火山々麓の地下水(I)

— 北海道尻別岳 —

森 谷 虎 彦

Under-ground water at the foot of the volcano.

— Mt. Shiribetsu in Hokkaidō —

By Torahiko Moritani

位置と地形

函館から札幌へ向う列車に乗って函館本線を通ると倶知安駅の少し手前右側車窓から晴れていると富士山に似た後方羊蹄山—蝦夷富士—が眺められる。典型的コニーデ火山で現在は殆んど活動を停止しているが山頂には円形火口を残し、斜面には数個の側火山を持っている。車窓よりはこの羊蹄山の陰になって見えないが、羊蹄山の東南方 10 km に尻別岳がある。羊蹄山は標高 1893m、尻別岳は 1107m で両山の間は平均標高 300~400m の波状高原で、これが両山の山麓斜面に続いている。この山麓高原地帯一帯は古くよりアスパラガスと馬鈴薯の産地として著名である。同時に又厚く火山噴出物層に覆われているためか無水地帯としても有名で、今までこのことが此の地帯の開発をはばんで来た原因の一つともなっていたのである。しかし第 2 次世界大戦後外地より引揚げて来る難民救済の一手段として政府が始めた緊急開拓政策の一環として此の無人の高原地帯にも開拓地が設定される事となった。そのため無人の一原因となっていた水の問題を解決するために地下水調査が行なわれた。1949~50 年にかけての事である。

今回調査の主対象としたのは羊蹄山と尻別岳にはさまれた高原の内尻別岳寄りで留寿都原野と呼ばれていた地域であるが、此の地域では表流水は全く無く、地層の露出もなく、地表面は火山灰物質に覆われている荒れ果てた原野であったが、最初の調査の結論として火山灰層の下には安山岩がある事、その上面には若干の粘土層があって地下水は此の安山岩の上面にあるとして、その深度を電気探査によって求めた。

水理地質

この地域の一般地質は第 1 図に示す如くである。又水理地質柱状表を第 1 表に示してある。

第1図 北海道羊蹄山麓地質図

尻別岳は更新世、羊蹄山は現世初期の噴出による火山とされている。尻別岳を構成する熔岩の下に何があるかは周辺に露出がないので詳かでないが、電気探査の結果によれば各種安山岩の他に火山性或いは非火山性の堆積物層があるのではないかと考えられる。これらの上位に尻別岳熔岩が来るのであるが此の熔岩は尻別岳山体を構成して露出している。岩質は石英角閃石複輝石安山岩であるが、きれつに富んだ部分と硬い部分が層状に分布している様であった。これらを覆って洞爺火山噴出物である留寿都層が分布し、更にこれらの2次堆積物である真狩別層が堆積する。何れも火山灰を主とする火山砂、浮石、砂、粘土の、時に層状堆積相を示す地層である。

第1表

地 質 時 代			岩 質	地 下 水
第 四 紀	現 世	沖積層	扇状堆積層 氾濫原堆積層	殆んどない
			火山噴出物	殆んどない
	更新世	上洪部積	火山灰, 火山砂, 粘土, 浮石	層状地下水僅かにある
		下積部洪層	火山灰, 火山砂, 浮石, 砂, 粘土	層状地下水あり
			尻別岳熔岩 含石英角閃石 複輝石安山岩	層状地下水, 脈状地下水あり
第四紀 第三紀	更新世 鮮新世	古期熔岩 黒松内層 訓縫層	各種安山岩 頁岩, 砂岩, 凝灰岩	堆積岩中に層状地下水あり

更新世下位の尻別岳熔岩は今回調査の主目標とした地層であって、火山噴出物層で覆われた波状地形の高原の各所に削剝残丘状に小高い丘として姿を見せている。従ってこれはこの高原に広く溢流した熔岩流であって、その後の浸蝕作用に抗して残ったものが今見られる尻別岳、軍人山その他の小凸起であろう。岩質は決して軟かくはないが粗しうで且つ亀裂に富んだ岩石である。微視的に見ると各々の亀裂は水を通し易いので脈状地下水（裂か水）が存在するに充分である。これを巨視的に見ると網目状に亀裂の入った岩石で、全体として可成りの流動し得る地下水を含み得る如く考えられる。この様な見地から此の地層を層状水を含む帯水層として取扱う事とした。水成又は風成堆積層でも同じであるが帯水層の内部における堆積状況の僅かの差によって地下水は一面層状の如く、他面脈状水の如く流動するものである事は段丘崖端における湧水の状況が同質の砂れきの水平層であっても水は選択的に或る所からは激しく、又ある所では殆んど出ていない現象の観察からも想像がつくであろう。この様な考え方から今回の調査は本層中の地下水を目標として層状地下水として扱うのではあるが、尚ほ全体ではこの層状水も熔岩の中を可成り選択的に流動しているであろうとの想定で、地下水が集中して流れ得る様な地質構造の探査に主眼を置いた。

更新世中上部の留寿都層、真狩別層の内、特に留寿都層は全体として粗粒物質より成る地層であって北海道では最も優秀な帯水層の一つである。然し此处留寿都原野では層厚はあまり厚くなく40 m 以内であって、水平的分布は真狩別層と共に広範囲にわたつているが、下部の尻別岳熔岩の浸蝕された凹面を埋める様な形で堆積している關係上、層厚不同で下部で水平方向に広く連続していないので、容水盆として小区分された形であり、更に下部の熔岩が可成り亀裂に富んだ岩質であるのでこの地方でわあまり優秀な帯水層とはなり得ない。

真狩別層も地質時代としては留寿都層と区別されても水理地質的にはそれ程顕著な差はなく、この地域でも部分的に宙水がある程度で、帯水層としての価値は少ない。

最上部扇状層は滲透水が殆んど下部へ滲透してしまうので帯水層とはなり得ない。

上位の火山噴出物層は複輝石安山岩であって岩質は硬くも密であるが熔岩状に岩塊化していて水は自由に下部へ滲透するので帯水層とならない。

地下水の探査

第2次世界戦争後、今まで全く無人であった此の地域へ開拓者を入れるため地下水調査を行なった事はすでに述べたのであるが、当時は地域北方の比羅岡湧泉群の湧水量と想定集水区域内の年降雨量との水収支の関係から大部分の地下水は尻別岳熔岩上面を流下して湧泉群より地表に出るものと判断して、電気探査により熔岩の旧表面地形を追跡してその凹所を水みちと考え、此の位置に井戸を掘る事によって地下水が得られるとした。

調査の結果2本の水みちが認められ、テストボーリングの結果地下水の存在を認め、4本の井戸が掘られた。その深度は1号井より各27.2, 42.4, 26.7, 24.2mで何れも熔岩上面の水をねらったものである。井戸の位置は第2図に示す通りである。尚ほ此の地域は始め開拓地として開発されたのであるがまもなく馬鈴薯の原々種農場が農林省の手で開設された。此の井戸が掘られた頃は此の井戸群の附近は開拓小学校が新設され、農場本部官舎群が出来、数十戸の部落となっていたのであるが、揚水試験も行なわず井戸を掘った結果完成した井戸は水位浅く（深く掘って熔岩上面の粘土層を抜くと漏水する）湧水量も極めて少なく、第2号井（42.4m）の如きは一冬使用したのみで漏水して使用不能となった。その他の井戸も豊水期に夫々1.3, 4号井の順で1.8, 2.5, 3.0mと水深があるが、湧水量が初めから少なく、且つ年々減少して、遂には夏期使用制限、もらひ水、冬期雪をとかして使用すると言う状態に立到り、農場周辺に入植した開拓者も家を捨てて下の平野部又は湧泉附近へと出て行き、1961年夏筆者が初めて訪れた時は開拓者で定住するものは一軒もなく、農場の官舎群が原野の中に立っている状態であった。農場より此の現状に対する打開策を求められたので既往の調査資料を検討した結果、地下水のあり方に対する考え方が筆者とかなり異なる事を認めたので、此の地域の地下水調査を根本的に再検討する事とした。そして翌1962年より63年にかけて現地調査を実施した。調査の方法としては先ず従来の方法の適否の確認、否の場合は新たな方法の開発と進めて行った。

現在の地下水調査の常識となっている如く最初の調査も先ず地表地質調査、物理探査（主に電気比抵抗法）、テストボーリングの順で実施されたので、筆者も初年度は前者の跡をトレースして行った。その結果電気探査の解析も、テストボーリングの結果もほぼ同じ様な結論に達したので、これらの調査手段に関する限り大きな誤りはないものと考えた。

しかし現実に水のない事は方法そのものよりも水理地質の考え方にこそ原因があるのではないかと考えた。そこで水理地質の調査を綿密に行なった。その結果は前にも述べた如

く破碎状或いは網目状割目を有する熔岩は水の供給が充分である時は巨視的には帯水層と見做し得る状態になるとの考えから本地域で火山噴出物層の下の熔岩中に地下水があるものと判断した。

これに基いて深部の地質状態を知るために 160～180 m までの電気探査を実施した。その位置は先ず湧泉と地下水補給地域とのつながり、及びこれに直交する面即ち地下水が通過するであろうと予想される断面の地質を知るに最も適した地点を選んだ。この関係位置は第2図に示してある。又得られた深度対比抵抗曲線は第3図に示してある。第3図にお

第2図 位 置 図

第3図 深度対比抵抗曲線

いて各曲線の出発点(左端)の数字はその出発点における比抵抗を Ωcm を単位として示してある。又曲線の下方横線上の数値はこの曲線を標準曲線法で解析した結果を示したもので単位は Ωcm である。此の数値から岩質を判定するのであるが、地下水探査の場合この比抵抗値と地下水面又は帯水層の関係が一義的に定まるものではない。そこで補助手段として直読法又は直視法とでも呼ばれる方法即ち深度対比抵抗曲線 (ρ -a 曲線) を眺めてその中の特異点即ちピーク又は谷底と言った点を結ぶ方法がしばしば用いられる。必ずしも数理的(理論的)に正確とは言えないが地下水探査の場合これはなかなか有効な方法である。今この方法を用いて各特異点を結んで断面を画くと第4a, 4b図となる。

a 点は相対的に低比抵抗の位置、b 点は相対的に高比抵抗の点、c 点は顕著に低比抵抗に移る点とした。a 点で浅は火山灰を主とした噴出物層で、a 点附近はその下層との不整合面で多少粘土化した部分、a-b 間は熔岩で抵抗は a より漸時高くなる所、b-c 間は同じく熔岩ではあるが抵抗は低い方に向う所 c 点附近で低い層に入る。而して地下水は上の火山灰層の中に多少はあるがこれは不安定であるので問題とせず、熔岩中の抵抗の降りかけた所以浅にあるものと考えた。c 点以下の低い抵抗層は熔岩の下の第三紀の堆積層ではないかと考えた。

第4図の断面から地下水は a-c の間、特に b-c 間にあるものと考えた。ボーリングの

第4a図 南北断面図

第4b図 東西断面図

位置としては No. 1 — No. 4 の内カーブの相対的形から見て No. 3 を選んだ。深度は出来れば熔岩の下層を知る目的で 130 m とした。

試錐と揚水テスト

テストボーリングは予算の制約を受けて仕上口径 50 mm とした。深度は 130 m で 1963 年 9 月 10 月にかけて約 50 日で完成した。ロータリー式で掘削したのであるが、上部の火山灰層中では崩壊が甚だしく又熔岩中では透水甚だしく、ベントナイト循環水は殆んど環流する事がなかった。完工後に孔内電気検層を行なった。第 5 図右側にこれを示してある。自然水位が 54 m であったので検層は 54 m 以下 110 m まで実施した。

検層結果の解析については堆積層の場合は地下水は通常砂れきの部分にあるので検層曲

線の高比抵抗の部分で帯水層と判定しているが、今回の如き安山岩中の場合は水に含まれる電解物質のため水の通る部分は比抵抗はかえって低くなるであろうと考えた、この様な判断の下に帯水層位置として 53.0—80.0, 97.0—108.0 m の 2 層と判定した。

第 5 図 ボーリング柱状図

ケーシングは上 60 m までとし、それ以下は熔岩層で崩壊の恐れがないのでストリップとした。この状態で揚水テストに移ったのであるが、予想していた事ではあるが、自然水位が著しく低く、且つ仕上口径が小さいので、揚水テストは通常のポンプによる揚水が出来ないので最初エアリフトで揚水を試みたが、水深が井戸深度の約 $\frac{1}{2}$ しかないので充分な揚水が出来ず水位が殆んど変化しなかったなのでこの試みは失敗した。止むなく注水法を実施する事とした。ボーリング現場は大きな農場の真中で附近に水源もないので消毒用のタンク車で水を運んで、これを三角せきで計量して孔内に送った。上昇水位は抵抗水位計で読んだタンク容量が少ないので長時間の注水は行なえず、25 分間の段階送水試験を行なった。

注水量と、そのときの上昇水位を両対数グラフに画くと第 6 図のようになる。この線を上方に延長すると $1,000 \text{ m}^3/\text{日}$ の水を注水したときの上昇水位は 50c m となる。

第6図 揚水量対水位降下曲線

注水テストから揚水量を推定する事は数理的には可能でも実際には種々の制限条件が入るであろう。然し一般的には同一水位降下（又は上昇量）なら注水量より揚水量の方が大きい値となっているので、若し口径 50 mm の井戸から揚水するとしても現在農場が要求している水量 $30 \text{ m}^3/\text{日}$ に対して充分すぎる程の量である。

調査の結果

以上の調査試験の結果次の結論が得られた。

1. 帯水層は火山層の中にはない。その下層の熔岩中に網脈状に存在する。これを巨視的に見て層状帯水層として取扱う。
2. 地下水位は 50m 以深で自由面地下水（不圧水）である。但し下流では多少被圧化されるものとする。
3. 帯水層は深度 130 m までに 2 層ある。この層の電気比抵抗値は非帯水層部分より低い値を示す。尚ほ 130 m 以深の地下水に関し決定的な事は言えないが新第三紀下部に属する地層があって、その層の中の火山性堆積層中に被圧帯水層の存在する可能性が強いので将来此の地域が工場化される様な場合は 130 m 以深の層状被圧帯水層の開発が期待出来る。
4. 2 層の帯水層よりの可能揚水量は水位降下 50 cm 以内で $1,000 \text{ m}^3/\text{日}$ 以上が期待出来る。

以上の調査の結論にもとづいて翌 1964 年 7 月—9 月間に本揚水井として仕上口径 200 mm、深度 110 m のボーリングが施工された。位置はテストボーリングと同じ所であった。掘削はパーカッション式で行なわれたが前回同様熔岩中に入ると共に逸水甚だしく、予定深度に達せず 100 m で掘削中止の止むなきに到った。

この本井はストレーナ位置 62.5—90.0 m 1 層のみで、ケーシング（全層）後水中モーターポンプにより揚水試験を行なった。この本井のストレーナ位置決定は道立地下資源調査所小原技師によって行なわれた。

揚水試験で得られたカーブは第 6 図右下方に示してある。即ちテストボーリングのカーブより 200 mm 口径に換算して得られる予想値よりはるかに多量の揚水量が得られた。即ち水位降下 50 cm で本井より得られる予想水量は $1.800 \text{ m}^3/\text{日}$ である。但し両カーブを比較して見ると本井 200 mm 口径の井戸は甚だ能率の悪い井戸の様に見える。単純に両カーブを上方に延長して見ると水位降下 2 m 揚水量 $6.000 \text{ m}^3/\text{日}$ 附近で両カーブは交わる。即ち此の水位で揚水すれば 50 mm の井戸も 200 mm の井戸も同一水位降下で同一量の水が得られる結果となって高価な大口径井の必要が無くなる結果となる。もっとも実際には 50 mm 口径井戸で—54 m の水位から $6,000 \text{ m}^3/\text{日}$ の水を掲げる事は出来ないだろうけれども、全く同じ地質条件の所の井戸のこの採水能の違いはどんな原因であろうか。試験方法の違いは今回の場合は逆の方向に働く事から考えないとすればストリップとストレーナ入りケーシングとの違い即ちストレーナの孔明率の小さい事、ストレーナ位置（帯水層の判定の相違）が試験井と本井とで異なる事の 2 つに主要原因があるのではないかと考える。

水質についてテストボーリングからの水には鉛イオンが飲用許容量をオーバーする程入っていて、数回のテストで依然同じ量が検出されて原因が不明であったが本井の試験ではトレース程度であったのでテストボーリングでの結果は挿入鉄管のメッキがとけたのではないかと推定している。

本井の試験結果によれば

塩素イオン	15.70	ppm
弗素 //	0.104	//
過マンガン酸カリ消費量	1.20	//
硬 度	51.98	//
P. H	6.0	

で飲用適であった。（道立衛生研究所分析）。終りに本調査に当って北海道農地開拓部伊藤政夫技師、農林省馬鈴薯原々種農場石川場長始め職員の方々の協力を得た事を記して謝意を表する。

要 約

留寿都高原は北西と南東方向を羊蹄山と尻別岳に囲まれた標高 300—400 m の高原であ

ってここには地下水も地表河川もなく、古くより人の住めない土地であった。

第2次世界戦争後、政府は此の地に開拓者を入れるために地下水調査を行なった。調査の結果に基いて多くの井戸が火山灰層の中に20—40 mの深度で掘られた。しかし間もなく地下水面が井底以下となって井戸は渴れた。

筆者は1961年以来此の地域の地下水調査にたずさわリ、次の結論に達した。

1. 地下水は火山灰層中にはなく、その下の熔岩中にある。
2. 熔岩中の地下水の賦存状態は通常裂か水、地下川等を考えるのであるが、本地域では小裂かの連続水平分布帯を想定して、これを巨視的に層状帯水層と考えて取扱った。そしてこの中の水を採るためには各小裂かの垂直方向の間隔（水平方向も同じであるが）は堆積層の各粒子の間隔より著しく大きいので採水管長を可能な限り長く取る方法とした。
3. 地質調査の後に1963年テストボーリングを行なったその結果翌1964年同じ場所で深度100 mの深井戸が掘られた。そして10 cmの水位降下で400 m³/日以上の水が得られた。これは若し水位を50 cm下げれば1800 m³/日の水が得られる結果を示している。

引 用 文 献

- 1949 農林省資源課 後志馬鈴薯原々種農場地下水 電探調査報告
 1953 道立地下資源調査所編 20万分の1北海道地質図
 1956 斉藤昌之他3名 5万分の1地質図「留寿都」
 1962 経済企画庁国土調査課編 全国地下水深井戸資料台帳—北海道編著
 著者 森谷虎彦 愛知用水公団試験室：Torahiko Moritani, Aichi Irrigation Public Corporation

S U M M A R Y

The Rusutsu plateau covered with volcanic ash forms table-lands of 300-400m in elevation, being bounded by Mts. Yotei and Shiribetsu in directions of N. W. and S. E. In this area, no underwater and any river were found and men have never lived.

After the 2nd World War, the government researched the underground water for a purpose of reclamation. Numbers of wells were excavated to 20-40 m in depth through volcanic ash stratum to comply with the result of research. But before long, the wells were dried out due to the underground water-level being lowered below the bottom of wells. The reason was that the wells had not been reached to the impermeable layer.

The writer engaged in the research works in this area since 1961 and conc-

luded the followings.

(1) No underground water exists in volcanic ash but it flows in lava under the ash stratum.

(2) Test borings were made in 1963 after geological investigation. Next year, to follow the result, a deep well was excavated to 100m at the same site, obtaining more than the water of 400m³/day to fall down 10 cm of the water-level. This means that in case where the water-level falling down to 50cm, 1,800m³/day of the water can be resulted.