

姫川地域(新潟県・長野県)応用地質調査報告

地質部応用地質課

Report on the Engineering Geology of the Hime River Basin in
Niigata and Nagano Prefectures

By

Engineering Geology Section

Abstract

In this report the writers treated the subjects of flood control, flood conservancy, landslip, landslide, dam foundation, groundwater, hot spring etc. from the geological standpoint of view, with the object of synthetic exploitation of the Hime river in Japan.

The Hime river runs through both of Nagano and Niigata Prefectures, covering an area of 745 km², and its course partly meets with the so-called Fossa Magna tectonic lines. The geology of the left bank area is composed mainly of Paleozoic and Mesozoic rocks, extruded by Tertiary or Quaternary volcanic rocks; and the right bank area is covered with the Tertiary black shales on which Quaternary pyroclastic sediments rest. Accordingly, after heavy rainfall or snow broth, the landslides have frequently occurred in its eastern area, but the landslips in its western parts. Moreover, as this river has great, steep gradients, the flow of washout debris has been very much violent and caused many terrible disasters. As a matter of fact, Mts. Hieda and Kazafuki have transported an enormous amount of washout debris along the Urakawa river course, and its amount reaches 0.9~2.5 million cubic meters in every normal precipitation.

The group of flood conservancy investigation intended to survey the condition of both surface and underground-water distribution during the drought season, in order to grasp the latent potentials of water current. The above stated data obtained from this survey are plotted on the specific discharge chart. Thereupon, some counterplans for those river disasters must be considered.

There are many landslides in this area, and their characteristics are the same as those of Kubiki district in Niigata Pref. It is proved that they are attributed to the low value of critical liquid limits of the clays taken from the damaged areas along the Hime river.

The proposed site of the regulating reservoir of Shiraike has been geologically investigated. The base of this area is composed of clay material and presumed to be impervious to water.

Another group of surveyors has investigated the mutual relation of groundwater and surface water from the point of specific resistivities of water and made the underground hydrological map.

There are six hot springs in this area, among them five are hot and one is fumarolic. For the purpose of utilization and exploitation of these thermal area, geological study and chemical analysis of hot water and fumarolic gases have been made.

1. 緒 言

国土総合開発の起ころはおそらくこういふことから始
められたと考えられる。すなわち国土は縮まり、人口は

激増してゆき、はたして昭和40年において国民をよく養
いうるであろうか。狭くなつた国土に再起した日本は、
国民の営々とした努力の蓄積によつて次第によくなりつ
つはあるものの、なお生産の増強・生活の向上をはから

ねばならないとするならば、限りのある国土を極度まで利用するのでなくてはこれを達成し得ないであろう。侵略のみによつて自国の不足を補い得た時代とは違つて、敗土を整備、復興することのいかに困難なことであるかは想像に難くない。こゝに国土調査の必要性が説かれ、総合開発の構想が生れたものと思つている。

しかしながら国土総合開発は複雑多岐にわたるもので、到底少数のよくなしうるところではなく、本来ならば該構想の一部にわれわれも参画して、調査の一部を担当すべきものであつたかも知れない。けれども調査機関としての所属・人員・経費の都合等から、いままでこれに加わる機会を得なかつた。のみならず、加わるとしてもわれわれは特殊な研究機関であつて、地形・地質学の足場から遠く離れることは事情が許さない。総合開発の構想が生まれてすでに数年を過ぎたこんにちにおいて、今回実施したような調査を取り上げたことはいさゝか遅過ぎる感じであるが、しかしおそくても、何もやらないよりは遙かによいばかりでなく、該構想のうちには総合開発特定地域と調査地域とがあつて、着々開発の緒についているものもあれば、また一方には基礎資料に乏しいものもあつて、なお今後の調査に待つべきものが多々あるはずである。これがすなわち遅まきながらもわれわれをして立上らせたゆえんでもある。

今回の調査にあたり、われわれは関連のある経済企画庁計画部・公益事業局開発業務課等と密接な連絡をとりつつ、開発計画に必要な基礎資料を揃えることに努力したつもりではあるが、なお前述したように地形・地質学の立場にあつて、調査が専門分野にあまり片寄りすぎたかも知れない。それからもう1つ重要なことは、地下資源の調査を加えなかつたことである。これは当初の出発が応用地質を主とするという考え方から出たためと、地下資源については鉱床部門の人による調査があつたために、今回は加えなかつたのである。また最初に取り上げた地域が長野・新潟両県に跨る姫川流域と決つたために、地下資源を主とするよりも、土と水との実態把握に重点がおかれたことによるものである。

応用地質課ではこの「国土総合開発に伴う地域調査」に相当の重点をおき、最も時宜を得た夏期において、全課員を動員し、本所経常費による事業のほか、新潟・長野両県ならびに糸魚川市の申請に基づく受託調査を併せて、これら両県および市当局の多大な協力と援助のもとに実施したものである。こゝにあらためて厚い感謝の意を表するとともに、市・町・村その他地元からも熱意ある協力のあつたことにお礼を申上げる次第である。最後に本調査はいままででこのような例が全然なかつた最

初の試み、いわばテストケースともみなされるもので、不備な点が多々あると思われるから、結果については各方面から大方の御叱正と御指導がいただけるならば幸とするところである。調査関係者は次の通りである。

通商産業技官	近藤 信興
同	尾原 信彦
同	蔵田 延男
同	中村 久由
同	安藤 武
同	渡辺 和衛
同	大和 栄次郎
同	村下 敏夫
同	森 和雄
同	鈴木 孝
総理府技官	小西 泰次郎 (経済企画庁)

2. 総 説

姫川は長野県の青木湖の北に源を発し、新潟県にはいり、糸魚川市の西を流れて日本海に注ぐ荒蕪河川の1つである。この姫川のはかに能生川・早川・海川・田海川を加え、総面積 1,266 km² を擁し、行政区域としては長野県側の北安曇郡下5カ村と、新潟県側の西頸城郡全部とを併せて総合開発計画の1地域としている。この両県の総合開発計画案によれば、第1に姫川の治水・利水が挙げられ、特に河川の改修・保全対策樹立が最も緊急を要するとしてある。第2には豊富な電力資源・地下資源・林産資源の開発が挙げられ、これらの開発は目下着々成果をみているといわれる。第3にこれら資源の開発による物資交流のために交通の便をはかり、輸送を容易ならしめる必要のあること等が挙げられている。要するにこの地域の総合開発とは、長らく放置された土地の改良・保全、未利用水源の涵養保全とその合理的活用およびその他資源開発に帰せられるであろう。

筆者らはこの点に留意し、本流域の地質学的意義を解くとともに、現在できてしまつた荒蕪地の起因を明らかにし、これらに対する施策が果してないものかどうかを厳密に検討する機会を得た。土地が荒蕪化するにはそれ相当の理由があり、直接的には全く水の作用にほかならないといふであろう。水は高きから低きへ流れるが、その有するエネルギーは莫大なこというまでもなく、放置すればその営力によつて次第に土地を破壊し、ついには手の下しようもない荒蕪地を現出させる。しかるに有効に統制し、活用すれば莫大な仕事をするもので、これが国土開発にあつて水を再認識することが必要なゆえんでもある。

今回の調査の重要骨子は荒廢地の実体を把むことと、そのなかの水に関する対策すなわち電源開発と地下水の利用とについてであるといつても過言ではない。特に利水に関しては近時最も重要視され、調査の必要に迫られている工業用水を取り上げたことは、効果が大きいと信ずる。温泉・地熱は総合開発に直接の繋がりはないけれども、観光地とするにはなくてはならぬものである。その根源は違つても温泉・地熱もまた水に関連があり、近時この開発の要請は全国隅々にまで及んでいる。幸いに姫川流域には多数の温泉露頭があるが、ようやく開発の緒についたばかりという段階である。この開発については新潟・長野両県から特に要望されるところもあつたので、科学調査のメスを入れた次第である。

以上を調査項目として要約すると次のようになる。

- (1) 地 質 概 査
- (2) 治 山 } (崩壊・地じり)
- (3) 治 水 }
- (4) 利 水
- (5) 電 源 開 発
- (6) 温泉および地熱開発

姫川流域は地質輪廻からみると、往昔からしばしば地殻変動を受け、幾度となく擾乱された処である。そして現在もなおこれは継続している。したがつて古い岩層が破碎褶曲しているばかりでなく、いまなお崩壊・地じりのような変動を続け、侵蝕削磨が行われている。元来この地域はそういう地質の構成であるから、台風のような急激な降水によつて容易に破壊、流失が起り、一度侵蝕が始まると恐るべき営力をもつてますます猛威を振うから、そうなつてからでは人為によつて容易にこれを防止することはできない。その頃になつてから対策について検討し始めるのであるから、これではことすでに遅過ぎるのである。姫川流域をみて荒廢地をよくもこゝまで放置したものだと歎ぜざるを得ないと同時に、その防止の容易ならざることを痛感するのである。

まず治水班はその独創的方法によつて地域ごとの夏季渇水期の比流量調査を実施した。比流量が最もよく地形および地質の状態を反映するのはこの渇水期である。

地形・地質の条件を充分考慮してこの調査結果を解説すると、比流量値の高い部分はその地域内に著しく多量の地下水を含む山体があることを示していることがわかる。

そしてこれと近接して比流量値の低い部分があると、そこに比流量値の分布の不連続な処が生じ、多くの場合そこが地じり・崩壊現象を起こしている。稗田山・八方山の崩壊は要するに山体に地下水が多過ぎるから荒れ

狂うのであると結論を出し、一応これに基づいて鋭意防止対策を考えようとした。山体に地下水が多過ぎるのであるから、なんらかの方法によつてその水を巧く抜いてしまえば、崩壊は止まり、地じりは停止するとの推定である。水抜きの方法としては新潟県の地じり地では隧道式あるいは横ボーリングで水を抜いて相当の成果を挙げ、論文としてすでに発表されていると聞いている。筆者らもまた水抜きに対して双手を挙げて賛意を表するとともに、大崩壊地にもこのような水抜きが適用されることを推奨してやまない。

西頸城の地じりはあまりにも著名で、先輩によつてしばしば研究発表されており、筆者らの多言はむしろ不必要かも知れない。しかし、筆者らは今回特に地じり地の粘土について研究を集中し、物理・化学的に詳細な検討を行つた。その結果、膨潤性に富むモンモリロナイトの存在と、地じりに含まれる水が鉱泉水であることが判明した。地じりはこの二者の生成と存在とによつて発生するとの結論を得たので、地じりの未然防止策もまた水抜きにあると断言できる。たゞし本地域の地じりは階段状に作られた田圃が逐次ずり落ちている例が多いので、水抜きを行つたのでは田圃にならないという支障がある。このことはすでに地元民も察知しているところであつて、水抜き以外の防止策も今後はさらに研究する必要がある。

利水班は水系ごとの水地域調査の一環として本調査に参画し、一応全域にわたる水理地質図の作製にあつた。なお精確な河川流量・地盤透水性の測定・深部地質調査などを必要とするが、いずれにしても田海計画工業地帯の用水条件については、微細物質を多量に含む姫川表流の本質に基づいて、利用・保全の処置に万全を期することが必要な点を特に強調したい。

地表水については氾濫防止と河水統制による余水の利用問題であるが、これは河川法にしたがうもので所管が別であり、発電計画についてもまた同様である。たゞ戦争後の計画はダム式をとるため、ダム地点の選定と隧道工事の難易とが常に問題とされ、それらの点では今回の調査結果に待つところが多い。大所川の発電計画は一挙 4.6 万 kW の獲得となるが、地質的にはなんら支障なく、それによつて公益事業局は直ちに工事に掛る意向を有している。

外部から温泉・地熱開発調査を依頼されるときは、未開発地域における僅かな露頭を頼りに判定を下す場合が多い。それがためには地質・地化学・ボーリング調査等の方法があるが、今回の調査では前 2 者によつて一応基礎的な資料を集めた。姫川筋には多数の温泉・露頭が未開発のまま放置されているが、こゝでは蓮華温泉と鍾洞

泉とについて一言する。この両者は白馬岳一大観光地の登山道中腹に位する稀にみる高山温泉である。蓮華温泉は露頭が蒸気であるから湯量は少ない。しかし温度はきわめて高く、別に水源を求めて温泉化すれば無尽蔵の湯がつくられる。また鍮温泉は高温度ではないが(測定では44°C)、湯量がきわめて豊富で、数カ所の岩盤の割れ目からこんこんと涌出している。しかるに両者ともに設備がまことに貧弱で、鍮温泉では湧出湯量の大半が放棄されている現状である。

差当りこの地域の熱資源の開発は、このような未利用温泉の積極的开发から始めるべきであろう(近藤記)。

3. 姫川流域の地勢

姫川は延長118 kmの流路をもち、青木湖の北に源を發して北流するが、この間に右方からは谷地川・犬川・中谷川・横川・根知川等を併せ、左方からの平川・松川・松沢川・浦川・大所川・小滝川等と合流する。

流域の地形は構成地質に著しく左右され、流路の東側第三紀層分布地帯は一般に緩傾斜の地形を呈し、たゞ第三紀層基底の集塊岩帯と火山岩類とが、このなかに屹立する。これに対して流路の西側は白馬連峰の古期岩層および新期の火山からなり、岬々たる北アルプスの山岳地形に加えて、乗鞍岳から風吹岳の一帶にわたり局部的な火山地形を留めている。

姫川流路の地質状況はほぼ来馬附近を境として上流と下流とでその趣を異にする。上流部では主として第三紀層基底の集塊岩帯および泥岩・砂岩帯の一部からなり、河床はその安山岩礫や白馬山彙から搬出された土砂によつて埋められ、ほぼ一定した川幅をもつ。なおこの上流部では坪の沢の崩落・泥崎の地じりのほか、土谷川・中谷川沿いの第三紀泥岩砂岩帯には大小数多くの地じり地形がみられる。

これに対して姫川の中・下流部は浦川の合流後急に川幅を増し、300 mに及ぶ処がある。また流路の地質はほとんど中生層・古生層および蛇紋岩等の古期岩層からなり、峡谷をなして根小屋附近に至る。この間葛葉峠を初め数カ所において両岸から崩落した大岩塊が流路を狭ばめて残留している。

姫川の上流部は地じり地帯で特徴づけられるが、その河相は浦川の合流によつて一変する。すなわち、浦川上流の稗田山および風吹岳の崩壊によつて生じた土石流は、姫川に間断なく土砂を供給し、このため長さ212 mの小谷橋は橋台まで土砂によつて覆われようとしている。さらに下流でも大前では小滝川合流後急に土砂の堆積量を増し、根小屋附近でも根知川の土砂流によつて川幅は

たちまち増大し600 mにも及ぶ。このためこの附近一帯は大河原となり、河岸は川床から1 m内外の高さを保つにすぎないが、さらに下流の今井橋附近では遂に川床と同高になるという状況を呈する(中村記)。

4. 姫川流域の地質概説

今回の調査は地じり・山崩れ・利水・電源・温泉・地熱等の多岐にわたる内容を含むが、まずそれらの基礎となる姫川流域の地質状況を概念的に述べることにする。

この地帯は古くエドモンド、ナウマンによつて命名されたいわゆるフォッサマグナ(大地裂帯)の北部を代表する地域として広く紹介されており、沿岸の地質についてはすでに幾つかの論文が発表されている。

今回の調査では地域的な地質調査を行うまでに至らなかつたため、主として既存の諸資料を参考とし、これに地じり調査や温泉調査等で観察した地点的な調査資料を加え、姫川流域の地質図として作製したのが第1図の地質編纂図である。

以下まず構成岩層の層序と岩質について簡単な説明を加える。

4.1 古期岩層

こゝでいう古期岩層とは第三紀以前の岩層を一括したもので、古生層・中生層および花崗岩・石英斑岩・蛇紋岩等がこれに相当する。古期岩層・火成岩は主として姫川の西方山地に広く分布し、特に上・中流部では第三紀層と明瞭に接触するが、中流以下ではこの境が不分明となり、むしろ古期岩層は姫川の東側に突き出たような形となる。

古生層は千枚岩質粘板岩およびホルンフェルスの厚い互層からなり、石灰岩・チャート・珪岩・輝綠凝灰岩・硬砂岩等を含む。その分布は青木湖の西から北方親不知まで達し、なかでも明星山・黒姫山は厚い石灰岩によつて構成されるが、一般に岩質はきわめて堅く、かつ地層は著しく擾乱している。

中生層は来馬層と呼ばれ、粘板岩・砂岩および礫岩等の互層からなり、来馬附近から北西方にわたつて広く分布する。来馬および赤禿山附近では厚さ0.1~2 m程度の無煙炭を挟む。

花崗岩は主として青木湖の西側から北アルプスの唐松岳にわたつて分布し、直接姫川流域には露出しない。石英斑岩は白馬岳・鍮岳を構成するが、その一部は稗田山に隣接する赤倉山にもみられる。

この地帯の古期貫入岩のなかで比較的広い分布を示すのは蛇紋岩である。これまでの報告によるとほとんどすべてが幅300~400 mの細長い床状侵入体として露出し、

古生層・中生層のなかには入り込む形態をとるといふ。来馬から下流根小屋附近までの流域に露出するほか、西側山地の八方山を構成して大岩塊の分布がみられる。以上のほか比較的大きな貫入岩体として閃緑岩があるが、直接今回の調査内容に関係がないので説明を省略する。

4.2 第三紀層

姫川流域の第三紀層についてはこれまでにしばしば調査されているが、その層序・層位についてまだ一致した見解が発表されていないので、ここでは従来までの諸資料に基づき、この地域の第三紀層を岩質の上から次の4帯に分け、そのおのおのについて簡単な説明を加えておく。

(1) 集塊岩帯

古期岩層と第三紀層との接触部分を構成し、来馬より上流では姫川の流路に沿って発達するが、下流ではその分布は断続的となり、流路の根小屋に一部露出し、また明星山と黒姫山との間に挟まれたヒヨドリ池附近の高地(高度約850m)にも分布する。この地層については姫川流域の第三紀層全般の基底とみなす説と、岩戸山を境としてその北と南との集塊岩をそれぞれ下部・上部に分ける意見とがあり、したがってこの地域における第三紀層全般の層位・層序についてもまだ充分明らかにされていない。

なお、この集塊岩帯の下位に礫岩および砂岩層が分布するが、姫川流域には直接露出しないので説明を略する。

(2) 泥岩・砂岩帯

主として姫川の中流から南側に広く分布し、南部では薄くなる。泥岩を主体としそれに薄い砂岩を挟む互層帯で、砂岩は淡褐色を呈し一般に堅いが、泥岩は黒褐色で比較的柔軟である。この地層が分布する地域には後で述べるようにしばしば地じりが発生する。

(3) 砂岩・泥岩帯

主として中谷川から南方に発達し、下底に礫岩層をおく。東山山脈の本体を構成する。

(4) 泥岩帯

層位的には(2)の泥岩・砂岩帯に対応するとみなされるもので、主として梶山より北側に発達する。黒色泥岩を主体とし、頸城層あるいは寺泊層と呼ばれるものである。泥岩は黒色を呈し、緻密で柔く、多くの砂岩団塊を含む。この地層の分布地域にもしばしば地じりが発生する。

4.3 火山岩類

第三紀以降の火山岩のうちおもなものを挙げると、流紋岩・角閃安山岩・玄武岩・輝石安山岩等である。このうち流紋岩は姫川に沿って分布し、輝石安山岩は新期火

山の熔岩に相当する(中村記)。

5. 地じり地・崩壊地および温泉の分布と地質構造

姫川流域における地じり地および崩壊地の分布は地質図に併せ示した通りであるが、この図をみると地じりおよび崩壊は特に次の地域に多く分布するような傾向がある。

- (1) 姫川と小谷断層とに挟まれた地帯および中谷川流域……集塊岩帯および泥岩・砂岩帯に伴う崩壊と地じり。
- (2) 根知川流域……おもに泥岩帯に伴う地じり。
- (3) 平岩および山の坊一帯……主として蛇紋岩に伴う地じり。
- (4) 稗田山および風吹岳……新期集塊岩の崩壊。
- (5) 八方山……蛇紋岩の崩壊。

今回調査した個々の地点についての記載は別に説明されているので省略するが、その一般的な傾向をみると、地じりは黒色泥岩層あるいは蛇紋岩のように水を含むと著しく軟泥化する岩層に多く発生し、崩壊は集塊岩あるいは古期岩層等のように比較的脆弱な地層または堅硬な岩層に伴う場合が多い。このように、地じりおよび崩壊の発生は岩質と深い繋がりをもつように見えるが、一方、地じりおよび崩壊の分布密度の高い地帯を連ねてみると、必ずしも岩質によつて左右されるという訳でなく、むしろその分布に方向性のあることに気がつく。

この地域はいわゆるフォツサマグナ(大地裂帯)の最北部を代表する地帯であるが、これまでに発表されている諸資料を参考にして、このフォツサマグナの東縁地帯(姫川—富士川流域から東方魚野川—利根川流域までの間)における構造的方向を吟味してみると、NE方向とNW方向のものが優勢であることを知る。この構造的方向は地形の上にも現われ、フォツサマグナ東縁地帯を刻む河川の流路も上記2方向に卓越するものが圧倒的に多い。この傾向は姫川流域でも同様であつて、まず古期岩層と第三紀層との境界線を追跡してみると、糸魚川の西方に始まるこの境界はSEの方向をとつて来馬附近に至り、そこからSWへ転じて仁科山脈の東辺に延長する。この古期岩層と第三紀層との接触帯は第三紀層堆積以前に生じた古期岩層の折裂地帯を暗示するが、上記の諸点から判断すると、その折裂はすでにNE(SW)とNW(SE)の方向に行われたとみなすことができる。さらに、この地域に発達する断層系の方向をみても、上記2方向に卓越することは地質図の上から明らかであるが、このなかで特に注目されるのは小谷断層の存在である。これまでの報告によると、この小谷断層は神城村堀の内

から南小谷村穴当・真木を経て小谷温泉附近に達する走向N30°Eの大断層で、延長約25kmに及び、現在地形的にも明瞭に指摘されるといわれる。この断層は第三紀の褶曲活動の際に生じて以来、第四紀初頭の地殻変動にもふたたび活動して、現在示される地形の基をつくつたと考えられるものであつて、フォッサマグナの生成に伴つて生じた古期岩層の構造的弱帯は、小谷断層の存在によつて裏書きされておられ、現在もなおこの方向に著しく不安定であると判断される。さらにこの方向が、乗鞍・風吹・焼山を連ねる新期火山の配列方向と一致することや、温泉群の分布もまたこの方向性にしたがう事實は、上記のことがらをさらに証拠づけるものであろう。

上述の諸点を総括すると、この地帯の古期岩層に生じたNE方向の構造的弱帯は最新の地質時代において特に不安定な状態にあり、そのなかでも蓮華一笹倉温泉を結ぶ線からほど小谷断層までの間に挟まれた地帯はことに著しいといふことができる。

このように考えると、地沁り・崩壊の分布は単に岩質のみに繋がる問題ではなく、基盤の構造にも密接な関連があるという見方も可能である。事実、地沁り地帯のなかにしばしば湧水がみられるが、そのなかに鉱泉質のものを含むことが今回の調査によつて明らかにされた。また年間の湧水量がその集水面積から割出された滲透雨量よりも、遙かに上廻る地点がしばしば地沁り地帯に存在することなどを併せ考えると、地沁り地帯の性格は一面において、温泉湧出地帯とはなほだしく共通した諸点を有する。したがつて、温泉あるいは鉱泉と地沁りないし崩壊とは、基盤の構造という見地からみると、共通した地質上の場を含み、分布のうえでこの両者が同一地帯に相伴なうのは当然のように考えられるのである。

以上、姫川流域における地沁り・崩壊の分布がある幅員をもつてはNEの方向をとるといふことがらから出発して、この地沁り・崩壊の分布地帯は古期岩層内に生じた構造的弱帯に相当すると解釈した。これら両者の分布地帯が岩層の粘土化に関連ある地下水の賦存状態において、温泉地帯と共通した特徴を有することからも知られるように、このような構造的條件にあることが特に地沁り・崩壊地帯を形成する最も基本的な要因であるとみなされるのである(中村記)。

6. 地沁り・崩壊地の水文

6.1 比流量等値線図について

姫川流域全般の水利状態を考察するために本・支流を合せて64カ所の流量測定を実施して、時日による流量変化を補正して同一条件の測定値とし、別に観測諸河川

の流域面積を測定して、両者から比流量を求め、姫川全域の比流量平均値に対する100分比を計算してその等値線図を作ると第2図に示すような結果となつた。この場合の+100%は $+0.024\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ の値であり、-100%は $-0.02\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ の値である。+(プラス)は下流へ向かつて流量漸増の正規型で、-(マイナス)は下流において伏没その他による流量の漸減を意味している。

この図によつてどのようなことがわかるかといへば、姫川流域全般について地下水(8月測定であるから地下水流出が多く、実際には地下水+地表水)がどんな分布を示すかを知ることができる。したがつて治山・治水に対する最も根本的な資料といえるが、このような大スケールの水分分布図というものは示された例があまりない。河川災害にしても土地災害にしてもすべては地下水・地表水によつて引き起こされることである。この図は同時にまた岩層・堆積層の構造や裂罅・断層・変質帯の存在も相当明らかに反映し、実際の現地調査の結果と非常によく合致して合理的な解釈を与えることができるのである。

6.2 土地災害と水分分布の一般

第2図からこの地域の地沁り・崩壊地と水分分布との関係を摘記すれば、次のように両者の関係を示すことができる。姫川の左岸と右岸とでは地質の相違にしたがつて比流量が著しく相違し、左岸は硬い岩石からなる地域であつて比流量が比較的高く、右岸は集塊岩や第三紀の黒色泥岩層を主とするために比流量が低い。さらにこれを数量的に示せば、第三紀黒色泥岩層のようなものからなる地域では比流量百分比は100以下である。そのなかで根知川上流の大久保・梶山地区はそのSW方向から100の曲線がNEへ延びていて著しい不連続状態を示している。こゝに大久保・梶山の両地沁り地が存在する。同様なことはまた中谷川の谷にも適用できる。こゝもNE-SW方向へ比流量百分比の高い帯が延びていて、清水山・塩久保の地沁り地と緊密な関連性を示している。さらに南の土谷川も全域がほとんど50以上の範囲内にはいつている。これより南は比流量百分比が50以下となつて、河岸を除いては土地災害地がほとんど見当たらない。しかるに幸田川の流域は幸田・花園・嶺方・堀田等の地沁り地を持つ地域で70の値を示している。こゝでは等値線の先端が延びる方向がNNE-SSWに偏している。この等値線の先端が示す方向へ水が流れていると一概にいへないものがあるが、1つの不連続地帯として考えておきたい。

以上の異常な地帯は、右岸の他の無災害地に比較して、流出能力が高い地域であることは間違いのない事実であ

る。そしてこのような異常分布を示す原因としては、破砕帯・断層帯の存在を大きなスケールで考える必要があり、その事実は左岸の岩石地域内において実際にその規模・方向性・通水性などを観察することができる。あるいは土地災害を起こすような軟岩地域は、相当の程度に地層が水で飽和されて、吸収される量がすくなく、多くの量が排水されるためにこのように比較的高い値を示すものであるかもしれない。この実証は災害地の土壌を理化学的に検討した項に詳細に記述されている。

以上は主として姫川の右岸側について述べたが、左岸側は一般に比流量百分比が高い。小滝川の流域は硬岩地域であるにもかかわらず石灰岩地および蛇紋岩地をもつので、流量の変化が複雑で、下流では地下流となる部分が多い。これは右岸の根知川の中・下流と規を一にしている。姫川の全水系中この地点（小滝川～根知川間）が最も表流水が伏設する地帯であるといえる。これは1つの（マイナス）の不連続地帯と考えられる。大所川では白池附近が地盤は硬いが断層があり、特に木地屋川下流では地氈地をもっている。小滝川の北隣の小支流では「青ぬけ」と称する蛇紋岩地の地氈りがあり、おそらく比較的比流量が高いものと思われる。これは、虫川が第三紀層地域であるにもかかわらず、比流量百分比が80に近く、異常であるので、かなり顕著な分布不連続な地帯にあたっている。大所川中・上流はこの種の岩石河床の山溪としては安定した流量であつて、電源開発地域として選定されていることはまことに當を得ていると考えられる。

左岸地域で最も問題となるのは風吹岳・稗田山の崩壊地である。第2図によつて考察すると、アルプスの高峯の万年雪から供給される水量はまことに莫大なものであろうと思われる。それは松川のの上流地域の比流量を検討すれば首肯されることである。姫川全地域中で最も比流量百分比が高く、平均の5倍に達している。そして供給される水の通路はこれらの山麓中でしばしば観察されるように、ほぼNE-SW方向の弱線に沿っているものかと考えられる。各崩壊地については後記のように見取図を附してあるので、それらによつて実地踏査結果と航空写真から得られた構造線および弱線・破砕帯の状況をうかがい知ることができよう。さて風吹・稗田の崩壊は右岸地域の異状流出および水質の異常（これはおそらくNE-SW方向の構造線と関係があると思われる）とほとんど同じメカニズムであろうが、岩石地域であることと、水量が単位面積あたり非常に多いことが異なっている。むしろ水の流動の方向からいつて圧力の強い根源地域に近い所にあると考えられる。千国川・松沢川等の小流が

非常に比流量百分比が高く、400～500にも達していることは、この程度の比高の地域としては全国的にも稀である。しかも稗田山の基盤は加水すればかなり膨潤性をもつ黄色凝灰角礫岩からなることは、この水量・裂隙の方向性から考えても、日本でも稀な山体崩壊の大災害を起こした下地を十分に備えているといえることができる。風吹岳は、稗田山の崩壊面側とともに災害を起こした流域の比流量百分比はそれほど高くはなく、約150の値を示している。風吹岳は岩石の化学的風化作用が特に著しい点があるが、その背面にあまり比流量の高い地域を持たなくても稗田山に比肩するような崩壊を起こした原因であろう。浦川と姫川との合流点の堆積砂礫層中において、稗田山から流出した洪水堆積物と風吹岳からの鉄砲水による堆積層とがかなり明瞭に区別されるのは、風吹岳から流出したものが白色の結晶物を砂礫の表面に折出すからである。

また風吹岳から中谷川上流の小谷温泉への構造線が考えられるが、小谷温泉附近には特に比流量百分比の低い地帯があつて（50以下）、後述のように温泉変質による地氈地がある。

稗田山より南には阿弥陀山（古生層山地）・岩葦山（蛇紋岩山地）があり、松沢川・楠川の流域には乗鞍岳からの噴出物が流下して凹凸の多い特殊の地形を呈している。松川の上流は比流量も多く白馬岳からの雪融水を常に受けている。こゝには八方山の蛇紋岩崩壊地があり、周囲よりは比較的比流量百分比が低い。山之坊附近および小滝「青ぬけ」はともに比流量百分比70～80の所であるが、八方山の比流量もやはり70～80である。しかもこの八方山の東の山頂には大きな凹地があり、蛇紋岩地特有の崩壊形態を示している。

次に南方の天狗岳方面からNNE方向へ比流量百分比の高い帯（300）が延びている。このことと、姫川の源流地の比流量百分比が左岸側35、右岸側12で著しく低いことから推測すると、青木湖の水が大量に姫川本流に漏れているという在来の論は否定した方がむしろ合理的である。

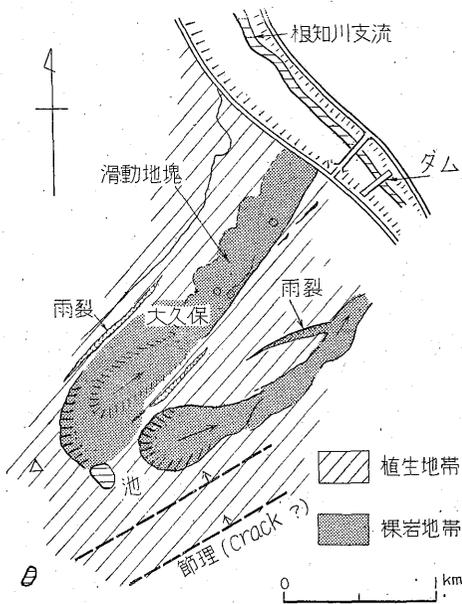
6.3 土地災害地各説

6.3.1 第三紀地層地域（黒色泥岩を主とする）

(1) 根知川上流地区

a. 梶山地氈地 この梶山の地氈地は縮尺1万分の1の地形測量が完成しているため、精細にその形態を知ることができる。しかも県の土木課によつてこのような地氈地に対する災害予防対策として、現在多く実施されている水抜きボーリングが実施されている。2,3年前から、この地氈地の頂部から中部にかけて3段の水抜きが施工

されている。位置は地氈地の南東隅にあたる。現在の状態でどのくらいの水を抜いているかを測定してみたが、9月3日の測定では9カ所のボーリング孔から流出する水量は、 $19\text{m}^3/\text{day}$ で、 13mm の降雨のあつた3日午後から18時間後の4日では $27\text{m}^3/\text{day}$ に増加している。増加は主として上段のものである。ボーリング孔の長さおよび扇形の拡がり considering 集水面積を 0.0075km^2 とすると比流量は $0.036\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ となり、姫川全域の平均値 $0.024\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ よりも大きく、百分比にして75である。梶山流域の比流量は60であるから、やゝこれより高い値である。梶山は大久保に比較して比流量が低い。この地氈地の中央からはかつて鉱泉が湧出し、一時は温泉旅館(世界一館)もあつたという。排水の温度は $10\sim 15^\circ\text{C}$ ではなはた変化に富む。またこの地氈地に対して沁り面の深さをみいだすために電気探査を実施した。その結果は $10\sim 15\text{m}$ で堅い頁岩(新鮮な面)になるようである。この梶山が後述の大久保に比較して災害の程度がやゝ軽いのは、その後背地に優勢な湧水をもたないためである。3段の水抜きボーリングも下段ほど水量が少なくなっている。なおこの地域の黒色泥岩層中には、所々に方解石および石膏の細脈があることも見逃し得ない点である。

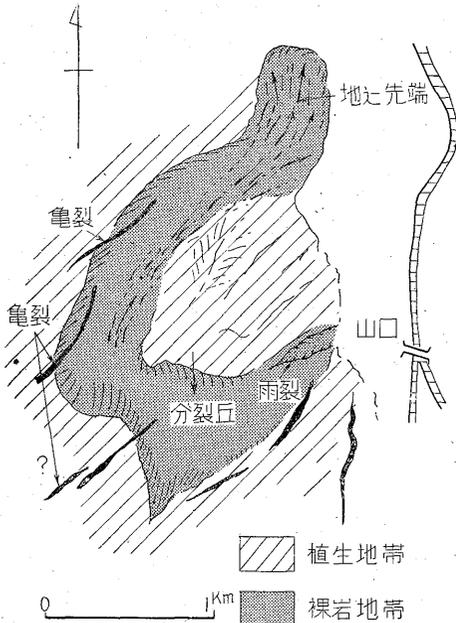


第3図 大久保地氈地見取図

b. 大久保地氈地 大久保は梶山よりは比流量の高い(103)地域に存在している。第3図の見取図によつてわかるように、きわめて狭長な地氈地形を呈し、その延び

は本地域の裂罅の一般的方向である NE-SW の方向をもっている。2カ所ほどかなり大きい裂罅がみえる。この地氈地の特徴は頂部に白池・角間池等の湧泉を有することで、特に白池の水は特殊の水質である。水温も 21°C あり、pH も高い。なおこの地氈地は他の地氈地に較べて地内からの湧水量が著しく多い。上位から3カ所の湧水地点があり、最上位(県耕地課築造の横穴式隧道より下位)の第1湧水孔が $16\text{m}^3/\text{day}$ ($t=9^\circ\text{C}$)、その下位の第2湧水孔が $590\text{m}^3/\text{day}$ 、最下位の第3湧水孔が $1,050\text{m}^3/\text{day}$ で、合計 $1,650\text{m}^3/\text{day}$ である。このほか上記の横穴(第1湧水孔より上位)から $2,000\text{m}^3/\text{day}$ の 8°C の水を排水している。またこのほかに白池から $1,050\text{m}^3/\text{day}$ の水が流出して灌漑用水となつている。したがつてこの狭長な谷には $4,700\text{m}^3/\text{day}$ の水が流下していることになる。これらのうちで第1~第3の各湧泉および横穴の湧水は、裂罅性の流水であると考えられる。したがつて梶山と異なつて岩盤(硬い頁岩)の上の角礫岩が一種のコロとなつて上の軟らかい粘土層(梶山と同じく主としてモンモリロナイトからなる)を圧縮、展張して下に滑動するのである。見取図にみられるように、狭長な谷間に大きな転動塊が上下につながっている様が見える(航空写真による観察)。村人の話によれば $10\sim 15\text{m}$ の深さには玉石が多く(井戸掘の際の見聞談)、水が多いとのことである。昭和19年の暴風雨に際して、神社附近の地盤が2mも沈下した。地氈りが始まると第1~第3湧泉のうち第2の湧泉が水量を増加するというが、一種の圧縮を受けて搾り出されるからであろう。この地氈地の比流量は $0.04\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ であるから百分比は166である。この流域の比流量百分比は109であるから非常に異常な値である。この地氈地の末端の堰堤附近の土壌をみると、地熱・温泉地帯にみられるような黄鉄鉱を含む変質粘土であつて、流紋岩や蛇紋岩から変質したとみられるものがある。沁り面は確認できなかった。梶山は地氈地全体が黒色頁岩ないし泥岩であるが、大久保の場合は頁岩と後期の火山砕屑物とが共存している。人家が転動する地塊の上にあるので人災が大きいのである。

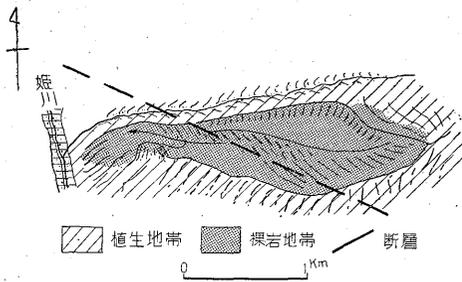
c. 山口地氈地 これは航空写真の判読からみいだされた災害地であるが、亀裂の方向および地氈りの進行方向を知ることができる(第4図)。地層中の亀裂はおおむね NE-SW 方向である。杉之当・上横方面が中心地であるが現在はあまり活動していない。この地域は比流量百分比が-100で、土壌はまだ相当の水を吸収しようと思われ、災害も小規模な崖崩れに限られている。近くに流紋岩が発達しているからベントナイト状粘土による滑動も多少は考えられる。



第4図 山口附近地

(2) 白井沢蛇紋岩崩壊地

李平の崩壊地は木地屋—蒲原—李平を連ねる NNW-SSE 方向の断層弱線に沿っている。しかも山体が蛇紋岩地区であるから山脚の先端の頂部に凹所を生じて、漸次姫川へ向かつて滑動したものである(第5図)。

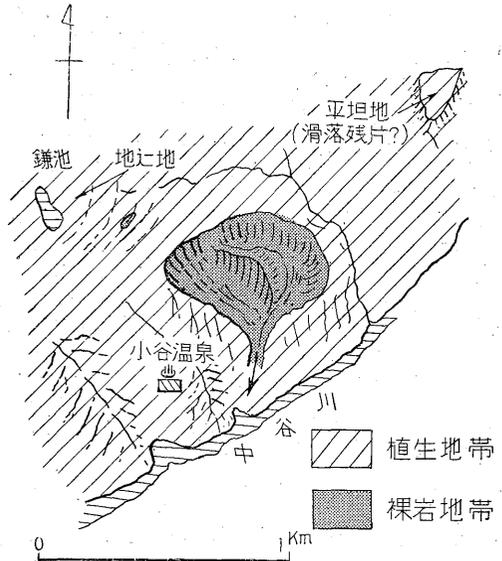


第5図 白井沢崩壊地

(3) 中谷川地区

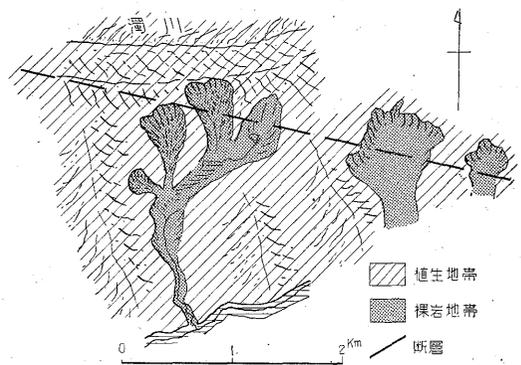
a. 小谷温泉附近地 鎌池の東方に圈谷形の地がある(第6図)。これは温泉変質による地であり、その誘因は鎌池からほぼ東へ流れる地下水流であると思われる。鎌池附近の平坦地は過去の激しかった地の名残りであつて、現在の地は末端の崩落であるともいえる。この中谷川はほとんど黒色泥岩層地帯を通過するにかかわらず比流量が高く、百分比にして110に達して附近の2倍強の高い値をもっている。この地区にはNE-SW 方向の多くの断層帯があること、さらに種々の新期の貫入岩が発達していること、温泉現象を伴うこと等

からみて、中谷川は構造的弱線に沿っているものと考えられる。したがって水の通過しうる裂罅も多く、貫入岩の周囲にはベントナイト質の粘土が生成され、水の流動とともに種々の土地災害を起こすのである。



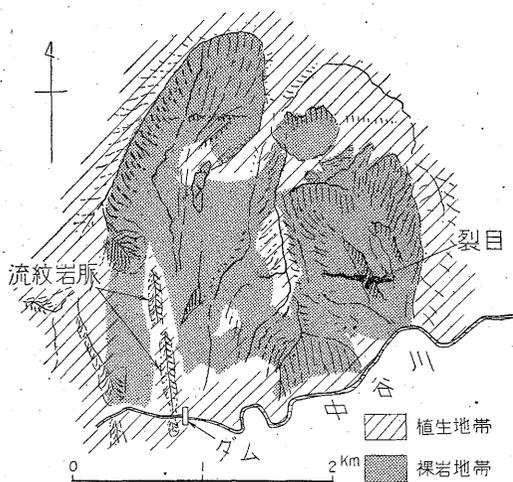
第6図 小谷温泉地

b. 塩久保上流崩壊地 この沢は小“浦川”ともいえる砂礫の乱流で、崩壊の状況も稗田山のそれを小規模にしたようなものである(第7図)。山稜近くの集塊岩が崩壊したもので、風吹山の崩壊地が来馬川の深く刻んだ溪谷をすぐ北側の台上にもっているように、こゝも山稜の北側に(裏側)濁沢という侵蝕谷をもっている。このような地形の所では崩壊が促進されることが多いものと思われる。またこの地は前述の蒲原沢—李平—大草連へ延びる弱線に沿っていることも、崩壊を起こさせる一因と考えられる(航空写真から判読)。



第7図 塩久保上流崩壊地

c. 清水山地地 中谷川の有名な地地地であつて、古くから調査が実施されている(第8図)。最近長野県砂防課が中谷川全域にわたつて大規模に調査を実施中である。したがつて災害状況についての叙述は省略して、別の角度から検討してみる。現地視察の結果、流紋岩岩脈とそのベントナイト化、それに対する水(雨水・雪融水)の作用が、この災害の原因であることが判然とした。このほかにこの地が構造的に NE-SW の弱線上にあること、人為的には白岩附近の中谷川本流に堰堤を構築したこと(昭和7年)が、近来稀な大積雪と温度上昇とによる急激な雪融けという悪条件によつて、昭和9年の大



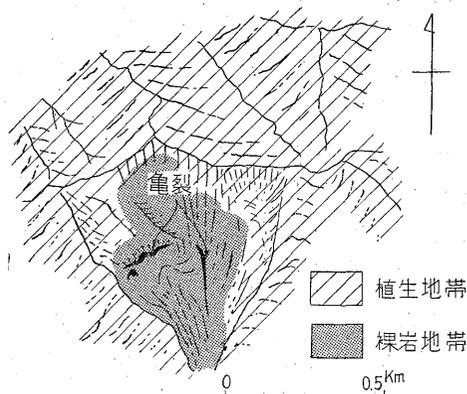
第8図 清水山地地地

災害を起こしたのである。また1つには姫川の下刻作用が早く支流がこれに及ばず、合流点が懸崖となつてることが多いが、このような地点では地下へ滲透する水が少なく、上流の水がほとんど全部表流化して流下し、自然の堰堤となつてゐる。この自然堰堤の上流に築堤することは、これよりも上流の地下伏流水をある程度堰止する結果となつて、附近の地下水面を上昇させるのに最も有効な作用をする。このような地地地にこのような考慮なしに築堤することは今後つゝしむべきであらう。たゞし砂防堰堤無用論ではないのであつて、その位置をもう少し上流にした方がよかつたのではないかと思うのである。この地地地は中ノ屋敷附近では地盤が割合に堅硬で村人はこれを「べんのう」と呼び、比較的 안전한地盤としている。現場で一見すると別に普通の黒色頁岩と変わらないようであるが、やゝ珪化して硬くなつてゐるようである。この中ノ屋敷部落を中核として上部と下部が別々に滑動するのである。流紋岩の岩脈附近には2次的に堆積したかなり純粋なベントナイトがみられる。ま

た岩脈に沿う N-S の弱線も地地りの1つの因子となつてゐると思われる。

(4) 土谷川地区

a. 曾田地地地 土谷川から南は比較的単純な黒色泥岩地域であるが、たゞ土谷川の出口に立山の安山岩株があつて地層がかなり擾乱されている。このためか太田・土谷・犬川・曾田地区には地地現象を伴なつてゐる(第9図)。土谷川の比流量百分比は約60であつてあまり高い値ではない。南斜面が多く地地地をもつことはこの附近共通の特徴であつて、これは融雪によるものと判断される。したがつて規模も小さく特記するほどのことはない。地地地の中心地である観音堂沢には稜線近くに湧水があり、当時の測定では $10\text{m}^3/\text{day}$ の程度であつた。これは梶山ボーリング孔の最大のものに一致する。この附近は谷壁の傾斜が梶山よりも急で、かつ谷間距離が近い。梶山地域の比流量百分比は60であるのがこの点でも両者は類似している。

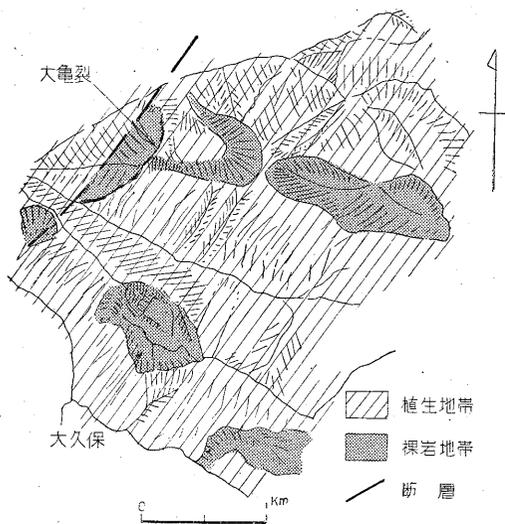


第9図 曾田地区地地地

b. 土谷・太田地地地 これは曾田に近接した地地地である。流出水が多く、地地地としてはやゝ活潑な動きをみせてゐる。現在 E-W 方向に大きな裂れ目を生じてゐる。涌出水量は $29\text{m}^3/\text{day}$ で、これは梶山の最大値よりは大きい値である。涌出水は蓮池に入れて灌漑用水としている。頁岩中の裂罅によつて通水性がよくなれば、流出水も増加するのであらう。地地地が一般に流出水の多いことは、裂罅の存在確率が高くなつてきた証であらう。

(5) 横沢川地区

a. 日道沢地地崩壊地 南日道点は地地りというよりもむしろ崖端侵蝕といつた方が適當で、河岸が急傾斜をなし欠落するという現象がおもである(第10図)。粘土化作用を受けてゐる程度は比較的低く、滑動もあまりない。比流量百分比は18という小さい値である。第10図



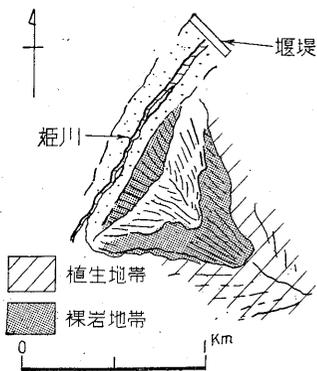
第 10 図 日道沢地へ崩壊地

にみるように、NE-SW 方向の丘陵の先端 (spur) が崩壊しかけているのが観察される。北日道では山稜線がひどく侵蝕されて、楕円形の凹地をつくっている。構成する地層はやゝ硬い黒色頁岩であつて、上部に緻密な礫岩を被っているので割合に崩落から保護されている。こゝではむしろ土壤中の水分の欠乏によつてかえつてブロック化が行われているようである。

b. 大久保地へ地 日道の南の大久保は、上部が集塊岩 (安山岩質) によつて覆われ、日道の山稜線上の侵蝕と同じ現象を呈している。昭和 28 年 12 月～29 年 1 月にわたり地へ地を起こしている。これらの地へ地の原因の 1 つとして、山脚部が河流によつて洗掘されて、上盤を支持し得なくなつて崩落することが考えられる。

(6) 坪の沢崩壊地

この地点は正徳 4 年 (いまから 240 年前)、地震のた

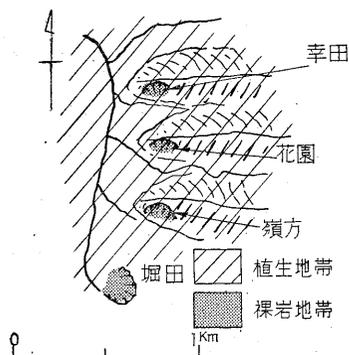


第 11 図

めに崩壊した (第 11 図)。これと同様なものは鎌倉山西 (姫川本流、203.9m のベンチマークのある処) と中土駅前前の立山の西側にみることが出来る。坪の沢の傍には現在大堰堤が設置されている。

(7) 幸田川地へ地

はゞ南北に流れる幸田川の中・上流部に東から延びた丘陵の先端 (spur) の部分が、後退剝離されて地へ地を起こしている (第 12 図)。堀田を除いてはいずれも南斜面が地へ地となつている。この区域の比流量百分比は 70 であつて、北と南の隣接流域がそれぞれ 17, 12 というきわめて低い値であるので、この比流量百分比と災害地との相関関係は確実なものであるとの感を深くする。



第 12 図

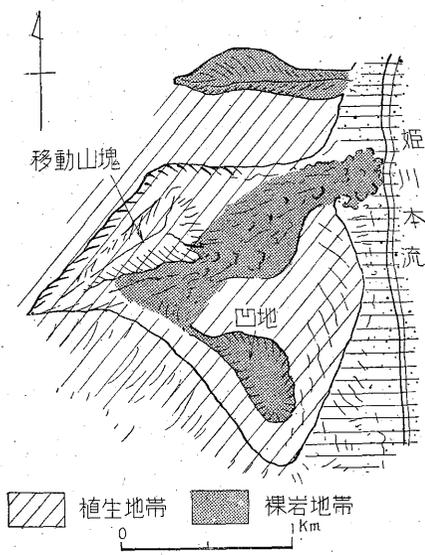
堀田地区はこの地区の南端にあり、昭和 29 年の 15 号颱風によつて地へ地を起こした。2 m³/day の湧出水があり、地へ地の土層をみるとはなはだ湿潤していて、畑地のなかには大きな亀裂がある。この地へ地は 17° 位のきわめて低角度のものである。この附近は飲料水に乏しい所である。その割れ目に沿つては地層によく水がまわつている。

花園では現在水抜きボーリングが実施されていて、0.72m³/day の水を約 10 本のボーリング孔から排水している。水の出る量が案外に少ないが、集水面積が狭く 0.0003 km² 程度なので、比流量を計算すると 0.024m³/sec/km² となつて百分比では 100 になり、この区域の百分比は 70 であるから約 1.4 倍である。このように計算すると、黒色頁岩ないし泥岩層中の地へ地災害地は、その流域の比流量の約 1.5 倍を超えると災害を起こすように思われる。もちろんこれのみが主因ではなく、水の影響も単に量だけでなく通水裂隙のあり方によつて色々に変化すると考えられる。

6.3.2 中・古生層および火山岩地域

(1) 「青ぬけ」崩壊地へ地

小滝町岡の北方の「青ぬけ」の崩壊は、昭和 25 年の



第13図 小滝川岡の北「背ぬけ」

暴風雨によって起こったものである(第13図)。蛇紋岩地帯であるため中腹に凹地を生じている。一般に蛇紋岩は岩質的に塊状の硬い部分とそれを包有する軟質の部分とからなっていて、風化によって軟質化が進み、比較的通水性がよくなると比流量は低くなる。水の流過によってコロイドになった部分が溶出して、山頂部に一般凹地を形成し、山脚側面には多くの深い侵蝕溝を生じて崩れ去る。この地点は北には虫川の比流量百分比76の比較的高い区域があり、南には-65という伏流地があり、一種の水分布の不連続線にあたる。これが災害を助長した原初的な条件であろう。

(2) 小滝川右岸、瀬野田・野口および山之坊地区

a. 瀬野田・野口地帯地 此の区域には中生代の頁岩層が卓越している。この附近は航空写真観察および現地調査の結果 NNE-SSW 方向の亀裂がよく発達していることがわかった。その状態は第14図に示されている。高浪池その他の小池の存在は、地帯地または断層線の存在のいずれかを示していることが多い。おもな弱線以外のものとして図中に A, B, C で示す3つのものがある。B はさらに NW へ延びて土倉沢の崩壊地に及んでいる。しかし主要裂罅の方向は NNE-SSW である。この区域では一般に構造線に沿う地帯地がその主要なものであるが、跋涉困難な区域で実際に確かめたものは少ない。

b. 山之坊蛇紋岩地帯地 第14図によつて知られるように、この地帯地は A, B, C の3つの弱線の集中地点にあたっている。山之坊附近の比流量百分比は70である。山之坊部落では70 m³/dayの流出水がある。集水面積が0.6 km²であるのでこの比流量百分比は55に

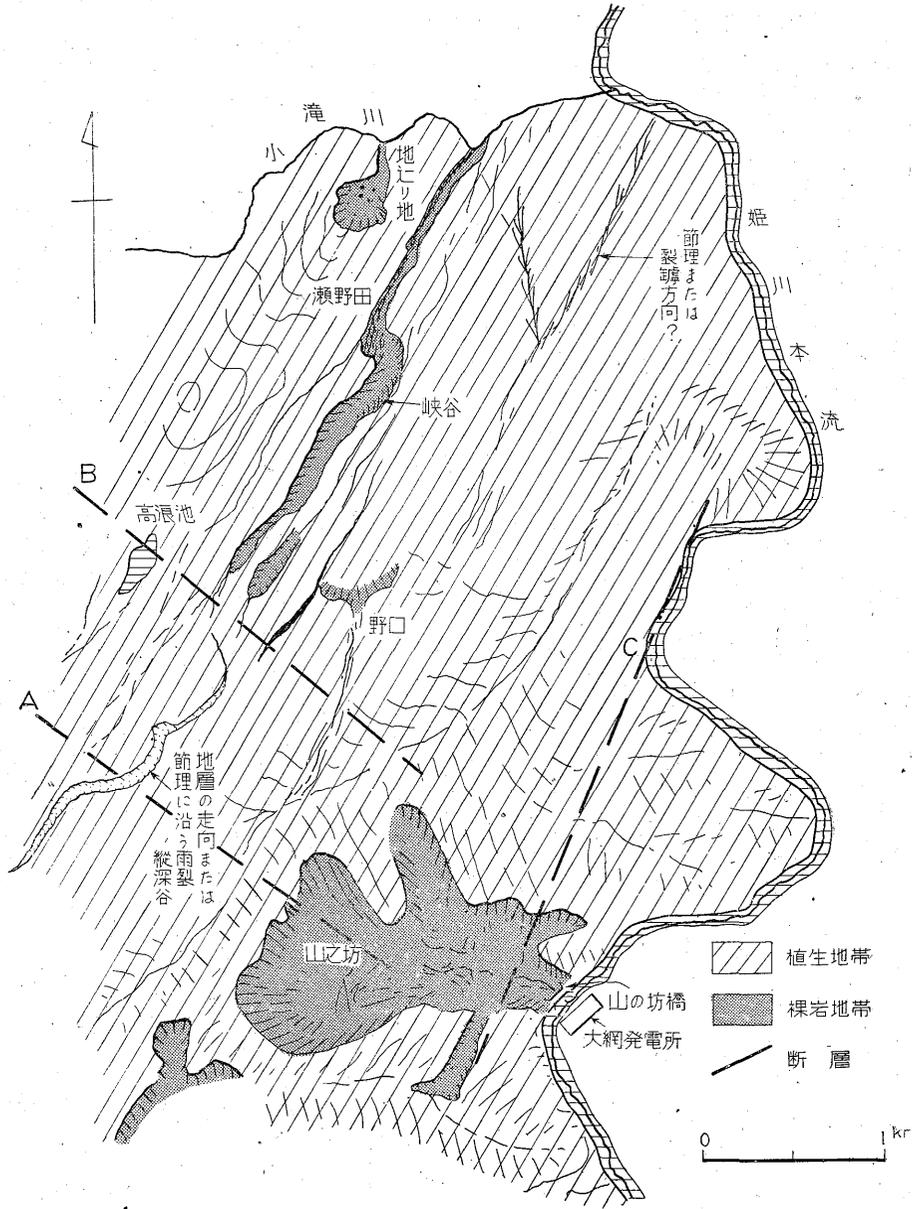
なる。この値からみて15~20%の水が滲透しているようである。大綱発電所対岸の道路は年々低下して、年間に15~30 cmの低下を示している。また押出しのため護岸のコンクリート壁に亀裂を生じ、山之坊橋も橋桁に亀裂を生じている。この押出しの先端から出る滲出水量は19 m³/dayで、集水面積を推定して計算すると比流量百分比は70位となる。発電所側も同じ蛇紋岩地帯であるが、あまり災害がない。その理由はいまのところ判然していないが、河床の蛇紋岩は右岸のものの方が堅硬であり、また1つには附近の断層の方向がNE-SWで河岸に平行し、しかも河岸より2 kmも奥にあるゆえである。

(3) 大所川中流白池附近および木地屋川下流地帯地

この地区は大所川電源開発予定地域であつて、今回調査が精密に実施され、また東北電力 K. K. によつて縮尺1万分の1の地形測量が実施されている(第15図)。航空写真の判読によると、木地屋川下流に A, B の断層があり、Aから下流は著しい地帯区域である。この附近の小さい池は崩落し残つたやゝ堅い岩盤上にたゞえられていて、高浪池と同じような景観である。しかしこの区域の方が地層のもめ方が激しいようである。白池附近もこれと同じようでも規模が大きい。白池の北にCの断層があり、またDの断層がある。Cを境として北の小池をのせる地帯と白池の地帯との間では、北側の地帯が相対的に西へずれているようである。白池の北西にはNNE-SSW 方向の節理がよく発達している。現在は白池の南西の沢奥が崩壊して川を堰き止めて白池の南に新しい池をつくつている。この崩壊はおそらく構造線に沿う破砕帯の崩壊ともいふべきものであろう。

(4) 風吹岳・稗田山地区およびその附近

a. 稗田山崩壊地 明治44年8月8日の大崩壊については常法寺の松本宗順¹⁾・八木貞助²⁾等によつてよく述べられているので、別の方向からこれを検討することにする。この区域は姫川河川災害の元凶の1つで、その規模の大きなことまた対策のない点で本地域治山・治水上の最大の癌である。明治44年8月2日から約5日間にわたつて、名古屋方面から上陸した颱風が丁度NE-SWの本地域の主要構造線(弱線)に沿つて侵入して、佐渡方面へぬけている。気象台の日本颱風資料誌に載せられているものであるから、相当大きいものであつた。しかし丁度颱風眼がこの地方を通過したため、地方人の記録では快晴となつている。この地域が白馬嶽方面から水を供給されていることは第2図によつて示されており、かつこの附近の比流量百分比は400~500という非常に高い値で、これだけの表流をもつ(この観測は8月で表

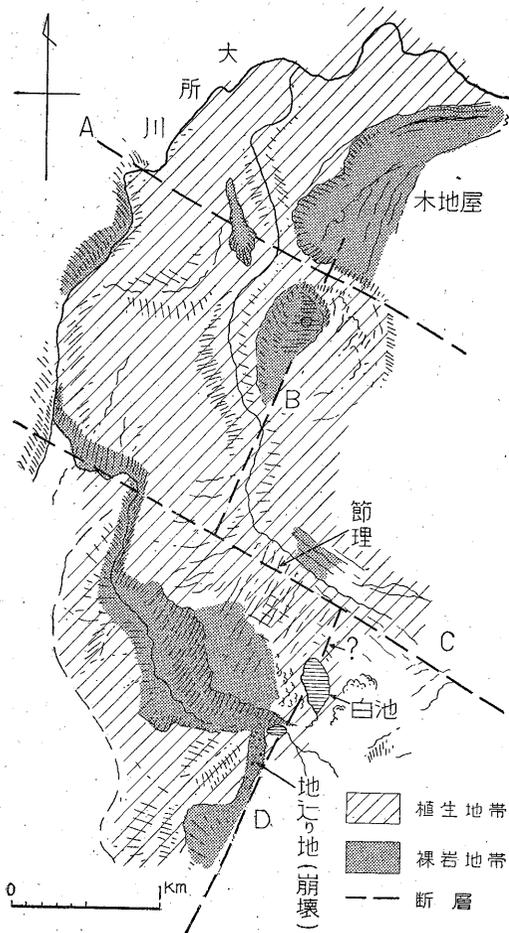


第 14 図 小滝川右岸瀨野田-野口-山之坊地区

流といつても地下水の影響も多くはいつている) 以上、地下流も相当のものであると思われる。こうした外的条件に対して、山体内部では基底にある黄色凝灰角礫岩がモンモリロナイト粘土を非常に多く含有していること、稗田山の南東麓の土倉附近の裂罅中へ往時は盛んに河水がまきこまれていて、地下における大きな空洞の存在が推測されたこと。この附近(むしろ風吹嶽寄りまたは乗鞍嶽近く)に火口の存在を推定することができることなどが、内的条件として考えられる。そのほかに崩壊前の

浦川の谷形を推察すると、丁度海川の峡谷のような急崖で崩壊しやすいものであつたと思われる。第 2 図から水分布の状態をみると、浦川の谷と南東の斜面とでは、水の面に非常な不連続があつたであろうと考えられ、結局、大崩壊を起こすシヨツクとなつたあの颱風(温度上昇)による融雪洪水から起こつた常識を越える異常な圧力水頭の増加が、一番弱い点である稗田附近に集中されて、あの災害を起こしたものであろう。

b. 風吹岳崩壊地 これは昭和 11 年から盛んに鉄砲



第15図 大所川・木地屋・白池地区

水を排出している。化学的風化が著しいことがすでに知られており、来馬川上流の湿源地の酸性水もこの崩壊に相当に影響を与えていると思われる。稗田山の奥に較べ風吹嶽の奥は化学的風化が卓越しているゆえか、裂罅の状態はあまり判然としない。

c. 来馬地じり地 これは来馬村常法寺の上の方の万字水田の湛水によって引き起こされた地じり地である。附近の地質は中生層の頁岩が主体をなしているが、この上に細礫層があつてきわめて水が透過しやすい。水質試験の結果からみてもそのことは証明される。すなわち万字水田から流出する水の酸素量 (free O_2) と、常法寺境内の湧水の酸素量とがほとんど同じであることから、上から水が透過していることはほぼ確実である。水量から見ると境内のものは2つの湧水の合計が $45 \text{ m}^3/\text{day}$ で、湧水の源と思われる上位の処では $53 \text{ m}^3/\text{day}$ である。この地じり地はこのような機構からいえば砂層の崩れと同じような現象であるが、多少の青粘土を伴っている。

この青粘土もおそらく黒色頁岩に起因するものでなく凝灰層の風化によつて生じたもので、むしろ次に述べる外沢盆地の災害とほとんど同じものであると思われる。

d. 外沢崩壊地 昭和15年に第1次、昭和22年に第2次、昭和24年に第3次の崩壊を起こしている(第16図)。こゝに発達する地層は第三紀中新世の内村層である。崩壊の原因は、上部の凝灰岩の一部が青粘土化し、膠状となつて滑動したのである。地震および度重なる浦川の攻撃もこの災害誘発の重要な原因である。

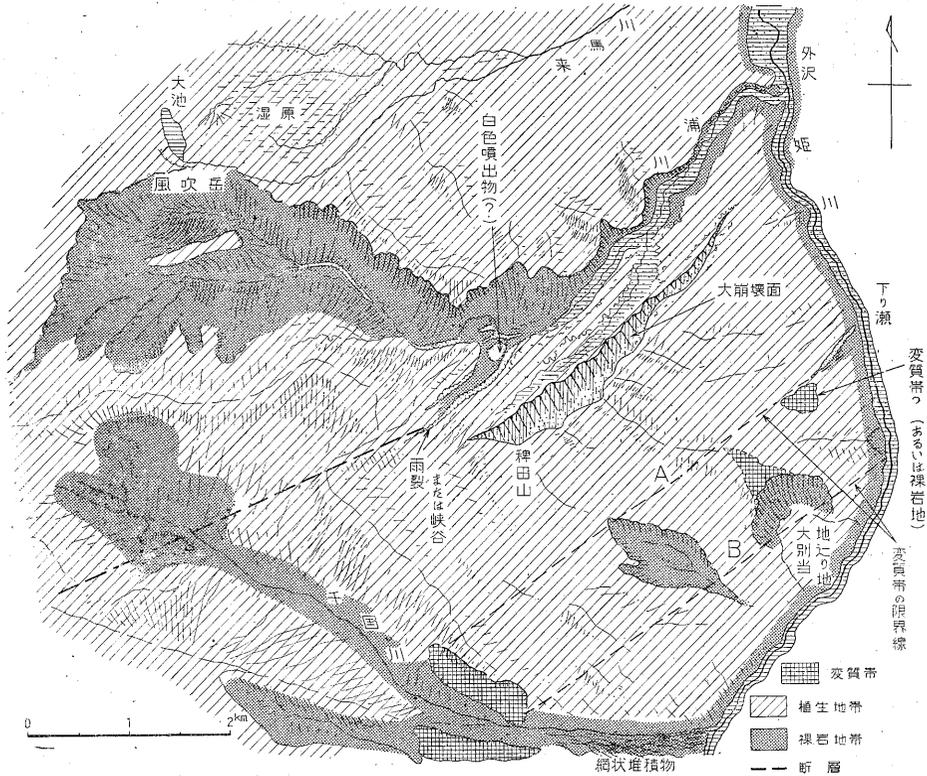
e. 下り瀬背面・大別当・千国川中流地に崩壊地 稗田山崩壊面の南側の姫川本流に面する処には第16図に図示したように、AおよびBによつて挟まれた変質帯(?)があつて、地じり崩壊の現象を伴っている。北から順次に説明を加えれば、下り瀬西方の深い雨裂(gully)状の溝は明らかに裂罅の形態を示している。かつてこの裂罅の延長よりやゝ北へ偏した処で温泉を試掘したが、温度はあまり上昇しなかつたという。

大別当ではこゝの地じりのために道路を姫川右岸に変更したぐらいで、相当の規模のものである。明治35~36年頃に地じりがあつた。また姫川第2発電所の隧道水の溢水があつて、地じりが加速された時があつた。押出しの土質をみると礫を混じた粘土質のもので、凝灰岩・集塊岩が風化して粘土化し、またこの附近の水質は異常を示している。比流量百分比は100以上である。この附近の流出水を測定してみると、 $200 \text{ m}^3/\text{day}$ の値となつている。しかし集水面積も大きいので比流量百分比は20程度となつて、かなり安定した状態を示している。この上流の土倉はかつて河水が地下深所に吸いこまれていた場所である。最近道路をこの地じり地内に通そうという案もあるが、現在多少安定しているからといつて直ちに工事に着手するのはやゝ早計のようである。特にこの部分は姫川の曲流部にあたるので、いわゆる攻撃斜面となつて洪水の際には脚部を洗掘されて、上部が滑動を開始することも考えられ、護岸についても、山之坊の護岸工事できえ亀裂がはいる状態であるから、充分慎重に実施する必要がある。この大別当の地じり崩壊地の西に、紡錘状の崩壊地があり、A、B間の変質帯内にあるようである。

千国川の上流は、その地形からみても大きな崩壊地のようであり、かつ相当古いものようである。千国川の中流右岸には、網目状の堆積物を、河道でなく斜面上に、判然と認めることができる。これにより南では次に述べるようにまことに奇妙な地形を呈しており、河道も侵蝕の復活が激しく、溶岩流・泥流の堆積が判然と認められる。

(5) 松沢一楠川地区

この地区は乗鞍岳の火山噴出物や泥流などによつて特



第16図 風吹岳・稗田山崩壊地

徴づけられる所で、災害はあまり認められない。浅間山は第三紀の安山岩質集塊岩からなり、第17図中 A、B の2線間に凹地帯があつて、北部の円形の台地とともにまことに珍らしい地形である。

(6) 八方山崩壊地

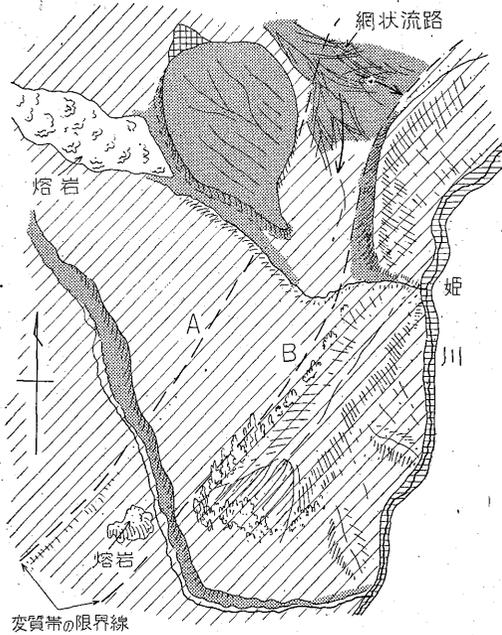
八方山は岩草山とともに非常に塊状緻密な蛇紋岩からなり、蛇紋岩地特有の侵蝕形態を示している。航空写真によつて観察すると、東の山頂は第18図のように大きな凹窪地があつて、外側からの侵蝕と同時に内部からも崩壊している有様がわかる。ことに平川堰堤より上流の左岸の唐沢から岩石が流出して、一種の岩石床 (rock floor) の現象を呈している。昭和20年10月の豪雨の際には唐沢が押し出して平川を堰き止めそうになつたという。山体の北側面が幾分膨張しているように観察されるのは、頂上の凹部が沈下したためであろうと思われる。山之坊および岡の蛇紋岩地に類似しているが、また一種異なつた地貌を呈している。蛇紋岩のように岩質が不均一なものはその崩壊の仕方も不規則で、玉石のはいつた塊状の砂層におけるような侵蝕・崩壊の様相を示す。これを防止する方法は頂部の凹地に水が貯溜されないようにすること、側壁を植生で覆つて樹冠の効果を利用する以外

には一寸見当がつかない。溝を側面に掘つても、セメント張をしても、たちまちずり落ちてしまうと思われる。

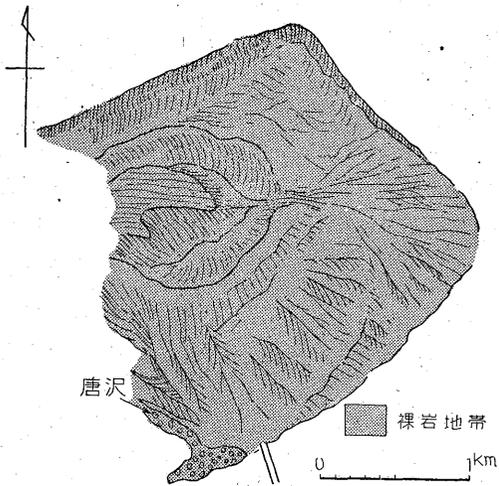
6.4 結語

以上で本地域の土地災害の著しいものまたは類型的なものについての説明を終えることにする。これらについては新潟・長野両県の土木技術者によつて従来からいろいろと調査され、実際の施工も行われている。そのなかでも中谷川の災害調査はその規模および方法においてまことに注目すべきものである(長野県砂防課によつて実施中)。これらのおのおのについて検討することは問題が大きく、また事例によつては複雑なものもあるので、簡単に判断を下すことは差し控える。たゞどんな水理状態の処で、どんな地質条件の処で、どのような災害が起こるかについての分析検討がまだ不充分のようである。

筆者は別個の立場からこの災害問題を眺めてみた。すなわち、全域の比流量百分比等値線図を用いて、個々の現象のよつて立つ位置を明らかにしながら解釈を試みた。この方法は筆者が10年以来用いている方法ではあるが、かなり大胆な取扱い方なので、最初のうちは大いに不安があつたが、事例を重ねるごとに段々と内容・考え方が明確になつてきて、この鈍刀も用い方によつては案外効



第17図 松沢-楠川地区の奇地形



第18図 八方山蛇紋岩崩壊地

果を發揮することに気づいてきている。土地災害そのものが相当大きなスケールのものであるにかかわらず、きわめて微少な現象の解釈、または人為的な模型実験から

だした理論から逆に解釈しようとしても、そこには無理がある。自然は案外単純でかつ率直にその実体を示しており、自然のスケールにこちらのスケールを合わせて調査を実施することも必要である。このたびの取扱い方のうち流域全体の比流量というものは、もちろん時期によって相違があるが、近隣のものとの相対的關係はほとんど一定である点にこの方法のねらいがある。その平衡状態の破れが、災害となつて現われてくるのである。

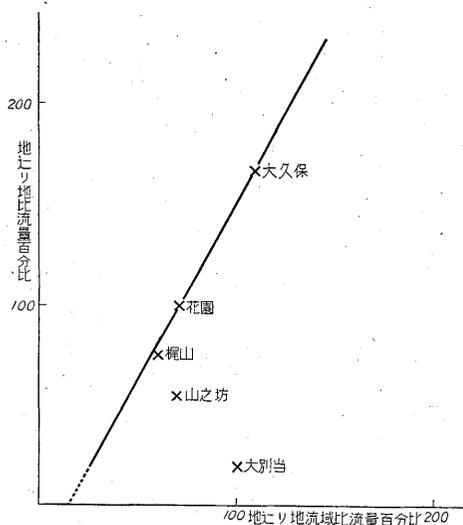
たゞ今回の災害地における洪水の解釈については、その集水面積について相当注意は払つたが、地中のことであるので多少の誤算をしているおそれがある。むしろ流出全水量を単純に比較した方がよかつたとも考えている。これは今後の研究課題である。いずれにしても大体 20 km 平方位の単位で、各支流を中心として比流量を算定するわけで、本地域のように発電に利用されている河川は人工がはiriすぎているために、その調整に非常に努力を要したが、一面には発電所の毎時間の流量測定記録がこの計算をするにあつて、非常に役に立つたことは幸いであつた。

本地域の治山・治水対策に対してこの資料がどの程度の効果を發揮するかといえば、例えば稗田山の大崩壊の原因の一端をその比流量の極度の不連続によるものと想定でき、これに対する施策としては、単なる砂防堰堤の築造のみに注目せず、この過剰な水圧をどの地点で抜くかを勘考することが必要である。松沢・楠川の上流地域でwell point法による水抜きを実施することなどが考えられるが、規模からいつて仲々の大工事となる可能性がある。颱風時においてこのような微々たる人工水抜きがどの程度の効果をあげうるか、いさゝか竜車に向かう蟻螂の斧の感なきにしもあらずである。黒色頁岩からなる地帯の地中地帯で多く実施されている水抜きボーリングは、案外効果があるといわれているが、折角の工事も数年にわたる精密な資料の貯積によつてしばしば検討する必要がある。このような工事に関連して、地層内における水の平衡状態がわからなければならないはずである。この問題については各論の項で多少触れておいたが、完全な結論を出すためにはなお資料が不足である。

しかし黒色頁岩地域では、比流量百分比が50から100の間で多く、その地じりの発生をみている。そして災害現場ではそれぞれその流域の百分比をさらに上廻つた値を示し、最高は170位であつた。この種の地質のなかで50以下の比流量百分比を示す区域の土地災害は、多くは地じりでなく崩落・欠損・ブロック化がおもである。これに反して中・古生層地域や火山岩地域では、黒色頁岩地域にみられるような流域の比流量百分比と、個々の災

害地の比流量百分比との関係は判然としない。崩壊は主として重力・圧力によるか、風化によるか、振動によるかによつて生ずるもので、判定は困難であるが、浦川の崩壊地が150の値を示し、葛葉および(大所白池方面も150に近い値であるから) 岩石崩壊地の百分比は100から200が大体の範囲であろう。すなわち黒色頁岩地域の約2倍の流出能力をもつて初めて他の条件の具備と相俟つて、災害現象を起こすようにみえる。

終りに黒色頁岩地域の流域比流量百分比と、各流域内地に地比流量百分比の関係を第19図に示す。流域比流量百分比が約17になった時、災害地の百分比が3位



第19図 災害地(主として地に地)限界流出 (Critical discharge)
 $100=0.024\text{m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$
 昭和30年8月中旬観測

になることが偶然かもしれないが示されている。その実際の値は $0.00012\text{ m}^3/\text{sec}/\text{km}^2$ である。この第19図に示した関係は地に地における災害の限界流出(critical discharge)ともみるべきものであろう(渡辺記)。

7. 地に地の土壌物理

筆者は個々の地に地にみいだされる粘土の性格の検討を行う目的をもつて、地に地の調査に従事した。姫川流域の地に地は、他の地域……例えば山形県最上郡……の地に地に較べて、非常に地に地形の新鮮さを欠いている。換言すれば、初生の地形である鮮明なカール状の独特の形態を留めているものが割合に少なく、すでに何回となく地に地現象を繰返した結果、背壁が後退してほとんど稜線の附近にまで達しているものが多く、一帯にだらだらとした傾斜面になつており、僅かに側壁の存在によつて地に地だと気がつく程度のものすらある。したがつて母

岩は地中深く埋もれているか、または風化が深層にまで及んでいるために、相当の厚さの土被りを載せていて、それがしかも何回となく反転して、いわば地均し作用を受けているような印象を深めた。

しかも今後もなお地に地りが繰返される傾向ないし可能性があり、それゆゑ、この地方の地に地の粘土の検討結果は、地に地の原因なり、機構なりを直接に解明する鍵を秘めているばかりでなく、さらにきたるべき地に地の繰返しを予知するためにも、なんらかの手掛かりが掴めるかも知れないと考えられる。

7.1 地に地現象解析の方法

そもそも地に地りは、その土地の安定状態がなんらかの契機によつて均衡を破られることによつて発生するものである。そして、この安定度を決定する要因としては次の3種の異なつた場がある。

(1) その土地の理化学的組成—それによつて継起する状態の変化—これを左右するのは主として含水状態であつて、水の有するあらゆる作用がいろいろの決定的な影響を与えるものである。

(2) その地点の構成地質—巨視的な地質(岩石・成層・構造線・地層の傾斜など)のほか微視的な地質(土質・土粒子の配列・粘土鉱物など)状況も与する。

(3) 応力の状況—その地点の構成物質が有する位置エネルギー、または内在する各種の力などであつて、おもなものは重力、副次的には膨張力とか毛管張力なども与する。

上述の3つの場は、いずれが変化しても平衡関係が破れるし、またお互いに他のものを不均衡に追いやることになる。(1)の問題については、地に地現場での粘土中の含水量の測定値(含水比の形に算出した)をもつてかりに代表値ときめ、この値をうるために現場の粘土をそのままの状態で採取し、ポリエチレン袋に密封して持ち帰り、その水分を 110°C で乾燥させ、重量の比較によつて一応含水比を計算した。

(2)のうちで巨視的の地質の検討は他の調査員が行い、筆者は微視的地質の方を担当した。前述の試料の真比重・仮比重を計測して、孔隙比を推算し、その土の構造の緻密、疎鬆の程度を知る示数とした。そうして含水比と較べて含まれている水が孔隙をどのくらい満たしているかを簡単に知ろうと試みた。一般に砂粒のみの地質ならば、以上の2つの値の関係だけで大体の傾向がわかるが、粘土物質ではこの関係は少し複雑になる。すなわち粒子が非常に小さくなると、粒子表面のイオン荷電(+)のために、表面に水が吸着されてフィルム状の水層が粒子を取り巻き、あるいは粘土鉱物の結晶構造のなかに水

分子が侵入して膨潤現象を起こしたりして、固形・可塑・流動などの状態の変化が多様になってくる。そこでこれを把かむ簡単な手掛りとして、一方では土の液状限界を測定(日本標準規格による装置を使つて測定した)し、他方ではその試料がどのような粘土鉱物からなるかを判定することにした。

粘土鉱物の判定は教育大教授須藤氏の助言を得て、着色法すなわちパラ・アミノフェノール(有機試薬)のエチルアルコール2%溶液を滴下して着色させる方法を用い、モンモリロナイト系かイライト系かカオリナイト系かの判定を行つた。次にピペット法による粒子の機械分析結果から構成物質の均質性・非均質性を判別した。

(3)の応力の関係については、重力関係はその地氈地の地形を観察して大体のことを判断した。副次的な膨潤・化学反応(水和・塩基交換)などによる内在的な力関係は、直接的な実験はできなかつたが、地氈地の構成母岩あるいは前述の粘土鉱物から判断することにした。

以上を要約して、今回筆者が採用した方法を述べると、地氈地の粘土を採集し、そのおのおのについて機械分析を行い、粒度の加算曲線を描き、また含水比・孔隙比を測定し、さらに着色法によつて粘土鉱物を判定し、また粘土の液状限界の測定をしてのち、これらの資料を現地を観察事項と照合し、個々の地氈地の安定度の判定に及ぼそうと試みた次第である。

第1表 姫川流域地氈地において採取した試料の各種試験結果

市 町 村	地 氈 地 名	試料番号	比 重		孔 隙 比	含 水 比	液 状 限 界 %	機 械 分 析 (%)							
			真	見掛				粘 土 (0.01mm以下)	シルト (0.01~0.05mm)	細 砂 (0.05~0.25mm)	粗 砂 (0.05~2.0mm)	礫 (2~20mm)			
糸魚川市根知区	梶 山	3	2.47	1.94	0.68	0.322	0.62	12.8	16.2	71.0	—	—			
		12	2.68	1.85	0.97	0.368	0.62	7.6	19.4	68.2	4.8	—			
		13	2.57	1.90	0.78	0.300	0.62	15.8	23.0	61.2	—	—			
		14	2.50	1.87	0.77	0.323	0.48	5.2	14.3	79.5	1.0	—			
		15	2.53	1.90	0.81	0.355	0.52	7.8	14.2	75.4	2.6	—			
		16	2.60	1.94	0.77	0.325	0.60	10.2	13.6	74.7	1.5	—			
		17	2.47	1.97	0.64	0.312	0.58	—	14.0	78.0	8.0	—			
		18	2.50	2.02	0.54	0.246	0.54	2.4	10.6	78.3	8.7	—			
		19	2.20	1.57	0.75	0.230	0.50	7.5	13.1	74.4	5.0	—			
糸魚川市根知区	大 久 保 山 之 坊	4	2.20	1.27	0.89	0.526	0.58	21.6	7.6	36.8	29.5	4.5			
		33	2.53	—	—	—	0.52	2.5	5.8	37.9	39.3	14.5			
		34	2.64	—	—	—	0.62	4.7	7.1	27.2	43.8	17.2			
〃	〃	35	2.70	2.23	0.41	0.166	0.42	8.0	9.8	39.2	38.6	4.4			
長野県北小谷村	来馬(常法寺裏)	8	2.56	—	—	—	0.45	10.5	3.6	34.9	39.0	12.0			
		〃	金山沢(浦川奥)	2	2.34	1.65	0.68	0.187	0.52	0.4	1.8	50.0	35.8	12.0	
		〃	金山沢(〃)	1	2.26	1.87	0.43	0.180	0.56	0.3	2.7	55.2	27.6	14.2	
	〃 中土村	清 水 山	10	2.20	1.58	1.60	0.871	0.48	42.5	2.5	49.4	5.6	—		
			〃	〃	11	2.15	1.85	0.61	0.380	0.48	0.3	14.9	79.0	5.8	—
			〃	〃	21	2.42	1.62	0.64	0.102	0.42	0.8	4.4	68.8	25.5	0.5
	〃	〃	36	2.35	1.81	0.68	0.298	0.40	2.5	15.7	78.6	3.2	—		
			〃	〃	37	2.44	1.81	0.83	0.356	0.42	2.1	13.8	83.6	0.5	—
			〃	〃	6	2.53	—	—	—	0.42	3.8	15.0	55.2	12.0	14.0
	〃	曾 土 田 谷	7	2.44	1.71	0.63	0.091	0.37	1.7	13.3	53.0	31.0	1.0		
			〃	〃	38	2.38	2.04	0.49	0.275	0.56	4.2	25.3	66.3	4.2	—
			〃	〃	39	2.30	1.88	0.51	0.232	0.52	13.8	5.2	33.0	38.4	9.6
	〃 南小谷村	大 久 保 道	40	2.17	1.85	0.61	0.374	0.54	26.7	3.7	39.1	24.5	6.0		
			〃	〃	41	2.25	1.90	0.53	0.293	0.48	3.0	5.0	76.0	16.0	—
			〃	〃	43	2.50	1.95	0.59	0.237	0.42	3.0	10.4	86.6	—	—
〃 北城村	堀 花 園	42	2.40	1.68	0.75	0.228	0.62	7.0	10.3	39.7	19.0	24.0			
		〃	〃	42	2.40	1.68	0.75	0.228	0.62	7.0	10.3	39.7	19.0	24.0	
		〃	〃	9	2.15	1.21	1.07	0.172	0.48	3.2	13.3	77.5	6.0	—	

姫川地域応用地質調査報告

最後に地へ斜面が安定するかどうかを直接的に決定するには、その地点の土のもつ2組の力を比較する必要がある。すなわち落下しようとする力と、これを阻止しようとする力が等しい時が、安定・不安定の限界であり、この平衡が落下の方へ破られれば滑動が始まるわけである。クローン公式^{註1)}を使用して、その土の内部摩擦角・凝集力を推算し、剪断強度をみいだす必要があるが、この剪断強度はその現場の土の保有する密度・含水率・透水性・粒子の固さなどの複雑な函数であり、試錐を数10本も打つて採取した試料から出さねば正確を期し得ない。この方面の試験は将来施工の際に土木技術者の手で実施してもらうこととし、一応前述のような便宜的な迅速法によつてなんらかの手掛りを得ようとした次第である。

7.2 得られた成果

7.2.1 試料採集

以上述べた方法を姫川流域の代表的な地へ地13カ所に適用し、合計30の試料を採集し、その試験結果を第1表に示した。なお粒度の機械分析値は第20図に加算曲線(片対数方眼紙を用いて)として示した。

13地点のうち、特に糸魚川市根知区梶山の地へ地では計9点、また同市小滝区山之坊地へ地では計3点、長野県中土村内の清水山では計5点の試料を採取し、やゝ精密な調査を試みたが、他の11カ所では1~2点をもつて代表値とした。しかし梶山および清水山地へ地では試

料数を多くしても大体の均一性があつたので、1点採集でも代表値が得られるものと思う。なお山之坊地へ地は後に述べるように蛇紋岩地へ地であつて、他の箇所とは類を異にした値が得るようである。

7.2.2 粘土鉱物と液状限界

今回用いた着色法は簡易迅速法であるから、電子顕微鏡同定・示差熱分析法・X線法のように粘土鉱物を正確には検出できないかも知れない。しかしパラアミノフェノールは色調が鋭敏であり、かつ鉄の存在によつて妨害されず、処理が簡単であり、なお着色した試料を鉱物顕微鏡下で約80倍に拡大してみれば一層精密な決定ができるし、定量的な表現も可能のように思われる。したがつて決して不正確な方法ではないことを特に断つておく。

試験結果は第2表に掲げたように、13カ所がほとんどモンモリロナイト系を示した。僅かに山之坊地へ粘土にカオリナイトが検出され、そのほか南小谷村の大久保でもカオリナイトが混在、土谷でイライトが混在するのを認めたにすぎなかつた。

この事実は実に注目し値することであり、従来から地へ地とモンモリロナイトの関係が報告されていたが、姫川流域の場合もまさにこの粘土鉱物であつたことは、一層その必然的關係を裏書きするものである。

モンモリロナイトは少し水を含むと可塑性を帯び、さらに水が結晶格子のなかに侵入すると、Ca⁺⁺、H⁺も持つ普通のカオリナイトなどの粘土の数倍の水を吸収して

第2表 姫川流域地へ地において採集した試料の粘土鉱物検出結果

地 へ 地	試料番号	検出した粘土鉱物	地 へ 地	試料番号	検出した粘土鉱物
糸魚川市, 梶山	3	モンモリロナイト	北小谷村, 金山沢(浦川奥)	1	モンモリロナイト
〃	12	〃	中土村, 清水山	10	〃
〃	13	〃	〃	11	〃
〃	14	{(混在)モンモリロナイト・イライト	〃	21	〃
〃	15	モンモリロナイト	〃	36	〃
〃	16	〃	〃	37	〃
〃	17	〃	〃 曾田	6	〃
〃	18	〃	〃 土谷	7	{(混在)イライト・モンモリロナイト
〃	19	〃	南小谷村, 大久保	38	{(混在)カオリナイト・モンモリロナイト
糸魚川市, 根知大久保	4	〃	〃 大道端	39	モンモリロナイト
糸魚川市, 山之坊	33	〃	〃 塩水	40	〃
〃	34	カオリナイト	北城村, 掘田	41	〃
〃	35	{(混在)モンモリロナイト・カオリナイト	〃 花園	43	〃
北小谷村, 采馬	8	モンモリロナイト	〃 幸田	42	〃
〃 金山沢(浦川奥)	2	〃	〃	9	〃

備考 着色法によつて粘土鉱物を検出有機試薬パラアミノフェノールのエチルアルコール溶液(2%)を使用す。

註1) $S = N \tan \phi + C$ こゝにS…剪断強度, N…破壊面に働く力, ϕ …内部摩擦角, C…凝集力

膨潤し、粘性を増し、遂には流動するに至るものである。この性質は前章で述べた力の平衡を破る原因となることはいうまでもない。

第1表の液状限界の値と対照すると、カオリナイトは正味1.00の固形粒子に水が最低0.60以上加わらないと液状にならないが、これに対しモンモリロナイトは最低0.37位の水が加わつても液状になることがわかる。

液状限界が0.50以下の値を示した要注意の地辻地を列挙すれば、

北城村：花園(0.42)・堀田(0.48)・幸田(0.48)

南小谷村：来馬常法寺裏(0.45)

中土村：土谷(0.37)・曾田(0.42)・清水山(0.42~0.48)

などである。新潟県側の地辻地はいずれもやゝ高い値を示し、この値のみからは一応危険が少ないかのように思われるが、後述するように他の条件から判断すれば、新潟側の地辻地も決して楽観は許されない。

7.2.3 含水比と液状限界

含水比は昭和30年8月頃の最も乾燥した時期の測定値である。含水比は年変化をするから、この地方では、融雪期の3~5月の期間に非常に大きくなるであろうし、また豪雨時には間歇的に上昇することも想像に難くない。この含水比の値は110°Cにおける乾燥によつて放出された水分の量であるから、この水は当然間隙水であつて、粘土粒子の表面に吸着したフィルム状水や結晶格子のなかにはいつている水ではない。

第1表を通覧すると、含水比は大略0.30内外の値を示すようである。特に小さい値と特に大きい値とは、むしろ局所的な原因、例えば日光直射箇所とか地下水面下にあつたとかいうことに関係したものであろう。

含水比と孔隙比とを対照してみると、この乾期に採取した試料では、各地辻地とも孔隙の $\frac{1}{2}$ ~ $\frac{1}{3}$ 位を充満しているにすぎない。すなわち多少の例外もあるが、盛夏時には平均して孔隙のほぼ40%を水が充たしていたという事実が明らかとなつた。しかし前述のようにこの含水比は年変化をするから、当然春季の融雪期には盛夏の測定値の2倍以上ぐらいになる。すなわち孔隙を飽和することもありうるわけであり、その際には水温の上昇に伴つて差別的に膨脹して、土の組織をゆるめ、はなはだしい場合には組織が破壊して凝集力が零になることも想像される。

一方液状限界値と孔隙率とを較べてみると、姫川地方では多くの場合、両者が非常に接近していることがわかる。両値ともその地点の粘土に固有の値であつて、季節変化はない。両値を比較してみると次に示す3つの場合

を区別することができる。

(1) 孔隙比>液状限界

(2) 孔隙比=液状限界

(3) 孔隙比<液状限界(0.05を誤差範囲と考える)

(1)の場合は融雪期・豪雨時にははなはだ危険があり、滑動を再開するおそれがないとも限らない。

この場合の該当例を13の地辻地について調べると、花園・堀田・幸田・塩水・土谷・清水山・金山川(浦川の奥)・山之坊・根知大久保・梶山の各地辻地がこれに属する。

(2)の場合は、堀田・山之坊・大道端に該当例がある。

(3)の場合は、南小谷村大久保・来馬常法寺裏・金山川(1)のものとは試料採取地点が異なる)の3地辻地が該当する。この場合は一応危険が比較的少ないともいえようが、来馬常法寺裏のように、山の上に水田を作ると水の“みち”が連絡するために、圧力という別の因子がはいつてくるので、必ずしも危険が少ないと即断するわけにはいかない。

7.2.4 粘土試料の均質性と非均質性

これは粘土の機械分析結果(第2表)を加算曲線をもつて表現したグラフ(第20図)から判断した。すなわち、加算曲線の傾斜が急なものは均質とし、緩いものは不均質であると一応判断することにし、この状況をさらに定量的に表示するために、グラフの縦軸の25%と75%の値に対応するx座標の x_1, x_2 を読んで、 $\alpha_{1/2}$ の値を示数として第3表を作つた。

第3表

地辻地	x_1/x_2	地質	地辻地	x_1/x_2	地質
塩水	66	断層角礫	南小谷	2.5	第三紀層、頁岩
来馬	14	中生層粘板岩	大久保	2	〃
山之坊	13	蛇紋岩	幸田	2	〃
根知	13	第三紀層、頁岩(凝灰質)	堀田	2	〃
大久保	9	第四紀、火山泥流	清水山	1.8	〃
金山川(浦川)	6	第三紀層、頁岩(凝灰質)	梶山	1.6	〃
土谷	5	〃	花園	〃	〃
曾田	〃	〃	〃	〃	〃

この示数 $\alpha_{1/2}$ がなにを意味するかははなはだ不明であるが、地辻地の母岩となんらかの関係があるように思う。すなわち純黒色頁岩地帯のものでは2.0内外の値を示し、多少凝灰質な頁岩になると5~6を示し、さらに根知大久保の例では地辻地点の上部で安山岩質玄武岩が接触しており、中生層の粘板岩や蛇紋岩のようなやゝ硬

い岩石が風化した粘土には母岩の破片が多少残つているように思われ、いずれも 13 という数値を示し、さらに断層破砕帯にあたる地氈地の粘土は著しく大きな値を示しているようである。

またこの指数は地氈りの新鮮度を表示する指標のようにも思われる。すなわち示数の高いものほど新しい地氈りであり、示数の低いものほど繰返し滑動した古い箇所であるようにも思われる。

7.2.5 母岩の種類と地氈り

すでに述べたように、姫川流域の地氈りはおもむね第三紀の黒色頁岩地帯に発生しているものが多いが、山之坊の蛇紋岩地の地氈り、来馬の中生層の粘板岩地の地氈り、浦川の火山岩に挟まれた凝灰岩もしくは泥流質のものからなる地帯の地氈りなどは別の型のものであつて、形状もやゝ異なつている。

このうち特に蛇紋岩地帯の地氈りは、地形的に陥没地を伴う地氈りであつて、黒色頁岩地帯のものとは著しい差異がみられるので、特にこれについて説明を加える。

山之坊の地氈地は、蛇紋岩体の風化した部分に生じ、風化しない部分には地氈りは起こつていない。この風化した部分には黄鉄鉱が析出しており、特有の灰青色の粘土をみることができると。

この地氈りの成因は、風化が進行するにつれて、黄鉄鉱の風化の所産である硫酸が粘土中の CaCO_3 、 MgSO_4 などを侵し、 Na/Ca 、 Na/Mg が急に減少する。おそらく Mg^{++} 、 Ca^{++} を含む塩基交換を通じて、粘土粒子の外側にあつた水のフィルムが減少し、粘土は自由水を伴つた粒子からなる単純な粒状構造となり、透水性のある孔隙が多くなると考えられる。そのために凝集力・剪断応力が小さくなつて地氈りが発生するに至るものと思われ。この時風化しない蛇紋岩塊が障害となつて自由面を有しない場合に陥没現象が起こるものと考えられる。このような蛇紋岩地帯の地氈地としては、山之坊のほか、糸魚川市小窪区木地屋附近、同じく大所部落の東方、虚蔵沢出口附近、長野県北城村八方山附近にみられ、いずれも陥没地を伴つた地氈りである。一般に人里離れた箇所にあるのであまり目立たないが、規模は大きく、河川災害や交通路線の災害を伴うことがあり、土地保全のうえからは注意を払う必要がある。

7.3 結 語

現在の段階は災害の予防対策をたてることよりも災害地をいかに復旧するかということに追われている状況である。ことに地氈りの被害が大抵は家屋・部落・耕地・道路・鉄道・水路など構造物が生産施設に及んでいるため、災害が起こつた場合には1日も早く復旧するように要請

されるからである。しかし復旧工事の予算はいつも不足勝ちであり、そのため本意ながら不徹底な程度で終る場合が多く、ふたたび同じ箇所に地氈り災害を繰返ししている場合も決して少なくない。また家屋・部落・耕地などのように、個人的または歴史的・社会的な理由で、他に適当な代替地が得られない場合には、危険な災害地の跡に再建せざるを得ないこともある。そのうえ大体において地氈地の土壌はことに肥沃なことが多く、しかも耕地としては災害がかへつて土壌を若返らせる天然の手段となるような事例も枚挙に暇がない。復旧予防工事に対して充分な経費が投ぜられ、ふたたび災害を繰返すことのないような充実した施策が講ぜられることが強く要望されている。

さて姫川流域の地氈地の幾つかについて幾種かの基礎資料を提示したが、要するに次のような地域的な特徴のあることが判明した。すなわち

(1) 地氈地の素材は主として黒色頁岩から由来した粘土で、しかも地氈地としては最も悪条件をもつとされるモンモリロナイト系のものである(ただし例外として山之坊地氈地などの蛇紋岩地ではカオリナイト系のものであつた)。

(2) 地氈りの規模は、新潟県側は比較的に大きく、長野県側は幾分小規模である。

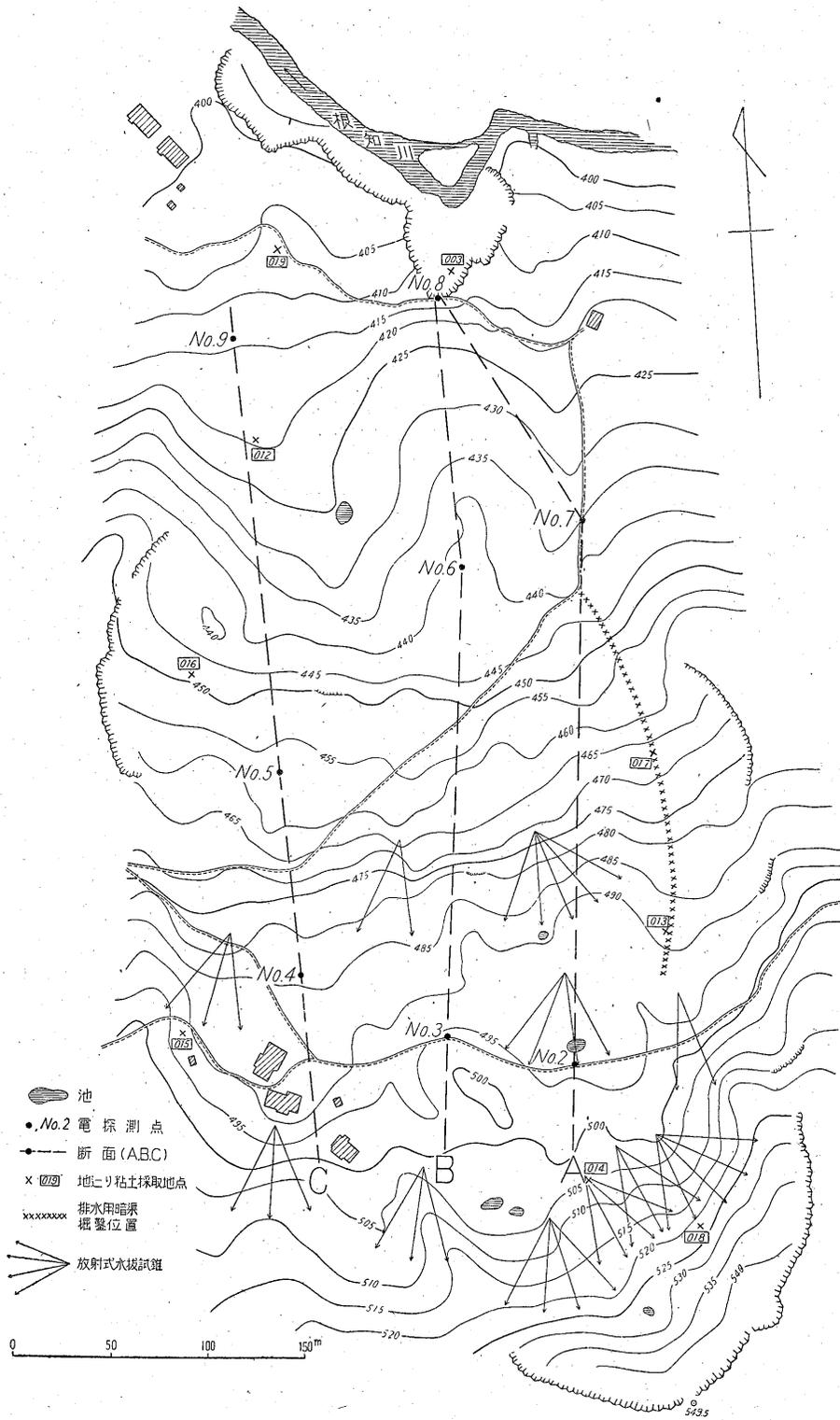
(3) 運動の形式には種々のものがあり、災害発生時には地勢にしたがつてそれぞれ緩急さまじまな運動速度を示したであろうと思われる。一般に現在は休止しているが、融雪期に飽水した場合、滑動をふたたび惹起する危険をはらんでいるものがきわめて多い。そこで、対策を樹てるにあつては、まず全地氈地について、地下水の状況を徹底的に調べ、特にその水位の深度分布・水圧・水みちなどを試錐・電探その他の手段を使つて詳細に調べ、他方土質試験なども克明に実施しておく必要がある。さらに地表から滑り面までの深さの調査も望ましい。

今次の調査では、糸魚川市梶山地氈地において、応用地質課員村下敏夫・森和雄が電探を実施して滑り面を確認し、深さ平均約 13 m、最深部で 21 m であつた(第 21・22 図)。

梶山附近の地質は主として黒色頁岩からなつている。

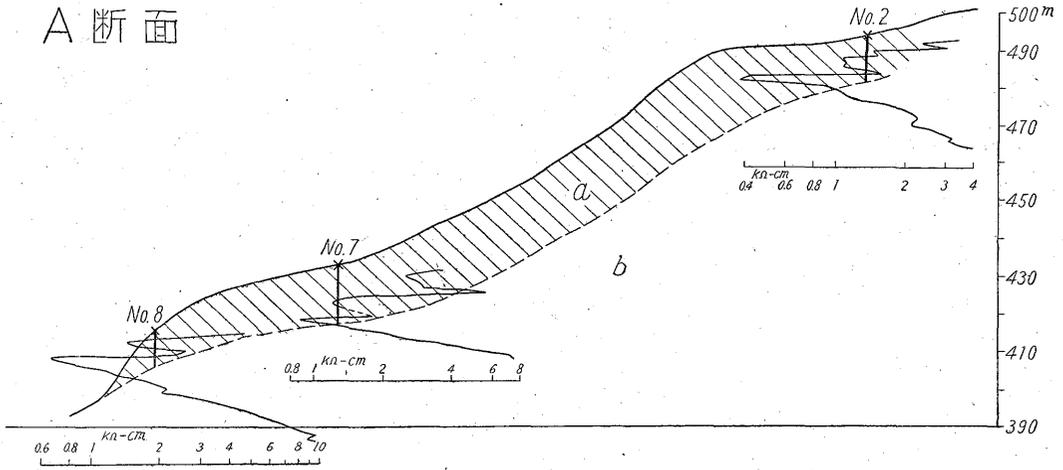
地氈地は地氈面を境として上部は黒色頁岩が粘土化したもの、下部は比較的風化度の低い黒色頁岩からなつている。これは一応地氈対策の横井戸掘鑿資料から明らかである。

電探はメガーを使用、4 極比抵抗法によつて間隔を 1 m づつ延長し、約 30 m までの測定を行い、図に示した断面を得た。比抵抗曲線は地氈面と考えられる部分にお

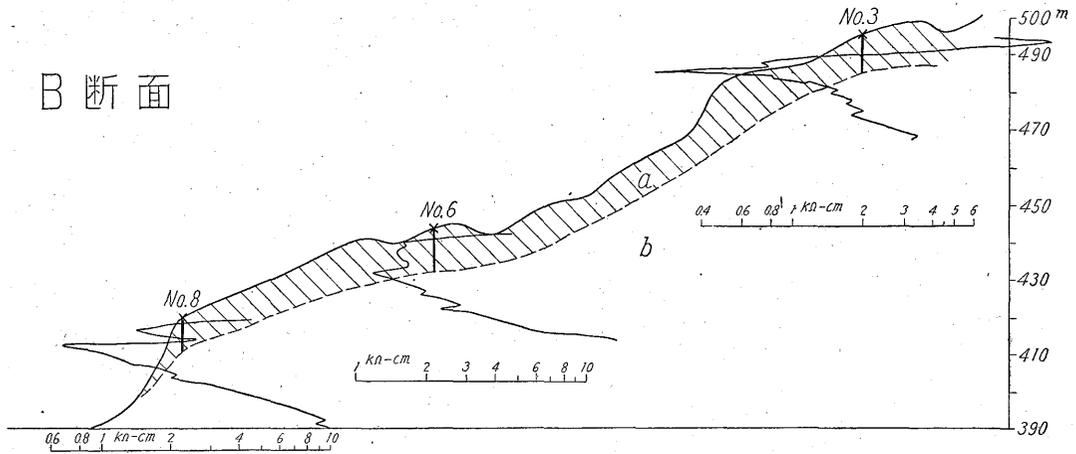


第21圖 梶山地と地対策工事圖

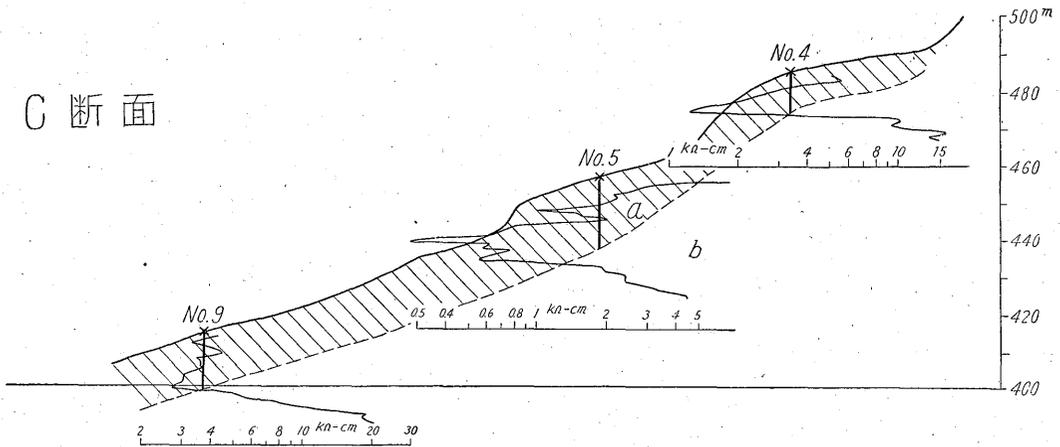
A 断面



B 断面



C 断面



a 粘土
b 黑色頁岩



第22図 梶山地江地断面図

いて最も低い値 (1 kΩ-cm 以下) を示し、それ以下の黒色頁岩部にはいつて急に上昇する。地氈面の深度は7~24mと推定され、その面はある程度の凹凸はあるが大きくみれば地形にほぼ平行している。

次の段階としては、安定度を高めるために、一方において滑動に対する抵抗力のモメントを増加させ、他方において地氈りの起動力のモメントを減殺するような手段を講じなければならない。これを具体的に述べるならば、水を抜く手段を構ずるのが最も手取り早く、次いで地氈地の上方を通る水路の付け替えを実施するようにし、また地氈地にある池塘を潰すようにすればさらに効果が上がるであろう。

梶山地氈地では、水抜きの方法として、放射式横穴試錐が実施されつつあつた (第21図) が、これは確実かつ経済的な方法であり、また根知大久保で実施されていた導水トンネル掘鑿もまた効果的な手段である。その他暗渠排水溝 (梶山において実施、第21図) も経費のかゝらぬ方法であろう。

さらに最近わが国に導入されたウェルポイント施工法を地氈地に適用できるか否かの研究を試みるのも一案であると思う。この方法は元来砂地に適用される工法であるから、直ちに粘土質の土地で使えるかどうかはわからないが、もしもこの工法が適用できて地氈りを永久に止め、かつ副次的に地盤強化ができるならば、特に移転の至難な部落地氈地点のような場合、家屋の傾動もなくなり非常な効果をもたらすにちがいないと思う。数10本というウェルポイントを1本の導水管に繋ぎ、遠心ポンプ・真空ポンプをその導水管に結んで、1個のモーターで水を汲み出すように施工し、僅かの電力で地氈りを止めることができるならば、その電力料金は決して浪費ではないであろう。

さらにまた粘土 (こゝではモンモリロナイト) を変質させる方法として、多少経費が嵩むが、アメリカなどではすでに薬液を注入する法、ゲル物質で固化する法、電気透析法などが試用され、多大の効果を収めたとのことであり、わが国でも砂地にアルミン酸ソーダを使つて多少の効果をあげた例も報告されている。これらの新しい方法を一応この地方で試験的に用いてみることも必ずしも無駄ではないと思う (尾原記)。

8. 地氈地の地化学的検討

姫川およびその支流流域において、第三紀層地氈地としては新潟県糸魚川市根知字梶山および大久保附近、長野県北安曇郡中土村字中屋敷・黒倉附近 (通称清水山地氈り)、中土村字増田・土谷附近、中谷村字日道・大久保

附近、南小谷字大別当・泥崎附近、北城村字幸田・花園・堀田附近等おもな地氈地約 12 カ所、蛇紋岩地氈地としては新潟県糸魚川小滝字山之坊附近、中生層地域内の地氈地としては長野県北安曇郡北小谷村字来馬 (常法寺地氈り) について調査した。

8.1 地氈地帯の水質

本地域の地氈地帯には常に水質異状が認められ、地氈地帯には鉱泉が存在することが知られた。現地地帯で採取した水の一部について帰庁後に分析した結果は第4表の通りである。現地では Cl^- 、 SO_4^{2-} 、pH 等について定性的試験を行い、必要に応じ溶存酸素の定量を試みた。鉱泉には重炭酸塩・炭酸塩・塩化物・硫酸塩等が含まれている。根知区梶山の水抜き試錐横坑からの湧水や、南小谷村大別当の地氈粘土内から滲出する水は特に多量の成分を溶存し、炭酸塩を伴ない、著しいアルカリ性 (pH 8.2~8.5) を呈する。清水山の鉱泉には多量の遊離炭酸ガスが含まれている。

地氈りの結果その地帯内の鉱泉水は直接把みにくくなつて例も多く、例えば清水山・増田その他で明らかに鉱泉の湧出がみられたといわれる地点も、その後の滑動によつて被覆されて全く認められないようになっていた。また数度の地氈りによつて攪乱され、崩壊土砂礫が地氈地帯を覆い、下部の粘土層と表土との間を上方 (例えば用水路・池など) からの滲透水が多量に伏流しているような場合には、湧水のみによつては鉱泉の伏在を把みがたいこともある。また鉱泉ではないが、地氈地の不透性の粘土層の上を流れる地表水には一般に河水に較べて顕著な水質異状の認められることが多い。

地氈地帯の鉱泉・非地氈地帯からの伏流水・滲透水・地表水等いろいろな性質を持つた水の関係は一般に複雑である。

8.2 溶存酸素について

地氈地帯の湧水中の溶存酸素の測定は初めて試みたものである。したがつて充分に検討されていないが、溶存酸素の量によつて鉱泉 (あるいは深部水) と滲透水との関係を概略推定することができるようである。深部から供給される鉱泉には酸素は溶存されていないが、地表から滲透する水には温度等に応じて飽和状態の酸素が溶存している。したがつて水抜き試錐横坑等からの湧水では、このなかの鉱泉と滲透水との関係がある程度明らかにされる。清水山の鉱泉は酸素がきわめて僅少 ($O_2=0.64 \text{ mg/l}$) であり、湧出状態・成分などから明らかに深部から上昇した鉱泉水そのものと考えられるものである。根知梶山の水抜き試錐横坑 (同一地点から方向を変えて数本掘つたもの) では第5表のような関係がみられ、地氈地帯内

姫川地域応用地質調査報告

第4表 地へ地帯の水質

試料番号	温度 °C	湧出量	pH	RpH	蒸発残渣	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ '	CO ₃ '	Ca''	Mg''	CO ₂	H ₂ SiO ₃	溶存酸素
1	11.4	1.5	8.5	8.5	924	87.9	597.8	99.4	36	3.7	tr.	none	15.5	7.27
2	9.4	590*	6.7	7.0	74	8.5	48.8	16.8	none	11.3	1.3	—	31.5	10.53
3	8.0	1,480*	6.7	7.1	—	5.6	42.7	13.5	''	7.5	3.0	—	29.6	11.09
4	21.1	1,050*	5.3		230	5.6	—	117.1	''	27.2	10.3	—	54.4	9.39
5	21.2	4.3	7.0	7.9	6,606	275.1	6,893.0	29.2	''	62.9	33.2	145	56.5	0.64
6	14.7	21.4	6.8	7.1	754	17.0	152.5	399.9	''	84.6	tr.	6	20.0	5.93
7	13.0	7.0	6.6	7.3	160	15.6	103.7	24.6	''	22.5	''	7	31.0	1.67
8	—	3.0	7.2	7.5	300	5.6	134.2	132.3	''	36.6	''	6	15.2	—
9	24.8	0.3	8.2	8.4	1,312	19.8	902.8	288.5	54	51.7	25.6	none	23.2	—
10	24.0	140.0	6.8	7.1	—	5.6	97.6	12.0	none	9.4	0.8	4	75.6	—
11	22.0	0.5	7.0	7.5	214	29.7	134.2	18.0	''	21.6	2.8	6	28.2	—
12	16.0	—	6.7	7.0	—	5.6	48.8	16.4	''	6.5	1.0	4	20.0	—
13	17.3	1.3	7.3	7.5	224	7.0	213.5	11.9	''	16.9	25.5	8	24.8	20.69
14	25.5	—	6.8	7.1	—	5.6	73.2	10.6	''	10.3	2.2	4	13.3	—
15	11.2	25.0	6.8	7.2	—	5.6	146.2	22.6	''	24.4	12.3	7	40.1	10.60

(備考) 単位: 湧出量: l/mine (*印は t/day) その他 pH, RpH 以外: mg/l

試料:

- | | | |
|----|----------------|--|
| 1 | 新潟県糸魚川市根知字梶山 | 水抜き試錐横坑からの湧水 |
| 2 | '' '' '' 字大久保 | 県道の下方, 水田地帯斜面の湧水 |
| 3 | '' '' '' '' | 県道の上方, 横坑からの湧水 |
| 4 | '' '' '' '' | 白池, ほゞ池の中心付近で湧水している。植物の腐敗による有機酸度が現われている。 |
| 5 | 長野県北安曇郡中土村字中屋敷 | 通称清水山地へ地帯の下方, 松葉の湯鉱泉 |
| 6 | '' '' '' 字土谷 | 地へ地帯上部池の側の湧水 |
| 7 | '' '' '' 字曾田 | 地へ地帯内の湧水 |
| 8 | '' '' 中小谷村字大久保 | 地へ粘土内からの滲出水 |
| 9 | '' '' '' 字大別当 | 地へ粘土内からの滲出水 |
| 10 | '' '' '' '' | 地へ地帯表流水 |
| 11 | '' '' 北城村字花園 | 水抜き試錐横坑からの湧水 |
| 12 | '' '' '' 字掘田 | 地へ地帯上の水 |
| 13 | 新潟県糸魚川市小滝字山之坊 | 地へ地帯下方の地へ粘土からの滲出水 |
| 14 | '' '' '' '' | どす池の貯水 |
| 15 | 長野県北安曇郡北小谷村字来馬 | 常法寺裏の湧水 |

部(水抜き試錐到達範囲)における鉱泉と滲透水との関係がほゞ察知される。

第5表 梶山地へ地帯の湧水その他の溶存酸素

		温度 °C	湧出量 l/min	溶存酸素 mg/l
A	N19°W 方向の試錐横坑	11.4	1.5	7.27
B	N2°W 方向の試錐横坑	12.5	0.9	5.54
C	地表流水(用水路)	22.0	—	9.78

すなわちAの化学成分は第4表に示したように鉱泉であるが, なお多量の滲透水が混入しているものと考えられる。季節的連続調査を行えばさらに興味あることが判明するであろう。

根知大久保の地へ地帯における大規模の湧水では溶存酸素がほゞ温度に応じた飽和状態に近い値を示している。この湧水は融雪期における出水量の増大等, その出水状況ならびに地形, 地質などから滲透伏流水と考えられたものであつたが, 溶存酸素の定量によつてその涌出水のほとんど全部が浅い伏流水であることが確認された(第6表)。

第6表 大久保地へ地帯の湧水中の溶存酸素

	温度 °C	湧出量 t/day	溶存酸素 mg/l
湧水 A	9.4	590	10.53
湧水 B	8.0	1,480	11.09

来馬常法寺裏の地氈地帯の湧水も溶存酸素の測定結果から、地氈地帯上方における用水路および水田の水が直接滲透して湧出するものと考えられる (第7表)。

第7表 来馬地氈地帯の湧水その他の溶存酸素

		温度 °C	湧出量 l/min	溶存酸素 mg/l
A	常法寺南側湧水	11.2	25	10.60
B	常法寺北側湧水	13.2	6	9.83
C	地表水(A, Bの 上方の用水路)	19.3	—	9.16

山之坊の蛇紋岩地氈地帯では鉱泉質の水と地表水および滲透した湧水との間に第8表に示したような関係がみられる。

中土村土谷地氈地帯における鉱泉質湧水中の溶存酸素は 5.93 mg/l (温度 14.7 °C) であった。

以上数例を述べたが、充分な準備のもとに水の状況を

第8表 山之坊地氈地帯の湧水その他の溶存酸素

		温度 °C	溶存酸素 mg/l
A	鉱泉質滲出水	17.3	2.69
B	地表水		9.20
C	山之坊部落内湧水	9.2	10.82

検討しつつ溶存酸素の定量を行えば、鉱泉あるいは深部湧水と滲透水との関係、鉱泉の化学的性質等がある程度察知することができると思われる。

8.3 地氈地帯の粘土

地氈地帯における水質異状すなわち鉱泉の存在は地氈粘土と密接な関係にあることが判明した。粘土の生成過程における化学反応・温度・土壌中の流体・酸化(溶存酸素による作用)等については通常の風化とは多少違った化学物理的現象が生じるため、これを鉱泉風化(あるいは鉱泉変質)と呼ぶことにする。代表的な地氈粘土10個

第9表 地氈粘土の化学成分

試料番号	H ₂ O-	Ig. loss	SiO ₂	R ₂ O ₃	CaO	MgO	total	SO ₄
1	2.71	5.13	61.16	23.02	0.99	1.42	94.43	0.20
2	4.50	6.21	62.74	19.12	1.39	2.10	96.06	0.46
3	9.06	7.15	52.43	23.27	2.87	1.96	96.74	0.22
4	8.33	5.62	54.27	24.44	2.30	1.85	96.81	0.02
5	4.19	10.24	40.06	30.46	8.60	3.65	97.20	0.08
6	2.29	5.18	65.00	20.21	0.83	1.25	94.76	0.21
7	1.94	4.19	65.83	21.06	0.88	1.27	95.17	—
8	2.39	5.19	65.63	20.30	0.65	1.00	95.16	—
9	2.56	5.97	63.87	20.09	0.81	0.17	93.47	—
10	0.29	10.58	44.81	17.60	0.80	24.04	98.12	—
11	2.95	4.42	61.16	22.04	1.53	2.15	94.25	—

(備考)

- 1) 自然乾燥した試料について分析
- 2) R₂O₃ は Al₂O₃+total Fe₂O₃+TiO₂
- 3) SO₄ は稀塩酸で抽出した硫酸根の総量
- 4) 単位 %

試料:

1	新潟県糸魚川市根知字梶山	灰色粘土, 強可塑性
2	〃 〃 〃 字大久保	灰色粘土, 〃
3	〃 〃 〃 〃	青灰色粘土, 〃
4	長野県北安曇郡中土村字中屋敷	黄白色粘土, 〃
5	〃 〃 南小谷村字大別当	灰白色粘土, 〃
6	〃 〃 中小谷村字大久保	茶灰色粘土, 〃
7	〃 〃 中土村字曾田	茶褐色粘土, 〃
8	〃 〃 北城村字堀田	灰白色粘土, 〃
9	〃 〃 〃 字幸田	茶褐色粘土, 〃
10	新潟県糸魚川市小滝字山之坊	灰白色粘土, 〃
11	長野県北安曇郡中土村字中屋敷	「べんのう」

について化学分析を行つた結果は第9表の通りである。粘土の化学的試験はなお実施研究中であるが、概略を示すため取り敢えず記載したものである。また鉱泉の拡散によつて母岩との間に生じる風化営力の地化学的研究、および地氈粘土の構成鉱物の研究は重要な問題であるが、これらの点についての詳細も今後の研究に待ちたいと考えている。

この地域の地氈粘土はカオリン属としてカオリナイト・ハロイサイトおよびアロヘンのような鉱物からなつており、モンモリロナイト属としてモンモリロナイト・ベイデライトおよびノントロナイトを含んでいる。その他石英・ルチル・方解石・褐鉄鉱等を伴なつている。なお含アルカリ粘土も含まれるようである。大別当地氈粘土中には特に多量の方解石が含まれている。褐鉄鉱は内部の地氈粘土中にはほとんど含まれないが、表層の粘土中には顕著に含まれる。蛇紋岩地氈地帯の粘土は滑石を主とした粘土である。地氈地帯の表層では普通の風化様式がみられるが、内部の地氈粘土においては異なつた鉱泉風化様式がみられる。一般に地氈りは新しいものではなく、表層は土壌化されているため、内部は地表から直接認められがたい。しかし場所によつては数mの浅い切削によつて内部の粘土が露呈することがある。試錐によれば内部の鉱泉風化をよく察知することができ、また地氈地帯の先端部には内部の地氈粘土が押し出されていることが少なくない。この押し出された粘土はよく鉱泉風化の特質を示している。

鉱泉風化の概要

礬土……… Al_2O_3 は強酸性または強アルカリ性の時にはイオン化して溶出されるが、普通の風化あるいは鉱泉風化程度のアルカリ性または炭酸酸度ではほとんど溶出されないと考えられる。

珪酸………本地域の地氈粘土は淤泥（細粒質砂岩ないし砂質頁岩）あるいは酸性火山岩（石英粗面岩類）を母岩としているため、分析結果にも現われているように少なからず珪質である。しかし多量の珪酸が鉱泉風化の過程に溶脱されている。なお溶脱されない珪酸も大部分はコロイド状に移化しているようである。このことは粘土の可塑性など物理性と密接な関係にある。

石灰および苦土………顕著に含まれる。MgおよびCaの一部はモンモリロナイトの成分として含まれるが、なお一部は炭酸塩として粘土中に含有される。アルカリ性の土壌中の流体では石灰・苦土は浸出しがたく残留する傾向が大きい。このことはこれらの粘土が鉱泉風化によつて生じたことを示す。

第1鉄および第2鉄………鉱泉風化の過程において母

岩から解離した Fe^{+3} および Fe^{+2} 中の Fe^{+3} の一部はノントロナイトの成分を構成しているようである。 Fe^{+2} は Fe^{+3} と異なりアルカリ性でも溶解度が大きく溶脱される。鉱泉風化は通常の風化と異なり、風化を行う鉱泉による溶脱作用はある程度不断に下方から上方へ向かう傾向が強く、かつ酸素の存在しない非酸化状態にあるため、 Fe^{+2} は地氈粘土内で固定されることなく内部から表層へと運ばれる。表層あるいは表層近くでは地表水からの酸素によつて容易に酸化され Fe^{+3} に変わり、 $Fe_2(OH)_3 \cdot nH_2O$ として沈澱する。このことは内部の地氈粘土が優白色を呈し、表層粘土すなわち表土が一般の土壌よりも著しく赤褐色を呈する例の多いことから、鉱泉風化過程を推測することができる。なお表層の赤褐色粘土は稀塩酸で処理する場合容易に多量の Fe^{+3} が溶出する。

カリおよびソーダの浸出はpHの上昇によつてあまり影響を受けないといわれるが、含アルカリ粘土（イライトその他水雲母族からなる）の生成を考える場合には普通の風化よりは複雑であろう。なお自然乾燥による粘土試料からは硫酸根その他鉱泉に関係のある成分が少なからず検出された。このことは鉱泉が土壌中の流体として湿潤していることを示している。

8.4 結語

地氈りの刺戟的誘因としては地震・断層運動等のような地質現象、降雨・融雪等のような気象現象などがあるが、本地域においては、地氈粘土の生成すなわち鉱泉風化が地氈り発生の最大の原因をなしている。地氈粘土の内部流動によつて地氈地塊の傾動あるいはその一部の陥没が引き起こされ、その結果地表層は著しく攪乱される。地氈粘土の生成状態・分布量・粘土の発達方向等がある程度重要な要因として地氈りの規模・形態あるいは地氈りの週期性等を支配すると考えることができる。このことは地質構造とも関連し、地氈地帯は地質的の破碎帯に位置するようである。これは鉱泉の存在、周辺の非地氈地帯の地層の走向・傾斜が著しく攪乱されていることなどによつて裏付けられる。

かつ鉱泉の存在は表層近くで行われる地氈りの本質的原因の1つが地下深部にあることを示し、地氈り対策の困難性を示唆する（安藤記）。

9. 地下地質および地下水理

9.1 調査の目標・方法および規模

姫川総合開発調査地域における応用地質調査の一環として、同地域のうち北東部にあたる能生川水系のみを除く残りの地域について、利水の現況と地下水理との調査を行つた。すなわちこの調査は姫川およびそのほかの4

河川の流域における水資源分布の状態を理解することによって、総合開発計画を樹立する場合に、用水源の開発や地下水の保全処置をどのように考えたらよいかということをも明らかにすることを目標として行っている。したがって調査の成果としては必ずしも満足すべきものではないが、調査結果を図示した1枚の要図と説明附文および総合開発計画に対して水源関係から要請される諸点の記述が主要なものとなっている。

すなわち順序として、

(1) 水系ごとに既存の水利用施設および水使用の現況を知り、

(2) 表流縦断方向の量的・質的变化を巨視的な観点から察知するために、水比抵抗法によって表流水および沿岸の地下水についてつとめて多数点の測定を行い、

(3) 沿岸平坦部の地表調査と電気探査とによって容水地盤としての河川堆積物の規模・性質を推定し、

(4) これらを水理地質調査図に纏め上げることによつて、

(5) 地域内における水分布の輪廓をできる限り正しくかつわかりやすく示し、

(6) 今後の利用可能な水源とその規模および水源確保のためにいかなる処置を必要とするかを呈示することを目標として調査が計画され、かつ実施された。

調査規模は次の通りで、必ずしも全域にわたり同様な精度で調査することはできなかつたし、またその表現についてもなお幾多の考慮の余地が残されてはいるが、一応本地域の概要は把握できたと考えられる。

a. 調査時期：昭和30年8月18日以降9月8日までの期間(このうち8月26日まで地質調査所経常調査、28日以降長野県受託調査として実施)

b. 調査人員：3名、使役人夫 延98名

c. 調査範囲：第23図参照(ただし調査地域のうち能生川水系を除く)

d. 調査方法別測点数

i 表流および地下水露頭調査(水温および水比抵抗測定を主とした調査).....350測点

ii 電気探査(メガーによる4極中心比抵抗法).....83測点

iii 水利用施設の巡検(特に発電・灌漑用水取入口・工場用水源および上水道水源).....30カ所

e. 調査行動に要した機動力

全行程の { 90%.....自転車
3%.....自動車
7%.....徒歩

9.2.1 発電用水および灌漑用水

姫川調査地域における発電用水の使用の現況および水田面積は、概略第10表および第11表に示した通りである。既存発電所のうち姫川については合計10カ所、総計120,000 kWの発電を行っており、上流側発電所の放水をほとんどそのまま下流側発電所の取入口が呑み込むようにして、本流の水は下流まで大部分が利用し尽されている。例えば最下流の発電所では最大 30m³/sec、常時17m³/secを取水しており、その最下流の取入口にあたる小滝川合流点から上流に関する限りでは、姫川本流の流水は完全に人為的に変化させざる状態となっている。したがって自然状態での調査を行うことは、発電所の修理など特別の事情がない限り不可能である。

第10表 姫川総合開発調査地域における発電用水の取入水量(能生川および早川を除く)

水系別	発電所名	最大取水量	最小取水量
		m ³ /sec	m ³ /sec
海川	電気化学工業第1	2.587	0.334
	“ 第2	2.587	0.334
	“ 第3	1.836	0.417
	“ 第4	3.20	0.417
姫川	中部電力南股	2.43	0.675
	“ 二股	4.05	1.485
	“ 楠川	0.216	0.135
	“ 姫川第2	9.99	5.265
	“ 第3	—	—
	黒部川電力姫川第6	27.8	12.8 *
	姫川電力姫川第7	49.0	14.6 *
青海川	電気化学工業大綱	24.3	9.72
	“ 大所	7.37	2.92 *
	“ 小滝	5.85	—
青海川	“ 青海川	...	—

* 常時取水量

第11表 姫川総合開発調査地域における水田面積(水系別灌漑状況調、昭和21年農林省による)

水系別	取入堰の数	水田面積	水田の汚用水不足田の面積
		町歩	町歩
早川	21	1,245	297
海川	21	718	107
姫川	34	1,524	253
	そのほか	150	150
田海川	1	60	—
青海川	3	9	0
	そのほか	75	25

註) 姫川の例によれば3~5町歩に1個の水が使用されることとなる。

9.2 利水の現況

姫川地域応用地質調査報告

姫川流域に属している水田の面積は1,670余町歩である。姫川流域では、神城村内ではおもに湧泉および溪流、北城村内では松川および平川、南小谷村および北小谷村では溪流群、中土村では中谷川の上流(大海川)の水を引く明才用水(受益面積150町歩)、糸魚川市にはいり根知谷では長野県側の水を引く信越用水によつてそれぞれ灌漑用水を得ている。さらに姫川本流下流平坦部では、小滝川合流点以下に、根知・戸ヶ鼻・大野・蜂の巣・奴奈川および須沢の計6つの井堰があり、このうち根知・戸ヶ鼻を除く4つの井堰の水で下流部における500町歩(左岸150町歩、右岸350町歩)を養つていたが、1954年末から姫川第7発電所の発電開始によつてこれらの井堰に対する補償として、1953年末“姫川電力開発に伴う用水処理方針の覚書”に調印がなされ、1955年以後山本部

り、また糸魚川市新町に対しては、早川左岸月不見の池北西方の集塊岩中の地下水を、楯形に掘鑿された横井戸によつて捕集し、6吋管を用いて300戸1,500人に対し簡易水道による給水が行われている。

なお市内梶屋敷にも湧水量240m³/日程度の湧水を利用して若干戸数に給水している簡易水道があり、このほか一般には浅い自由面井戸が家庭用に供せられている。しかし糸魚川市街地東部をも含め、その東側にあつては平坦部の地下水は水質に恵まれないため、背後の台地に掘鑿された横井戸によつて水を得ている例が少なくない。

(2) 鉄道給水源

国鉄糸魚川駅における機関車給水は同駅の東方、海川左岸羽生(平牛ともいう)地先の湧水を4,100m³導水して充当している。しかし同機関庫の必要水量は750m³/

第12表 青海町上水道水源井戸諸元

井戸番号	鑿井深度 m	井戸孔径 吋	自然水位 m	揚水水位 m	揚水動力	送水管径
No. 1	60	12	(2.6)	(6.0)	タービン 40HP	4吋×2, 2吋×1
No. 2	60	14~12	—	—	タービン 40HP	6吋×2

落附近を通過する発電用導水路から120個(3.3m³/sec)の分水を行い、同部落地先で左岸45個(1.6m³/sec弱)、右岸75個(2.8m³/sec)に分けて灌漑用水を供給することとなつたので、水路の舗装が完成すれば水田に対する用水の供給はむしろ従来よりも安定した状態で行われるものとみることが出来る。

9.2.2 臨海部における上水道用水源および工業用水源の現況

(1) 上水道用水源

a. 青海町

青海川下流右岸に鑿井した2本の被圧面井戸によつて、一般650戸と電気化学工業K.K.社宅700戸の一部、合わせて約1,000戸5,000人に対し、日量1,000m³程度の割合で上水が供給されている。これら被圧面井戸の諸元は第12表の通りで、上水道水源としては良好な条件下にある。現在配水本管は4吋を用いているが、今井村須沢(姫川左岸)まで給水を行うため6吋に切り替えることを計画している。上水道水源井のほか、青海町内には合計115本の既設井がある。

b. 糸魚川市

糸魚川市のうち糸魚川市街地(旧糸魚川町)に対しては、市内水崎地先姫川右岸河畔の地下水を集水井と集水暗渠とによつて1,500m³/日の割合で捕集し、上水供給を行つている。海拔高度65mの配水池を通じて給水している関係上、給水栓における水圧が著しく高い。糸魚川市街地にはこのほか在来の簡易水道水源井が相当数あ

りであるにかゝらず、羽生水源における捕集可能量は600m³/日に止まり、150m³/日の不足分を直江津駅からの給水によつて補つているという現状である。

(3) 工業用水源

a. 電気化学工業 K.K. 青海工場

姫川綜合開発調査地域内最大の既設工場として、青海川右岸に立地している。敷地は120,000坪で、カーバイド・石灰窒素・セメント・醋酸ビニール・醋酸・メラミン・酸素などを生産しているが、電気炉の冷却用水その他の工場用水を青海川の表流約10,000m³/日の取水によつて得ているほかに、工場内に深度20~45mの被圧面井戸17本を有し、水温9.5~12.5℃の地下水47,300m³/日を利用して操業している。

同工場の井戸諸元は第13表に示す通りであるが、これらの井戸群は西側に石灰岩を含む古生層の急斜した山地を控えた狭隘な谷底平野中に集団しているにもかゝらず、粗鬆な堆積層のため透水能が大きいうえ、背後の石灰岩体中の地下水が豊富に供給されるという恵まれた地質条件を具えているので、地形から考えた場合、他の地区に比較して、各井戸とも著しく大きな湧出量を示している。

b. 日本活性白土 K.K. 青海工場

青海町東部田海川右岸の砂丘地に所在し、今井村須沢背後の白土を採掘し、活性白土の製造を行つている。活性白土1t当り150m³の原土洗滌用その他汽罐用の水源として、孔径5吋、深度36mの被圧面井戸とそのほ

第13表 電気化学工業 K. K. 青海工場井戸諸元

井戸番号	管井深度 m	井戸孔径 吋	揚水量 m ³ /日	ポンプ形式・種類	揚水動力 HP	備 考
2	39.1	12	2,880	ゐのくち SSIIIM	75	—
3	39.1	12	1,500	日立 OT 型MH	10	—
4	39.1	12	2,880	タービン S. T. D.	20	—
5	22.7	12	2,880	ゐのくち KLM	20	ρ_w 11,300* T_w 10.3
6	30.0	14	1,870	日立タービンOM式MP	10	—
8	36.5	10	4,320	栗村タービン SH	25	—
8'	36.5	10	4,320	" "	25	—
10	38.0	12	2,880	ゐのくち150KAM	20kW	ρ_w 9,300
11	45.0	12	2,880	" 150KAM	10kW	ρ_w 7,600 T_w 11~12
11'	24.3	12	2,520	日立タービンDT型CH式	15	ρ_w 7,600 T_w 16.6
12	34.5	12	2,880	ゐのくち150KAM	20kW	ρ_w 10,800 T_w 12.4
南社宅 1	24.3	10.5	2,160	日立ボアホール	20	—
" 2	33.0	—	540	みうらボアホール	7.5	—
馬新田	44.0	12	3,600	ゐのくちタービンKBM	40	—
エルケム電気炉	45.0	16	3,460	ゐのくちタービン	75	ρ_w 9,600 T_w 9.5
セメント	36.0	14	1,840	日立ボアホール	40	—
メラミン	51.0	14	4,030	ゐのくちタービン	40	ρ_w 9,900 T_w 11.0

* ρ_w : 水比抵抗, 単位 Ω -cm, T_w : 水温, 単位 $^{\circ}\text{C}$

かに1本の深井戸とを有しているが, さらに非灌漑期には須沢用水(姫川から取水)および田海用水(田海川から取水)のそれぞれ水路末端から引水できる契約があり, これらによつて合計3,300 m³/日の所要水量を辛うじて得ている。なお工場内井戸は湧出量が乏しいうえに水質不良のため, 飲用水は田海部落内の井戸から搬水しており, また農業用水は夏季渇水時には取水に困難するというような関係から, 用水の確保にはかなりに難渋している。

c. 東洋活性白土 K. K.

糸魚川市街地西方, 姫川との中間地点国道脇に所在し日本活性白土 K. K. と同様に須沢地内の白土から活性白土を製造している。工場内に飲用井1本, 洗滌用・汽罐用井2本, 合計3本の深度7~8mの浅井戸を有し, 3,300 m³/日の用水を得ている。これらの自由面井戸は姫川右岸の地下水の比較的優れた透水帯に近く位置しているので, 概して揚水条件のよい井戸となつている。

d. その他の工場

青海町には青海石灰はか石灰製造工場, 信越化学・大日本セルロイド・東海電極各社の石灰岩原石採掘所, 糸魚川市には製氷・製材関係などの小工場があり, それぞれ少量の用水を得ている。

以上で姫川総合開発調査地域のうち臨海部における灌漑用水以外の, 上水道・鉄道・工業用の利用水量は合計67,500 m³/日程度で, これに家庭用井戸の利用および地域奥地の一般家庭用の利用水量を推算して合計すれば, 姫川総合開発地域全体としては, 概略72,000~75,000 m³/日程度と見込まれる。

姫川上流部における飲用水源としては, 一部に横井戸・竪井戸による地下水を利用しているが, おもに簡易水道の形で溪流が利用されている。例えば神城村ではほとんどの部落が, 溪流による簡易水道を利用しており, 南小谷村では全800戸のうち160戸が簡易水道500戸が流水による給水, 一部が横井戸を用いている。

9.3 水系別の河況および沿岸の地下水理

9.3.1 早川水系

主として第三紀層中を流下し, 比較的上流から沖積平坦地が形成されており, 糸魚川市新町附近から1/50の勾配をもつて日本海にはいる。流域面積は110 km²である。上流に焼岳の崩壊地帯があり, 流水の濁度が特に高いが, その上新町上流1kmの処で取水堰によつて灌漑用水に取水されるので, それから下流では特に濁水の危険が大い。不透水性の第三紀層が河床下浅くに存在するので, 地下水は河川敷下に限られる。しかし左岸月不見池附近

の集塊岩中には脈状の地下水が分布しており、新町簡易水道・灌漑用の湧水池、ほとんど未利用の湧泉（調査当時の湧出量4,000~4500 m³/日）などがあり、また左岸梶屋敷附近に至れば背面の台地砂礫層中に掘鑿された井戸が自噴しており、少量の地下水は利用できそうである。特に月不見池西側の上記湧泉については現状のままで利用が可能と思われる。

9.3.2 海川水系

主として第三紀層中を流下し、その上流部は峡谷状を呈するが、河口から5~6 km 前後の所から下流へ向かつては $\frac{1}{75}$ 程度の勾配で冲積平坦地をつくり、日本海に注いでいる。流域面積は80 km²である。不透水盤が浅いため利用可能な大量の地下水は望めない。しかし羽生一平牛附近に地下水位の特に浅い部分があり、国鉄糸魚川駅の機関車その他の給水源として利用されている。またこれより下流では河川数あるいはその近くで200~300 m³/日前後の地下水が捕集できるほか、右岸の台地砂礫層では横井戸による少量の地下水利用が可能である。

9.3.3 姫川水系

長野県青木湖北側の第三紀層からなる山麓の湧泉の水と、西側古生層岩盤山地の鳴沢・滝沢などの溪流が扇状地堆積物中に没した後、湧泉として再現したものを集めて神城盆地を北上し、途中谷地川の水を合わせ、北城村にはいつて白馬岳・鍾ヶ岳・唐松岳を水源とする松川・平川などと合して、湧水時なお5~6 m³/秒の流量を示す。

こゝから第三紀層（小谷累層）の集塊岩・砂岩・泥岩などの崩壊し易い地質の地帯を狭隘な谷を形造つて流下し、楠川・親沢・浦川（以上左岸）、土谷川・中谷川・濁沢（以上右岸）などの支流を合わせ、蒲原川（左岸）との合流点から新潟・長野県境として北流し、峡谷を形成しつつ大所川（左岸）・横川（右岸）の水を集めて小滝川との合流点に至る。これより下流側では谷部は次第にひらけ、根知川との合流点より下流に至つて表流および沿岸の地下水の増量を促がし、糸魚川市大野附近で冲積平坦地は幅1 km となり、伏流あるいは地下水を含む透水性堆積物の厚さも急激に増大している。さらに下つて左岸から虫川を合わせて日本海にはいる。以上の姫川の流域面積は1,120 km²で、小滝川合流点より下流の平均勾配は $\frac{1}{90}$ 、国鉄大糸北線大野駅地先より下流の平均勾配は $\frac{1}{110}$ となつている。

全体として第三紀層の崩壊・地じり地帯を通過する関係上、降雨時の土砂流出が多く、濁度が高いが、北城扇状地を出てからが著しい。特に稗田山を控える浦川の濁水はこれより下流部に種々の障害を与えている。しかも低水時には発電用水の関係上、小滝川合流点より上流では

ほとんど姫川本来の流量を示す部分がなく、小滝川合流点より下流に至つて初めて自然の流量を示すに至る。特にこの部分では伏没水量の比較的大きい根知川の表流によつて沿岸地下水の涵養される度合も大きくなる。治水調査班の試みた表流流量測定結果によると、小滝川合流点下流と糸魚川市山本附近との間で少なくとも0.7 m³/秒の表流の減少（たゞし0.7 m³/秒のなかには大野井堰の当時の取入水量若干が含まれる）が認められ、これより下流では完全な測定が行われていないが、概略著しい増減は認められていない。また根知川自身、本流との合流前に0.28 m³/秒程度の表流の減少が認められるので、以上の2つの数字を合わせれば、大野附近から下流へ向かつて概略80,000 m³/日程度の表流の地下水転化が行われていると考えることができる。もちろんこの過半量は河川敷下の伏流ないし浅部地下水となつているが、一部は両岸の冲積砂礫層（第24図のA層）中に拡がり、さらにまた一部はその下位の砂礫層中にも供給されているものと推定される。

糸魚川市街地西方および南西方一円は既設井に乏しく、その地下水理の詳細な状態は不明である。しかし例えば水崎所在の糸魚川市上水道水源では600 mm 有孔管50 m と集水井4本とで、深度6 m において東側山寄りの方からの水みちを得て86 m³/時の揚水を行つているが、これが水位降下0.7 m を示し、しかも安定水位に至るまでの所要時間あるいは原水位へ回復するまでの所要時間が比較的長いこと、あるいはまた東洋活性白土 K. K. の自由面地下水を収水する浅井戸群の湧出能力などから概略推定すれば、水崎——松本街道——国道新潟・富山線姫川——水崎を結ぶ三角地帯で、分散して水源を施設した場合には30,000 m³/日あるいは若干それを上廻る程度の地下水の捕集が可能と考えられる。

なお姫川左岸は一般に不透水盤が浅くなつており、地下水の纏つた利用施設を設けるには不利である。また糸魚川市街地南側の台地砂礫層中には直上降雨によつて涵養される地下水が少量あるが、市街地東側の平坦部では地下深部まで粘土質で帯水層に乏しく、有利な地下水源は望めない。

9.3.4 田海川水系

黒姫山東方の田海川の水は石灰岩の吸込穴に没して、鍾乳洞入口に現われ、こゝから表流となつて北流し、青海町横地から下流に至つて狭小な平坦部を形成している。地下水供給量は一般に乏しい。日本活性白土 K. K. の深度40 m の5寸管井の掘鑿記録では、それぞれ4~6 m の厚さの砂礫層と黒色粘土層との互層が4回繰り返されており、おもに背面台地砂礫層の連続と考えられる。径

第14表 姫川水系下流部における表流および地下水水質分析結果

	姫川表流 (糸魚川市口)	姫川伏流 (同左湧水)	姫川河畔地下水 (糸魚川市水崎上水源)	東洋活性白土 K.K.南井 工場(糸魚川市 寺島)	糸魚川市縁 町水道組合 水源井	同左大町芹 上水道組合 水源
濁度	3.2	0	1.5	1	1	1.5
pH	7.7	6.9	6.9	6.7	7.1	6.7
アルカリ度 ppm	58	152	120	164	36	110
酸度 //	2	22.5	20.6	38.2	4.9	24.5
遊離炭酸 //	1.8	19.8	18.1	33.6	4.3	21.6
鉄 (Fe ₂ O ₃) //	痕跡	同左	同左	0	0.06	0.16
クロール (Cl ⁻) //	6.2	9.64	6.89	6.89	11.71	42.67
硫酸 (SO ₄) //	痕跡	同左	同左	同左	同左	同左
全硬度 (°ClH) //	3.9	6.1	6.7	6.7	1.8	4.0
固形物総量 ppm	152	284	212	257	93	306
硝酸態窒素 //	痕跡	同左	同左	同左	同左	微量
亜硝酸態窒素 //	0	0	痕跡	0	0	0
アンモニヤ態窒素 //	0	0	0	0	0	0
過マンガン酸カリ消費量 //	1.39	0.77	1.86	0.77	0.69	1.31

(1952年10月東京都立衛生研究所の分析による)

0.9 m, 深さ 8 m の集水槽を管井の上に設けているが、水位降下 3 m で、推定 700~800m³/日の揚水を行っており、水質は白土の洗滌に適さないが、揚水条件は必ずしも悪くはない。したがってなお異なつた場所での調査の要はあるが、水質を考慮しなければ、姫川—田海川間において最大限 6,000~8,000 m³/日程度の地下水利用は可能であろう。

9.3.5 青海川水系

富山・新潟両県境の白鳥山に源を発し、大部分中・古生層の岩盤地帯を流下し、僅かに河口から 2 km の所から下流側に幅数 100 m の平坦地を有している。ここに電気化学工業 K.K. 青海工場および青海町上水道用の水源井群があり、総計 50,000m³/日 弱の被圧面地下水が利用されている。特に青海工場の井戸群は、工場敷地から計算すると 1 坪当り 0.4 m³ の割合で地下水が揚水されていることとなり、集水面積あるいは周辺の地形からみれば、他の地区に比較して例外的に大量の地下水が供給されていることとなる。さらに鑿井記録によれば、これらの被圧面井戸の収水層は少なくとも地下 40 m 程度までに存在する厚い砂礫層で、水位降下の小さい点からみて、まだ若干の利用可能量が残されているものと考えられる。おそらく直背面まで石灰岩の空洞中を流れてきた地下水が粗鬆な石灰岩礫岩中に移動し、湧出してくるため、供給量・透水性ともに優れており、本邦稀にみ

第15表 青海川水系における地下水水質分析結果*
(電気化学工業 K.K. 青海工場の被圧面井戸)

	3号 井戸	5号 井戸	6号 井戸	南電気 炉井戸
pH	6.8	6.2	5.8	—
クロール Cl ⁻	8.9	10.7	7.8	—
硫酸 SO ₄	0	0	0	—
硝酸 NO ₃	痕跡	同左	同左	—
亜硝酸 NO ₂	0	0	0	—
アンモニウム NH ₄	0	0	0	—
燐酸 P ₂ O ₅	0	0	0	—
珪酸 SiO ₂	6.4	7.2	7.6	8.1
カルシウム CaO	24.2	23.7	34.9	43.2
マグネシウム MgO	3.1	6.6	12.2	6.9
酸化第二鉄 Fe ₂ O ₃	0.6	0.5	0.7	4.1**
過マンガン酸カリ (KMnO ₄) 消費量	1.2	1.3	6.2	—
総硬度 dH	2.8	3.3	5.2	5.3
蒸発残渣	99.8	100	94.6	88

* 電気化学工業 K.K. 青海工場の分析による。

pH, 総硬度を除いて単位 mg/l。

** アルミナ (Al₂O₃) を含む。

る良好な地下水利用条件を構成しているものと考えられる。

なお下流右岸国鉄青海駅南方に芹湖と称される湧水池があり、低温な地下水の湧出が認められる。

水比抵抗値の示すもの

コオラウシユブリツジで測定した水試料の比抵抗値(単位 $\Omega\text{-cm}$)を指している。雨水は水比抵抗が著しく高いが、岩石・地層に触れるに伴ない減少し、接触時間の長短に応じてその数値の大小が定まる。一般に固形物総量が多くなるほどその数値は小さくなる。河川の水では上流から下流へ向かつて減少するが、水比抵抗の違った値の支流の水が合流すると、その注入水量の割合で本流の水比抵抗も増減する。また地下水ではその供給源(供給源が河川の水であればその伏没点)の近くほど高く、これから流動距離を増加するにしたがい漸減する。一般に流動速度の大きい所ではその値の減少する割合が地理的距離の割合に小さく、逆に流動速度の小さい所ではその値の減少する割合が地理的距離の割合に大きく現われる。

9.4 電気探査による地下地質の調査結果

メガーによる電気探査を次のように行った。

- a. 糸魚川下流平野：主として平坦部の地下地質調査のため 33測点
- b. 根知谷：主として砂礫層の厚さを知るため、一部地這りの這り面を求めるため 13測点
- c. 南小谷村：主として基盤岩の地質構造を明らかにするため 11測点
- d. 北城扇状地：主として扇状地堆積物の厚さを求めるため 7測点
- e. 家城盆地および青木湖畔：泥炭地の地下地質およびフオツサ・マグナに関連すると思われる地質的不連続線の検討のため 19測点

以上の調査によつて概略次のような結果を得た。

a については、糸魚川市街地を通る南北線を境界として、東側および西側において層比抵抗が著しく異なる。東側は表層から著しく低い層比抵抗を示し、2,000~3,000 $\Omega\text{-cm}$ に止まるのに対し、西側は比較的高い層比抵抗で、上層で 30,000~40,000 $\Omega\text{-cm}$ 、下層で 10,000~20,000 $\Omega\text{-cm}$ を示している。

したがつてこの間にはかなり明瞭な地質的不連続が推定できる。この不連続線は概略国鉄大糸北線に沿つて南下し、根知谷合流点の東側にまで連なっている。東側の著しく低い層比抵抗の部分はボーリング資料によれば、少なくとも深度70mまで全層粘土層となつている。西側の各測点ではいずれもA、BおよびC合計3層が区別できる。このうちA層は明らかに沖積砂礫層と称すべきものであり、比抵抗曲線の最上部の上昇部末端を概略その基底部と推定すれば、第23図中の附図2に示したように、姫川の少しく右岸寄り、水崎から東側台地沿いに

北上すると2つの谷部が検出される。B層はA層の下位に連なり、比抵抗曲線の上では、概して高い層比抵抗を維持したまま連続しており、糸魚川市街地背面の台地砂礫層あるいはこれに似た砂礫質の地層の連続と考えられる(第24図参照)。B層の基底の凹凸は第23図中に示してあるように推定され、その谷部はA層基底の谷部とは少しく外れた位置にみいだされる。C層はB層の下位に連なり、比抵抗曲線の上では一般に下降気味に現われており、東側台地寄りの測点ではかなり低い層比抵抗を示しているの、おそらくこれは糸魚川市街地を通る不連続線の東側の低い層比抵抗の部分に関連するものと考えてさしつかえないと思われる(第24図参照)。

b については比抵抗曲線の最上部の上昇部を水理地質的の透水路と考えれば、砂礫層の厚さは概略第23図中に示したような数値となる。

c については数種の異なつた岩盤の比抵抗の測定を行い。併わせて河床堆積物の厚さを求めたが、重要な結果は得られていない。

d については、扇状地礫層と推定される 100,000 $\Omega\text{-cm}$ 台の高い層比抵抗の部分が、松川よりもむしろ平川の方に厚く予想でき、扇状地で最大 30~40 m に達している。松川下流左岸では 25 m 程度の厚さで、この両者の中間ではむしろ薄く 10~15 m 程度となつている(第23図参照)。なおこれらの層比抵抗の高い部分の下側に、低い層比抵抗の部分の連なっている。

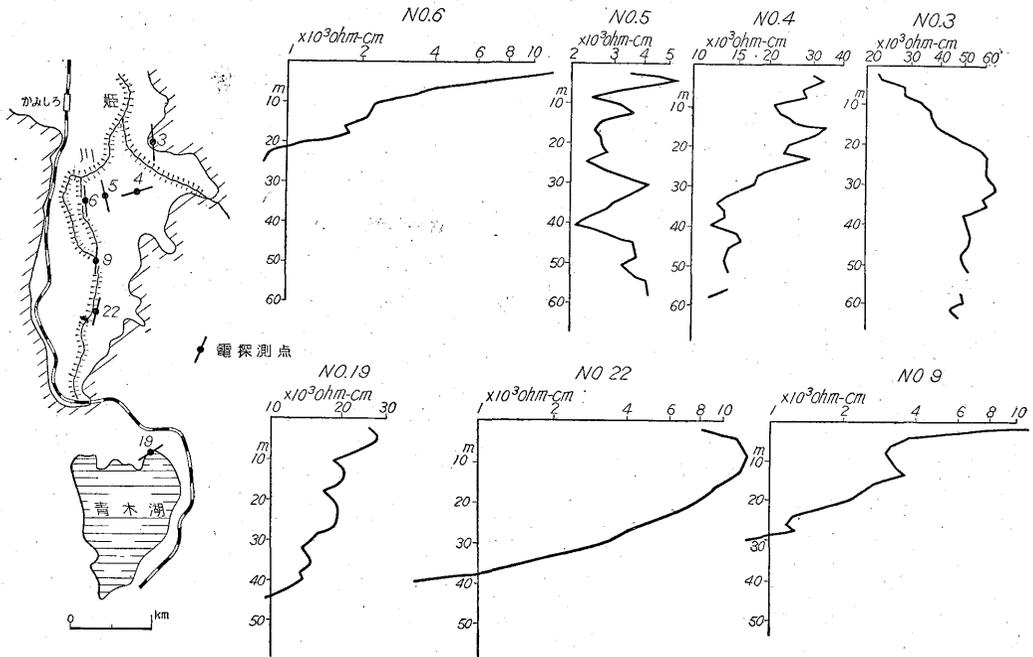
e については、最初期待した泥炭層の厚さは正確に求められなかつた。しかし青木湖北岸、姫川水源背面から家城盆地東側一円にかけて、層比抵抗 20,000~30,000 $\Omega\text{-cm}$ の浮石層を挟む凝灰質の地層が分布し、他方盆地西側には 70,000~80,000 $\Omega\text{-cm}$ 台の岩盤があり、両者の間に地質的不連続線xが推定できる(第23図参照)。この不連続線xは青木湖西岸沿いに北上し、家城盆地に入りその西側山麓線沿いに連なっている。そして盆地のほぼ中心部より西側には地下相当深度まで 2,000~1,000 $\Omega\text{-cm}$ 台の低い層比抵抗を示す部分が認められ、その東縁は盆地東側の 20,000~30,000 $\Omega\text{-cm}$ 台の部分とかなり明確な境界をもつて接している。この第2の不連続線y(第23図参照)は姫川水源付近から北上し盆地中央を通過し、その北端まで追跡できるが、上述の不連続線xと位置の上では多少相重つており、いずれもフオツサマグナの方向に延びている。

9.5 姫川総合開発計画に対して水源開発あるいは地下水保全の面から要請される諸点

9.5.1 臨海部における水源開発の可能性

青梅川の谷に沿う青海町は典型的な工場都市であり、

姫川地域応用地質調査報告



第 25 図 神城盆地における電探比抵抗曲線図

敷地の余裕からみても今後新たに工場の建設あるいは拡張の行われる可能性がないので、将来も現在の1工場1都市の状態が持続されるものと考えられる。したがって電気化学工業自社の水源管理の問題を除いて、ここで特に重視すべき問題点はない。しかもなお既設井が比較的軽微な干渉関係で大量の揚水を行っている点からみて、少なくとも被圧面地下水の利用はさらに若干増加できそうに考えられる。

田海川流域から姫川左岸にかけての平坦部については、充分詳細な調査を行えなかつたので不明な点が少なくないが、概して不透水盤が地下浅くに推定されるので、少しく纏った量の地下水利用は困難と思われる。

糸魚川市街地西側、姫川右岸の平坦部は姫川本流およびその両岸からの浸透水の供給を受けて、少なくとも自由面地下水は豊富であり、調査地域内における唯一の纏った水源候補地である。調査結果によれば、姫川は下流部で概略 70,000~80,000 m³/日の地下水供給が推定されるが、このうち 40% が利用されるものとすれば、利用可能量は 30,000 m³/日かあるいは少しくそれを上回る程度となる。しかし元来姫川の upstream には地回り・崩壊が著しく、粘土質あるいは泥・微粒砂のような微粒物質が多量に運ばれてくるので、その氾濫堆積物もこうした微粒物質の占める容積が少なくなく、地盤透水性は概して低い。したがって1カ所での大量の地下水の捕集は困難であり、第 23 図に示されている水比抵抗等値線から

予想されるような透水帯に沿って水源を選定することが是非必要となろう。

水崎—松本街道—国道 8 号線—姫川を結ぶ姫川右岸の三角地帯の大半部では、既設井が皆無のため、この予想される地下水の流動状態に関しては実際掘鑿を行い、精査を行って確かめる必要がある。そしてその調査結果によつては姫川の表流の浸透・供給を少しでも受け易いように流路の位置を維持するように処置を講ずることが必要となろう。

糸魚川市街地以東の平坦部では、背面台地砂礫層と砂丘砂層との間に粘土質の堆積層が厚く分布しており、また海川・早川沿岸では河床直下の若干の伏流以外に纏まった地下水源の開発は困難なようである。たゞ早川の支流姥川沿いの、月不見池西側には集塊岩中に 4,000~5,000 m³/日(1955 年 9 月初旬測定当時)の湧出量を示す湧泉があり、灌漑その他への利用率が低く、その湧出環境から判断して上水道水源としての利用が考えられる。糸魚川市はこれを市東部一円の上水源として着眼・活用するべきであろう。

9.5.2 特に田海計画工業地帯その他の用水計画に対する指唆

(1) 姫川および早川については治山・治水の対策を講ずるとともに、防塞工などの施工によつて流身位置の維持につとめ、地下水涵養源としての最小限度の保全を行うことが必要である。

(2) 濁度の点から表流の水を直接利用することは工業用あるいは上水道用としては考えにくい。

(3) 姫川流域における被圧面地下水については現在のところ充分な既存資料がなく、未詳であるから、ボーリングなどによってその存否を確かめておくことが必要である。地質的にみて電気化学工業 K. K. の場合のような大量の揚水を望むことはできないが、東洋活性白土 K. K. の既設井の記録からみて、ある程度の恒温地下水の利用は考えられる。

(4) したがって田海計画工業地帯における化学工業の冷却を主目的とした用水は、

- a. 姫川河川敷の伏流を姫川第7発電所地先で捕集するか
- b. 右岸において浅井戸群によって自由面地下水を捕集するか
- c. 工場敷地の買収に伴なって現在田海川から取水している灌漑用水(既存の受益面積60町歩)のうち不要になった分について割譲を受け、これを利用するか

によって確保しなければならないであろう。この場合 a および b を合わせて 30,000~35,000 m³/日程度の利用が実際の利用限界と考えられる。c は最も安全・良質の水源地であるが(最大 50,000 m³/日程度、濁度の高くなる可能性が小さい)、一応水利権との競合・調整が問題となる。したがって冷却用水を大量に必要とする化学工業基地の建設は、直接表流水に依存しない限り、1工場当り取得水量 5,000 m³/日程度の工場 4~5 工場を一応の限界として計画することが妥当であろう。

(5) 早川左岸月不見池西側の湧泉は糸魚川市の水道水源として確保すべきであろう。また姫川上流にあつては特に北城扇状地において地下水の賦存状況を確認しておく、大糸線沿線中間都市としての各種の用水源をあらかじめ確保できるようにしておくことが望ましい。

(6) なお調査地域(能生川を除く)全般の利水の現況および水理地質の概要については第 23 図に示した通りである(蔵田記)。

10. 電源開発に関する地質調査

10.1 大所川・白池発電所のダムおよび水路の地質

10.1.1 大所川

大所川は姫川の中流に左岸から注入する延長約 17 km の支流であつて、白馬岳(2,933 m)・雪倉岳(2,610 m)の連峰に源を発し、北東方へ流れ、糸魚川市小滝区平岩附近で本流に注ぐ。流域面積約 100 km² を有するが、流域内は地勢急峻で平地に乏しく、特に大所部落より上流

は深い溪谷をなし、人家はほとんどない。北方は約 1,200 m 以上の稜線を隔てて小滝川と流域を分ち、南方の分水嶺は蓮華乗鞍岳(2,436 m)・風吹岳(1,904 m)・難場山(1,518 m)の連山が北東に走り、ほゞ新潟・長野の両県境にあつている。流域内は深雪地であり、上流部は林相がやゝ良好なので豊富な流量に恵まれ、年平均の流況は 11.53 m³/sec/100 km² を示している。

大所川筋には最も下流に大所第 1 発電所(水路式)があるのみであつて、最大 8,400 kW の発電を行つているにすぎず、その取水位置(大所部落)より上流は全く未開発のまま放置してあつて、しかも水利権は数個の企業体に分割され、錯綜をきわめている。

10.1.2 発電計画の概要

公益事業局では、大所川の川筋に沿つた個々の自流式発電所の建設とは全く別に、次のような雄大な計画をたてた。

すなわち大所川の最も上流地点(瀬戸川……蓮華温泉の北西 3 km, 標高 1,200 m) から取水し、こゝからほゞ N 60°E の方向へ南側分水嶺の北斜面に延長 6.6 km の隧道を穿ち、本流および他の支流の水を集めながら、白馬岳裏登山口、ウド川バス停留所附近にある標高 1,090 m の白池(自然湖)に導き、さらに 4.2 km の圧力隧道によつて一難場山の山体を斜めに抜いて標高約 1,050 m の稜線(俚称キラキラ)に出て、こゝにサージタンクを造り、こゝから姫川本流谷の標高 270 m の所まで鉄管を敷設して、約 780 m の大落差で落下させて発電しようという計画である。

このために白池のウド川への出口に堤高約 10 m, 延長 300 m の土堰堤を築造し、白池の水面を上げ、約 200,000~300,000 m³ の有効貯水量を確保し、日々の負荷に対応させ、送水量は常時 1.24 m³/sec, 最大 7 m³/sec とし、常時 8,000 kW 最大 45,900 kW を発電し、年間 2 億 4,560 万 kWh (そのうち冬季 4,100 万 kWh) の電力を供給するものである。この計画によれば、前記第 1 の隧道は内径 2.16 m, 第 2 隧道は内径 2.2 m となつていて、断面積はそれほど大きくはない。

10.1.3 交通の現況

上述の計画にでてくる各地点への交通状況は次の通りである。

取水地点：大所川の川筋に沿つてはトラックを通ずる林道が吊越沢附近までであるが、そこから約 3.5 km の間は急勾配の溪流でほとんど道らしい道はない。白馬登山路によつて蓮華温泉まで行き、そこから約 3 km の幅員 1 m の小径(朝日岳登山路)が取水地点附近を通過する。

白池：平岩から白馬岳登山路を通じ、この湖畔を経て

姫川地域応用地質調査報告

バスのウド川終点駅まで幅 5 m 位の道がよく手入されている。この区間は急勾配であつて、小型自動車では登り切れない。ウド川終点駅から蓮華温泉までは現在は徒歩用の小径であるが、目下標高 1,200m の等高線に沿つて自動車道路を工事中で、ヒワ平までほぼ完成しているが、31 年の夏までには温泉まで全通する予定になつて

いる。
白池→キラキラ→平岩：このコースは全然道がなく、姫川本流側からも、大所川の側からも登る道がない。たゞ平岩附近の中腹には珪石の採掘地があり、この間のみ平岩から小径が 1 km ばかりついている。筆者はこのコースを糸魚川市役所の土木課の人々の案内で約 13 時間かけて縦走したが、まことに険阻で、危険を伴つたことを特記しておく。密林のために展望がきかず、かつ霧がかかり易く、方向をとり間違え易い。

10.1.4 大所川発電計画と地質上の問題点

大所川の豊富な水と高落差を利用して発電するには、流量を調節するための調整池が必要であるが、大所川沿いにはその適当な地点がなく、かつ水利権が錯綜しているために、発電所を 3 つ以上に分割配置することになるから、割高な建設費が必要となる。公益事業局案のように、白池を調整池として使えば、11 円/kWh というきわめて廉価な建設単価で発電が可能となるうえ、出力 46,000 kW という姫川筋では最大の発電ができ、年間約 2 億 5,000 万 kWh の大電力量が供給できる。

たゞこの計画を実施するにあつて、この水路の建設と白池調整池の築造とに対して、地質的な条件が適当であるかどうか最も重要な鍵となつており、公益事業局から本所に対して特にこの点について照会があつた。すなわち、地質の方からこの建設計画が是認されるならば、公益事業局では直ちに実施に移す措置をとりたいという意見である。

昭和 17 年 9 月、元日本発送電 K. K. の土木局員が今次の案とは全然別個の計画ではあつたが、白池を利用する発電計画の下調べとして、この方面に踏査を試み、白池附近について地質に関する報告を行つている。その報告書によれば、白池の成因を大規模な地じりに帰し、その範囲を南北約 5 km、東西約 1~2 km とし、その区域内の土地は凹凸はなほだしく、大小の崖が多数存在し、あるいは水を湛えて池となり、あるいは湿地を形成し、……地じり個所の下底には蛇紋岩が潜在し、その分解によつて地じりを生じたものである云々と結んでいる。

筆者はこの知識から一応離れて、次のような順序でこの地域の踏査を実施した。すなわち、

(1) 大所川本流遡行……吊越沢まで、岩相観察

- (2) 大所→木地屋→白池……路線踏査
- (3) 白池附近平地調査……特に池畔粘土の検討
- (4) 白池→ヒワ平→蓮華温泉……路線踏査
- (5) 蓮華温泉→瀬戸川取水点……踏査
- (6) 木地屋川遡行……標高約 1,100m まで、岩相観察
- (7) 虚蔵沢遡行……標高約 800m まで、岩相
- (8) 白池→キラキラ→平岩……縦走、表層地質調査
- (9) 平岩→葛葉峠……路線調査

以上 9 つの調査を実施した結果を纏め、なお石井清彦氏の地質図³⁾を参考にして、第 26 図のような隧道予定線に沿う地質概念図を作製し、次の結論に到達した。

10.1.5 土地地質の知見

(1) 白池近傍の地質

白池附近については、一種の地じりよりの地形を呈しているが、この白池をのせている北向きの緩斜面は第三紀末頃の噴出にかゝる蓮華乗鞍火山、および風吹火山の熔岩・火山砂・火山灰・泥流の互層からなり、一帯に火山裾野の景観を呈し、その 1 つの侵蝕谷である木地屋沢(白池の東側)を木地屋部落から遡れば、部落附近の谷間には安山岩の熔岩流が露出し、それを火山砕屑物が被覆している。この状況は沢を遡るにしたがつて明らかであるが、白池とほぼ同じ標高の箇所到達すれば、火山砕屑物の下に中生層の灰黒色の砂岩・頁岩層が現われてくる。

また白池の西側の沢、ウド川の谷について白池の水準から約 70 m 下つた処にも同じく中生層の砂岩・頁岩が露われている。登山バス終点(ウド川停留所)附近から、ウド川をさらに南へ遡れば、安山岩質集塊岩の峡谷を抜け、約 600m 遡行して蛇紋岩の小露頭がある。なお前記バス終点からヒワ平へ向かつて蓮華温泉への道路沿いには、第 1 の切通箇所には蛇紋岩の小さなブロックが露われている。その少し先きには中生層の頁岩・砂岩層に変わる。さらに目下工事中の新道路(バス道)を約 1 km 行つた道の片側には中生層の無煙炭層の露頭があり、この地方の中生層の基底に近いことがわかる。

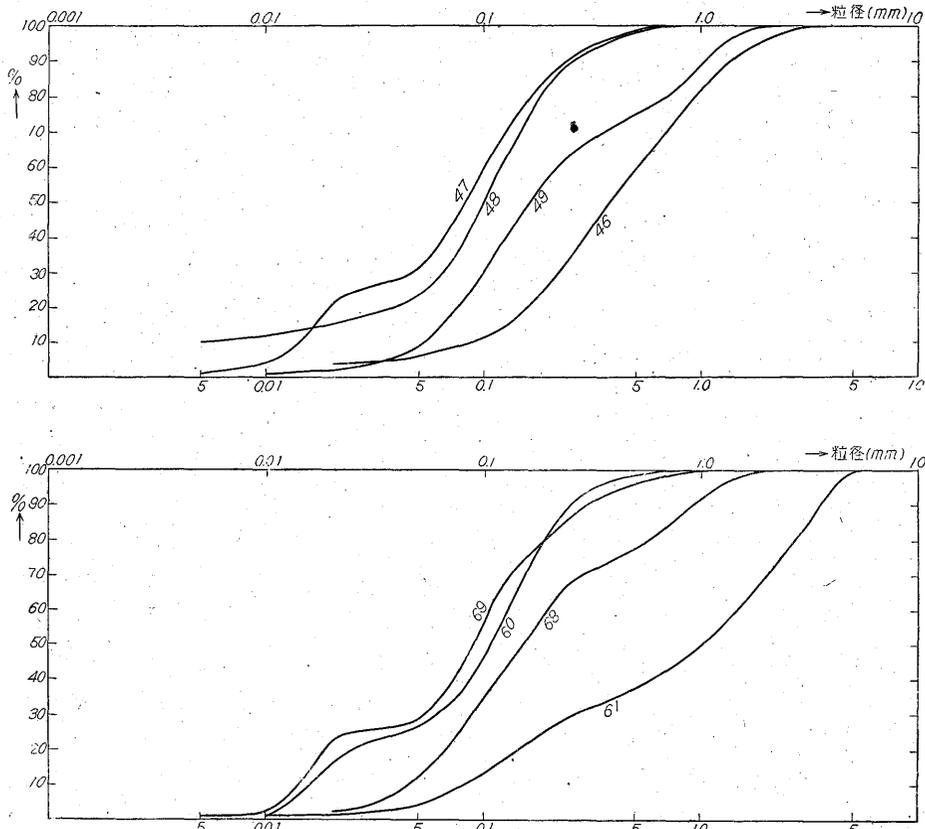
要するに白池附近の基盤は中生層の砂岩・粘板岩であり、そのうえに風吹・乗鞍両火山の火山砕屑物が比較的薄く(50~100m)斜面を覆っているものようである。白池の南および西にみられる蛇紋岩はあまり大きな岩体ではないらしく、木地屋部落西側にある蛇紋岩と続いているものと思われぬ。ウド川を大所川の合流点まで下降すればこの地質が解明できたであろうが、ウド川の溪谷は非常に峻しく、土地の案内人も危険で下りられないというので、不本意ながらこの間の調査を断念した。

白池を取り巻く北部・西部・東部の低い丘は、下半分

は火山灰からなり、上半分は多少円礫を混える火山砂類からなり、熊笹が密生している白池南東側の丘陵は安山岩質の集塊岩および火山灰から構成され、池の端は急崖をなし、南方に細長い凹形が存在して、一寸奇妙な地形を呈しているが、この凹地には断層が北東に走っているように思われる (第27図)。

結局白池近傍の平坦面は木地屋沢とウド川との侵蝕か

ら取り残された風吹・乗鞍火山の北斜面の一部であつて、その火山性被覆物は比較的薄いことが推定される。昭和27年に白池の南西方にある▲1,598 mの山(安山岩からなる)が白池の方向へ崩壊して、土砂を押し、ウド川を堰止め、白池の南に新たに五月池という小沼をのこした。この山崩れは1つの弱線に沿つており、この延長が前記白池の南の凹地に連なるようである。白池の成因も



第28図 白池周辺で採取した土壌の粒度加算曲線 (曲線の数値は試料番号第27図参照)

地名	試料No.	比重		含水比 %	間隙比 %	液状限界 %	粒度分析 (%)					位置
		真	見掛				粘土 (0.01mm以下)	微砂 (0.05~0.01mm)	細砂 (0.25~0.05mm)	粗砂 (2.0~0.25mm)	礫 (20~2.0mm)	
白池	46	2.63	1.86	0.306	0.85	0.65	—	6.0	28.8	61.2	4.0	白池の北岸
	47	2.08	1.37	1.000	2.03	0.68	4.0	27.8	59.0	9.2	—	白池北方の丘
	48	2.27	1.54	0.746	1.58	0.60	12.0	11.8	65.6	10.6	—	白池の北西岸
	49	2.28	1.61	0.492	1.10	0.52	1.0	8.0	55.0	36.0	—	白池の出口
	60	2.25	1.53	0.610	1.35	0.68	0.4	26.4	63.2	10.0	—	白池の南岸
	61	2.46	1.98	0.206	0.52	0.62	1.0	3.0	25.2	41.3	29.5	白池の北東岸
	68	2.02	1.42	0.428	1.01	0.64	—	12.0	55.8	32.2	—	白池の西岸
	69	2.36	1.46	0.690	1.72	0.50	2.2	26.4	58.4	13.0	—	白池の西岸

この弱線と多少の関係があるかも知れないが、積極的な確認はみつからない。

このような白池を発電用調整池に利用することは、好ましくないかどうか？ それは利用の仕方次第であり、公益事業局案のように、白池の出口に 10 m の土堰堤を築き、利用水深を約 6~7m に抑え、有効貯水量を 200,000 m³ 程度とするものならば、池の底土の水もちを考慮するのみで充分であろう。そのような観点から、池の周辺で粘土試料約 8 点を採り、その試料について土質試験を行つてみた。

まず 8 個の試料について粘土鉱物の検出を行つたところ、すべてカオリナイトであつた。カオリナイトは火山灰が風化して、まずアロフェインになり、さらに変質してカオリナイトになるものであつて、一般には地澱りを起こしにくい粘土鉱物である。次に 8 試料の粒度をみると、池の北方ではやや粗く、池の南岸では細かいから、池の水面を上げても南方の出口近くがよく締つていて、漏水のおそれは少ないものと推定される (第 28 図)。また試料の含水比・間隙比・液状限界を測定したところ、いずれも液状限界が高く、0.50~0.68 を示した。すでにこの値は含水比を上廻つているのに地澱りを起こしていないのは、地形的にも土質的にも安定状態に達している証左である。池畔からウド川の端まで、また木地屋沢の崖端まで十分に距離があり、しかも粒径が小さく圧密されていて孔隙内が水が通り難くなつていているからであろう。たゞ水面が 10 m 上つた場合の水圧を考慮して、剪断強度の測定をしておく要がある。

(2) 第 1 隧道の地質

瀬戸川取水点 (大所川上流) から蓮華温泉附近を経て白池に達する延長 6.6 km の第 1 隧道区間の地質の概要について踏査をした。筆者は縮尺 5 万分の 1 地形図によつたが、調査終了後に東北電力 K. K. の作製した空中写真測量による 1 万分の 1 地形図を入手した。両図を較べると 5 万分の 1 地形図の表現に不完全な点の多いのを発見した。したがつてこの報文にも多くの誤差があると思われる。計画の実施に際しては、着工に先きだちふたゞび精査の必要がある。

瀬戸川取水地点では蛇紋岩のなかに坑口をあけることになる。弥兵衛川までは古生層の千枚岩類を抜くが、この間に石英斑岩脈を通過する箇所があり、また弥兵衛川への出口附近に蓮華温泉の続きとして温泉余土および火山性ガスが出るかも知れない。この弥兵衛川の谷筋は、古生層と中生層とが断層をもつて接している線に該当するから、岩層はもめているし、川筋に沿ひ派生的の平行した支断層にあたる公算が多い。

弥兵衛川から乗鞍沢までは、中生層の礫岩・砂岩・粘板岩を抜く。この区間に隧道上の被りが僅かに 20 m 位の所がしばらく続くから、その辺は風化してしようし、また崖錐のなかを通ることもあろうし、地盤は硬くはなく、地下水 (6°C 内外) が多いことと思われる。

乗鞍沢からウド沢の谷までは、輝石安山岩の峯 (標高 1,598m) の下約 400m の箇所を通過し、中生層の砂岩・粘板岩のほか、安山岩および同質集塊岩・火山碎屑物などにも遭遇するかも知れない。ウド沢の川底の下 40 m の水準を通ることになるが、この辺りの地層は擾乱し、あるいは出水量が多くなるかも知れない。こゝからワサビ沢まで隧道は風吹火山の北西斜面をくぐるから、溶岩流・集塊岩などを抜く。ワサビ沢への出口附近では蛇紋岩にあたるから工事に注意を要する。

ワサビ沢から白池までは安山岩質集塊岩であつて、この間で走向 N 60°E の新期の断層をよぎり、かつ出口附近は火山灰となる。

以上述べたように、第 1 隧道予定線の地質状況は蛇紋岩・温泉余土・風化層・火山性碎屑物・崖錐・断層などを通過すると予想され、思いがけぬ出水・崩壊・軟弱地盤に遭遇する憂いが充分にあるから、着工前にあらかじめ横坑・ボーリングなどで確かめておく必要があり、また着工後も万全の用意を怠らないよう、特に注意を喚起しておく。なおこの路線の西半は地勢がきわめて険阻であり、したがつて交通の不便も想像に絶する状況であり、なおかつ気象条件も悪く、終日霧が発生し危険も多い。しかも難工事が予想されるから、あらゆる意味で周到な準備を必要とする。

(3) 第 2 隧道の地質

第 2 隧道は白池から木地屋沢を経て鷲高峯 (俚称キラキラ) に達する区間である。この隧道は圧力隧道となる。白池から木地屋沢までは、風吹火山の安山岩質集塊岩・火山灰・熔岩のなかをくぐり、木地屋沢畔の中生層砂岩および黒色粘板岩の露出地に抜ける。こゝから方向を北東にとり、約 3 km の間、一難場山の西側の胴腹を抜け、「キラキラ」と呼ばれる緩斜地に達する。この区間は大体中生層の硬砂岩・粘板岩・硬質黒色頁岩を抜くことになるが、たゞ虚蔵沢の上流の谷底下を通る前後に安山岩に変わる予想である。この隧道は第 1 隧道に較べ、岩質状況が良好であるが、初めの部分である白池-木地屋川までの区間が軟弱地盤であり、また 1 本の断層を通過するから、多量の出水が予想される。また「キラキラ」附近で地表に出る際に、蛇紋岩岩体にあたるはずであるから注意を要する。

サージタンクを設置する箇所は「キラキラ」附近であ

るが、こゝからしばらく蛇紋岩の瘠尾根を約 300 m 通つたのち、姫川本流の谷底へ向かつて尾根筋から東斜面を数 100m 鉄管を敷設する設計となつている。この斜面の上半分は蛇紋岩であり、下半分は主として古生層に属するチャートおよび粘板岩である。こゝの蛇紋岩は所により崩壊性があるので、鉄管を支えるコンクリートの土台を固定する工法を研究しておく必要がある。もし蛇紋岩地を避けるとすれば、多少の落差を犠牲にするとして、「キラキラ」から大所部落へ向かう路線を提案として推薦しておきたい。この尾根は安山岩および火山砕屑物であつて、幾分は処理し易いようである。

10.2 海川上流におけるダム式発電所建設の可能性

10.2.1 序

海川は第1～第4の自流式既設発電所によつて中流以下はほとんど開発され、僅かに第4発電所の取水堰堤より上流に面積約 50 万 m² の平坦盆地(袋)があり、この袋の西端にダムを建設すれば、融雪期の過剰な水が受け止められて、渇水期に発電が可能となり、従来の自流式発電所の欠陥を補つて、約 4,000,000 m³ の水が新たに発電に利用できると考えられる。

この構想のもとに第4発電所の取水堰堤附近の踏査と同ダム嵩上げの場合にできる貯水池に相当する部分(袋)の地質概査を行い、かつ公益事業局開発業務課の小松技官の協力を得て、発電の可能性にも論及した。

なお一方糸魚川新市5カ年計画の1つとして、電気化学工業 K.K. の提案に基づいて、この袋内のさらに奥の部分に、約 10 億円を投じて小型アーチダムを設け、下流発電所の出力増加(4,000kW)をはかり、またその放水を利用して5月初めから10月まで分水を下流の耕地 645 町歩に灌漑しようという計画があるので、その計画も参考して調査に従事することにした。

10.2.2 第4発電所取水点附近

前記小盆地の西端には、現在は海川第4発電所の取水堰堤(比高約 2.5 m)と流量測定番小屋とがある。標高は 803 m あり、こゝから下流 100 m の区間は海川の谷筋の勾配が比較的緩く水勢も弱いから、そこから下流は急潭瀑布が連続して、標高はぐんぐん下つていく。番小屋から上流へ向かつては、袋(盆地)が抜け、盆地底の幅は約 250～300 m に達し、他方川底の勾配もきわめて緩く $\left(\frac{2.7}{1,000} = \frac{1}{366}\right)$ なる。

この地点は丸山の山崩れと呼ばれ、慶長年間に南側から土砂が崩れ落ち溪谷を埋めたと伝えられている。番小屋の南背面の丘阜(比高約 30 m)がその押出した前山に相当する。すでに昭和 8 年頃内務省で平林技師の指示の下に、小盆地の中央で上総式ボーリングを試みたが、75

m 内外掘つても玉石ばかりで着岩せず、玉石の下から泥が出たという。したがつてこの小盆地は前記丸山の山崩れの際に、一時川が堰き止められ、川底を転石と土砂とで埋めたものと考えられている。たゞこの 75 m という値が大きすぎるようであるから再確認の要がある。

取水堰堤より下流 100m 附近になると、海川の兩岸とも岩盤が露出しているので、川底からはきわめて浅く着岩するであろう(第 29 図)。

10.2.3 地質

75,000分の1地質図幅「白馬山」によれば、この海川の峡谷は一樣に安山岩質玄武岩が露出し、これは駒ヶ岳・阿弥陀山を形成する集塊岩の基底をなすものである。外觀は暗灰色を呈し、粗粒で、輝石稀に角閃石を含み、両輝石安山岩に類似する。前記取水地点(第1狭隘部)より南東 1.3 km の谷筋には、流紋岩が岩脈状に玄武岩を貫ぬいているが、約 300m でふたゞ前述の玄武岩となり、さらに 1 km 遡行すれば、二股より 300 m 下流で、この玄武岩より古い第三紀の砂質頁岩層が露出している。

渇水区域は兩岸とも大体堅硬な安山岩質玄武岩が露出している。第1狭隘部(取水点)から約 800m 上流に第2狭隘部があり、こゝは新市5カ年計画の小型アーチダム(堤高 21.2 m)の予定地点である。こゝは右側翼取付部が安山岩質玄武岩からなり、割合にしつかりしているが、左側翼取付部は山脚の幅が狭く、かつ集塊岩質であつて、必ずしも堅固とはいえない。こゝから 200 m 上流の所に幅 20 m の流紋岩ないし珪長岩の岩脈が谷を横断しているが、この附近から谷幅は狭ばまる。両側の谷壁は安山岩質玄武岩である。

この小盆地には上流から土砂が押流されてくるから、第1狭隘部で水を締切の場合には、あらかじめ上流二股附近にさらに1カ所砂防堰堤を設置する必要がある。

新市5カ年計画のアーチダムは第2狭隘部に設置が予定され、約 3,600,000 m³ の水を溜める計画である。こゝの谷幅は 150 m 以上あり、アーチの天盤は延長約 200 m に達するから、あまり経済的ではない。そのうえ第1狭隘部との間の 20,000 m² の平地を捨てることになる。

第1狭隘部(現取水点)は既述のように山崩れで水が堰かれた所であるが、こゝから約 100～120 m 下流の箇所は兩岸とも安山岩質玄武岩の露出がよく、山崩れの土砂も避けられ、岩盤も堅牢であるから、こゝに重力ダムを建設すれば比較的容易に電源開発が可能となると考えられる。たゞ谷筋が下流へ向かつて段々と急勾配に移行するから、ダム効率を勘案して現取水点から下流約 100m の箇所を計画すればよいと思う。岩質は玄武岩であるから多少の漏水はあるであろうが、その率をあらかじめ計

姫川地域応用地質調査報告

測しておいて設計に含めるとよい。なお予備調査として、深度 30 m 位のボーリングによつて基盤を確かめる要がある。

10.2.4 第1狭隘部下流 100 m の箇所に重力ダムを建設する案

海川第3発電所に保存してある縮尺 1,000 分の 1 の「海谷貯水池実測平面図」によつて次のような計画をたててみた。なおこの図は等高線の最高が低く（取水点からの比高 30 m 内外）、かつ測量面積が狭いものであるからあまり役にたつなかつたが、一応他に替わるものがないので使用した。

水位を 830 m (2,740 尺) まで上げることとし、谷底の標高を 800 m (2,640 尺) とすれば、堤高は約 30 m となる。谷底の幅は 40 m、天盤の長さは 130 m となる。谷底の幅は 40 m、天盤の長さは 130 m あり、したがつてダムの横断面は倒梯形となり、通常の施工規定にしたがつて堤体積を推算すれば約 35,000 m³ となる。貯水池面積は大体 302,500 m² となり、利用水深を水面 (830 m) から標高 809.1 m (2,670 尺) までとれば、有効水深 20.9 m となり、有効貯水量は 3,749,000 m³ となる。この水が下流の既設 4 の所の発電所で完全に発電されるとし、総落差 631.27 m (=37.57+184.15+221.66+187.88 m) に乗ずれば、およそ 6,681,600 kWh の電力量の出力増をみる事ができる。

一方この地点に新たに小発電所を建造し、有効落差を 30 m とし、最大使用水量 4m³/sec の発電機を設ければ、理論水力 1,176 kW が得られ、水車および発電機の合成効率 85% を考慮に入れば、最大出力 1,000kW の発電が可能となる。この新発電所の年間発生電力量は約 6,200,000kWh 見込めるから、下流既設発電所の出力増と合わせて、年間新たに約 12,800,000kWh の電力量が確保できる。

一方建設費の方は、発電所予定地点まで新規に御前山部落から 3 km の道をつけることとし、1 km 当りの単価を 1,500 万円として 4,500 万円、それに堰堤建造費を 3 億 5,000 万円とし、発電所建設費を 1 億 3,500 万円と

すれば総計 5 億 3,000 万円となる。1 kWh 当りの建設単価は 41.4 円となる。

この単価は電力開発のみが目的ならば決して低廉とはいえないが、堰堤地点が西海の景勝地であるので、道路建設費を観光施設費として控除すれば、1 kWh 当りの建設単価は約 38 円となり、さらにまた発電に使用済みの放水は、下流平野における 645 町歩の耕地の灌漑水として多大の利用価値を有するから、多目的ダムとしてこの地点にダム建設をするならば経済的に充分引合ものといえよう（尾原記）。

11. 温泉および地熱開発

姫川流域の温泉は主として北アルプス側の乗鞍火山と姫川東方の焼山火山とを連ねる地帯に分布する。そのうち、乗鞍火山北側の蓮華温泉と焼山の頂上には微弱ながらも噴気存在がみられ、姫川本流および支流の沿岸から湧出する温泉も比較的高い水温を有する。次におのおの温泉について簡単な説明を加える（第 1 図）。

11.1 乗鞍火山周辺の温泉群

(1) 蓮華温泉

蓮華七湯といわれ、乗鞍大池の真北に位置する。現在、まだ噴気の露頭があり、温泉の大部分は川水を加温して人工的に作ったものであるが、黄金湯のみ自然湧出する。湧出母岩は来馬層および斑岩からなり、約 200×100m の範囲にわたつて、著しく噴気による変質作用を受けている。

噴気ガスおよび温泉水の化学成分を示すと第 16・17 表の通りである。

第 16 表

噴気孔の温度 °C	凝縮水対ガス比		ガス百分率 Vol. %					凝縮水の pH
	凝縮水	ガス	H ₂ S	SO ₂	CO ₂	O ₂	残ガス	
94	1.62	98.38	0.94	tr.	94.28	tr.	4.78	5.6

備考：凝縮水を乾き蒸気から得られたものとみなせば、その 95.35% が水蒸気で残りの 4.65% が不凝縮性ガスに相当する。

第 17 表

	源泉温度 °C	流出量 l/min	pH	RpH	蒸発残渣 mg/l	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ '	Ca ^{..}	Mg ^{..}	CO ₂	H ₂ SiO ₃
薬師湯	56.5	1.37	2.0	—	1,544	11.3	—	879.9	16.9	66.2	—	91.6
仙気湯	54.5	8.04	2.7	—	0,550	11.3	—	259.6	12.2	16.9	—	80.7
総湯	68	70.4	3.2	—	0,274	5.6	—	121.2	7.5	tr	—	67.8
黄金湯	41	20.0	7.3	7.9	1,168	11.3	1,116.3	115.5	25.3	148.4	6.6	89.2

備考：酸性泉は Fe^{..}, Al^{..}, を微量に含み、特に薬師湯は顕著である。成分単位：mg/l。

11.2 姫川流域の温泉群

(1) 蒲原温泉

長野県・新潟県の境にあり、姫川の流路に沿い約 1.2 km の範囲から湧出する。構成地質は古生層の粘板岩およびチャートなどからなるが、河岸や葛葉峠で見られるように、不均質に破碎された露頭の状態から判断すると、姫川の流路に横たわるこの地層は、右岸の崖から崩落した大岩塊である可能性が強く、その迂り落ちた形跡は現

現在、37°C の温水が湧出している。

島温泉および湯原沢温泉徴候についての化学成分を示すと第 19 表の通りである。

(3) 小谷温泉

中谷川上流に位置する温泉で、元湯・新湯・熱湯等の源泉があるが、このうち熱湯は 88.5°C という高温で、姫川沿岸の温泉群のなかで最も温度が高い。この付近は第三紀の泥岩・砂岩の分布地帯にあたるが、熱湯はこの

第 18 表

水温°C	pH	RpH	蒸発残渣 mg/l	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ '	Ca ^{..}	Mg ^{..}	CO ₂	H ₂ SiO ₃	流出量 l/min	備考
47.5	6.5	7.5	1,424	337.5	786.9	120.8	122.2	17.2	52.8	15.2	36	最下流, 自然流出
62.5	6.3	7.1	1,346	412.7	610.0	81.4	87.4	25.2	33.0	27.9	38	信越館源泉
48.2	6.2	6.9	880	268.0	378.2	55.5	57.3	22.7	33.0	78.8	32	蒲原温泉 //
44.5	6.6	7.3									10	自然流出

成分単位: mg/l

在なお地形的に相当明瞭に観察できる。

蒲原温泉の温泉露頭は前述のように広い範囲にわたって分布するが、その流出状況から推察すると、むしろ、温泉は上記の大岩塊の下端から湧出し、川の方へ流下しているように見える。いずれにしても現在まだ未利用のまま相当量の温泉が放流されている状態であるから、

地層を貫ぬく角閃安山岩の裂隙から湧出する。元湯および新湯については明らかでない。なお、湧出口には多量の石灰華の沈澱がみられる。源泉の化学成分を第 20 表に示す。

(4) 下里瀬温泉

集塊岩帯を 140.8 m 掘鑿し、孔底で 35.8°C に達した

第 19 表

	温度°C	湧出量 l/min	pH	RpH	蒸発残渣 mg/l	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ '	Ca ^{..}	Mg ^{..}	CO ₂	H ₂ SiO ₃
島温泉	42	15.4	6.3	6.4	1,186	150.3	927.2	11.5	86.4	6.2	70.4	99.7
湯原沢	25	—	6.1	6.9	614	119.1	335.5	17.2	31.0	5.7	44.0	96.8

成分単位: mg/l

今後効果的に利用されることが望ましい。

次に代表的な温泉の幾つかについてその化学成分を示すと第 18 表の通りである。

(2) 島温泉

糸魚川街道に面し、来馬層の砂岩・頁岩互層帯から湧出する。約 25 m の坑道を穿ち、互層帯の層面(?) から流出する温泉を約 100 m 引湯しているが、この間に水温は 42°C→37°C に低下している。

この島温泉と蒲原温泉との間にある湯原沢にも温泉徴候があり、前記同様の来馬層を湧出母岩としている。なお、来馬の土沢にも高温の温泉露頭があつたといわれるが、土砂崩壊のために埋没しその詳細は明らかでない。

といわれるが、現在 18°C の温水が自噴している。温泉水の化学成分は第 21 表に示す通りであるが、低温にもかかわらず比較的温泉成分に富むことから判断して、水温の低下は源水量の少ないことに原因しているように思われる。

(5) 奉納温泉

谷川上流の奉納部落からさらに約 8 km 遡つた奥西山の麓に湧出する微温泉で、砂岩・泥岩帯から湧出する。温泉は本流より約 400 m 進んだ東側の支流の右岸に位置し、その付近は厚い石灰華の沈澱で覆われている。

温泉水の化学成分は第 22 表に示す通りであるが、著量の Cl' および HCO₃' で特徴づけられ、おそらく温泉

姫川地域応用地質調査報告

第 20 表

	温度°C	湧出量 l/min	pH	RpH	蒸発残 渣mg/l	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ ''	Ca''	Mg''	CO ₂	H ₂ SiO ₃
元湯	47	107	7.3	7.8	1,856	59.5	2074	1.6	44.2	13.2	8.8	96.8
新湯	49.5	71	7.6	8.0	2,178	65.2	2318	1.2	37.6	11.6	11.0	94.1
熱湯	88.5	—	7.5	8.0	2,410	235.4	2153	14.4	9.4	tr	13.2	121.0

成分単位：mg/l

第 21 表

	水温°C	湧水量 l/min	pH	RpH	蒸発残 渣mg/l	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ ''	Ca''	Mg''	CO ₂	H ₂ SiO ₃
下里瀬 温泉	18	15	7.1	7.9	2,982	541.8	2183.8	33.3	37.6	37.2	52.8	70.6

成分単位：mg/l

第 22 表

	温度°C	湧出量 l/min	pH	RpH	蒸発残 渣mg/l	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ ''	Ca''	Mg''	CO ₂	H ₂ SiO ₃
奉納温泉	32.8	20	6.7	7.3	9,924	2289.2	3117.1	3.6	153.2	16.5	17.6	113.0

成分単位：mg/l

第 23 表

	水温°C	pH	PpH	蒸発残 渣mg/l	Cl'	H ₃ CO ₃ '	SO ₄ ''	Ca''	Mg''	CO ₂	H ₂ SiO ₃
梶山新湯	50	6.6	7.3	1,690	331.9	1238.3	7.4	64.9	10.4	50.6	84.7
〃 元湯	33.5	7.0	7.6	1,124	147.5	921.1	4.5	23.5	6.4	17.6	91.6

成分単位：mg/l

第 24 表

	pH	RpH	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ ''	CO ₂
ダム地点下 流の徴候	6.5	6.8	14.1	85.4	87.1	8.8
塩島鉱泉	7.3	7.5	78.0	652.7	1.6	24.2

成分単位：mg/l

ばかりでなく、地下水の一部としていわゆる油田鹹水を
加えている疑いがある。

(6) 梶山温泉

根知川上流に位置し、駒ヶ岳の麓にあるものを元湯、
雨飾山麓にあるものを新湯という。

両者とも角閃安山岩を湧出母岩とし、前者では横坑を
設けて温水を導いているが、低温のため未利用のまま流
している。後者では黒色頁岩との接触部から湧出する
ものをタンに集水して引湯利用するが最高 50°C に達す
る。温泉水の分析結果を示すと第 23 表の通りである。

第 25 表

	CH ₄	CnHm	CO ₂	O ₂	残ガス
天然ガス (Vol.%)	96.6	0.0	0.1	0.2	3.1

	水温°C	pH	RpH	蒸発残渣mg/l	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ ''	Ca''	Mg''	CO ₂	H ₂ SiO ₃
附 随 水	16.6	7.3	7.9	2,238	413.0	488.0	33.3	37.6	37.2	52.8	70.6

成分単位 : mg/l

第 26 表

	水温°C	pH	蒸発残渣mg/l	Cl'	HCO ₃ '	SO ₄ ''	CO ₃ '	Ca''	Mg''	H ₂ SiO ₃
笹 倉 温 泉	48.5	8.2	1,152	156.0	829.8	1.6	72	5.9	tr	68.4

成分単位 : gm/l

(7) 塩島鉱泉

この塩島の北にある通の発電所傍には以前から温泉の徴候があるといわれていたが、調査時はダムから落ちる水量が多かったため、直接その水温を確認するには至らなかった。

一方この塩島部落のなかで飲料に適さない井戸水があり、その試料を採取し、部分分析を行った結果は第 24 表の通りであるが、この結果をみるとこの地下水は Cl' が異常値であるばかりでなく、姫川温泉群の性質と同じように、HCO₃' の含量で特徴づけられる。しかし、水温にはほとんど異常が認められないので、直接試錐によつて高温の温泉が得られるかどうかは疑わしい。通の発電所傍の徴候と併せて今後さらに詳細な調査を行う必要がある。

(附) 南谷地の天然ガス

南谷地に石油を目的とした試錐孔(深度 110 m)があり、現在ガス水が湧出している。天然ガスおよび附随水の分析結果を示すと第 25 表の通りである。

11.3 焼山周辺の温泉群

(1) 笹倉温泉

早川の上流に位置する温泉で、黒色泥岩層を 176m 掘鑿してある。昭和 24 年 7 月焼山爆発による泥流のため埋没した源泉を掘りなおしたもので、現在ポンプを用い

て汲み上げているが、汲上量(約 72 l/min)の 1/4 程度は自噴するという。試錐地点の 90 m 下流および焼沢入口付近に温泉徴候があり、今後まだ開発の余地を残しているようにみえる。

第 26 表に温泉水の分析結果を示した。

(2) 焼山頂上噴気孔

焼山は角閃安山岩泉の熔岩・集塊岩等からなる火山で、基底の黒色泥岩層が 8 合目近くまで露出している。昭和 24 年 2 月の大爆発直後は著しく高温の噴気孔が出現したといわれているが、現在は火口壁に微弱な噴気のみで、噴気量・温度ともに著しく低下している。定性的に噴気ガス中の成分を検出してみると、多量の空気の混入が知られ、SO₂ は僅かに検出されるが、H₂S は検出されなかった。また噴気ガスの凝縮水は pH 6.7 を示した(中村記)。

文 献

- 1) 松本宗順：来馬三十八年史，未公刊(来馬村常法寺所蔵)
- 2) 八木貞助：姫川流域の砂防治水に関する調査報告，長野県治水砂防協会，1949
- 3) 石井清彦：7 万 5 千分の 1 地質図幅および同説明書，白馬山，地質調査所，1937