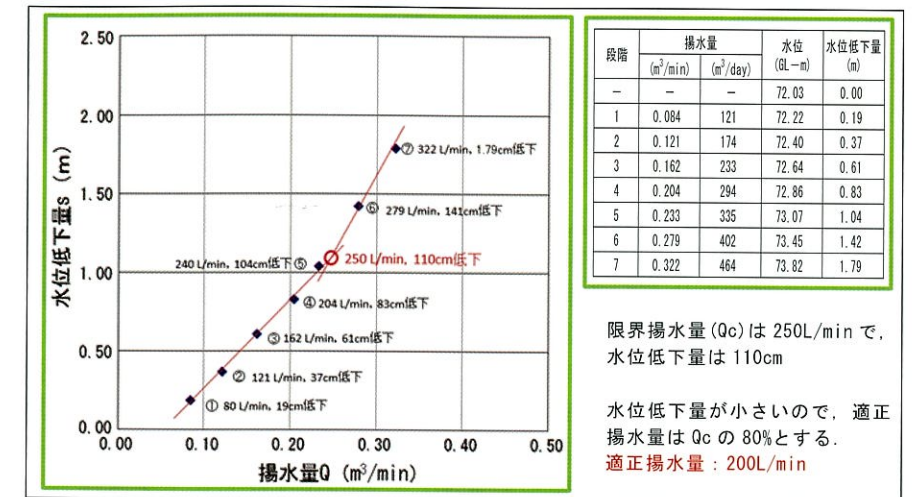


図-7 段階揚水試験結果図

5. 私の技術で果たした社会貢献

「井戸を掘っても水が出ない」と言われていた五木村頭地区の火砕流台地で、水量の豊富な水井戸を掘削することができました。これには、次の3点が重要なポイントであったと思っています。

- ①既往の地質調査資料の検討と水文地質踏査により、この火砕流台地の下に広がる基盤岩に刻まれた谷地形に沿った地下水脈が存在している可能性を想定できたこと
- ②高密度電気探査により、基盤岩上面にある谷地形を可視化し、井戸の掘削位置を特定できたこと
- ③エアハンマー二重管工法の技術と機材を自社内に所有し、深度45m以上で分布する崩れやすい層厚約30mの砂礫層の掘削に対応できたこと

つまり、地質技術を駆使した井戸位置の特定、地質状況を加味した井戸の設計、そして崩壊性地質に対応した掘削工法の選定と施工を自社内で実施できたことが地質技術を通じた社会貢献につながったと思います。

6. 若い地質技術者へのメッセージ

応用地質学の取り扱う技術課題は、社会の要請にもとづいて変遷します。私が社会に出た1970年代後半からの安定経済成長期は多くのプロジェクトが目白押しの状態で、地質技術者の仕事は、ペーパーロケーションの概略設計図面をもって地形・地質踏査を実施して設計施工上の問題点を明らかにし、詳細設計にデータを提供するものでした。あちこちの現場で「地質屋さん、あそこの地質はどうなっているの?」、「地質屋さん、あの斜面を切るにはどうしたら良いの?」といった質問を頂き、非常に大切に頂いたものでした。若い地質技術者が即戦力となった古き良き時代だったのかも知れません。

当時の応用地質学の中心課題は、まさに建設のための地質学（あるいは地質工学）だったのですが、現在ではこれに環境・防災の課題に加わり、次第に軸足がそれらに移りつつあります。さらに、少子高齢化に伴う社会の変容と価値観の多様化によって、インフラの長寿命化と歴史環境の保全と活用が新たな今日的テーマとして注目されています。また、地球温暖化に伴う気象災害、地震や津波、火山災害などの増加に伴い、自然災害への対応も極めて重要になり、新たな防災への取り組みが要請されています。これらの様々な課題に応用地質学が的確に応えていくためには、地質学的な知識に関連分野を含む総合的な専門的知識が要求されています。

応用地質学は野外科学です。地質技術者の最も重要な仕事は、まず現場を歩いて地形・地質を読み解き、問題解決の方向性を見極め、プロジェクトを正しく導くことにあります。地質技術者の課題解決の糸口は常に現場にあります。若い地質技術者の今後の奮闘を期待しています。

参考文献

- 1) 唐木田芳文ほか（1992）：九州地方，第2章中古生界，2.7秩父累帯，共立出版株式会社，p.47～69.
- 2) 田村 実ほか（1981）：土地分類基本調査「頭地」，各論Ⅱ表層地質図，熊本県，p.17～21.
- 3) 田村 実ほか（1964）：人類以前の熊本，熊本の地質概要，熊本日日新聞社，p.1～5.