

寒河江市内の新第三紀層中の地下水

(一社) 全国さく井協会 東北支部

株式会社 高田地研

営業部次長 鈴木 春雄

1. はじめに

弊社の所在する山形県寒河江市内には、山形盆地の西縁を連ねる活断層が潜在している。国土地理院の活断層マップ（都市圏活断層図）上では市街地のやや東側、標高的に数 m 程度低い水田との間に「寒河江-山辺断層」としてこれが示されている。この活断層のほかに、寒河江市内には以前より「寒河江断層」と呼称してきた断層の存在が知られていた。

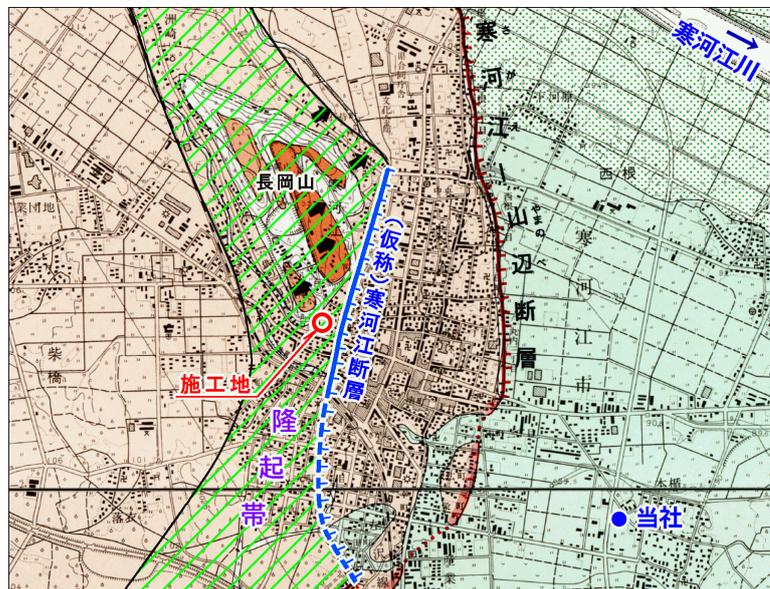


図-1. 寒河江市内の構造変位図（都市圏活断層図に加筆）

マップに示されている活断層（寒河江-山辺断層）は、その西側（寒河江市街地）が低～中位の段丘、また断層より東側は河川の氾濫原であり、地質的にも相応の第四紀層を切る断層である。これに対し、（仮称）寒河江断層は市街地直下に潜在し、市街地に隣接する「長岡山」と図外の「高瀬山」の東側を限る断層である。寒河江断層より西側の隆起帯では深度数 m で鮮新世の凝灰岩類が表れるのに対し、東側では第四紀の砂礫等が厚く累重しており相対的な落差は 200m 以上にもなる。今般、断層西側の隆起部に試掘井戸を掘削する機会を得、それが思いがけない結果となった事例を報告したい。

2. 断層西側（隆起帯）の井戸

寒河江市街地の北側には、最上川の有力な支流・寒河江川が流れており、市街地を含む段丘面もかつての寒河江川の扇状地を起源とした開析地形である。但し、地下水としてはその浸透流路を断ち切るように長岡山等の隆起地形が南北に延びているため、市街地下の地下水の賦存環境があまり

良くない。特に断層西側の「隆起帯」部分では、地盤がごく細粒な凝灰岩や泥岩類を主体とするため、透水性が低く帯水層の発達が殆ど望めないとされてきた。消雪や雑用水利用のため数十mの深度の井戸を掘っても所要の水量が得られず、これを廃棄または使用を中断した井戸が過去に何本かある。

今回、試掘井戸を設けたのは市立の保育所の消融雪設備であり、環境省の低炭素補助金を活用するための「がい然性確認」のための業務であった。この試掘調査で満足な結果が得られなければ、機械除雪や灯油ボイラによる融雪等、旧来の手法による降雪対策を余儀なくされる。我々としては成功して欲しいと云う願いは強かったが、近隣地区のこれまでの実績からしてその可能性はそれ程高くないのではないかという懸念も多分にあった。ただし結果としては、試掘井戸にて十分な性能が確認され、揚水井戸・還元井戸を含めた融雪設備の施工も実施され、成功裏に終わっている。

3. 試掘井戸の掘削

試掘井戸は弊社の SP-8000 型試錐機で深度 100m を目標として実施した。(概略柱状図を右に示す)

施工地近傍には地表部近くの砂礫層に良質な地下水が帯水している事が知られており、飲料水や一部業務用(製氷)などでも使用されている。但し、層厚的に薄く、地下水の総量としては限られているため、融雪にこれを利用する事はできない。また、浅層部の地下水は水温的にも低く、融雪の熱量が採りにくいという側面もあった。寒河江断層は四紀層に新第三系が乗り上げた逆断層である事より、もしかしたら新第三紀層の深部で第四系からの多少暖かい浸透水が流入するのではないかという、微かな期待を持って掘削の進捗を見守った。

それは深度 45m を過ぎた頃だった。細粒でやや泥質の凝灰岩を抜けて砂礫! が出てきたと云う。しかもその砂礫層は被圧帯水層のようで、掘削ケーシングの天端からいくらか泥水が溢れてきているという。「いくら逆断層とは云っても、凝灰岩の下から砂礫が出るだろうか?」寒河江の地質についてはそれなりに分かっているつもり

でいたが、知識の空白地帯で生じた新たな出来事に興味と疑念がない交ぜになった複雑な気持ちで現場オペレーターの帰着を待った。

持ち帰られた地質試料(掘削スライム)を詳細に調べたところ、白灰色を呈した浮石状のもろい粒子が多く、一部安山岩質とみられる黒っぽい礫片も混じっていた。粒子の種類や硬軟・試料の組成状況より、くだんの地層は第四紀の砂礫層では無く、粗粒の火山噴出物を起源とする火山礫凝灰岩であるものと判断した。

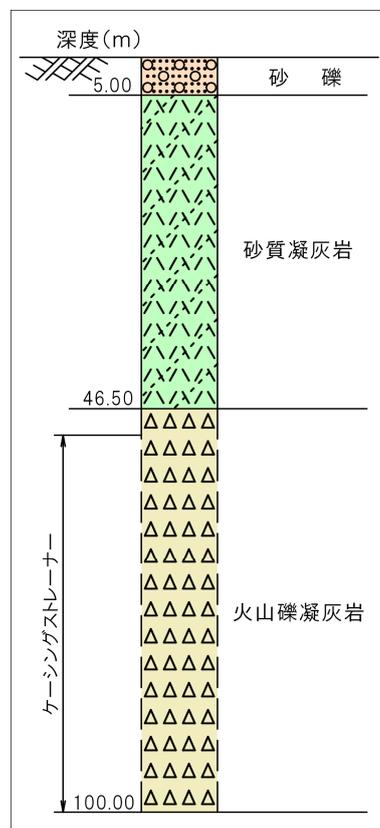


図-2. 概略柱状図

4. 自噴と湯けむり

翌日から自噴圧に抗するため濃度と比重の大きな泥水を用いての掘進作業が続いた。湧水により泥水濃度が低下しやすく、多量の調泥剤の投入を余儀なくされ、高速掘削を得手とする SP-8000 機でも掘削スピードがかなり低下していた。

翌る朝、「多量の地下水が自噴している」との連絡を受け、急ぎ現場に向かった。みると掘削ケーシングの上端より毎分百数十リットルほどと思えるやや白濁した地下水がバチャバチャと音を立てて溢れ出ているのではないかと。周辺には静かに湯気が立ち込め、仄かな硫化水素臭も漂っていた。

「温泉か？」ギョッとして急いで水温を測ると約 20℃。温泉法による定義では水温 $t=25^{\circ}\text{C}$ 以上で温泉と見なされる。近

郷の深度 100m 程度の井戸の水温は通常 $t=14\sim 15^{\circ}\text{C}$ 程度であり、この湧水の温度は高いことには変わりはないがとりあえず温度上の「温泉」では無い。水温が高い分には融雪に供する熱量を採るには有利ではあるが、温泉になってしまうと井戸を使用する上での手続きが非常に面倒になる。施工が冬期で、なお且つ当日が特に冷えた無風の朝であったため余計に湯気が目立ったものと考えられるが、湯気に一瞬キモを冷やしたのは事実である。



写真-1. ケーシング上端からの自噴状況

5. 断層と温泉

現在、寒河江市内では数箇所では温泉の源泉井が稼働している。(実は弊社でも敷地内に独自の温泉井戸を 1 本所有しており、社屋の暖房や駐車場の融雪及び社員用厚生施設に利用しているほか、某ホテルチェーンへの宅配供給も行っている)

温泉水の温度が上昇する要因は様々あるが、代表的なものに火山熱型と大深度型（地温勾配増温型）とがある。地表面近くの浅層部の地下水はその地域の年間平均気温とほぼ同一と云われ、当地のそれは $t=11\sim 12^{\circ}\text{C}$ 程度である。地温勾配（地下増温率）は、平均で $3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ とされており、これが埒外に高い場合は、深部火山熱や構造的な摩擦熱など、何らか別の熱源の存在が疑われる。

寒河江地区の温泉井戸の場合、深度 400～800m で $t=60\sim 70^{\circ}\text{C}$ の温湯を得ている。この場合、地下増温率は $8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ にも達し、単純な地温勾配による温度上昇だけとは考えにくい。寒河江温泉の場合、高温の源泉井戸は寒河江断層の近傍に集まっており、この断層が地中温度の上昇に関与している事は間違いない。おそらくは断層面に沿って熱水の上昇帯が存在し、温泉水の生成要因になっているものと推測するものである。

6. 新第三紀層からの湧出機構

今般の試掘調査を行った箇所近傍にも、この寒河江断層が延びている。但し、既往の温泉井戸は断層の東側（逆断層の沈降側）に集中しているのに対し、試掘井戸のように地下水が乏しい事が知られている西側（隆起側）で開発された例は無い。ましてや既存源泉に地表面+の被圧水頭を持った自噴井戸は存在しない。

試掘井戸で今般確認された「火山礫凝灰岩」のような粗粒帯水層は、寒河江市内に200本以上もの実績を有する弊社の記録上でも見当たらない。しかし実は、近くに1箇所だけ同様の地質が分布していることを私は知っていた。場所は今回の施工地の西隣に位置する「長岡山」の北側であり、その山腹に水道の配水池施設を設ける際の地質調査にて低固結の火山礫凝灰岩を確認しているのである。試掘井戸の施工地からみて数百mほど隔てた丘陵を貫いた反対側であって、両者が同一の地層であるとの確証は無い。しかしながら試掘井戸に被圧水頭をもたらした地下水の涵養供給元が背後の丘陵地であると言う考え方は納得し易く、また、その丘陵地の更に背後には涵養供給能力に秀でた寒河江川の流れがあり、豊富な水量にも領ける。つまるところ、背後の丘陵地や遠方の河川から浸透供給された地下水が施工地の地下深部に貯留し、断層近傍の熱水によって加温され、泥質な厚い凝灰岩で密閉されていたところに穴を開けたと云うのが、ことの真相であるらしい。

7. おわりに

寒河江市周辺は、前述の山形盆地西縁部の断層と南西方向から最上川沿いを北上する別の活断層が延びてこれが合わさる断層の密集地帯にあたる。その結果、市街地に隣接して新第三系の丘陵地がある反面、そのすぐ隣地では第四紀の土砂層が200m以上も堆積しているなど、場所によっていわゆる「岩盤」の分布面の凹凸がすさまじく大きい。寒河江地区を中心に、数多くの水源・温泉井戸や地質調査ボーリングを手がけてきた我々でもまだよく分かっていない空白地区が存在するののもまた事実である。

今回、融雪用の試掘・本掘井戸を掘削した地区もそれらの一つであり、公共施設の融雪工事と云うことで、十分な深度の試錐調査を行う事ができたことは僥倖であった。一方、試錐の結果からまた新たな地層や水脈の存在が垣間見られ、新たな研究テーマ（疑問点）がもたらされたことは、技術者の端くれとしては幸せと感じるべきなのかも知れない。



写真-2. 保育園建設工事の全景

<中央が放熱配管状況、手前はそのコンクリート打設面>