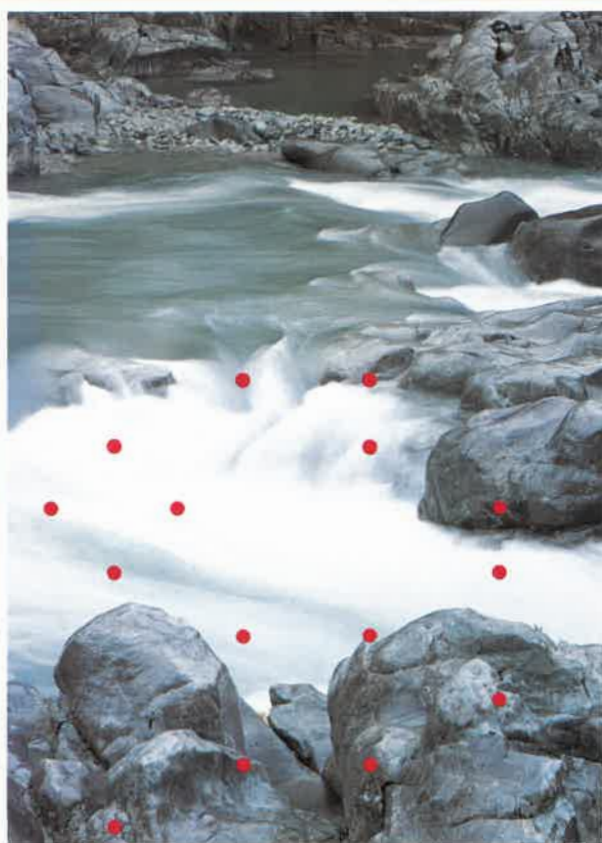


図説那須野の地下水探查記録

監修 東京教育大学教授 渡部景隆 / 提橋 昇著



図説 那須野の地下水探査記録

序

私は教員として、昭和25年、県立那須農業高校に赴任し、昭和26年に地学クラブを結成、それ以来20年間同校にとどまり、放課後、休業日等を利用して、部活動の一環として生徒とともに、この地域をはじめ県全体にわたり、地下水探査に没頭してきた。調査箇所は県全体で3,000を越え、私とともに調査にたずさわった生徒の延人数も約2,000人にのぼっている。いわば、この研究資料は私と生徒との合作であるといっても過言ではない。

これらの資料の整理については、すすめられてはいたものの、直ちに整理ということは毛頭考えていなかった。現在校に転勤してから、たまたま同窓会の席上で、地下水の話がでたのがきっかけとなり、同窓会員である日幸観光株式会社社長の高木幸雄氏が是非、郷土の今後のために資料を残して欲しいという強い要望があり、又、昔苦労して地域の人々と共に探しあてた地下水が、近年、ごみの廃棄、排水処理等の問題から汚染の危険性もでてきたので、この際、地下水の見なおしという考えに立って、好意をうけて整理にふみ切った次第である。

資料は郷土に関する一部に過ぎず、時間的な余裕もなかったため不備の点が多く、ただの体験資料にとどまったが、今後地域の地下水を考える上に参考の一助になれば幸である。

この研究に当っては、この20年間一貫してご指導賜わった東京教育大教授の渡部景隆先生、県内地下水全般についてご指導いただいた宇都宮大教授鈴木陽雄先生、教育大内留時代にご指導いただいた東京教育大名誉教授藤本治義先生、お茶の水女子大教授松井勇先生、宇都宮大教授阿久津純先生、また調査等種々の面でご協力いただいた県および市町村当局の方々、那須農高同窓会、地学クラブ山水会、黒磯高同窓生各位に衷心より感謝の意を表する次第である。

なお、この本にまとめられているものは、「科学の実験」等に投稿したものなども含まれていることをお断りしておきます。

昭和51年9月1日

提橋 昇



風會やみ風なまのひととき
 紺碧の空をうっせられ
 那須岳の偉容は実に素晴らしい
 白雪をまといどろりとゆるまい
 大きなからだに、わがふるさとをつんで
 れる
 数十年前に貯えたいのちの水を活かし
 脈々と燃えつづる白い息
 自然のすべりの節々に耐え鍛えぬいた力で
 だまってささくつんでくゆる
 那須岳はいつも偉大なるふるさとのまもり
 である。

監修のことば



昭和31年だったと思うが、私の研究室へ内地留学においでになった学究の徒があった。その方が提橋昇先生である。那須野ヶ原の地下水を生徒とともに調べている。特に電気探査も含めて基礎から勉強したいとのことであった。私は話を聞いてその情熱に感動して、まず那須野農業高等学校の構内及び総合農場で電気探査と薬品投入試験によって地下構造をつきとめ、那須野ヶ原の地下水開発の基本の調査方法を確立することができた。これには生徒諸君の協力が必要である。電探も薬品投入試験も一糸も乱れがない依心伝心の組織的な活動がないとよい結果が得がたい野外作業である。大学における私にとって多数の生徒諸君が提橋先生の意を体して、次第に意を見抜いて行動されるのに驚異の目を見張ったことを忘れることができない。以上が第1年目のことである。

その後は、次第に地域を広げ、地域開発としては電気揚水井地点を選定し、学術的には那須野ヶ原の地史について学術誌に数編発表された。これらはすべて生徒諸君との共同作業である。また生徒諸君の面から見れば、日本学生科学賞の総理大臣賞ほか毎年のように受領された。

この本は上記の努力・協力のエキスが結集されたものであり、教育的にも示唆に富むものと私は思う。

東京教育大学教授

理学博士 渡部 景隆

目 次

序	3	と比抵抗曲線の一般型	57
〔Ⅰ〕 那須野が原の水の今昔	9	① 山地の湿地帯	57
〔Ⅱ〕 地下水を求めて	14	② 成層火山地帯	57
1 那須野の自然	14	③ 高位段位地帯	57
(1) 那須扇状地の地形	14	④ 沖積地	58
扇状地内の微地形	15	⑤ 扇状地	58
1) 扇頂部	15	4 地下水におよぼす河川水浸透の 影響図	60
2) 扇央部	15	5 地下水位の変化	65
3) 扇端部	15	(1) 季節的变化	65
(2) 那須野の地史 (生いたち)	16	(2) 表流水送水による地下水位変化	71
1) 中生代	16	① 那須疎水	71
2) 新生代 第三紀	19	② 河川放水 (熊川) による 地下水位変化	72
3) 新生代 第四紀洪積世	20	③ 揚水試験による水位変化	72
(3) 地層の特徴	28	6 蛇尾川、熊川の伏流水	74
1) 高原累層	28	(1) 蛇尾川	74
① 柳林れき層	28	(2) 熊川	79
② 相の沢火砕岩	28	7 地下水系総合調査事例	80
③ 大田原浮石層	29	(1) 丘陵地と平地の地下構造	80
1) 那須累層	29	(2) 地下水系	80
① 黒磯火山泥流	29	8 那須野が原の井戸の地質柱状図 および総合地質断面図 (図表構成)	98
② 鍋掛れき層	29	9 生活排水と地下水汚染	105
3) 鳥の目れき層	31	一地ぐ溜と地下水汚染について一	
4) 鳥の目ローム層	31	1) 地ぐ溜の実態	105
5) 那須扇状地砂れき層	33	2) 排水浸透の簡易実験	106
6) 那須ローム層	33	〔Ⅲ〕 那須火山あれこれ	111
(4) 那須野が原の主要帯水層と地下水	33	1 那須火山の活動	111
2 地下水探査法	34	(1) 地質の概要	111
(1) 地下水系調査	34	(2) 茶臼岳の活動	111
① 薬品投入井戸が上流に位置してい ること	34	(3) 那須温泉	112
② 投入薬品の量は下流の井戸で検出 できる量を入れること	34	1) 苦土川流域に分布する温泉概要	116
③ 投入、採水時間の時間的配慮	35	① 単純泉の湧出	116
2) 薬品とを溶解する	40	② 噴気	117
3) 井戸に薬品を投入する	40	③ 降雨後の温泉上昇について	118
4) 下流の井戸で採水する	40	イ 三斗小屋噴気	120
5) 比色分析	40	ロ 水位と泉温、湧出量の変化	120
6) 流速の測定	40	〔Ⅳ〕 おわりに ——生徒とともに——	124
3 電気探査	42	地学クラブの歩み	124
(1) 基盤地形の復元	44	初期の体験 (昭26~29年)	124
(2) 電気探査の解説	56	水とのたたかい (昭30~43年)	124
(3) 那須野の地形による地下水の帯水状態			

〔Ⅰ〕 那須野が原の 水の今昔

黎明は明治18年の那須疎水着工から始まる。これには、疎水を切り開いた当事者、印南丈作・矢板武、両氏を語らなければならない。

疎水着工までの9年間というものは言語に絶する苦労があったものと思われる。政府に対する数度にわたる陳情も聞き入れられず、私財を投げうってまで始まった工事も莫大な工費には焼け石に水という状態で、正式着工が認められた明治18年には、内務大臣の家に7日間通い続けたそうである。当時の那須野が原の状態は、両氏の作った嘆願書から察することができる。那須野が原の荒れ果てているのは気候や地味のせいではなく、水の便が極めて悪いことに原因があり、開墾に着手しても飲む水がなく、井戸を掘っても水脈にはなかなかあたらず、たとえ一時は水脈にあたっても殆んど冬は枯れてしまい、その苦労は住む者以外にはわからないと実情を述べている。この両氏の多大の努力により疎水の完成をみると、明治の元勲、華族が続々とやってきて、広大な自らの土地の開拓が始まった。原野から植林、畑地造成へと進んでいった。まさに、当時は畑の字の示す通り、原野を焼き払いながら土を作り、次々と土地を囲み造成していったような気がする。しかし、開墾が進んだといっても那須野が原4万ヘクタールの面積からみればごくわずかで、大部分は未開の地に等しかった。当時、汽車が通れば

火の粉で火事になるということで鉄道建設に大反対があったと聞くと、未開地はおそらく芭蕉が奥の細道をたどって踏み迷ったような荒野であったにちがいない。こうして開墾から始まった北部・中部地区の農業の一般的形態は、落葉農業といわれるもので原始的農業の域を脱皮するには至らなかった。農作物といえば、ひえ・あわ・麦が主体で米は祭や家庭行事の最も重要な時だけしか用いなかったそうである。ある所では、重病人が米を食べて死にたいと言ったとき、竹筒に米を入れ振って、その音で食べたような気分になってもらったという話も残っている。

時とともに、開拓が進み集落化が進んでいったが、生活するうえに大きな障害となったのが、飲料水の問題と春先きの強風による風害とであった。この風は俗に『初午嵐』^{はつごまらし}といわれ、表土の乾燥土壌を巻きこんだ砂嵐で、折角耕やし肥沃になった土も毎年風に運び去られ、水がなくては解決できない天害であった。水の問題も「井戸を掘ろうか、蔵を建てようか」といわれた程、井戸を掘るには資金がかかり、地主を除いては井戸を掘ることができず、井戸を掘れない農家は川の水を飲料水として用い、水運びは主婦の日課の一つだったと聞いている。このような状況の中では、生産の向上どころか生活の維持だけが精一杯ではなかったかと想像できる。

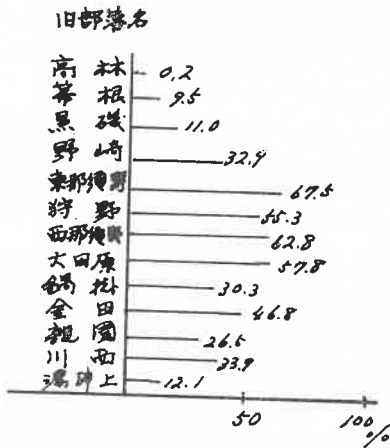
このような苦しみの中で時代が流れ、終戦

〔I〕 那須野が原の水の今昔

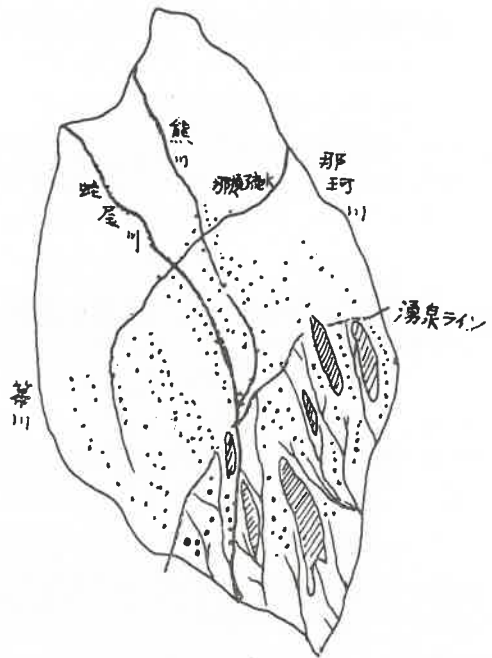
未開発当時の那須野が原（扇頂部）



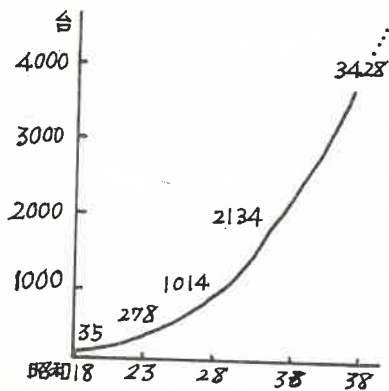
揚水機導入率



揚水機分布



年次別揚水機導入台数



写真一 那須疏水（ライニング以前）



写真二 昔の手汲み井戸



を迎え、農地制度の一大改革が行われた。農地開放により、大地主は解体され、小作人による自作農業に切り換えられた。また、那須疎水の水利慣行も従来の規制から解放され、部落共同体の水として、さらに昭和28年に至り、個人分水として利用されるに至った。相呼応して、当時の食料事情もあって急速に疎水流域の開拓が進み、さらに外地引揚者を含む多数の人々が入植し拡大されていった。しかし、その反面入植者は水利権がないため、目の前を川が流れていても水が使えないという状態で、作物は育たず困苦欠乏の生活そのものであった。当時入植を奨励した政府もこの事情を察し、昭和26年になって、はじめて農林省による特に地下水の科学的調査が行われた。この調査の結果、地下水開発に明るい見通しがたったと、当時の農家の人々は非常に喜んだものである。

今まで、これを待ち望んでいただけに、堰を切って流れるように地下水利用による開田の気運が高まってきた。そして、開田当初は成功した話だけが急速に方々の地区に伝わり、ついには平地であればどこを掘っても豊富な地下水が得られるという考えにまで発展したのである。その結果、開田してから井戸を掘るというような工事の施行からみると、全く逆の傾向が各地でみられた。こうして開田が進み、井戸の数が増加するにつれて失敗したという例も少なくなかった。しかしながら、失敗しても尚開田の執着から離れられず、迷信的な方法によって井戸の掘りかえを続け、泥沼的に財産を井戸に投入する事態が各地にみられるようになった。この状態は、昭和33年東日本地帯の異常渇水の時、頂点に達し、各地に倒産や水騒動など異常現象を生じる結果となった。開田したものの水はない、しかし、後に引けない農民はわらをもつかむ思いで、連日雨乞いを続けたり、さらに地下水探査の技術を求めて奔走した。筆者に

とって、3月～7月まで連日放課後から夜中まで調査に当たったのがこの年であった。振り返ってみると、当時の貴重な体験が現在を強く支えているような気がする。井戸を掘る、堀りあがる砂利を握りしめ、湿ったと感じては喜び、粘土が出はじめては落胆し、その精神的な重荷を負いながら、水を確認するまで食事がのどを通らなかったというのが当時の実感であった。

那須野が原の地下水採水が困難であるという原因として次の2点があげられる。

その一つには、平地であっても地下水を支える地下の基盤にかなりのおうとつがあり、地下水が一様に帯水していないということであり、二つには、地下水位の季節的変化が激しいということがあげられる。

那須野が原の大部分は昔の川あとで、地下水は昔の川底・砂利と基盤の境に帯水しているもので、今の川の状態からも説明がつく。洪水のあとをみれば、川の流れの速かったところは大きな石が運ばれ、同時に川底はえぐられくぼみを生ずる。流れの遅かったところは砂・泥が多く、くぼみなどは見られない。このことが地下に浸透した地下水量を左右する決め手となる。すなわち、本流である地下谷には玉石のようなものばかりが堆積しているため、すき間が多く、水透しが良いので多量の水が集まり、一方、砂や泥が多く堆積している所はすき間が少なく、水をあまり透さないことで水が集まらず、水量が少ないということになる。この様な地下の状態を調べるために、地下に電流を流し、それぞれの地層の抵抗値を手がかりに地下構造を調べるのが、電気探査法といわれるもので、地下構造から地下水の帯水状態を判断する科学的調査法の一つである。湿地に井戸を掘って、少量の水しか採水できないというのは、その場所が基盤の高まりの部分に相当するためである。那須野が原の地下水の涵養源は天水の他、蛇尾

川、熊川の伏流水、箒川、さらには那須疎水の浸透水があげられる。雨量の多い時期には河川流量も増加し、地下浸透も多くなる。かつて昭和36年6月28日の集中豪雨の時は1日に300ミリの雨量があり、地下水位は1日に1メートルに、5日間で5メートルもの上昇を示した井戸の記録がある。その反面、雨量の少ない3月～4月には地下水位は極度に低下し、底をつく井戸もある。

昭和33年の異常渇水時の貴重な体験から、農民の水に対する考え方も大きく変わり、豊富な水の共同利用が増加した。また、開田の進め方についても、まず水源を確保してから工事に着手するようになり、揚水機械および送水パイプの発達にともない、開田が急速に拡張されていった。昭和33年には水田 8,000ヘクタール、米売渡し37万俵が、昭和41年に

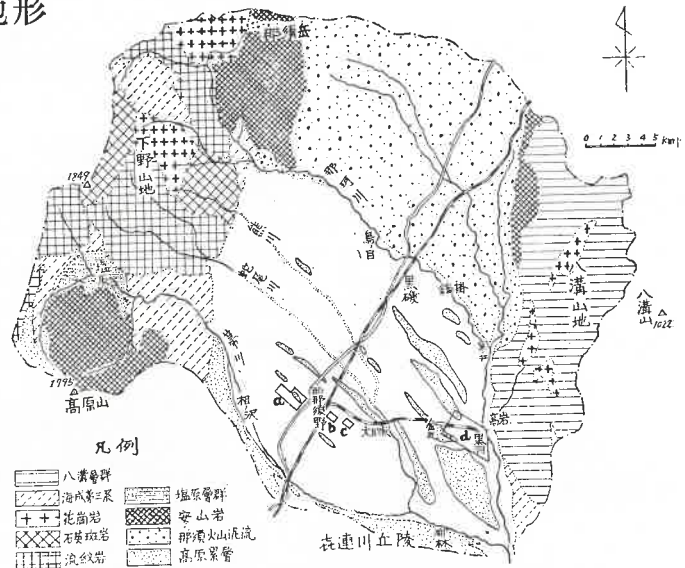
は16,000ヘクタールに増加し、栽培技術の進歩も手伝って米売渡し100万俵を突破するに至った。開田用井戸が約6,000、見掛けの揚水総量が最盛期には1日300万トン以上の地下水開発が成功した。この時期が那須野が原開拓史上の黄金時代ともいえる。しかし、この時代も社会情勢の変遷により次第に後退し、農地転換、産業の切り換えが目立ってきた。一方、水問題にしても、蛇尾川など地下水を豊富に貯留していた砂れき層が産業開発のため大量に採取され、貯留能力が次第に減りつつある。また、排水機構の遅れから都市化の進行とともに、生活排水の汚水も地下水に影響をおよぼしはじめ、将来に影を残しそうな問題をかかえはじめてきている。このように那須野が原は今、水とともに重大な岐路に立っているのが現在の姿である。

〔Ⅱ〕 地下水を求めて

1 那須野の自然

(1) 那須扇状地の地形

那須野が原は4万ヘクタールにわたる広大な複合扇状地で、北は那須火山群、西は主に第三紀火成岩類からなる下野山地、および高原火山、東は中生界の八溝山地、南は喜連川丘陵で画され、高原火山から発する箒川、那須火山から発する那珂川に囲まれた紡錘形をした平地である。扇状地の中央部には山地をでるとすぐに伏流して、ふつう水なし川となっている蛇尾川、熊川が北西から南東方向に



那須野が原に関係ある河川の流域における岩層分布図。
ただし岩層分布はおもに30万分の1関東地方地質図による。

佐々木実外 (1958)	渡部・提橋・新藤 (1960)		時代
	北部 (那珂川地域)	中南部 (原の内部)	
現 汎 濫 原 堆 積 層	現 河 床 礫 層	現 河 床 礫 層	沖 積 世
第 四 段 丘 砂 礫 層	段 丘 礫 層・黒 土	段 丘 礫 層・黒 土	
赤 土 層	那 須 ロ ー ム 層	那 須 ロ ー ム 層	洪 積 世
第三段丘砂礫層	那 須 扇 状 地 礫 層	那 須 扇 状 地 礫 層	
第二段丘砂礫層	鳥 の 目 ロ ー ム 層	鳥 の 目 ロ ー ム 層	
第一段丘砂礫層	鳥 の 目 礫 層	鳥 の 目 礫 層 (相当層)	
高位段丘砂礫層	那 須 (礫 層)	↓ (鍋掛礫層相当層・未類別)	世
那須火山熔岩層			
黒礫火砕岩層			基 盤
大田原浮石岩層	大田原浮石流	大田原浮石流	
高原火山熔岩層	(露 出 せ ず)	相 の 沢 火 砕 岩 層	中 新 統 ・ そ の 他
相の沢火砕岩層	(同 上)	柳 林 礫 層	
柳 林 礫 層			

走り、この方向に並行する細長い丘陵が点々とつづいている。

(扇状地内の微地形)

1) 扇頂部

勾配が急で約1/35、複合扇状地の形態が地形的に明らかである。最も高い面を湯宮面と呼称している。蛇尾川河岸では湯宮面より低い2段の段丘があるが、中段面を折戸面、下段を横林面と呼称している。井戸の深さは30～40mである。

2) 扇中部

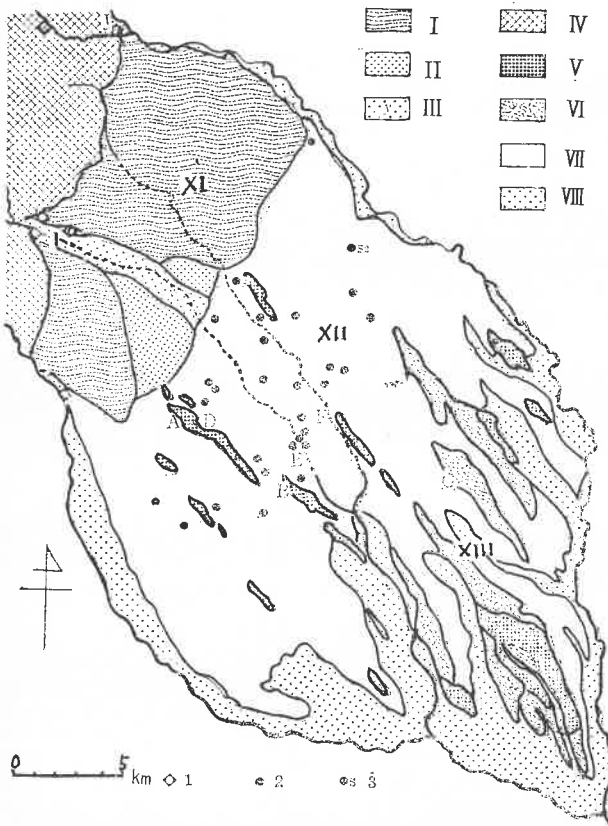
勾配は1/70～1/100で、標高は360mから

220mの間を指し、那須野面と呼称している。那須扇状地が完成した時の地表面を見なす範囲をさす。分離丘陵としては残丘状の権現山面が点在する。井戸の深さは15～30mが多い。

3) 扇端部

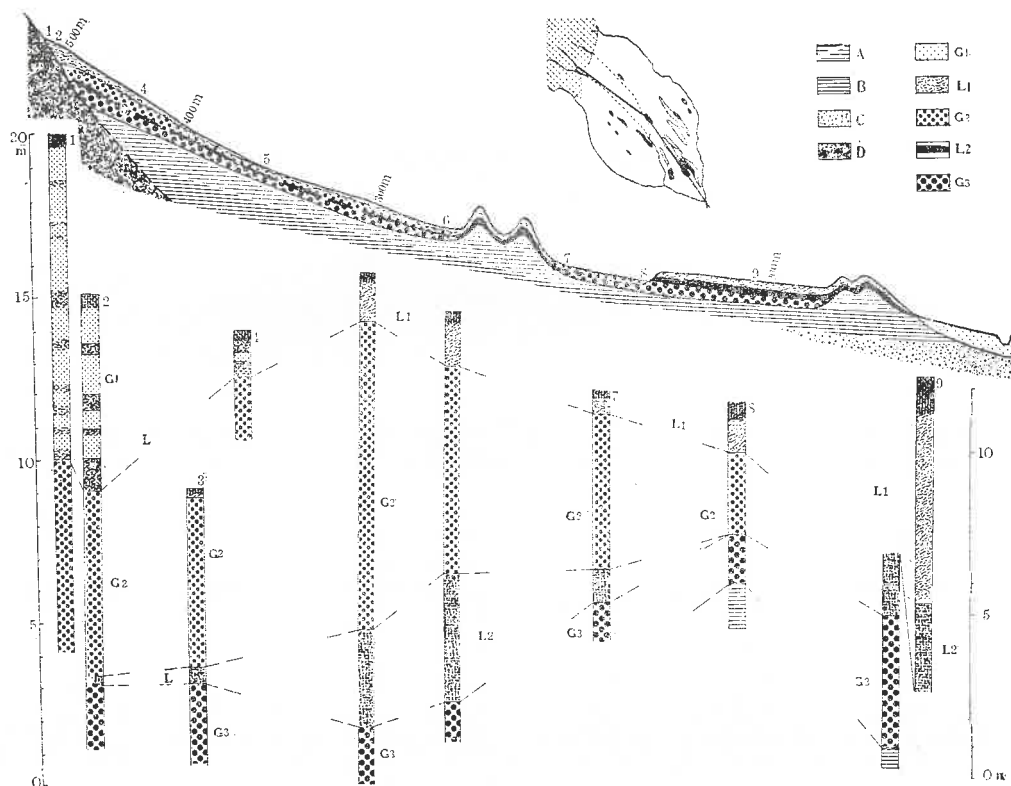
扇中部に続く部分で、那須野面は標高150m内外まで残存するが、これを解折して形成された低い面、那珂川、箒川の河岸段丘とはほぼ等しい比高をもつ面が広く発達する。分離丘陵としては権現山面のほかに那須野面より10m内外高く、ほぼ平坦な金丸面が広く分布する。井戸の深さは金丸丘陵を除いては5～10mが多い。

図3 那須野が原の地形区分(松井原図)



XI; 扇頂部, XII; 扇中部,
XIII; 扇端部,
I; 湯宮面, II; 折戸面, III; 横
林面, IV; 基盤, V; 権現山面,
VI; 金丸原面, VII; 那須野面, VIII
; 親園面等 (VIIより低い沖積面)
1; 鳥ノ目ロームの露頭, 2; 井戸
による鳥ノ目ロームの確認地点,
3; 埼玉ローム (井戸)
A～I, 第3図以下に出る地名の
地点

那須野が原の縦断面図



A；大田原浮石流，B；栢の沢火砕岩層，C；柳林礫層，D；下野山地を構成する第三系及び火成岩，G₁；沖積砂礫層，L₁；那須野ローム層（藤荷田ローム・L₀を含む），G₂；那須扇状地礫層，L₂；鳥の目ローム層，G₃；鳥の目礫層

(2) 那須野の地史 (生いたち)

1) 中生代

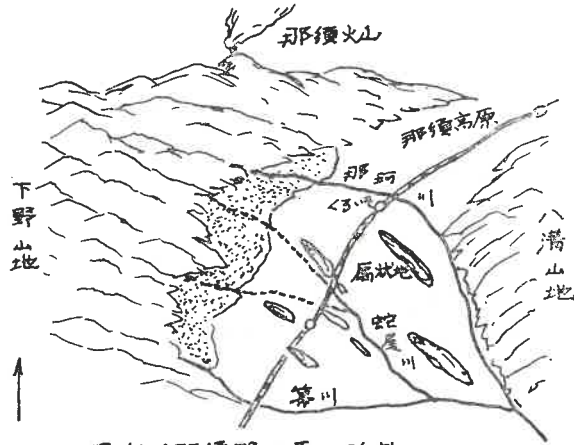
① 粘板岩，チャート，硬砂岩からなる地層

が堆積した。

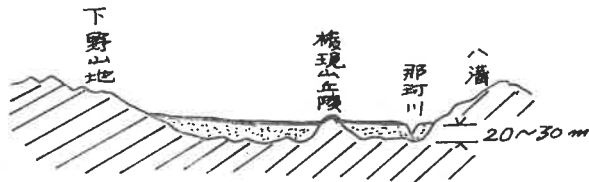
② 地殻変動により中生代の地層が陸化し，八溝山塊をつくった。続いてカコウ岩が貫入し，周囲の岩石は熱変成作用をうけホルンフェルス（俗に，「松葉石」と呼ばれている。）になった。

〔Ⅱ〕地下水を求めて

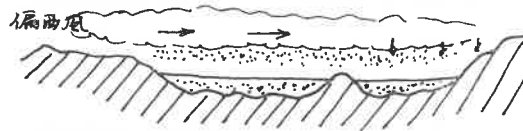
那須野が原の生いたち



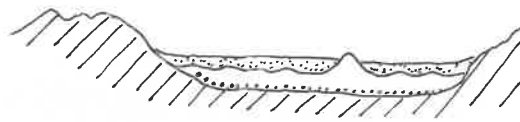
現在 (那須野が原の形成)



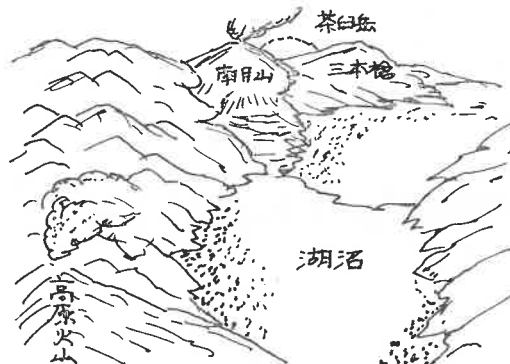
氷河時代末頃 赤土のたい積



氷河時代 (氾濫時代)



湖沼時代



湖沼時代

那須野が原—那須岳 地質断面図

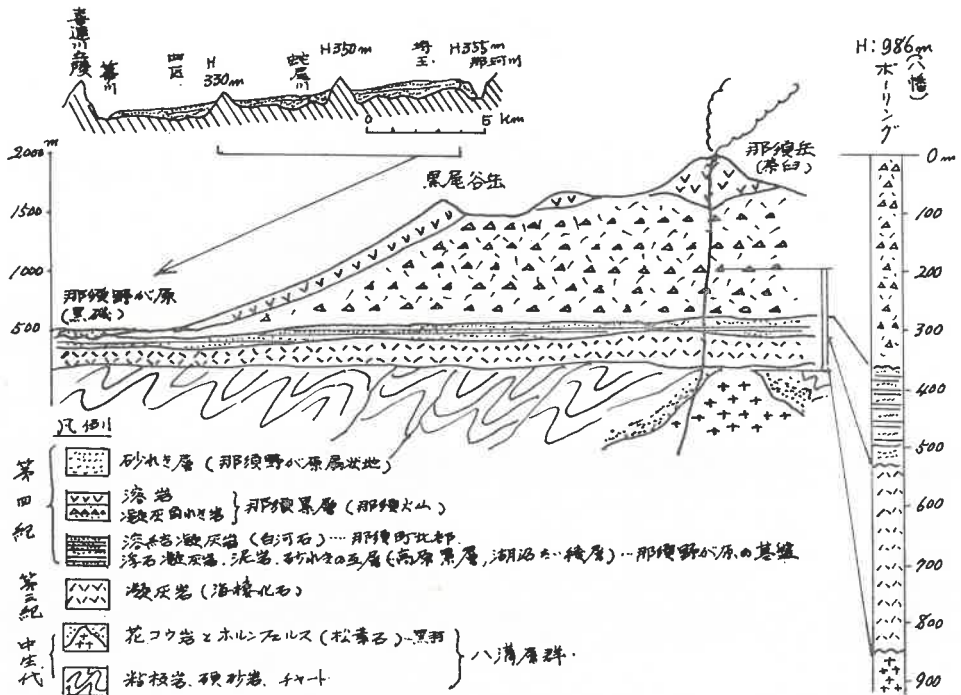
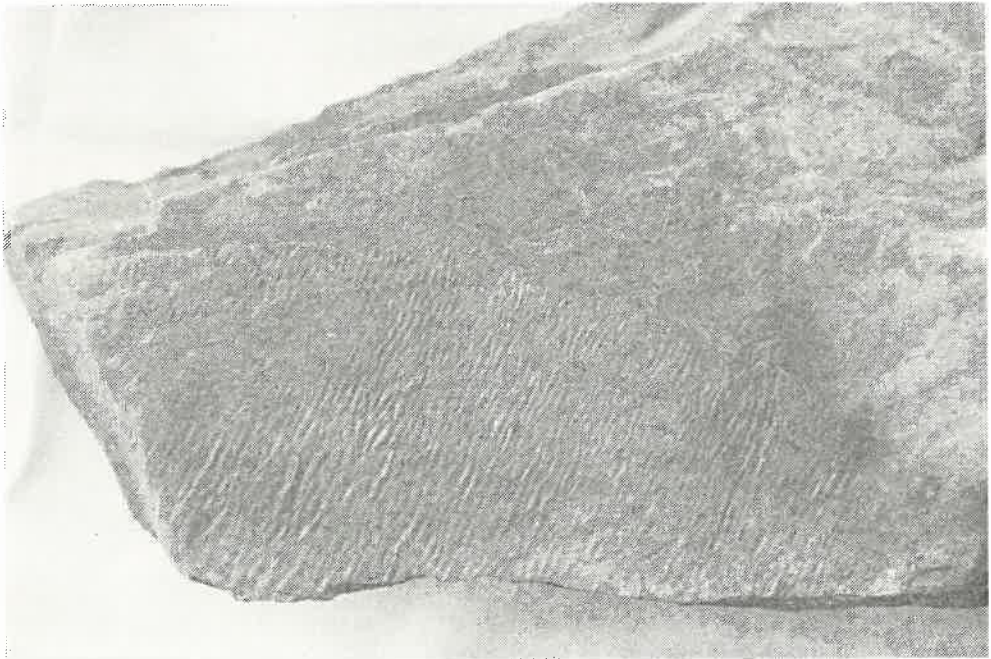


写真4 八溝層群 (中生代) の粘板岩 (植物化石片を含む) (黒羽町両郷)



2) 新生代 第三紀

- ③ 新第三紀になり海浸が進み、この地域は八溝山系をのぞいて海となった。
- ④ この頃、海底火山の活動が活発化し、緑色凝灰岩等の地層が堆積した。この地域は海底火山の直接の影響はなく、また暖流の影響で水温の高い、静穏な海であった。
- ⑤ 第三紀の末期になり、海退、海侵があ

第三紀 海棲化石（長者貝等）（黒羽町大戸）

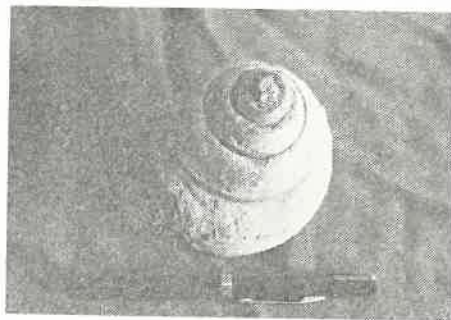


さんごの化石



プレウロトマリア（長者貝）の化石

第三紀層からの産出は 珍らしく、日本でも貴重化石の一つである



り、上部層は浅い海でたい積した。陸地の部分はメタセコイヤ等の植物が繁茂し、部分的に陸地で火山活動もみられた。

- ⑥ 第三紀の後半から地かく変動があり、第三紀層は隆起、陸化し、また造山運動により下野山地を作った。

3) 新生代 第四紀洪積世

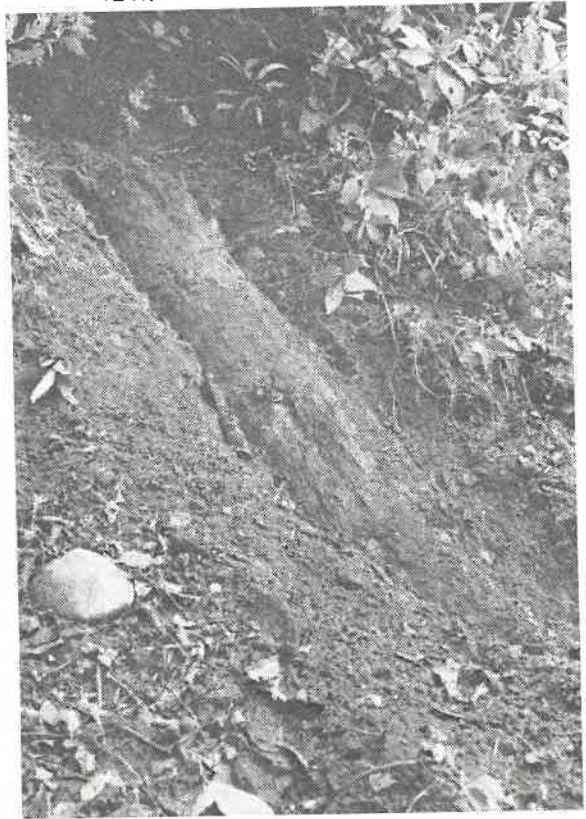
- ⑦ 陸化後、那須野が原から喜連川丘陵地域にかけて、湖沼となり、はじめは下野山地・八溝山地の辺縁から供給された泥・砂・礫が堆積した。

(高原累層の下部層柳林れき層)

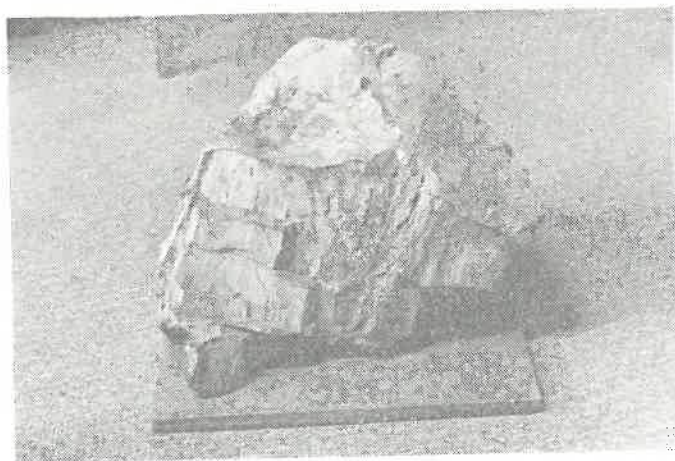
- ⑧ その後、高原火山の活動が活発になり、火山灰や軽石を放出し、しだいに湖沼をうめていった。(高原累層の中・上部層、相の沢火砕岩層、大田原浮石層)

- ⑨ その後、那須野が原においては初期河川による浸食、運搬、堆積作用が行われ砂れきが堆積した。(那須累層中の鍋掛れき層)

高原累層(第四紀)湖沼たい積層に含まれる埋木
地かく変動(関谷断層周辺)をうけ
地層直立(那珂川、木の俣川合流点)



関谷層群(第三紀)に含まれるケイ化木(簗川)



〔Ⅱ〕地下水を求めて

表 1

地質時代		地 史 (おおよそ)		主な地層	柱状図	地下水の有無	利用
		日本	地 球				
絶対年代 (単位: 100 万年)	新 生 代	沖積世	今 の 日本	・河岸低地 茶臼岳	・現河床水層 { 荒川, 荒尾川, 荒川, 那珂川 等 }	○	伏流水
		第 四 紀	最後の大陸時代 (氷河時代)	・関東ローム (赤土) (鹿沼土等) ・段丘形成 陸地 → 全県 ・高原火山, 那須火山噴火 湖沼 → { 那須野が原, 矢板, 塩原 (木の葉石) } 陸地 → { 那須野が原, 喜連川丘陵, 塩原盆地, 那須野が原, 日光火山 } 男体山	・那須ローム層 (赤土) ・扇状地砂水層 ・鳥の目ローム層 (赤土) ・鳥の目水層 ・那須累層 { 黒礫火山泥流, 砂利水層 } ・高原累層 { 大田原, 浮石層, 相模沢火砕岩層, 杉林水層 }	○ X ○ ○ △X X ○	浅層地下水 農業用水 (扇状地) 農業用水 (扇状地) 工場用水
		新 第 三 紀	日本の半島時代 日本の小島国時代 (石油時代)	陸地 → 全県 火山活動 (流紋岩) 海 → { 足尾山地, 八溝山地, 那須野が原, 塩原, 那須野が原 } ・海成火山活動 (伏谷石) 陸地 → 足尾山地, 八溝山地	・海成第三系 緑色凝灰岩	△X	
		古 第 三 紀	日本の大陸時代 (石油時代)	陸地 → 全県			
		中生代	日本の大陸時代	海 → 八溝山地 陸地 → 足尾山地 花コウ岩貫入	・八溝層群 { 粘板岩, 砂岩, ホルンフェルス }		
600	古 生 代	日本の海底時代	海 → 全県				

写真－8 那珂川河岸にみられる厚さ30mの砂れき層（黒磯，白崖）



⑩ この時期に北方の那須火山の活動が開始し，黒磯以北一帯に火山泥流が堆積した。

（那須累層中の黒磯火山泥流）

⑪ その後，那須火山の活動が一時休止し，那珂川は東に移行し，那須累層を浸食しながら砂れきの堆積が進んだ。（鳥の目れき層）

⑫ その頃，扇状地内部では熊川，蛇尾川，

簗川などの下刻，側刻がほぼ連続的に進行し，これらの流路で削り残された大田原浮石層からなる基盤の高まりを所々に残した。これが北西から南東に方向性をもつ分離丘陵である。この間には主流をなす旧河道のほかに流路の変遷による谷（地下谷）と両側の基盤の高まりがある。

⑬ 鳥の目れき層堆積の末期に火山活動があ

写真一 9 (a) 那須火山 (白笹黒尾谷岳) と那珂川断崖 (那須累層)



写真一 9 (b) 那須茶臼岳 (中央火口丘現在活動中)



写真一10(a) 関東ローム（鳥の目ローム）中に含まれる火山豆灰（那須町寺子）

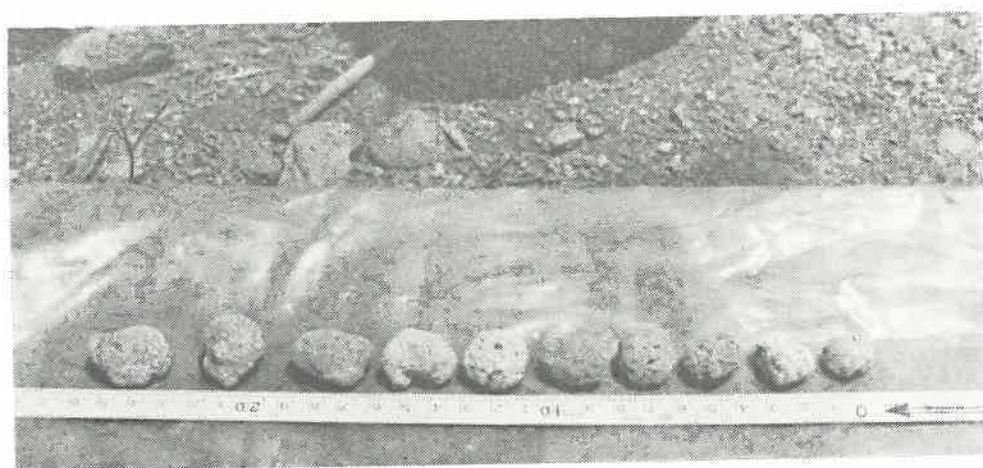
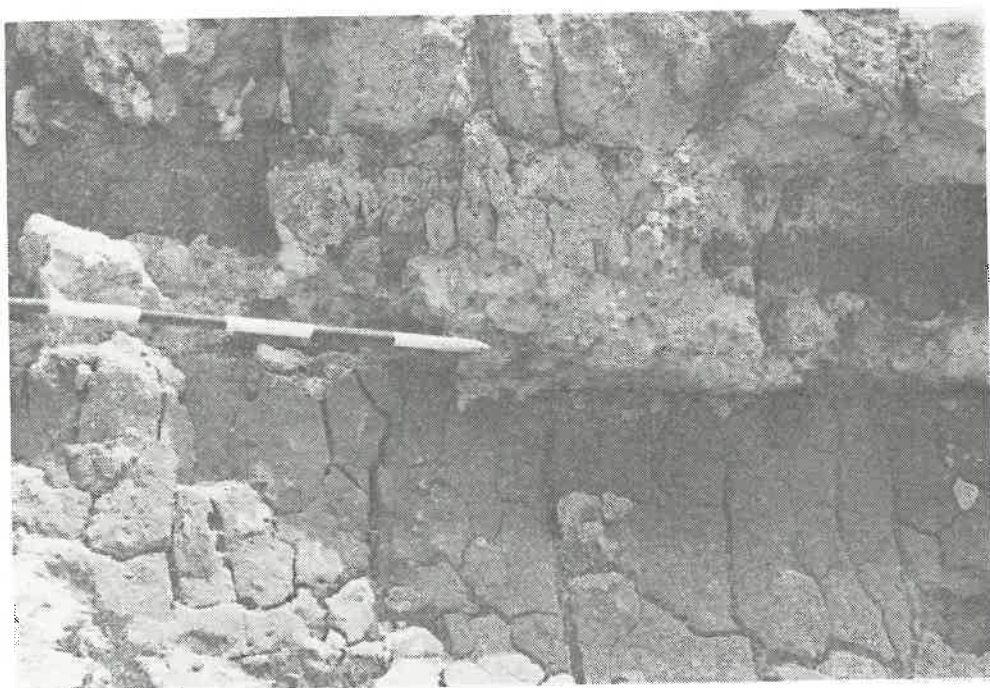


写真-10(b) 蛇尾川河岸(那須野面下7~8m)で
れき層にはさまれる鳥の目ローム



り、多量の火山灰をたい積した。(鳥の目
ローム層)

- ⑭ その後、再び隆起運動があり、多量の砂
れきが供給され、厚さ5~10mの砂礫^{れき}が那
須野が原全域をおおった。(扇状地砂れき
層)

- ⑮ その後も火山活動があり、これら地層の
上に降灰した。(那須ローム層、藤荷田ロ

ーム層)

- ⑯ その後、流路のほぼ定まった諸河川の浸
食、運搬、堆積^{たい}作用が行われ、河岸に数段
の段丘をつくり現在に至った。

以上が那須野が原の生いたちの概要である
が、地下水に関係する地層は時代的に新しい
洪積世のものに限られている。

写真一 9(c) 茶臼岳の噴火(昭和28年10月28日)



写真一11
井戸の内部
上部より
黒土→那須ローム
→扇状地れき層→
鳥の目れき層(茶
色)



写真一12
上部のローム層
地表より藤荷田ロー
ム、黒色帯、那須ロ
ーム

写真一13 那珂川河岸、両岸の露頭（左岸は上から段丘れき層、那須累層高原累層に
続く。右岸は扇状地れき層、鍋掛れき層に続く白崖）



(3) 地層の特徴

1) 高原累層

① 柳林れき層

那須野が原南東部、柳林地区の箒川右岸に露出する礫層で、高原累層の最下部を占め、喜連川、矢板、那須野が原の旧湖沼地帯に分布し、深層地下水として重要な帯水層である。(透水層)

② 相の沢火砕岩

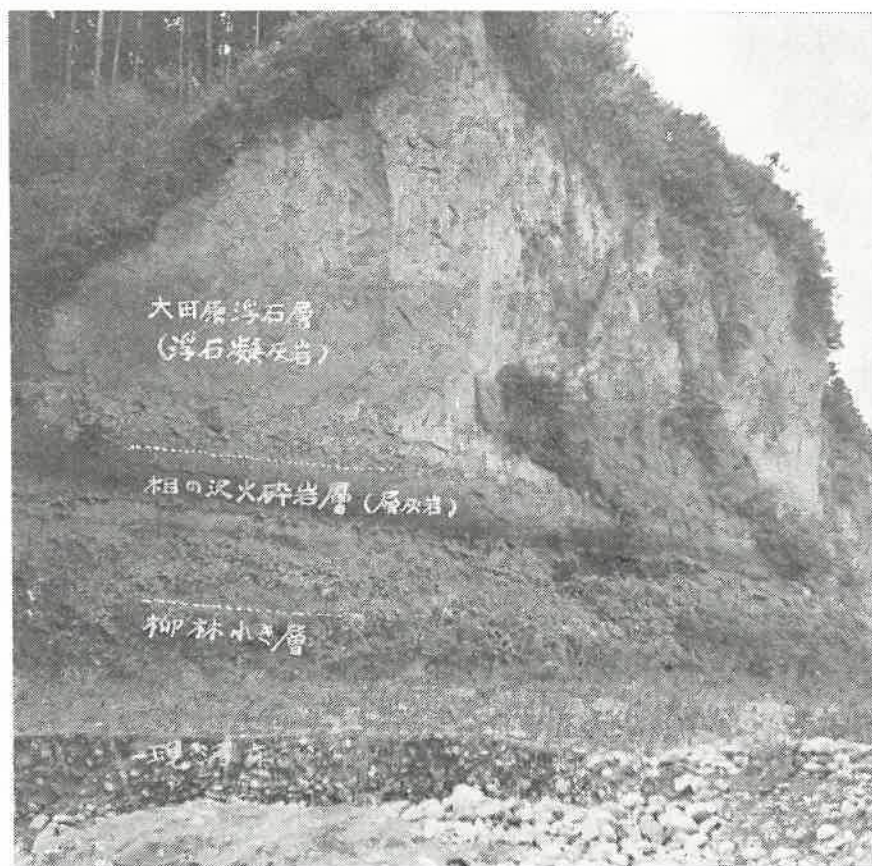
那須野が原西南の相の沢の箒川右岸に露出する安山岩の角れきを主とする凝灰角れき岩および層灰岩で、柳林れき層を整合におおう。

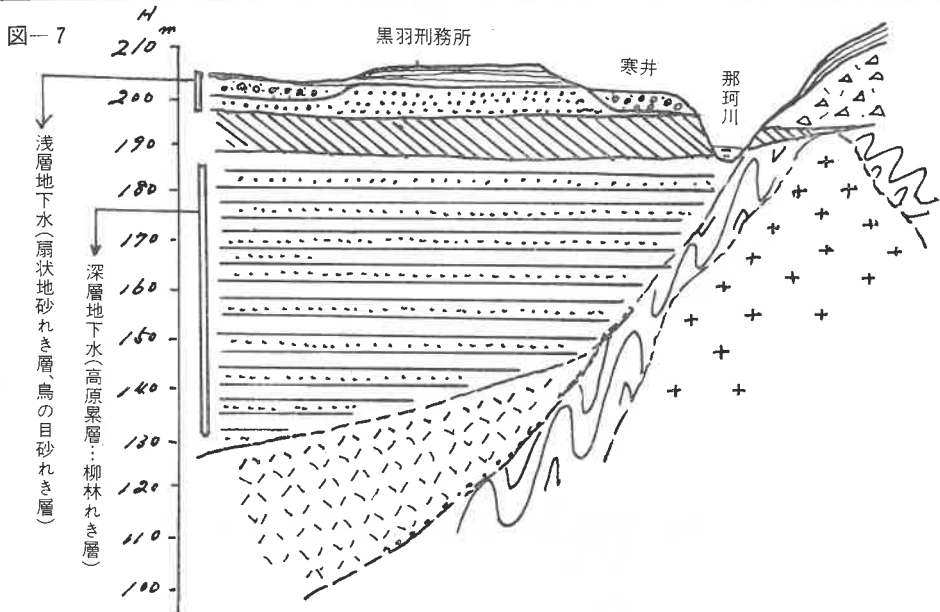
層灰岩は褐色で葉理をともない、湖沼堆積の特徴を示す。(不透水層)

③ 大田原浮石層

那須野が原東部の大田原市、蛇尾川河岸に露出する浮石凝灰岩である。これは多量の軽石を含み、灰白色塊状で層理がなく、相の沢火砕岩を整合におおい、箒川、蛇尾川河岸で観察できる。この地層は那須野が原のほぼ全域に分布するため、地下水帯水上の基盤として最も重要な地層である。なお分離丘陵は主にこの地層によって構成されている。この地域では俗称『火山灰』と称し、井戸の堀止めの目安としている。(不透水層)

写真-14 高原累層の露頭(箒川)





2) 那須累層

① 黒磯火山泥流

火砕岩層と那須火山溶岩とを合せたもので、黒磯周辺那珂川岸に連続的に露出する。那須火山麓一帯に分布している。(不透水層)

② 鍋掛けれき層

黒磯南東約5 km, 鍋掛け地区の那珂川河岸に露出する礫層で、黒磯火山泥流と同時異相の関係にある。固結度極めて大で、れきそのものは空気にふれるとぼろぼろに崩れる特徴がある。(全体的に不透水層, 部分的に透水層)

写真一15(a) 那須累層(凝灰角れき岩)と高原累層(浮石凝灰岩)との関係。那珂川鳥の目左岸



写真—15(b) 那須累層（黒礫火山泥流凝灰角れき岩）



写真—15(c) 那須累層，那須火山溶岩の露頭（那珂川屏風岩）



3) 鳥の目れき層

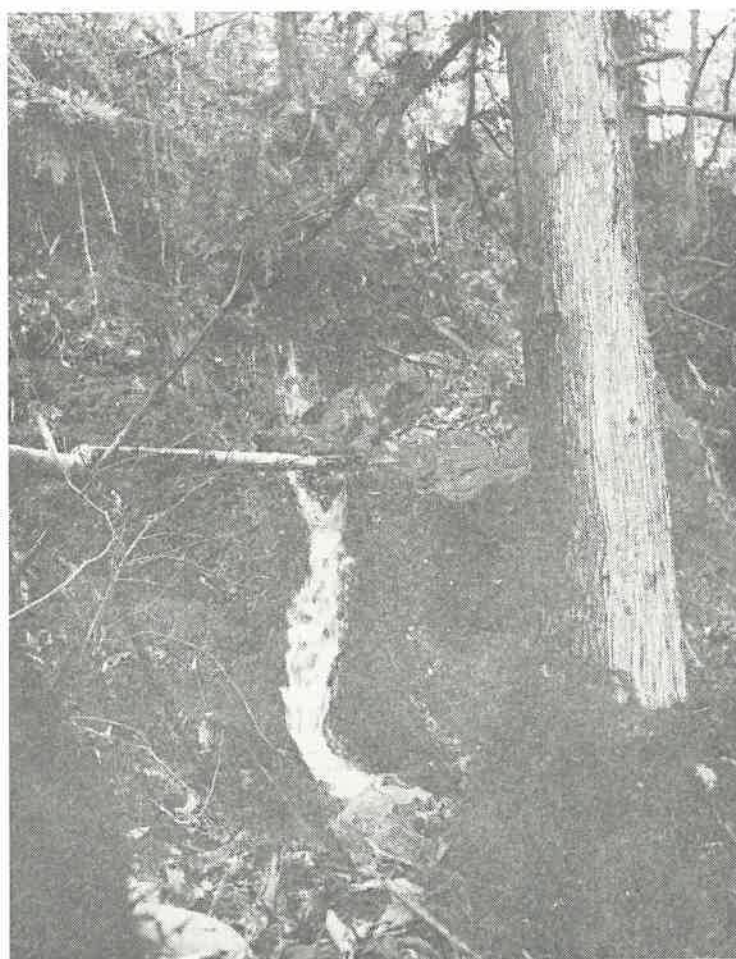
黒礫の上流約4 kmの鳥の目地区河岸で、那珂川現河床より約10m高い地点に顕著な湧泉群がある。これは那須累層を浸食してできた谷を埋めたれき層に帯水する地下水である。この帯水層となっているれき層を鳥の目砂れき層と呼ぶ。この砂礫層は地表の露出は少ないが、那須野が原全域に分布しているため、地下水の帯水層として極めて重要なものである。渇水期の地下水は殆んどこの地層の基底

部に帯水し、地下谷には豊富な地下水を帯水する。この地域では俗称『こび砂利』といわれ、表面が茶褐色を呈している。(上部は半～不透水層、基盤との境、良好な透水層)

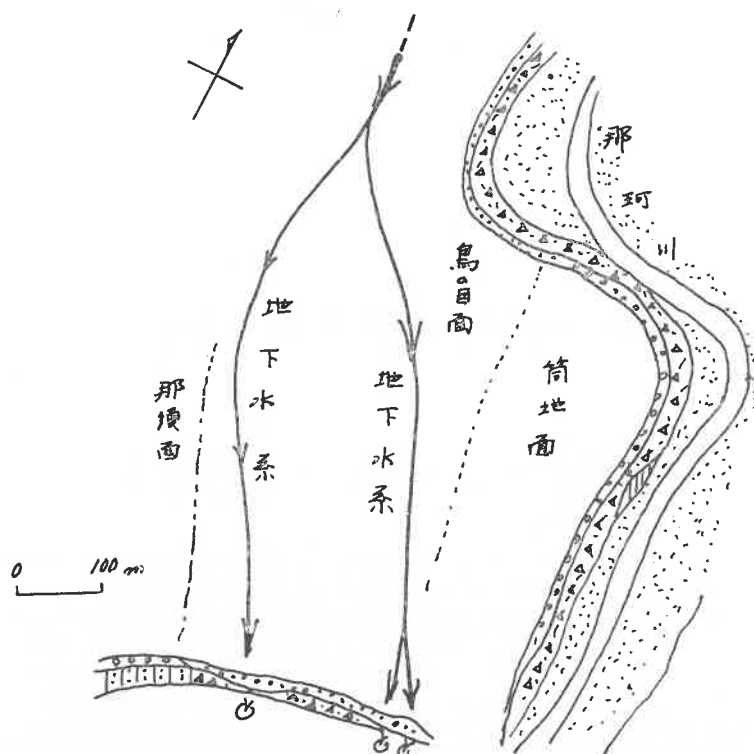
4) 鳥の目ローム層

扇中央部の那須野面下6～10m深さに横たわり、鳥の目れき層と那須扇状地れき層との間にはさまれている。鳥の目れき層の判定に役立つことから重要な地層である。

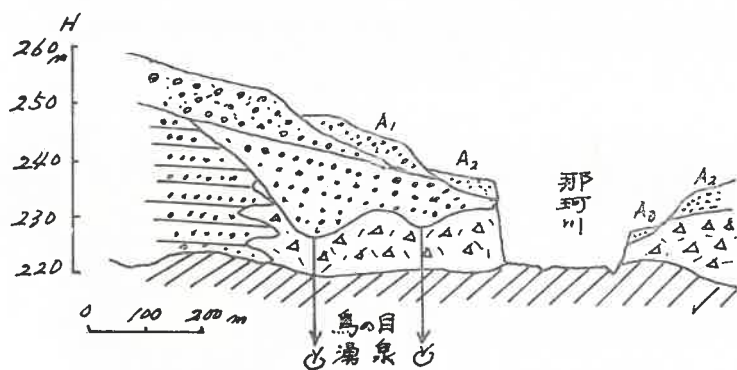
写真—16 鳥の目湧泉、栃木県水産試験場黒磯分場で利用



鳥の目湧泉の地下水系



地質断面図



凡例

	段丘砂れき層		黒礫火山泥流	} 那須累層
	扇状地砂れき層		銅掛砂れき層	
	鳥の目砂れき層		大田原海石層	

5) 那須扇状地砂れき層

那須野が原の平坦面をおおう関東ローム層（那須ローム）下位にあり、鳥の目れき層上に浸食面をへだてて重なるれき層である。鳥の目れき層よりも固結度が低く、くずれやす

い、川原の石と殆んど同じである。（透水層）

6) 那須ローム層

扇状地の主部を占める那須野面をおおう。厚さ4 m以内の赤褐色無層理のロームで、従来から知られている赤土である。

（4） 那須野が原の主要帯水層と地下水

以上の層序から浅層地下水の主要帯水層として鳥の目砂れき層、扇状地砂れき層（黒礫地区の一部は鍋掛けれき層相当層）があげられる。しかし、地下水はこの層に一樣帯水して

いるのではなく、ある場所では豊富な水量が得られるが、少ない場所もある。これらについては、それぞれの砂礫層が堆積した当時の状態を考えれば説明がつく。川の主流は普通

写真一17 井戸内部の基盤と砂れきとのたい積関係（凹凸）



水量も流速も大きいから、浸食力も強く、大きなれきを運搬堆積することができる。しかし、一方、川の両岸に当る部分では流速も小であるから浸食力も弱く、この部分では軽い砂とか泥を多く運搬堆積することが考えられる。したがって、川が不透水層である基盤をけずった面は平らではなく、かなりの凹凸があることが予想される。そうなれば、この基盤の高まり、つまり、そのころ浸食力の弱かったところでは、砂礫層が薄くて砂れきの粒度も小さく、泥（粘土）が多く、透水性に乏しく、地下水量が少ない。それに反して、浸食力の強かった地下の凹地、地下谷では砂礫層が厚く、泥や砂が少なく、大きなれきが多く、透水性であるので地下水量が多いということが推定される。今迄、この地域では地表が平坦であれば、どこを掘ってもほぼ同じ深さで同量の水量が得られるという考えで井戸を掘っていたが、井戸の数が多くなるにつれ失敗が多くなったのは、基盤地形に変化があ

ることを物語るものである。

鳥の目砂れき層は旧河道の主流である地下谷の部分のみ空隙に富み、渇水期でも1日1,000トン以上揚水可能の良好な帯水層となりうるが、基盤の高まりに堆積したものは全般に粘土混り砂利で構成されているため、空隙に乏しく、不透水層に近く、地下水は期待できない。

扇状地砂礫層は堆積時代も新しく、全般的に空隙に富み、良好な透水層であるが、砂礫層の厚さがうすく、地表から最も浅い位置を占めているので扇頂部では帯水せず、水位の下がる渇水期には扇央部でも殆んど帯水しない。

当地域で鳥の目砂礫層を利用できる範囲は地下谷の比高の大きい扇頂部、扇央部に限られ、地下谷の比高の小さい扇端部に行くにつれ、利用価値は少ない。扇状地砂礫層の利用範囲は鳥の目砂礫層が粘土混り砂利として不透水層の役割を果たす扇端部のみ利用度が高い。

2 地下水探査法

筆者が那須野が原で実施している調査は井戸の中に薬品を投入し、地下水の流路をさぐる地下水系調査法と、地下構造、とくに透水層と不透水層の関係を調べる電気探査法である。

(1) 地下水系調査

この方法は井戸を利用して、薬品（塩化ナトリウム、フルオレツセンソーダ、塩化アンモニウム）を投入し、どの井戸とどの井戸がつながっているかを調べて地下水の流路を知り、また、流速の概略もつかめるので、これをもとに最も良好な水みちを探す目的で行う方法である。実際には、地下水流量の多いと予想される井戸が地下水の流動方向に2つ以

上あるとき、上流の井戸に薬品を投入し、下流の井戸水を一定間隔でくみ、その濃度の変化を調べるものである。しかし、実際の場合には次のような種々の問題をあらかじめ検討してからでないかと徒労に終ることがある。

① 薬品投入井戸が上流に位置していること

これは付近の井戸の地形測量を行ない、地盤高を求め、さらに井戸の水位を同時観測し、地下水面等高線図を作り、およその地下水流動方向を求め、薬品投入井戸、採水井戸を決めるとよい。

② 投入薬品の量は下流の井戸で検出できる量を入れること

投入薬品としてはフルオレツセンソーダ・

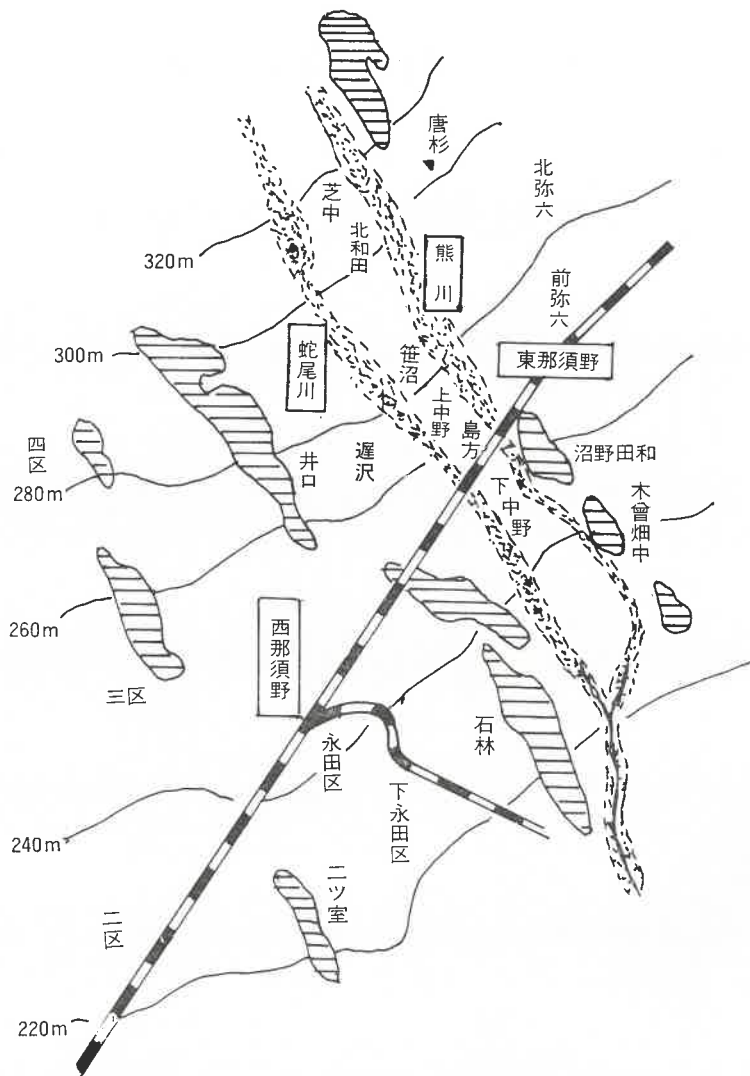
塩化アンモニウムの多く使用しているが、直視で判定できるフルオレッセンソーダは濃度が薄くても蛍光であるから光に当てると微量（1億分の1）でも野外で検出できるが、投入井戸が飲料を兼ねている場合、水が緑色に見えるので好ましくない。それに比べて塩体アンモニウムはネスラー試薬を用いてアンモニウムイオンを検出するための労力がかかるが、色がつかず、価格も安く安全であるので

現在最も多く使用している。薬品投入量として、井戸間の距離が100m以内の場合はフルオレッセンソーダ、100g以上、塩化アンモニウム5kg以上、500m内外を調べる場合は、フルオレッセンソーダ2kg以上、塩化アンモニウムの場合50kg以上投入すると良く検出される。

③ 投入、採水時間の時間的配慮

地下水の流速をあらかじめ予想し、下流で

図9 地下水面等高縮図



〔Ⅱ〕地下水を求めて

東那須野地区

所 在 地	水面までの 深さ (m)	井戸底まで の深さ(m)	湛 水 深 (m)	地盤海拔 高度 (m)	地下水海面 抜高度(m)	備 考
方 笹 笹 三 三 北 沼 沼 木 唐 島 北 前 上 上	7.80	12.80	5.00	282	274	井 氏 宅
	6.60	15.80	9.20	292	285	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	6.60	12.60	6.00	292	285	室 薄 笹 緑 伊 市 関 山 室 磯 本 野 井 藤 藤
本 和	6.00	12.60	6.60	261	255	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
野 野 曾	3.90	9.90	6.00	259	255	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
田 田 畑	7.20	20.40	13.20	303	296	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	3.50	7.50	4.00	256	253	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	3.96	7.30	3.34	249	245	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	2.40	4.50	2.10	248	246	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	14.64	22.24	7.60	310	295	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	8.00	11.00	3.00	268	260	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
弥 弥 中 中	7.60	18.00	10.70	286	279	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	9.90	12.00	2.10	281	271	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	6.90	13.20	6.30	283	276	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井
	6.60	13.50	6.90	284	277	井 井 沼 川 藤 村 谷 田 井

写真-18 当地域で行われている簡易水位測定（割竹を利用）

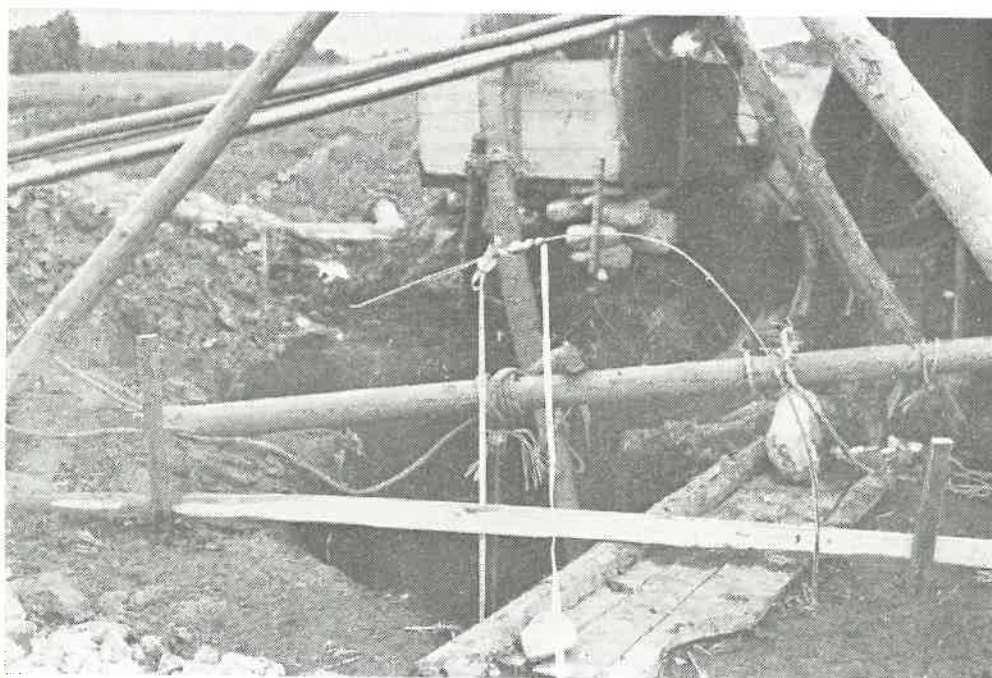


写真-19(a) 地下水系調査

(1) 薬品投入実験 (蛇尾川伏流水流速調査)



写真-19(b)

(2) フルオレッセンソーダ (螢光染料) を投入 (蛇尾川)



写真-19(c)

(3) 蛇尾川伏流水水口（渇水期）



写真-19(d)

(4) 採水検出（蛍光のため、光にあてると微量でも肉眼で検出できる）



1) 薬品を溶解する

薬品を溶かす場合、採水用の器具はいいい触れないこと。多くの人数が確保できる場合は、投入班と採水班に分けて実施すると安全である。とくに微量検出可能のフルオレッセンソーダの場合には注意を要する。

2) 井戸に薬品を投入する

ふつうのバケツに綱をつけて投入しているが、投入後は井戸の中で良く攪拌する必要がある。

3) 下流の井戸で採水する

採水は投入に無関係のバケツを利用し、なるべく底部より採水する必要がある。

4) 比色分析

採水したものを試験管または管びんに入

れ、濃度の変化を調べる。この場合、標準液をあらかじめ作成し、比較分析を行なう。塩化アンモニウムの場合はネスラー試薬を用い、アンモニウムイオンを検出するので、その沈殿が問題になるため、採水したものは数時間～数日保存しておくといよい。濃度判定後、濃度曲線をかき、最高濃度までの時間を求める。

5) 流速の測定

投入井戸と採水井戸の距離を求め、最高濃度までの時間との関係から流速を求める。例えば、井戸間の距離が35m、最高濃度までの時間が2時間かかったとすれば地下水の平均流速は時速約17mとなる。

この様にして、同一水系の採水井戸ごとに同様の方法で流速を求め、流速図を作り、これより地下水の主要流路をさがす。一般に流速の速いところが良好な水みちとなっている。

写真-20(b) 採水検出

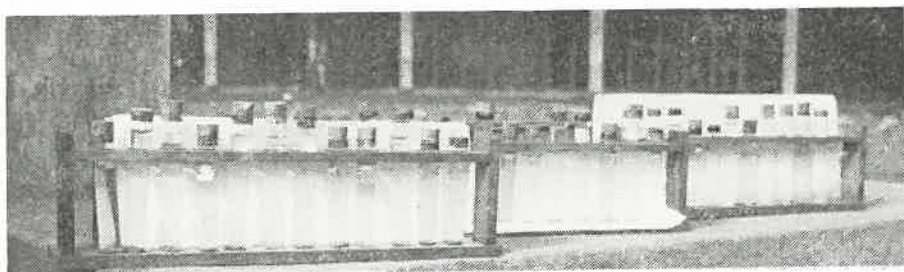


写真-20(a) 採水検出

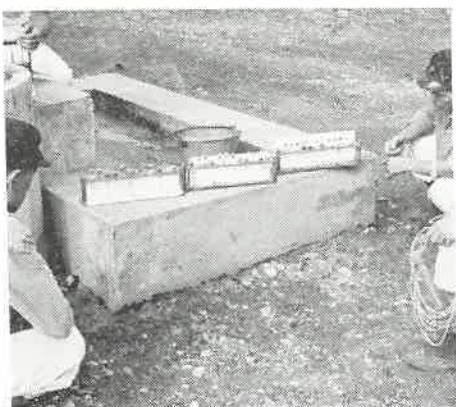


写真-20(c) 採水検出

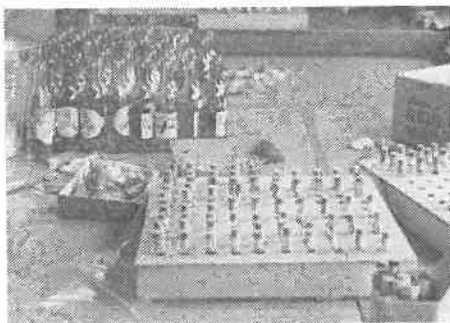
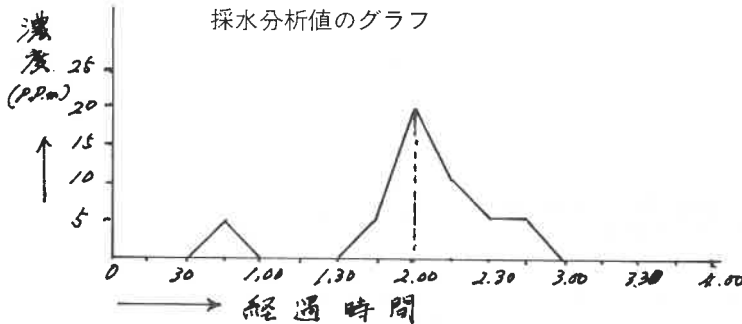


図-10

採水表

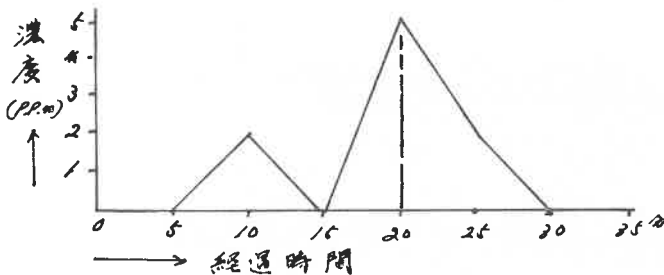
投入日時：1964. 3. 26. 10時30分
投入試薬：フルオレッセンスソーダ 1.2kg
投入場所：蛇尾川河床、伏流地点
採水間隔：15分
採水時間：4時間



採水表

投入日時：1956. 9. 30. 11時15分
投入試薬：塩化アンモニウム 500kg
投入場所：西那須野ニツ室、井戸水位：1.70m
採水間隔：5分
採水時間：35分

採水分析値のグラフ



採水NO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	予定時間	最大濃度	採取時間	平均流速	最大流速
経過時間	0.45	1.00	1.15	1.30	1.45	1.60	1.75	1.90	2.05	2.20	2.35	2.50	2.65	2.80	2.95	3.10	3.25	3.40	3.55	4.00
濃度 (ppm)	0	0	0.5	0	0	0.5	2.0	1.0	5	5	0	0	0	0	0	2.0	3.0	3.5	1.7	4.6
採取時刻	11.20	11.25	11.30	11.35	11.40	11.45	11.50	11.55	12.00	12.05	12.10	12.15	12.20	12.25	12.30	12.35	12.40	12.45	12.50	13.00
採取場所	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床	蛇尾川河床

採水NO	1	2	3	4	5	6	7	必要時間	最大濃度	採取時間	平均流速
3	0	1~2	0	2~5	1~2	0	0	20分	3~5 ppm	1~4 m	4~2 m
採取時刻	11.20	11.25	11.30	11.35	11.40	11.45	11.50				
経過時間	5分	10	15	20	25	30	35				

3 電 気 探 査

電気探査は地下水系と地下構造との関係をつかむために行なうのが一般的である。この方法は岩層により電気の比抵抗値に差があることを利用したもので、いいかえれば、地表から電流を地中に流し、ある深さごとに地下の地層がどれだけ電気を伝える性質であるかを見て、その特徴をつかむものである。比抵抗法の原理は、地中に電流を通ずるとほぼ電

極間隔に等しい深さまで流れるということ、地表に等間隔に極棒を打ち込み、外側の2本の電極を通じて電流を流していくものである。例えば、砂れき層で、空隙に富んでいる良好な透水層は電気を伝えにくいので、比抵抗値は高く、粘土質の地層・ローム層・粘土混り砂利・凝灰岩層などの水を通しにくい不透水層は電気を伝えやすく、比抵抗値が低

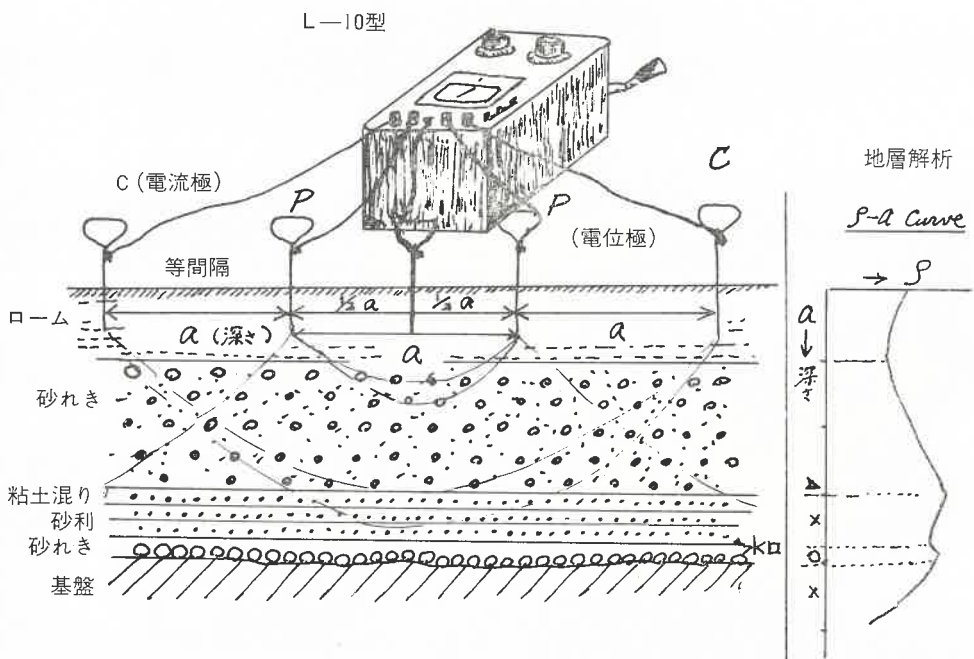
写真-21(a) 電気探査の操作



写真-21(b) 電気探査,
4 極法のため補助員 4 名いると能率的



図-11 電気探査法 L-10 型



い。この性質を利用して深く調べていけば、地下水の含まれている砂れき層と不透水層の基盤の深さがわかる。電気探査の解説は比抵抗値(ρ)と深さ(a)の関係をあらわした $\rho - a$ 曲線(比抵抗曲線)を用いる。全体的には各測点ごとに不透水層(基盤)の深度を求め、地下構造の断面を復元し、地下水の良好な水みち(地下谷)をさがすものである。

(1) 基盤地形の復元

電気探査で基盤地形を復元する場合の方法は、薬品投入法による地下水系調査でおさえた地下水の流路、特に主流である地下谷に直交する方向に測線を設け、測点間隔はできるだけ短い距離にすることである。また、測線は谷の壁に平行にはることが望ましい。電探終了後は、各測点ごとの $\rho - a$ 曲線を解説

し、地質柱状図を作り、基盤深度を求め、それを結んで基盤地形を復元する。一つの横断面が明らかになったら、測線を上流、下流に移し、その操作をくりかえし地下谷を追跡するものである。

地下谷は過去の河道の主流に相当するもので、谷の比高の大きなもの程、当時の浸食力および運搬力の大きなることを物語るものである。従って、大きな地下谷を埋めた砂れきは大きなれきが多く、空隙に富んでいるため、透水度が高く、地下水の良好な流路となる。地下谷の探査が地下水開発上極めて重要なこととなるわけである。

このように、地下水系調査と電気探査による地下構造の復元を併用して行くと、流速の速い地下状はほとんど地下谷を通っている。

写真—22(a) 地下谷の地下水(西那須野町烏が森、水道水源)



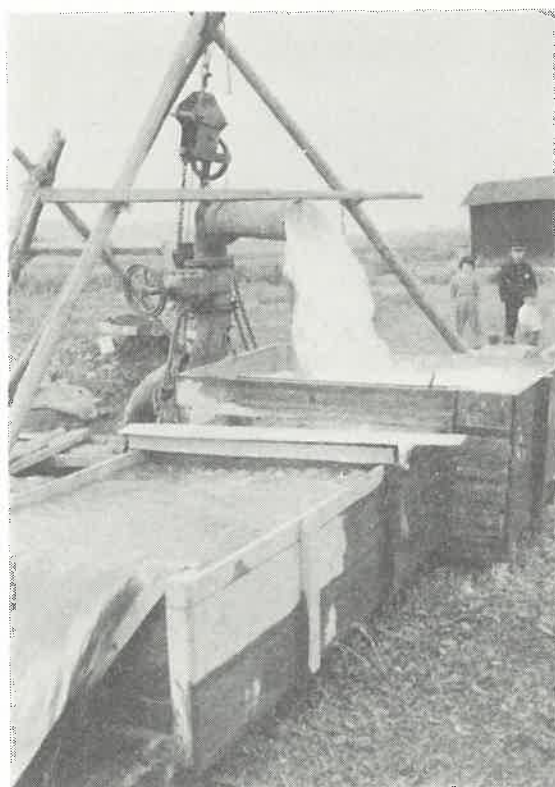
写真-22(b) 地下水量豊富なため、ポンプでは汲み切れず (5,000~10,000トン/日)
潜水夫による井戸堀り (西那須野町水道水源)



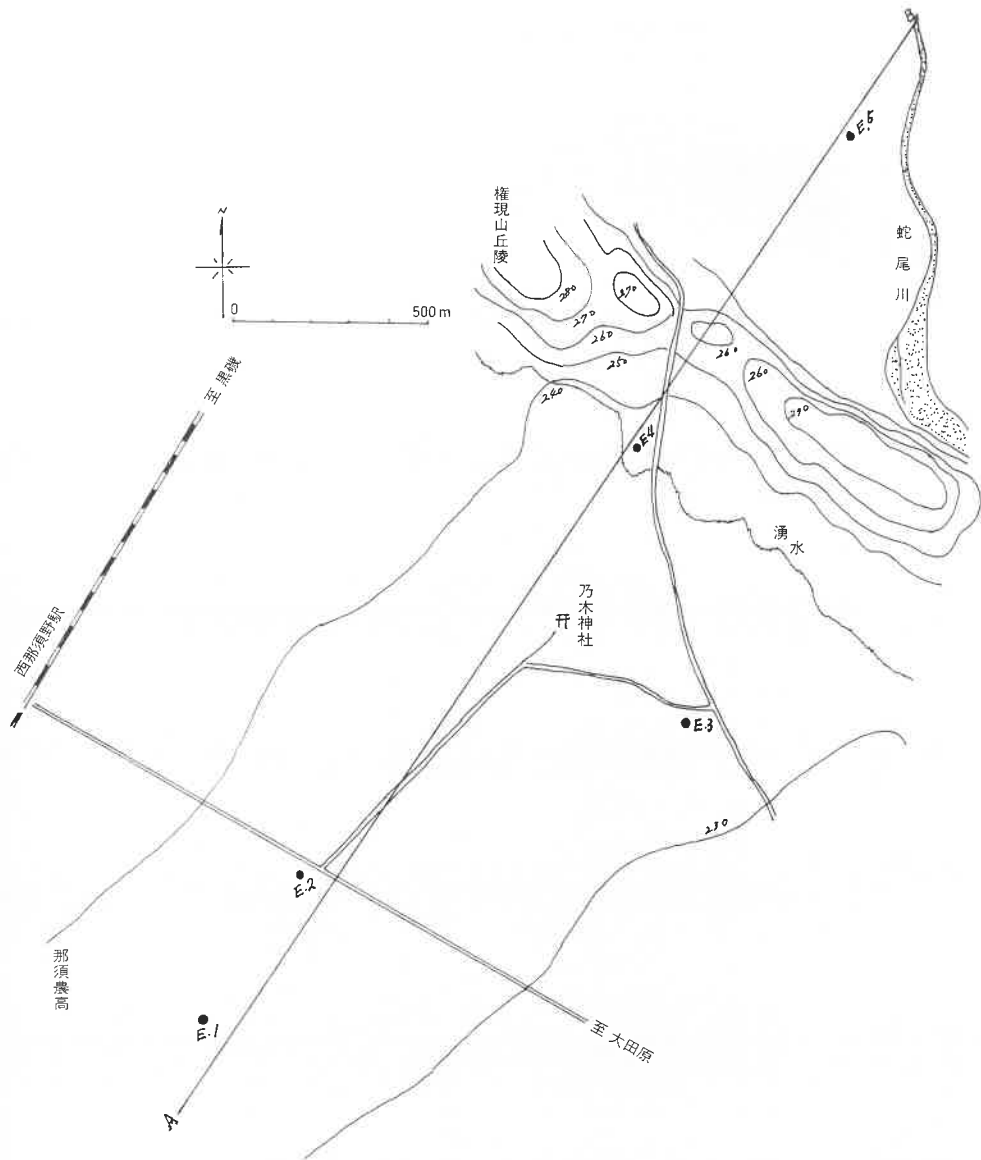
写真-22(c) 堀りだされた巨れき (80×40cm)



写真-22(d) 地下水揚水試験

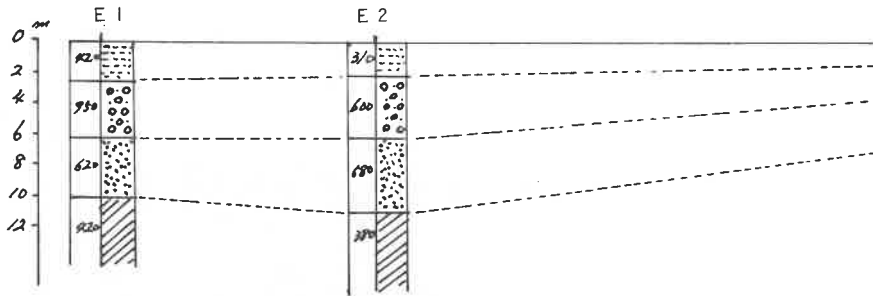


図一12(a) 権現山丘陵周辺の地形と電探測点



〔Ⅱ〕地下水を求めて

図-12(b) 電探解析柱状図



電探から推定される地質断面図 (A-B)

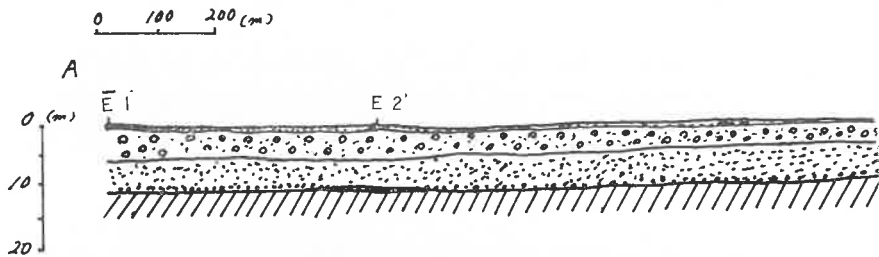
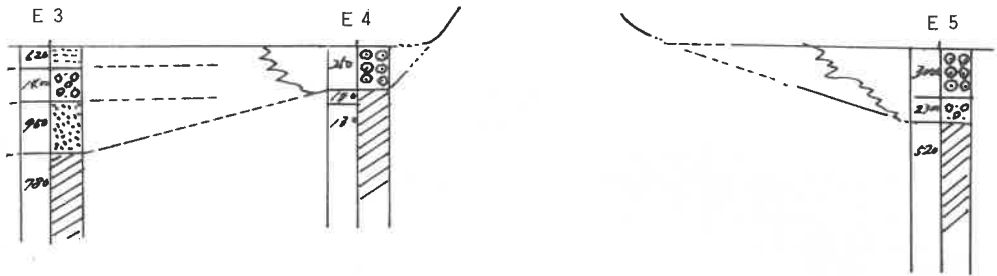


図-12(c) Wenner 法による測定野帳 (L-10 型)

測定場所	西ナスノ 永田～石林	測点番号	E・2	接地条件	草地 良
年月日	1964. 4. 4	測線方向	NW～SE	備考	

$$\rho = 2\pi a R (\Omega m)$$

a (深さ)	$2\pi a$	R (抵抗値)	ρ (比抵抗値)	電位極 P	電流極 C
1	6.28	37.0	232.36	0.5 ^m	1.5 ^m
2	12.57	21.0	263.97	1.0	3.0
3	18.85	17.0	320.45	1.5	4.5
4	25.1	14.7	368.97	2.0	6.0
5	31.4	13.2	414.48	2.5	7.5
6	37.7	11.8	444.85	3.0	9.0
7	44	10.5	462.0	3.5	10.5
8	50.3	9.4	472.82	4.0	12.0
9	56.5	8.7	491.55	4.5	13.5
10	62.8	8.0	502.4	5.0	15.0
11	69.1	7.5	518.25	5.5	16.5
12	75.4	6.5	490.1	6.0	18.0
13	81.6	5.8	473.28	6.5	19.5
14	88	5.3	466.4	7.0	21.0
15	94.2	4.7	442.74	7.5	22.5



(A-B)

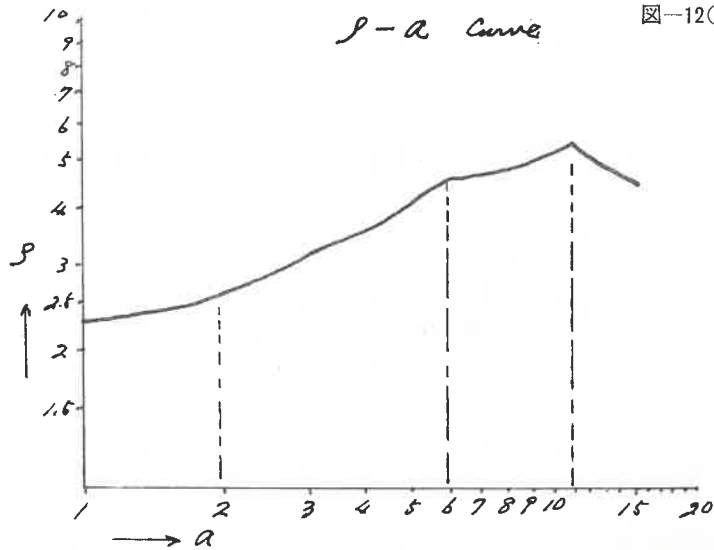
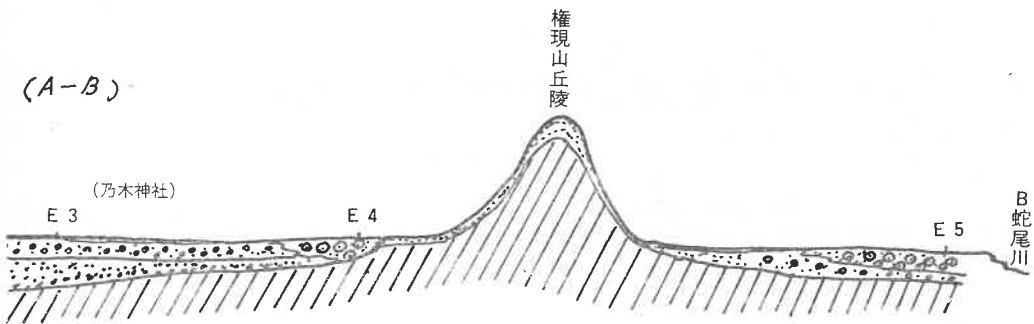


図-12(c) E2

標準中継	310	600	580	380
地層				
地層名	口-A層	扇状地砂小気層	鳥目砂小気層	大田原砂小気層
水口の有無		6m 豊水期	11m	X

図-12(d) E 4

a	$2\pi a$	R	p
1	6.28	18.2	114.29
2	12.57	13.5	169.69
3	18.85	10.0	188.5
4	25.1	7.2	180.72
5	31.4	5.3	166.42
6	37.7	4.0	150.8

標準曲線	3000	2700	520
地層			
地層名	沖積砂水層	沖積地砂水層	大田原浮石層
水口の有無	3m 量水観測点	5m	X

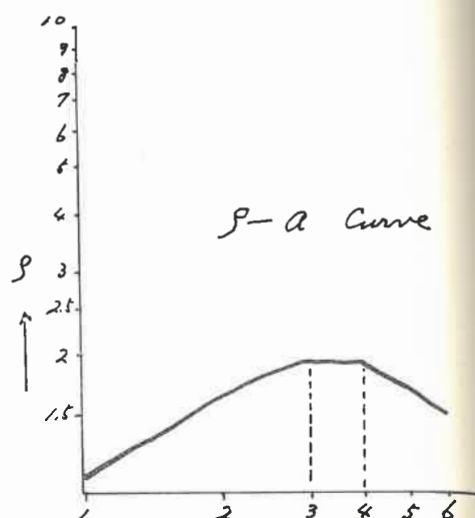
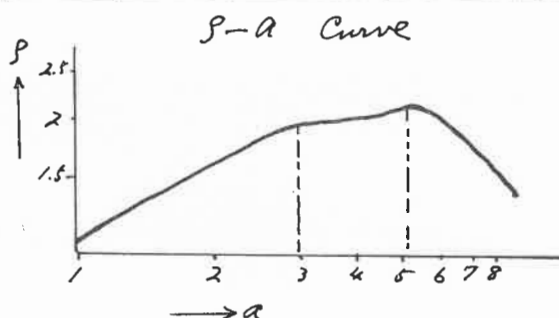


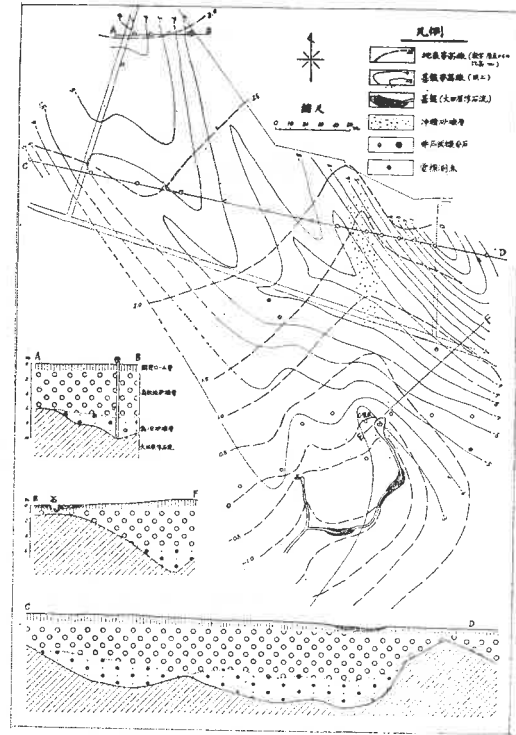
図-12(e) E 5 接地条件砂れき多い

a	$2\pi a$	R	p
1	6.28	170	1067.6
2	12.57	132	1659.2
3	18.85	105	1979.2
4	25.1	79	1982.9
5	31.4	69	2166.6
6	37.7	55	2073.5
7	44	39	1716
8	50.3	30	1509



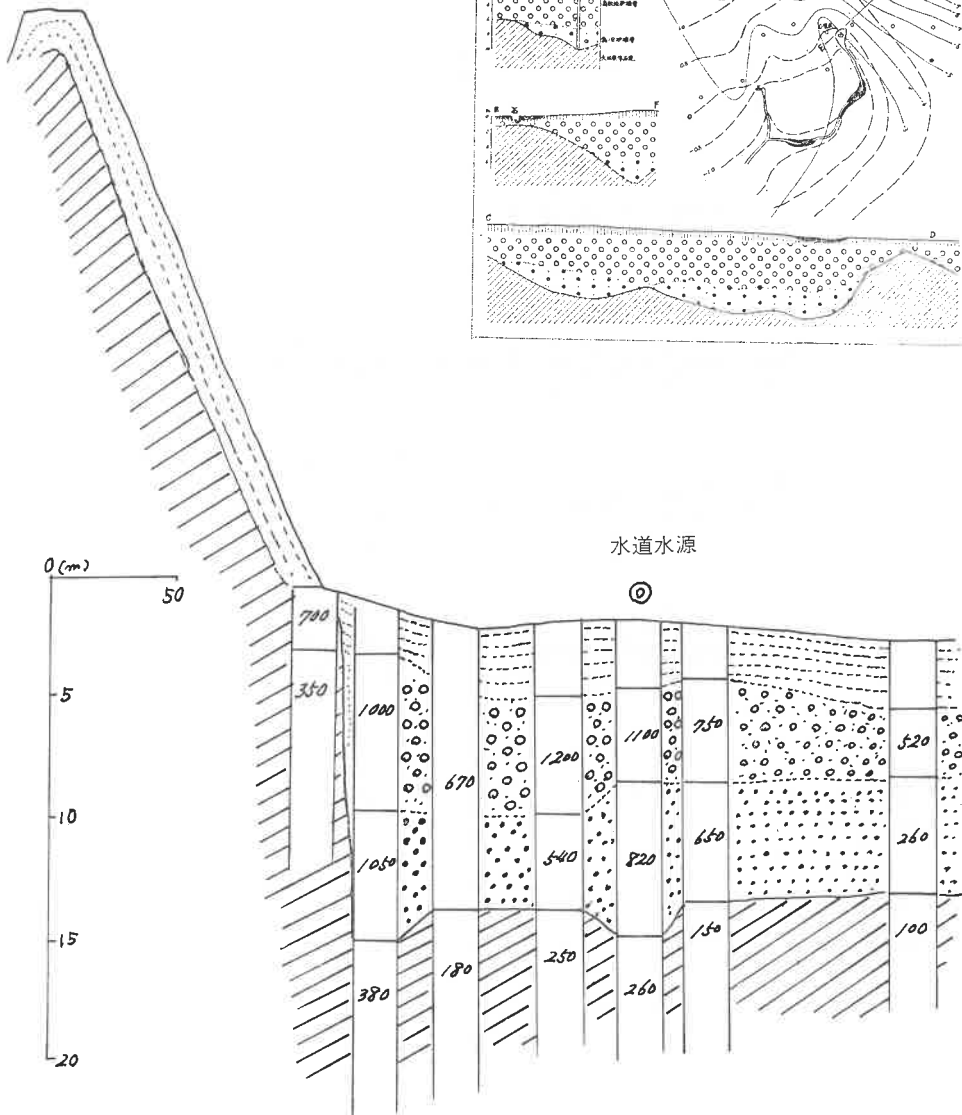
標準曲線	250	180	130
地層			
地層名	沖積砂水層	大田原浮石層	
水口の有無	3m 量水観測点	X	

図一14 那農高農場付近における地表と基盤等高線図及び地質断面図



図一13 電解探析による地質断面図

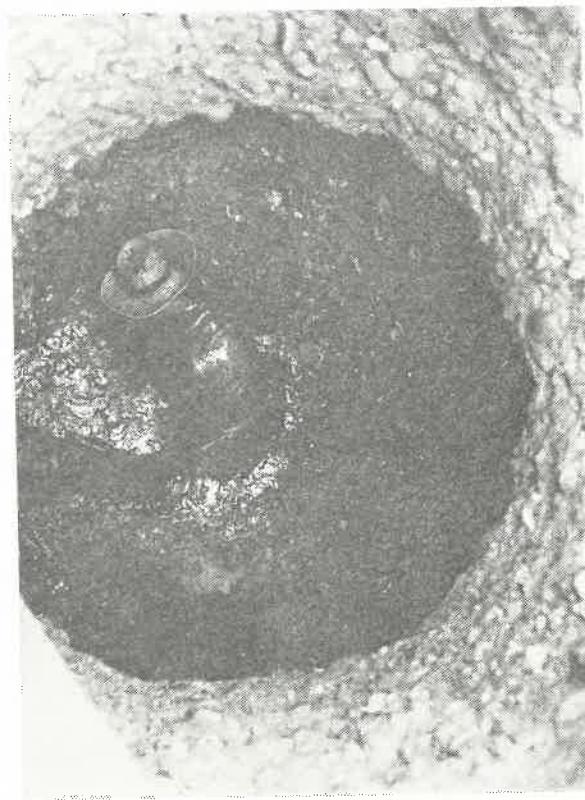
鳥が森丘陵



図一15(b) は井戸と基盤地形の関係を示したものである。当地域の井戸は殆んどが直径1 m以上の円形井戸で手掘工法で、帯水層から基盤に到達した段階で水量が少ない場合は、基盤を境に横井戸を掘り谷の部分まで追跡し、成功した例が多い。黒羽刑務所の例もその一つである。基盤と砂れき層との関係がよくあらわれている。

今まで、この地域の人達が湧泉のあるところとか、昔からの慣習による、地面に容器を

伏せて一晩放置し、その内面についた水滴の多少を手がかりに井戸を選定し、掘った井戸の地下量が一般に少ないのは、地下水面の浅い不透水層である基盤の高まりを掘ったために他ならない。地下谷の数は、那須野が原の主要地下谷は約10本と考えられ、いずれも各河川の旧河道に属するもので、分離丘陵の間に認められ、地下水の主要流路となっている。



写真一23 手掘り井戸
(当地域は1~1.5mの円形井戸が多い。当地域の井戸掘り名人の1人といわれる「井戸万」佐藤万七氏は40数mまで手掘りの実績がある。)

図-15(a) 西那須野町 烏が森周辺の地下構造
(1) 平面図

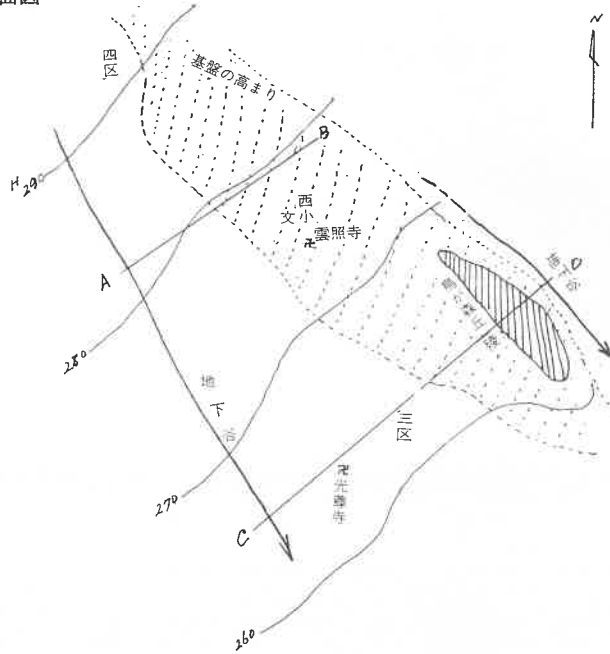
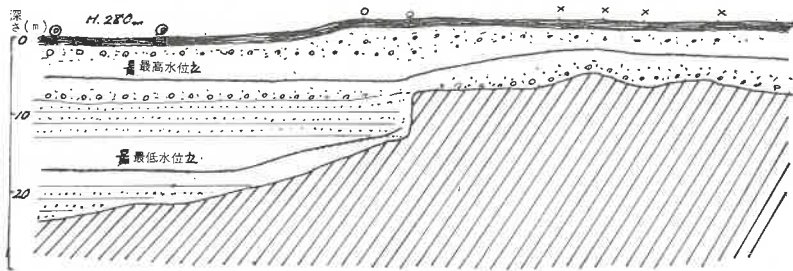
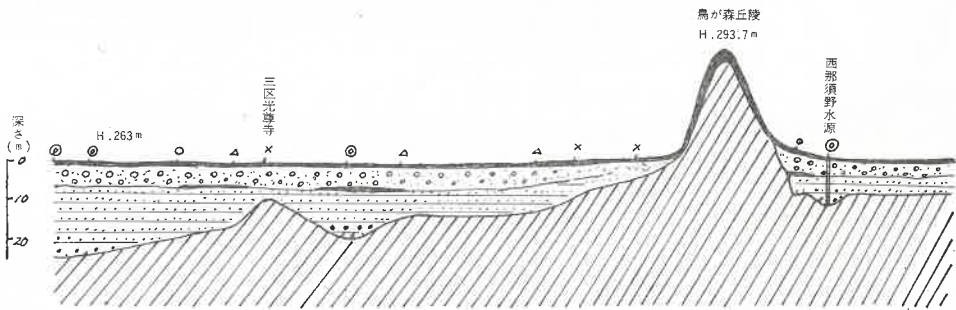


図-15(b) (2) A-B断面図

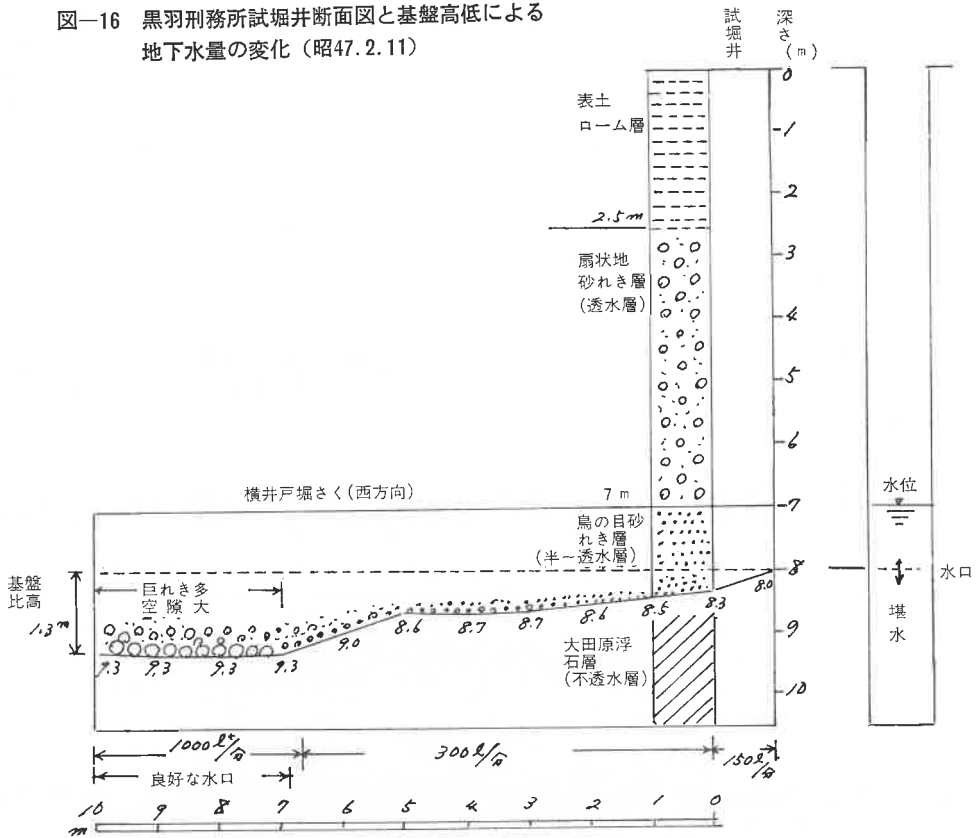


C-D断面図

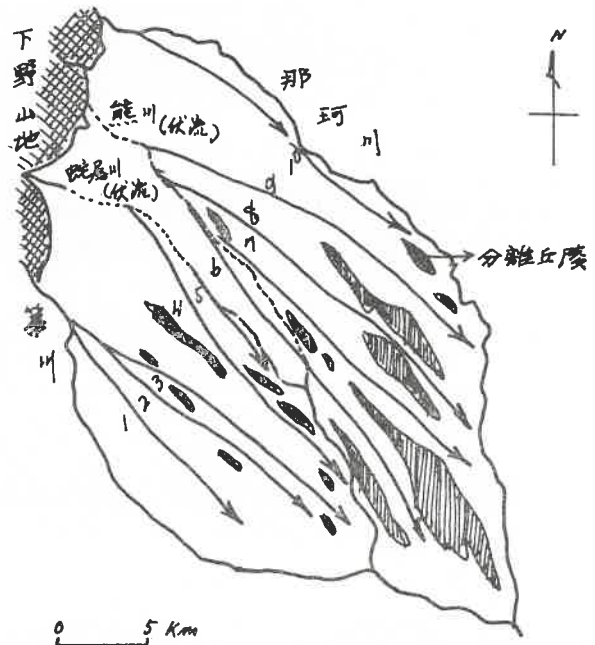


凡例
 → ローム管
 → 層状地砂れき層
 → 鳥の目砂れき層
 → 大田原浮石層(基盤)
 地下水の水口 → ● 良 1500ℓ/日以上 ○ 普通 800~1,000ℓ/日 △ 500ℓ/日以下 × 100ℓ/日以下
 揚水可能

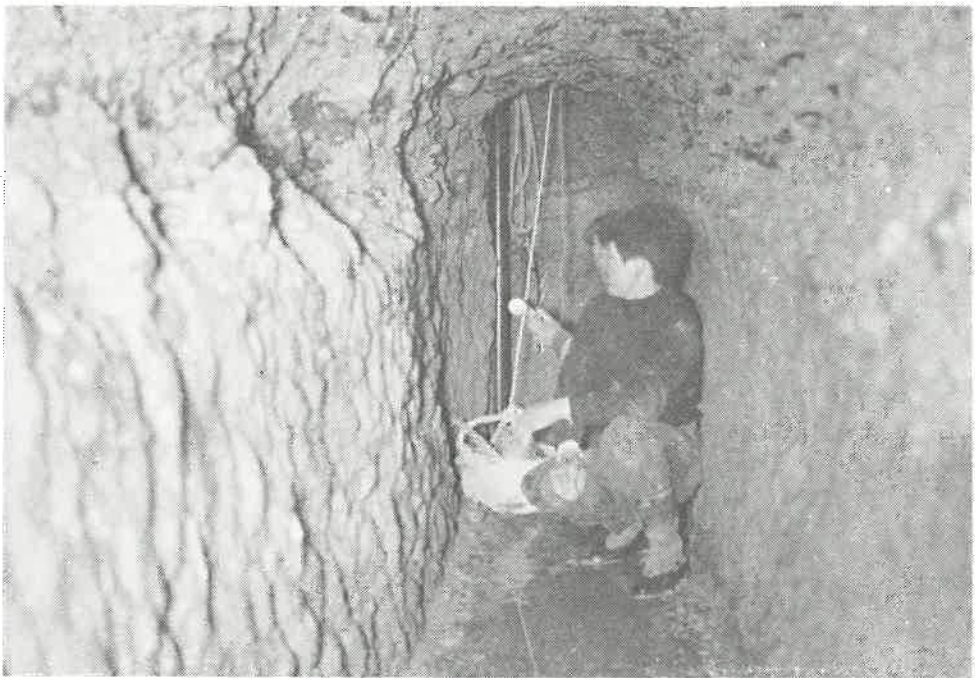
図一16 黒羽刑務所試掘井断面図と基盤高低による
地下水量の変化 (昭47.2.11)



図一17 那須野が原の主要
地下水系 (地下谷)



写真一24 横井戸（竖に堀り水量少ない場合、水口を求めるため
地下水の流れの方向にほぼ直交して横掘りを行う）



写真一25 井戸堀り現場西那須野町 烏が森（西那須野水道水源）

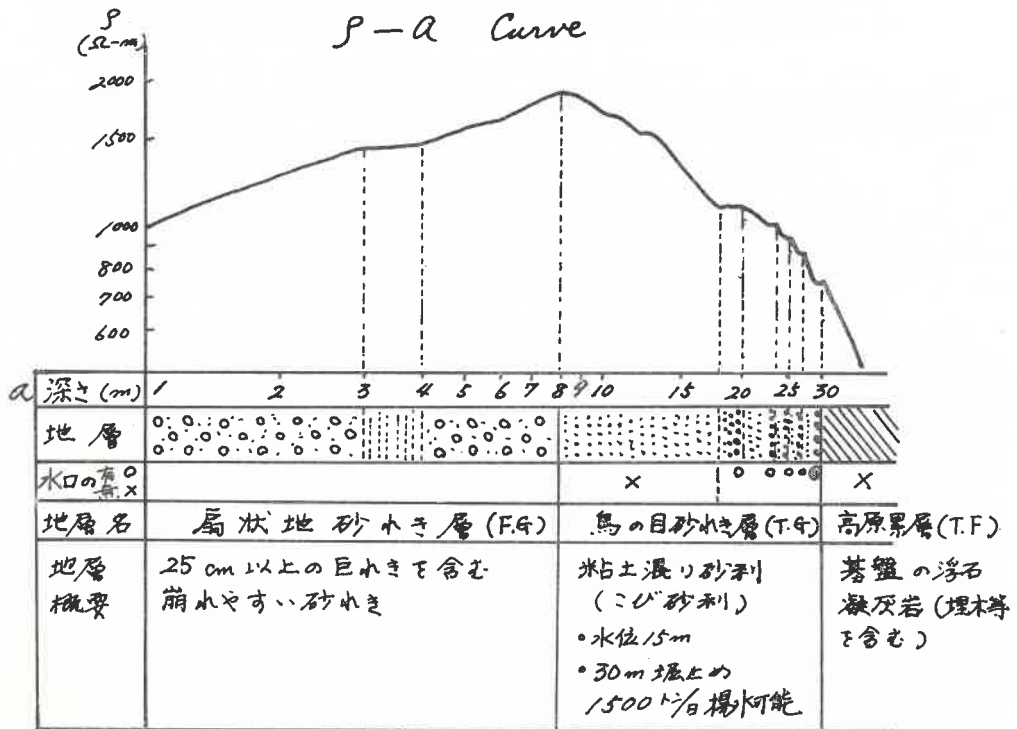


(2) 電気探査の解説

那須野が原の帯水層を大別すると、扇状地れき層・鳥の目れき層、場所によって鍋掛けれき層相当層に区分されるが、当地域において地下水探査上重要なのはそれらの砂れき層の境界付近、いわば、不整合面上 0.5~2m の厚さの砂れき層中の空隙の多少を解説することである。これが当地域の地下水量を決定づけるポイントである。従って、解説法が重要なカギをもつことになる。解説法には標準曲線法と直視法があるが、標準曲線法では曲線にのせる関係上、最も重要な点を見逃しやすく、当地域においては、この方法は大きな地層の区分の判定には有効であるが、最も重要

な帯水状態の把握になると、信頼度は低い。筆者は地下水の帯水解読については、現場判定という立場から、主に直視法を使用している。直視法といっても、測定深度間隔が大であると接地条件からくる誤差も判読する恐れがあるので、帯水深度で重要と考えられる深さのところでは、深度間隔を 0.5m 程度にとり、欠点をカバーしている。直視法による解説は、電探操作上電極接地の良・不良によって大きく左右されるので、補助者の役割が極めて大きい。なお、解説するにあたっては、長年の経験がものをいうことは言うまでもない。深さ 30m までの浅層地下水の探査では、この解説要領による成果は大きい。解説要領について一例を示すと次のようになる。

図一18 電気探査による解析 場所 グリヂェストンタイヤ那須工場（黒磯）



黒磯市ブリヂストンタイヤ那須工場で実施した電探の $\rho-a$ 曲線は、大きく眺めると上昇部・下降部に分けられ、さらに下降部は3つに区分される。

上昇部8mまでは扇状地砂れき層で、固結度の低い空隙に富んだ砂れきから構成されている。8mから18mまでのなめらかな下降部は鳥の目れき層といわれるもので、扇状地砂れき層よりたい積時代が古く、固結度も扇状地れき層より高く、全体的に粘土混り砂利で構成されている。18mから30mまでの上下の波のある下降部は鳥の目れき層下部層、もしくは鍋掛けれき層相当層で、さらにたい積時代が古く、固結度もさらに高く、れきは粘土で膠結され、極度に酸化し褐色化している。なお、扇状地れき層と鳥の目れき層の境にはローム層が挟在し、地層の区分に重要な手がかりとなっている。30m以深の下降部は大田原浮石層といわれるもので浮石凝灰岩からなっている。

地下水の帯水深度についての解説であるが扇頂部、扇央部では鳥の目砂れき層、鍋掛けれき層相当層が重要で、扇端部では扇状地れき層と鳥の目砂れき層が重要である。

ブリヂストン那須工場は扇央部東北端に位置するので、鳥の目れき層、鍋掛けれき層の解説に重点をおき、深さ10mからは測定深度間隔を0.5mおきに測定した。鳥の目れき層と鍋掛けれき層相当層は大半が粘土まじり砂利で構成されているので、粘土質のところ、すなわち、 $\rho-a$ 曲線で下降部は地下水がほとんど期待できない。従って、地下水の通水機構から考え、空隙に富んだ砂れきを探すことが重要なことで、それは曲線からみると、上昇曲線の傾向をみつけることである。18mから30mまでのような下降曲線の中の波のある場合の解説が最もむづかしく、直視法の最も生きてくるところである。

下降曲線の中で上昇部と下降部の境が帯水

層で20m・23m・25m・27m・30mが水口で基盤との境の30mの水口が水量最も多く、1日約1,500トン採水できる。標準曲線法ではこれは完全に見逃すところである。帯水状態で良好な個所、つまり、曲線の上昇部はいずれも地層の境界、不整合面付近で、上昇の度合いは地下谷上で明瞭である。那須野が原の地下水はこの $\rho-a$ 曲線の上昇部と下降部の境界上わずかの厚さの部分の流動しているのが一般的である。

(3) 那須野の地形による 地下水の帯水状態と 比抵抗曲線の一般型

① 山地の湿地帯

ローム層、または粘土層から不透性基盤に移化する場合、 $\rho-a$ 曲線は下降曲線で、普通の井戸では飲料水程度確保できる水量で多量は望めない。

② 成層火山地帯

角れきに富んだ凝灰角れき岩と火山灰の多い凝灰角れき岩の互層の場合、 $\rho-a$ 曲線は角れきに富んだ岩層は上昇曲線、火山灰の多い岩層は下降曲線になる。場所によっては層界泉の形で湧出する。那須火山山麓の一般型である。

③ 高位段丘地帯

ローム層の厚い段丘地帯で、ローム層から粘土混り砂利層をへて基盤に移化する場合、例では、深さ11mまで関東ローム層、11～18mまで鳥の目れき層、18m以深が大田原石層に分けられ、帯水層は大田原浮石層の上面深さ17～18mで、場所によっては地下水を1日500～1,000トン採水可能である。ここで、 $\rho-a$ 曲線で留意しなければならないことは、関東ローム層で4～10mまで上昇曲線であることで、これはローム層中に鹿沼土のような粒度のあらいスコリア層を含むためである。

(金丸丘陵全体に共通する型である)

④ 沖積地

空隙に富んだ、たい積時代の新しい砂れき層をへて、粘土混り砂利に移化する場合、上昇曲線と下降曲線の境に帯水、河川敷では伏流水が期待できる。

⑤ 扇状地

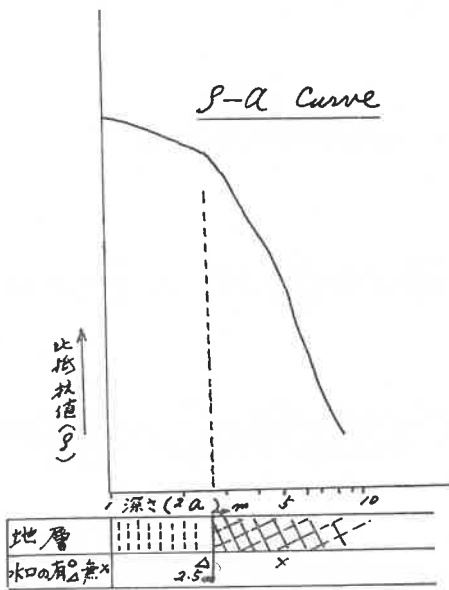
扇状地で多量の地下水が期待できる代表的 $\rho - a$ 曲線の型で、深さ 3 m までは関東ローム層、10 m まで扇状地砂れき層、10~14 m まで鳥の目れき層、14 m 以深が大田原浮石層に区分される。ここで、注目すべきところは鳥の目砂れき層が急激な下降曲線にならないこ

とである。これは河道の主流が長期間続いたため、粘土や泥、細砂を流し去り、巨大なれきをたい積した結果にはかならない。このような曲線が那須野が原中央部から扇頂部にかけて見られる場合。その地点の地下水は豊富である。

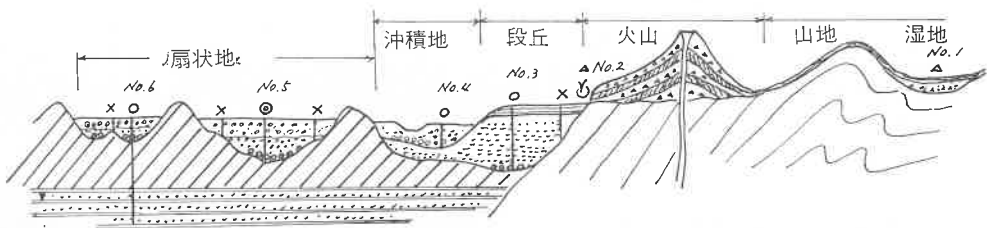
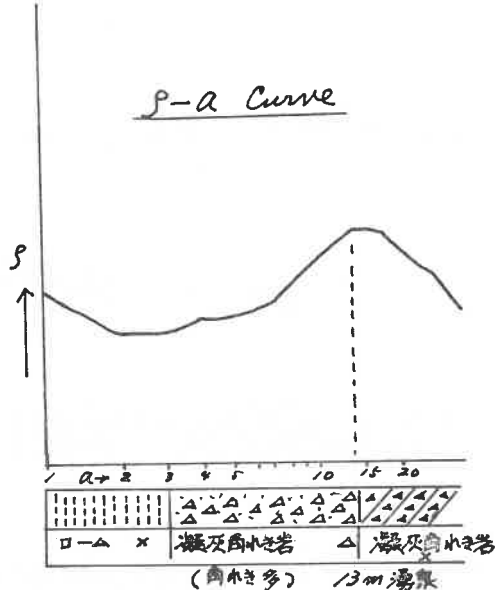
⑥ 那須野が原で深層地下水を採水する場合、高原累層下部層である柳林れき層より求めなければならない。 $\rho - a$ 曲線の例は扇状地末端部で深さ 5 m まで扇状地れき層、9 m まで鳥の目れき層、10~18 m が高原累層中の大田原浮石層(末端部のため地層の厚さが薄い) 18 m 以深が相の沢火砕岩層から柳林れき

図-19 那須野の地形による地下水の帯水状態と比抵抗曲線 ($\rho - a$ curve)

No.1 那須町「リンドウ湖」周辺湿地

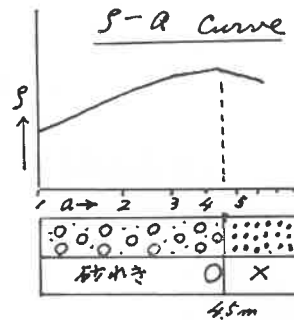


No.2 那須町高雄

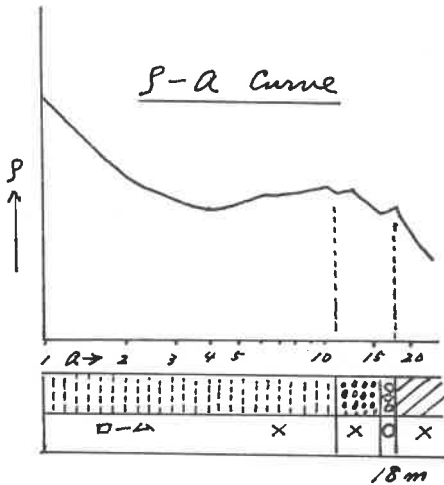


層に移化する。 $P-a$ 曲線の型は18mまでは⑤とあまり変わらないが、18mからはゆるやかな上昇曲線で上下の波が見られるのが特徴である。これは粘土と砂れきの互層からなっているためである。被圧水で、現在は工場用水等で一部利用しているに過ぎない。現在のところは利用が少ないので、水量は豊富であるが、乱開発が進むと全体の水量に限界があるので、枯渇の危険性がある。

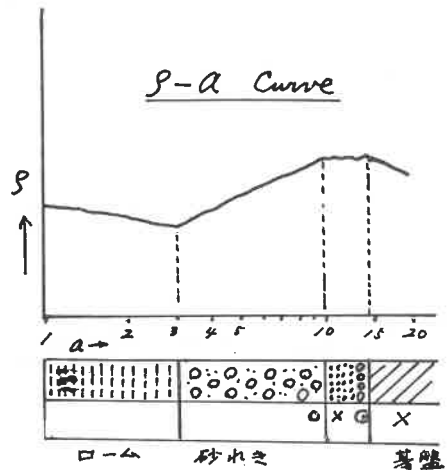
No 4 太田原市上落葉（簗川河岸）



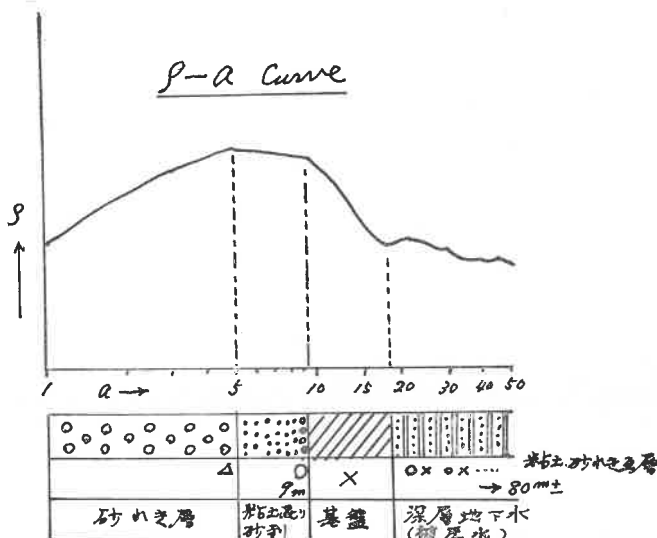
No 3 太田原市南金丸



No 5 西那須野町鳥が森（水道源）



No 6 太田原市羽田南部



4 地下水におよぼす 河川水浸透の影響圏

現在、数千にのぼる揚水井のうち、地下水の豊富な井戸では1日1,000トン以上連続揚水しているが、この膨大な地下水を涵養している水源は、河川の浸透水が大きく関与していることが考えられる。この地域の浸透水が予想される重要な河川は箒川、蛇尾川、熊川である。これらの河川の影響圏は多少の地域差があるが、都合のよいことに、これらの影響圏を考える場合、地質図からはっきり区分できるように、河川上流の岩層分布がそれぞれ完全に異っている。つまり、箒川は高原火山の安山岩（黒色）と第三紀層の緑色凝灰岩地帯を流下し、北の那珂川は那須火山の安山岩地帯を流下している。このことから、北では那須火山安山岩、南は高原火山安山岩と緑色凝灰岩を目印として、砂れきの供給源を那珂川、箒川とみなし、安山岩れきを含まない中間地域の砂れきは熊川、蛇尾川から供給されたものと見なすことができる。このことから井戸内の砂れきの岩石の種類を調べれば、たい積当時の供給源をつかむことができる。

図-21の例は箒川の影響圏と思われる、西那須野町鳥が森、町水道水源用試堀井戸でまとめたもので、一定の深さから堀りあげた砂れきを、粒度別に分類し、さらに岩石を割り岩質を調べ、緑色凝灰岩、および安山岩を箒川系とし、流紋岩、石英斑岩、蛇尾川系として分類し、深さごとに岩質の混合率を求め、過去の河川の影響圏を比較した。この図から過去の箒川、蛇尾川のこの地域に及ぼした河流の状況を推察すると、明らかに箒川から供給された安山岩と緑色凝灰岩れきが全体の約半分を占め、なお、初期の河川によるたい積

物（基盤に近い部分）をみると、高原火山の安山岩の巨れきが多い。このことから扇状地形成初期のころは、西那須野地区では箒川系が優勢であったことが推察できる。

現在の箒川は関谷より西方に迂回しているが、旧箒川は現河川より東方、関谷から西那須野に向かって流れ、次第に西側に流路を移していったものと推定される。

当地域に住む古老が「西那須野地区の地下水の増加は高原火山に生ずる入道雲（雷雲→雷雨→出水）によるものだ」と語っていることや、箒川上流で堰止めして水位を高めると、流入地点から流下方向約3 km離れた西那

図-20



那須野が原における河川の影響圏
（図中分離丘陵より上流の扇頂部における分布は資料を欠くため不明確である）Ⅰ・Ⅱ：第Ⅰ期・第Ⅱ期那珂川旧河道、1・2・3・4：主要分離丘陵列

〔Ⅱ〕地下水を求めて

須野四区の井戸では、水位がほぼ一様に5日間でピークに達し、場所によっては水位は数mも上昇する。これは地下水の涵養源の一つ

として、箒川の浸透水を暗示しているものと考えられる。

図-21 鳥が森陵北側井戸における礫の岩質別混合率

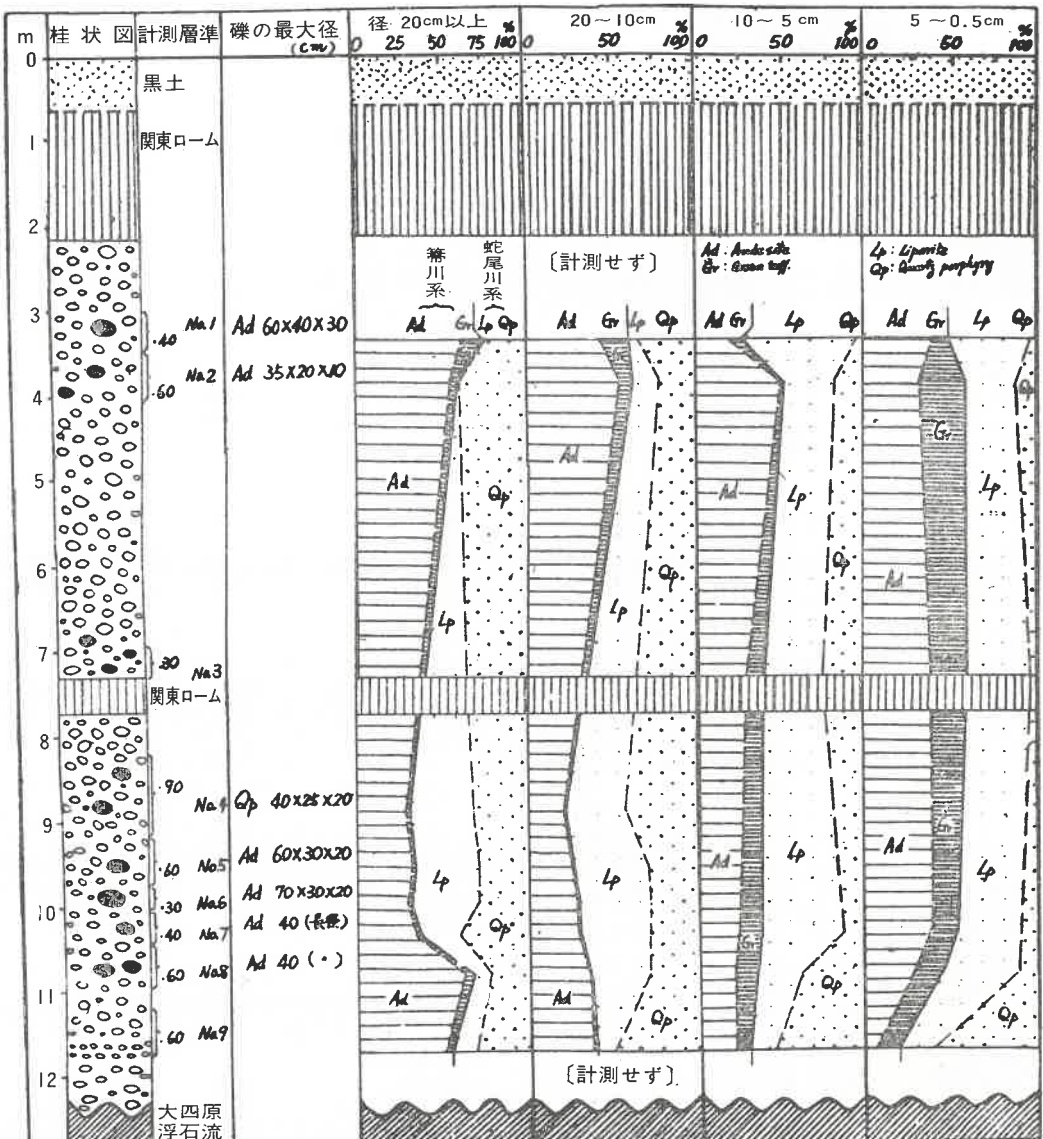


表 3

No	1				2				3				4				5			
	3.00~3.40m				3.40~4.00				7.00~7.30				8.20~9.10				9.10~9.70			
深	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩
岩	質																			
10 ~ 15 cm	31	4	5	23	32	2	13	8					9	1	21	22	27	0	71	31
15 ~ 20 cm	16	13	2	12	24	0	5	9					6	0	5	9	17	0	19	17
小	計	47	17	7	35	56	2	18	17				15	1	26	31	44	0	90	48
%	44.3	16.1	6.6	33.0	60.2	2.2	19.4	18.2					20.5	1.3	35.6	42.6	24.2	0	49.4	26.4
20 ~ 30 cm	12	2	0	6	3	0	0	4					5	0	11	2	12	0	13	8
30 ~ 35 cm	2	0	0		2	0	0						3	0	0	3	6	0	1	4
35 ~ 40 cm	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	3	3	0	0	0
40 ~ 50 cm	0	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	1	1	0	0	1
50 ~ 60 cm	1	0	0	0	0	0	0	0					0	0	0	0	1	0	0	1
小	計	15	2	6	5	0	0	4					8	0	11	9	23	0	14	13
%	65.2	86.9	0	26.08	55.5	0	0	44.5					28.5	0	39.3	32.2	46	0	28	26
全	計	62	19	7	41	61	2	18	21				23	1	37	40	67	0	104	61
%	48.1	14.7	5.4	31.8	60	2.0	17.5	20.5					23	1	37	39	28.9	0	44.8	26.3
5 ~ 10 mm	40	5	51	4	31	23	31	15	36	19	43	2								
%	40	5	51	4	31	23	31	15	36	19	43	2								
40 ~ 100 mm	20	6	72	2	50	0	30	20	31	7	36	26								
%	20	6	72	2	50	0	30	20	31	7	36	26								

表 3

No.	6					7					8					9				
	9.70~10.00					10.00~10.40					10.40~10.90					11.20~11.70				
深 岩 質	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩	安山 岩	緑色 凝灰 石	石英 粗面 岩	石英 ハン 岩
10 ~ 15 cm	22	1	32	20	20	1	22	14	23	1	17	6	25	1	8	35				
15 ~ 20 cm	14	2	18	11	6	0	12	7	7	1	12	12	7	0	0	3				
小 計	36	3	50	31	26	1	34	21	30	2	29	18	32	1	8	38				
%	30.0	2.5	41.6	25.9	31.7	1.3	41.4	25.6	37.9	2.6	36.7	22.8	40.5	1.36	10.1	48.1				
20 ~ 30 cm	9	0	9	9	6	0	6	11	7	1	2	3	6	1	1	6				
30 ~ 35 cm	4	0	1	1	4	0	2	2	6	0	1	1	2	0	1	0				
35 ~ 40 cm	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3	0	0	1				
40 ~ 50 cm	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
50 ~ 60 cm	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
小 計	16	0	11	10	12	0	8	13	14	1	3	4	11	1	2	7				
%	43.2	0	29.7	27.1	36.3	0	24.4	39.3	63.6	4.6	13.6	18.2	52.4	4.8	9.5	33.3				
全 計	52	3	61	41	38	1	42	34	44	3	32	22	43	2	10	45				
%	33.1	1.9	38.9	26.1	33.0	0.9	36.5	29.6	43	3	32	22	43	2	10	45				
5 ~ 10 mm					45	10	41	4	33	15	40	12	14	6	21	59				
%					45	10	41	4	33	15	40	12	14	6	21	59				
40 ~ 100 mm					28	11	52	9	27	10	30	33	29	5	14	52				
%					28	11	52	9	27	10	30	33	29	5	14	52				

写真-26(a) 河川の影響圏調査

① 掘り出された砂れきを深さごとに岩質別混合率をしらべる



写真-26(b) ②れきの岩質調査



5 地下水位の変化

(1) 季節的变化

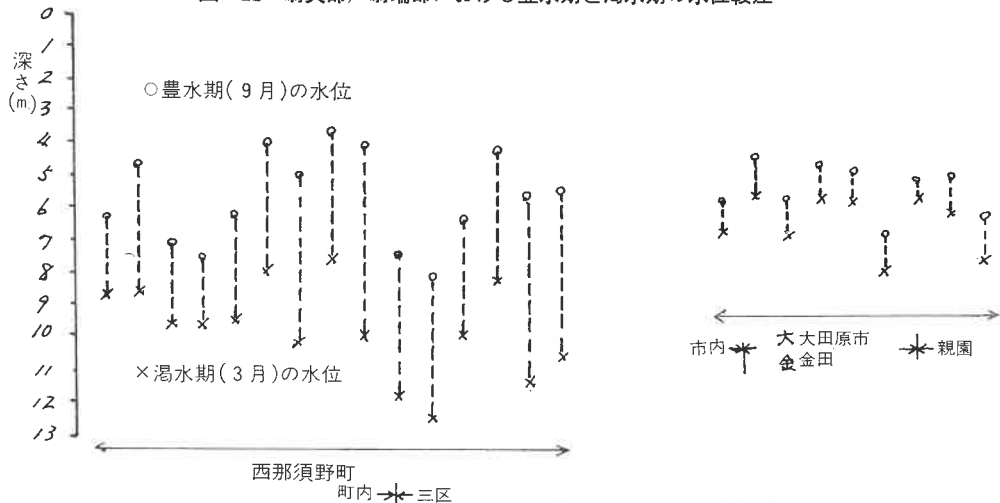
那須野が原の浅層地下水（自由面地下水）の特徴は、水位の季節的变化が大きく、特に扇頂部、扇央部の水位差は著しく、数mから10mに達することもある。最低水位は3月下旬から4月上旬で、この時期はほぼ最少の採水量を確認できるので、井戸の掘さくはこの時期がよい。最高水位は雷雨、台風の影響で8月下旬から9月中旬に記録することが多い。特に豪雨後の地下水位の変化は著しく、降水量が1日50mm以上の場合には地下水位は急激な上昇を示し、伏流河川付近、および地下谷付近の井戸は著しく、1日100mm以上の雨量があった場合は数日でピークに達し、1日約1mの水位上昇もまれではない。これは、総ての場所でみられる現象ではなく、分離丘陵周辺のように基盤の高まりのところで、水位上昇は緩慢で大きな変化はみられないこのような水位の急激な変化は、地下谷が河川に直結していることから、天水直接の浸

透より、河川の増水による浸透水量が増加したための現象とみるべきであろう。また、豊水期に雨量が1日50mm以上数日続くとか、1日200mmを越すようなことがあると、水位は更に上昇し、地下水面が地表へ出てしまう可能性もある。揚水井があまり普及していなかった昭和33年以前はこのような現象が度々見られ、昭和32年7～8月の雷雨で、雨量が1日200mmを越えた時にも、扇央部の下流部や扇端部で地下水面が地表に溢れだし、農作物に被害を与えたことがある。現在は揚水井の普及が高まり、地下水量をコントロールしているので、このような災害は見られなくなった。

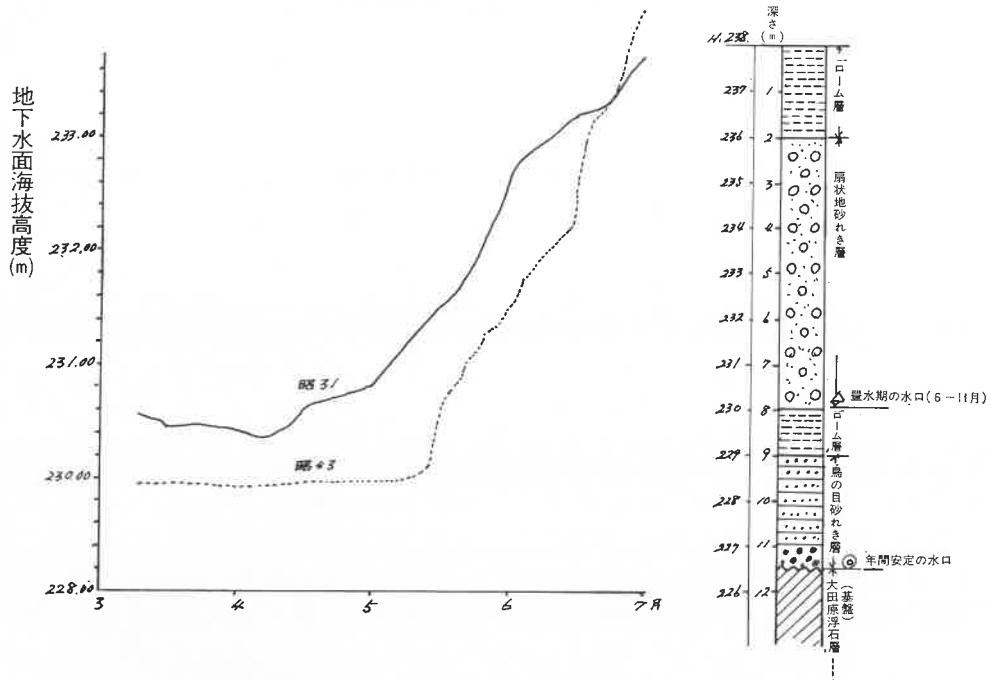
将来、地下水利用の立場から、上流部で多量の河川水を人工的に伏流させて、地下水面を上昇させるとすると、この事実を充分考慮する必要がある。

この地域の1日100mm以上の雨量は統計的にみて、1年に1回、1日200mm以上はほぼ3年に1回程度である。

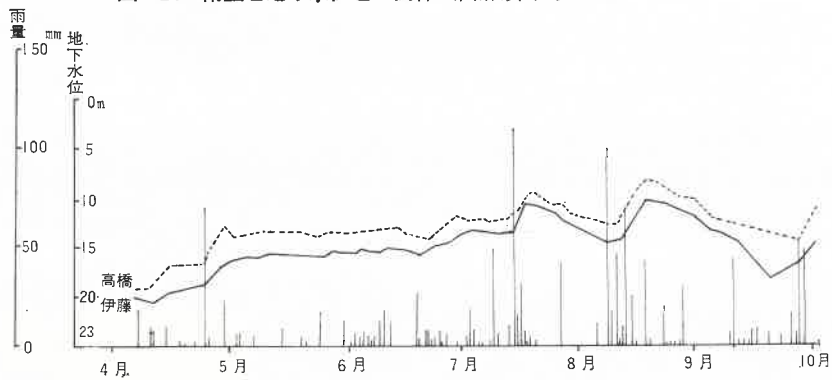
図一22 扇央部、扇端部における豊水期と渇水期の水位較差



図一23 西那須野町 那農高井戸 標高238m
水位変化（渇水期—豊水期）



図一24 雨量と地下水位との関係（西那須野町四地区 昭34）



西那須野町四区の井戸の水位変化と雨量との関係 井戸の総深約23m

	降雨の月日	日雨量	上昇水位	ピーク到達日	水位上昇率/日
昭33 (1958)	7-5	74mm	+0.8m	3日	0.27m/日
	7-22	167mm	+6.4m	6日	1.07m/日
	7-27	162mm	+3.0m	5日	0.6 m/日
昭34 (1959)	4-23	75mm	+3.0m	4日	0.75m/日
	7-13	110mm	+2.0m	2日	1.0 m/日
	8-8	100mm	+3.5m	5日	0.7 m/日
	8-13	60mm	+0.8m	3日	0.27m/日

図-25 ① 豪雨による蛇尾川の出水、水位の変化……折戸橋（6月28日 雨量300mm）
② 豪雨による熊川の出水、水位の変化……中学校前

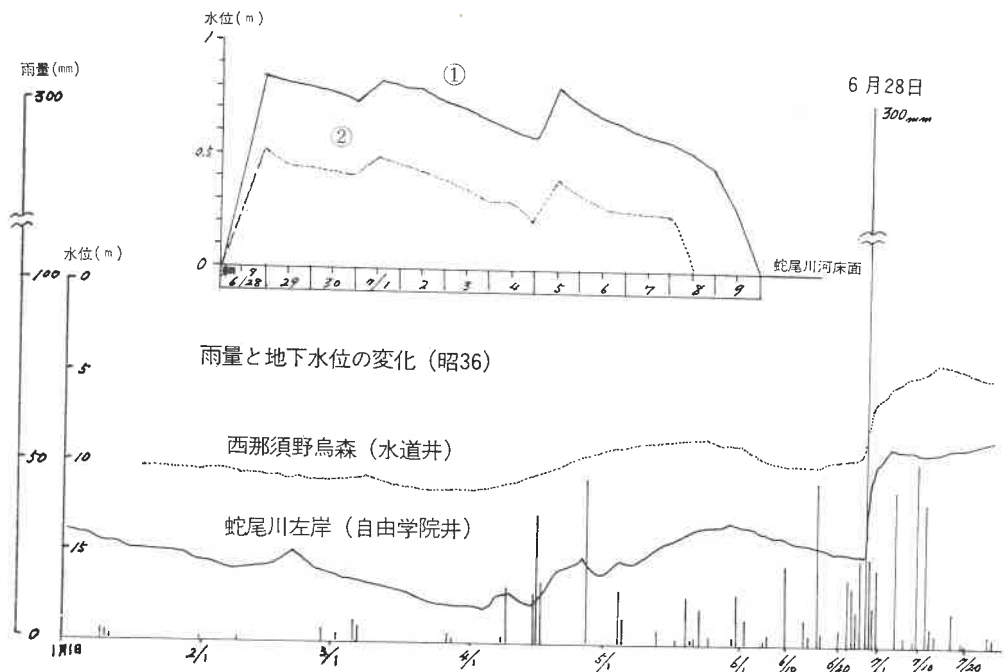


図-26(a) 集中豪雨 (6/28) 後の分離丘陵
周辺井戸の水位変化

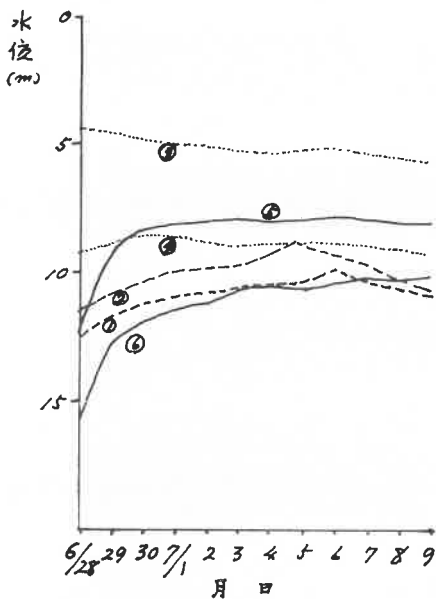
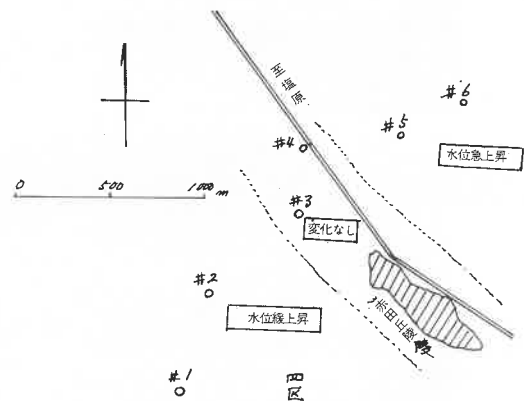


図-26(b) 分離丘陵周辺の観測井



〔Ⅱ〕地下水を求めて

写真-27 100mm 以上の連続降雨後みられる地下水の地表溢出
(昭和32年以前, 揚水井の少なかった当時, 地下水洪水災害が多かった)

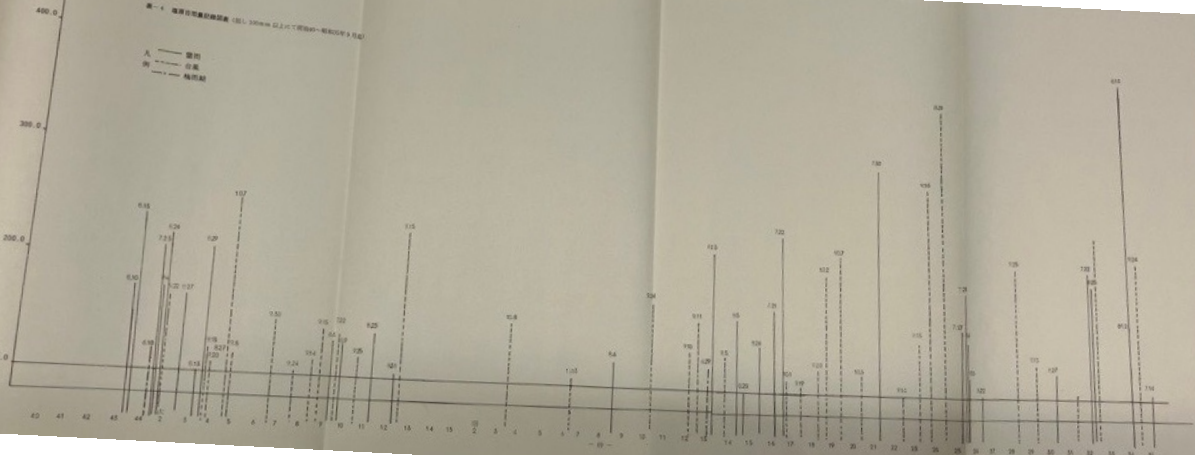


写真-28 送水停止の那須疏水 (井戸の水位低下をきたす)



表-4 海面上の風速観測 (風速 30m/sec 以上にて観測) (昭和5年3月記)

— 雲雨
- - - 台風
... 梅雨期



(2) 表流水送水による 地下水位変化

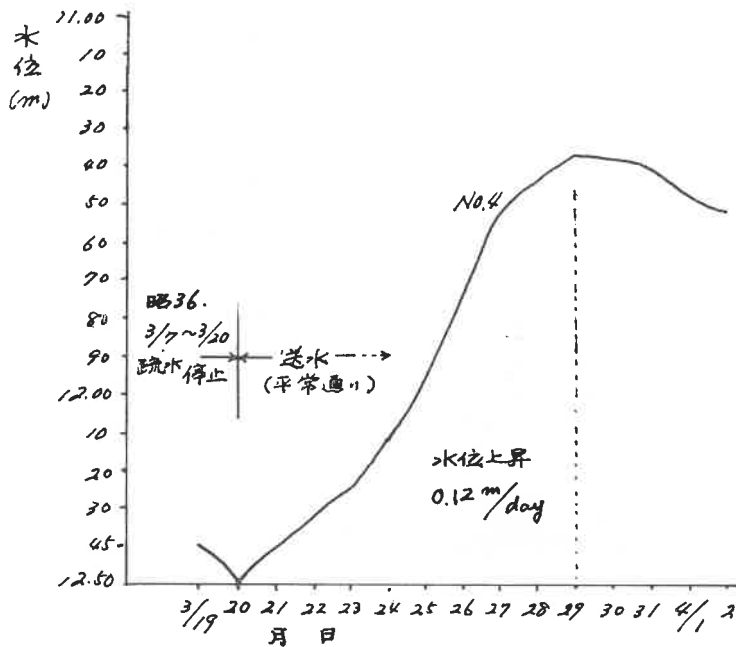
① 那須疎水

昭和36年3月7日から20日までの14日間、那須疎水の送水が止り、その間、井戸の水位が全般的に低下したため、これが渇水期の自然的なものであるか、那須疎水の送水停止の影響をうけたものかを調査した記録である。

調査是那須疎水幹線水路からあまり離れて

いない西那須野町の四区、赤田地区の5個所で行なったが、送水停止期間は水位が各井戸とも低下し、送水開始の翌日から各井戸とも水位が上昇し、数日でピークに達し、その間の水位上昇は各井戸とも1日10数cmの上昇率を示している。この事実は那須疎水の影響を示しているものであるが、ただ、現在はライニング工事が完成し、疎水の浸透水は浸透槽以外にはあり得ないが、以前是那須疎水も那須野が原の地下水涵養源の一部を占めていたことが推察できる。

図-27 那須疎水停止と送水にともなう幹線水路周辺の井戸水位の変化



H: 380m 付近

場所	井戸No	月日	水位(m)	月日	水位(m)	日数	回復水位	1日の上昇率
四区	1	3/20	8.40	3/23	9.07	3	0.33	0.11
	2	3/20	8.17	3/24	9.50	4	0.67	0.16
赤田	3	3/19	13.73	3/28	12.67	9	1.06	0.11
	4	3/20	12.50	3/28	11.37	9	1.13	0.12
	5	3/24	16.06	4/1	15.00	8	1.06	0.13

② 河川放水（熊川）による地下水位変化

那須疎水送水停止期間（3月7日～3月20日）に下流の井戸の水位を高めるために、疎水残余水を一時、通常水なし川の熊川に放水したことがある。放水は3月16日から20日までの5日間であったが、放水地点から約1km離れた井戸で観測した結果、渇水期である2月28日の水位と放水後の水位較差が約1mあり、熊川は放水前までは流水がなかったことや、降水量がなかったことから、水位上昇は放水による影響であることが推察できる。

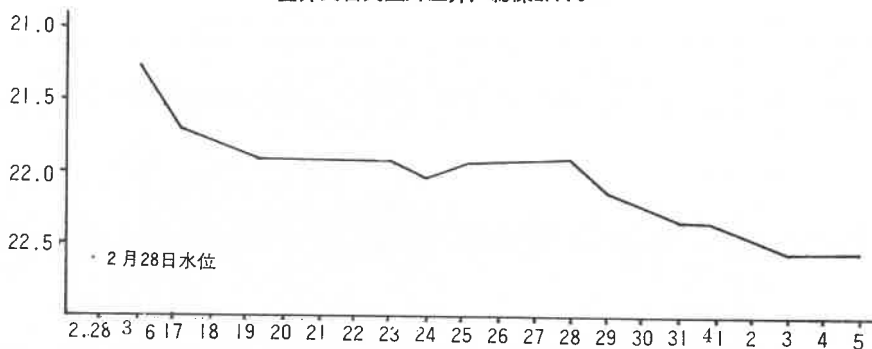
③ 揚水試験による水位変化

那須野が原の農家の揚水井では、一般的に4インチで揚水可能水量（約1日1,000トン）以上ある場合、良い井戸として喜ばれている。豊富な地下水が流動している井戸の揚水では、数分で安定した運転水位を保ち、揚水停止後の回復水位も早いというのが特徴である。

これらの事実から、那須野が原の砂れき層（透水層）はいかに浸透率が大きく、地下水の流れが速いかを物語るものである。

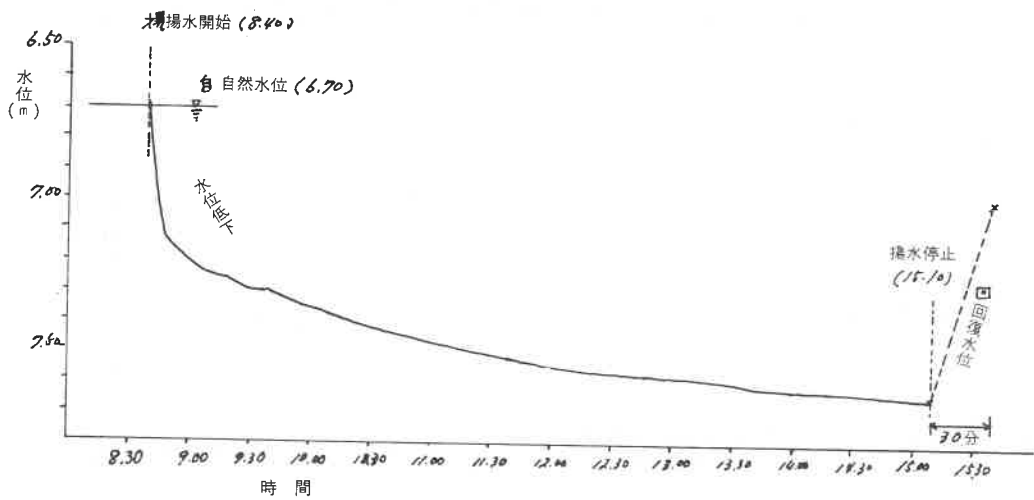
図-28 昭和36年3月7日～3月20日における熊川放水による井戸水位変化

室井長吉氏上郷屋井戸総深27.70m

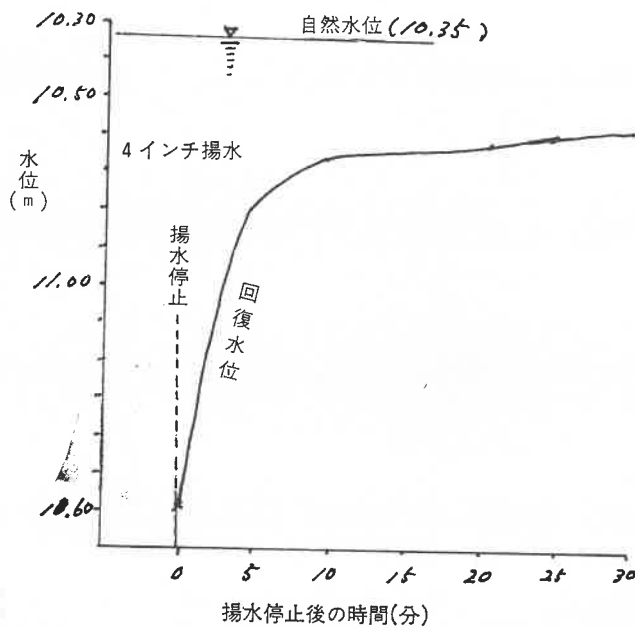


月日	水位		
2.28	22.60		
3.16	21.25	4. 1	22.35
17	21.69	2	22.43
18	21.77	3	22.53
19	21.87	4	22.53
20	21.90	5	22.53
21	21.90		
22	21.90		
23	21.90		
24	22.00		
25	21.91		
26	21.90		
27	21.90		
28	21.90		
29	22.15		
30	22.20		
31	22.33		

図-29 黒羽刑務所 揚水試験 (4インチ…1,000ton/day揚水
昭47. 4. 11



西那須野鳥が森揚水井の回復水位
昭33. 3. 29



6 蛇尾川熊川の伏流水

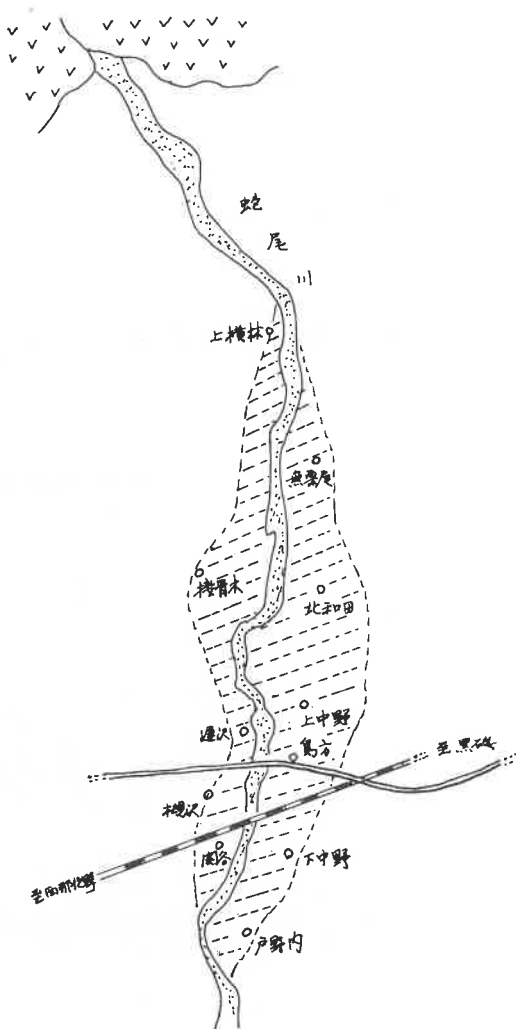
那須野が原の地下水を涵養する水源としては、河川の伏流水、天水の浸透、那須疎水（ライニング以前）の浸透水が挙げられるが、その中、河川の伏流水のうち蛇尾川、熊川が主体を占めている。

(1) 蛇尾川

蛇尾川は大蛇尾川、小蛇尾川が標高約500mの地点で合流し、蛇尾川となり、蛇尾川扇状地にできる。山地の河床勾配は約10分の1で、崩壊地も多く、多量のれきが運ばれる。山地の流域面積は53.5km²である。扇状地にでると、下流8kmの間は約50分の1の勾配で、段丘のある解析谷を流れ、さらに8kmは同じ勾配で左右同一平面の平原を流れ、ところによっては天井川の様相を呈している。平均川幅200m、最大500mに及んでいる。乱流甚だしく、河道は40年間に400mも移動した場所も知られている。川は中流部より急に90分の1の勾配と緩やかになり、国道、東北本線の鉄橋をくぐり、大田原東方にでる。この間、標高460mより標高230mの約14kmの間は伏流し、通常、水なし川になっている。これから下流は権現山丘陵東南方より湧水し、約200分の1勾配で扇状地の浅い解析谷を流れ、蛇行しつつ簀川に合流する。流路延長は51kmである。

上流の地質は大蛇尾川、小蛇尾川の合流点から約1kmの地点までは不透水性の流紋岩で構成され、表流水もここまでは、ほぼ同じ流量で流れ、この地点から離れると、右岸にはほぼ直立した緑色凝灰岩が数m露出し、北東方向に走り、ここから下流は兩岸とも砂れき層で覆われ、表流水は減少し、表流水の少ない時期には伏流しはじめてから約1km、表流

図-30 洪水時の蛇尾川乱流地域



水の多い時期でも約5 kmで伏流水なし川になる。

地下の構造は上流の発電所直下の横断面では、3 m以浅の良好な透水層、3～6 mの半透水層、それ以深は不透水層に近い固結度の高い砂れき層からなる。その状態は流路の下流もほぼ同じである。

3 m以浅の透水性の砂れき層は200～300年以後にたい積したものと考えられ、非常に空隙に富み、ここを流れる地下水の流速は地下水系調査から1日300mから1,000mで極めて速い。

3～6 mの半透水層は、透水層の砂れきに比べると、やや粘土混りで、固結度が高く、流速は1日1～10m程度で、透水層の100分の1程度で、数100年前にたい積した砂れき

と考えられる。

6 m以深の不透水層は粘土混り砂利で、固結度が非常に高く、流速は1日1～10cmで遅く、恐らく数10万年前たい積したものと推定される。

伏流水の大部分は透水層の基底部である、深さ約3 mのところを流れ、表流水の少ない渇水期には半透水層と不透水層の境、約6 mのところを流れている。

蛇尾川上流の表流水の流量は平時は1～5 m³/秒であるが、集中豪雨等により、河川が氾濫すると、平常の100倍に達することもあり、流下したれきの長径も1 mに達するものも見かけることがある。出水も減水もともにはやい。

写真一29 蛇尾川上流 伏流浸透がはじまる地点

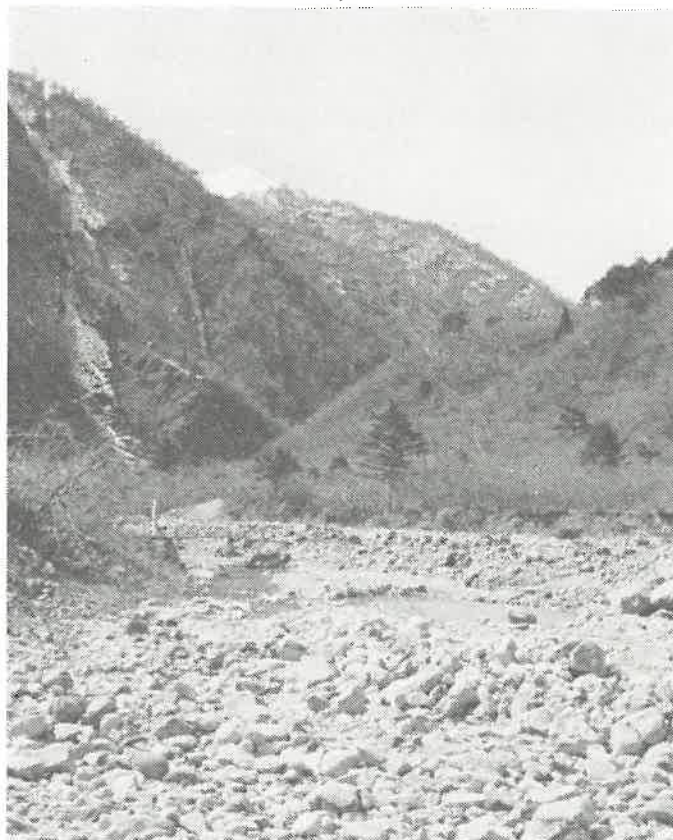


写真-30(a) 蛇尾川上流の集水渠工事(伏流水集水)

現河床れきおよび数100年前の砂れき、豊水期に深さ3m、渇水期は深さ6mより湧出

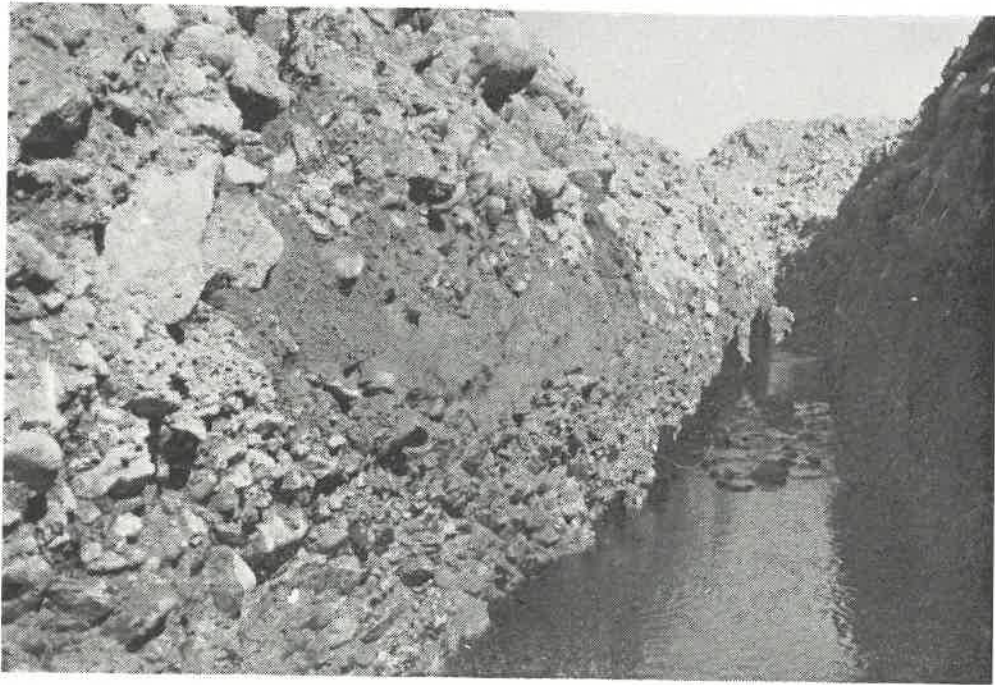
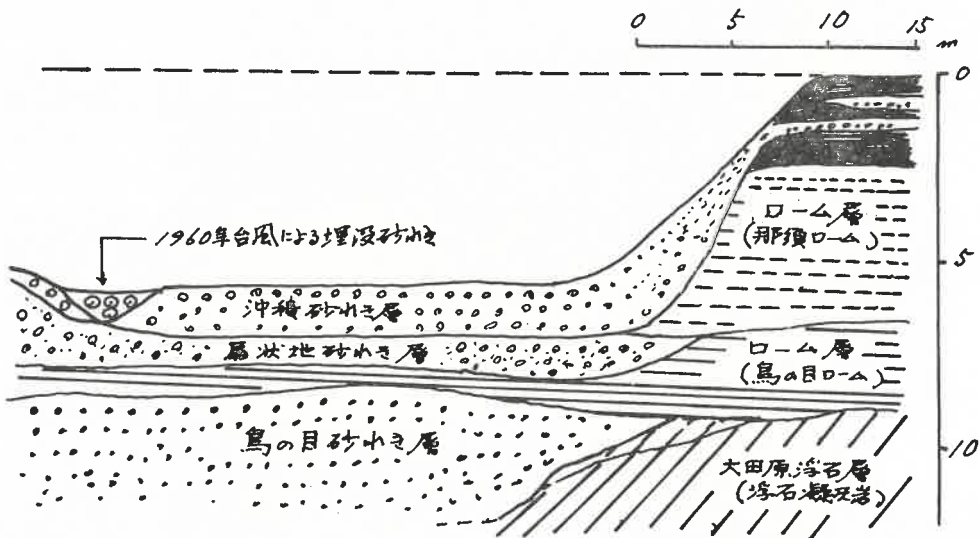
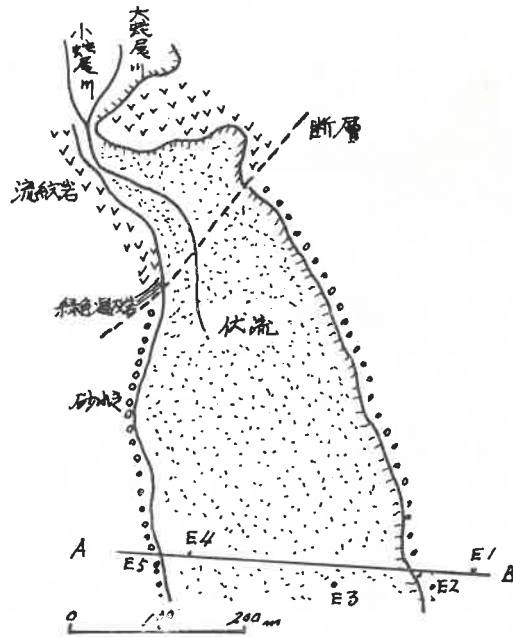


図-31(b) 蛇尾川鉄橋下の地下構造



〔Ⅱ〕 地下水を求めて

図—31(a) 蛇尾川上流の地質と電探位置図



伏流地点付近の地質，断面図 (A—B)

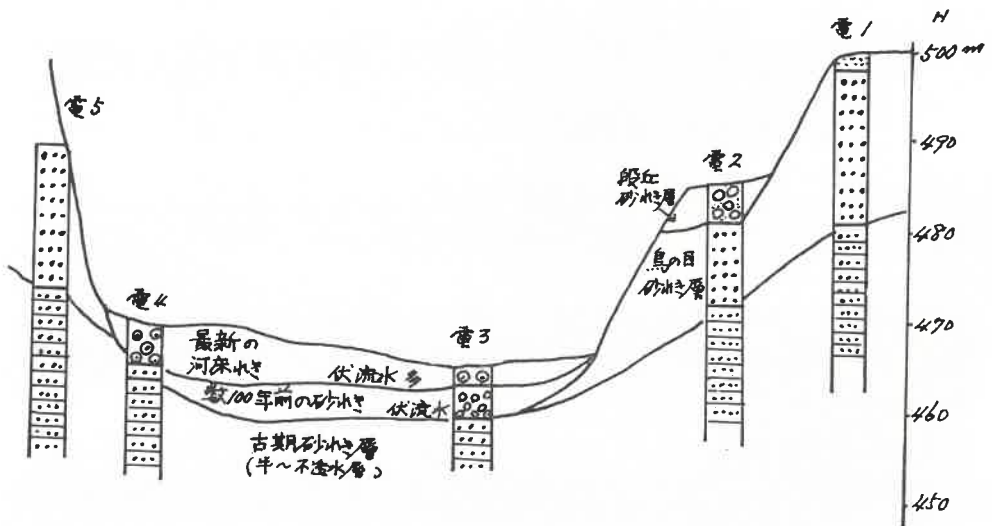


写真-30(b) 蛇尾川鉄橋下の砂れき層
現河床れきから扇状地砂れき層，鳥の目ローム，鳥の目
れき層に続く



写真-31(a) 平常の蛇尾川（水なし川）



写真一31(ｂ) 洪水時の蛇尾川(雷雨, 台風により, 洪水は年1～2回であるが, 出水後平常にもどる期間は2週間程度である。)



写真一32 洪水時の熊川

(2) 熊 川

水源を黒滝山に発し, 山地の河床勾配は蛇尾川より急で, 約8分の1勾配で流れ, 蛇尾川と同様, 山地は流紋岩等の火成岩で構成され, 崩壊地も多く, 多量のれきが運ばれている。山地の流域面積は蛇尾川の約4分の1の13.1km²である。扇状地にでると勾配は緩くなり, 北和田まで70分の1勾配, 下流になるとさらに緩く100分の1勾配で流れ, 部分的に天井川の様相を呈し, 大田原市に入って蛇尾川と合流する。流路延長28kmの小河川である。

洪水時は蛇尾川より規模は小さいが乱流する。出水, 減水とも蛇尾川と同じ傾向を示し, はやい。

地下構造も蛇尾川とはほぼ同様な層序を示し伏流量も蛇尾川同様6月以降急増する。



7 地下水系総合調査事例 (45年10月)

(1) 丘陵地と平地の地下構造

分離丘陵である稲荷山丘陵（熊川左岸）と平地の熊川右岸では、極端に異なり、水理地質の立場からまとめると表5のようになる。

(2) 地下水系

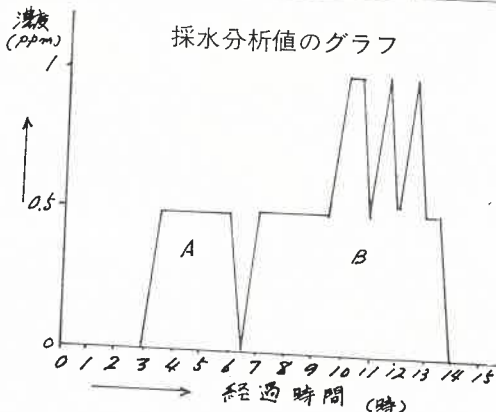
試薬投入試験による地下水中の濃度変化は大別して、2つの変化がみられるが、地下構造から判断して、第1の変化は良好な透水層で、帯水の水平的ひろがりの大きい沖積砂れ

き層中を流下したもので、空隙率が大であるため、拡散が大で、希釈され、濃度は一般に低い。第2の変化は沖積砂れき層の下位にある。やや固結度が高く、透水層が局部的で、良好な帯水の広がりのあまりない扇状地砂れき層を流下したもので、濃度の大きい変化は、空隙率の大きい部分に限られ、その部分に集中して流下したもの（地下のくぼみ）が濃度が高く、流速も一般に速い。その他の部分は濃度も低く、流速もおそ

- 図-33(a) NH_4Cl 投入試験
1. 投入日時 昭和45年10月23日15時
 2. 投入量 10kg
 3. 投入地点 東那須野, 熊川西, 堰水池
 4. 堰水量 5ton (濃度0.2%)
 5. 採水時間 No. 1~No. 6 23日17時~24日12時
(No. 7~No. 11 25日19時~26日5時)
 6. 採水間隔 30分

(1) No. 1 井

採水 No	濃度の山の到達時刻	最高濃度 (ppm)	経過時間 (h)	投入地点からの直線距離 (m)	平均流速 (m/h)
1	24日 1時~3時30分	1	10~12.5 時間	330 m	33 m/h 24.6 m/h



地層(電探E.3)と濃度ブロックとの関係

深さ (m)	柱状図	井戸	濃度	地層	備考
1		水口	A	粘土砂れき層 (半透水層)	A...空隙の大きい砂れき層を流下
2				砂れき層 (透水層)	
3					
4					
5			B	砂れき層 (固結度大)	B...空隙の小さい砂れき層を流下した
6		5.86 m		透水層と半透水層の境界	ものAと比べ加わった濃度
7					
8					
9					
10				不透水層	
11				浮石凝灰岩 (不透水層)	

〔Ⅱ〕地下水を求めて

実験では、薬品投入井戸が沖積砂れき層で掘止め（深さ3.5m）のため、はじめは塩化アンモニウム溶液が、沖積砂れき層の分布地帯に放射状にひろがり、次に扇状地砂れき層の透水性の部分に浸透したものが、本来の地下水系として流下したものと考えられる。

沖積砂れき層中の地下水は、熊川の伏流水が主体であるため、現在の時期ではまだ水量

も多く、塩化アンモニウム投入時の溶液の濃度は0.2%であったものが、数100mはなれた下流の井戸では、0.1~1ppmになり、数千倍に希釈され検出された。

扇状地砂れき層中の透水層を通った、塩化アンモニウム溶液を含んだ地下水は、上流であまり希釈されない状態で浸透したことで、透水層が局部的であることから、普通より高

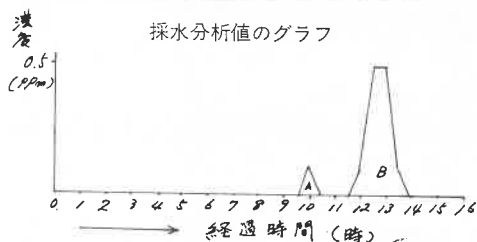
表 5

熊 川 右 岸 (平 地)					熊 川 左 岸 (稲荷山丘陵)				
地 層	水 平 的 透 水 性	地表からの深さ (m)	透水状態	地下水量	地 層	水 平 的 透 水 性	地表からの深さ (m)	透水状態	地下水量
①沖積砂れき層	不連続 ②を浸食	4 m ±	良好な透水性	豊水期 (6~10月) 多い (伏流水)					
②ローム層 (砂質, ローム含む)	不 連 続	3 m ±	半透水層	殆んどない	②ローム層	連 続	1 m ~ 5 m ±	半透水層	②と⑤の境にわずかに帯水
③扇状地砂れき層	連 続	4 m ± ~ 6 m ±	半透水層	少ない					
④鳥の目砂れき層	連 続	6 m ± ~ 10 m ±	不透水層	なし					
⑤浮石凝灰岩層	連 続	10 m ± ~ 40 m ±	不透水層	殆んどない	⑤浮石凝灰岩層	連 続	5 m ± ~ 40 m ±	不透水層	殆んどない

図-33(b)

(2) No. 2 井

採水 No	濃度の山の到達時刻	最高濃度 (PPm)	経過時間 (h)	投入地点からの直距離 (h)	平均時速 (h/a)
2	24日 3時30分 4時	0.5	12.5~13 時間	450 m	36 m/h 34.6 m/h



地層(電探 E.2)と濃度ブロックとの関係

深さ (m)	柱状図	井戸 総深	濃度 PPm	地 層	備 考
1				半透水層	
2				透水層	
3				透水層	
4				透水層	
5				透水層と半透水層の互層	
6				透水層	
7				不透水層	
8				不透水層	
9				不透水層	
10				不透水層	
11				不透水層	

い濃度が予想され、調査地ではNa3およびNa5の観測井で、1.5~2ppmの濃度が検出された。また、この井戸の周辺の扇状地砂れき層が、他の部分より透水性に富んでいることが電探資料、井戸からも明らかなので恐らく、このようなところに集中、流下したものと考えられる。

扇状地砂れき層中の地下水の流速は、従来の私の実験では一般に平均時速40m（±）で、観測井が地下水系の主流になっているところが、流速が速く、同時に濃度も高い。今回の実験でも、ほぼ同様で、一般に平均時速40m±で、Na3、Na5観測井が流速も速く、濃度も高い。従って、この観測井の近くに扇状地砂れき層中の地下水系の主流が通っているものと考えられる。

この地域の地下水系の方向は局部的には曲折があっても、大きな流れは北西方向から南東方向に流れ、この地周辺の地下水系の主流は検出濃度および流速から、Na3、Na5、Na9を結ぶ線が考えられる。薬品溶液の浸透については、直接、主流を流下したものではなく、はじめに、西に拡散し希釈され、2次的に扇状地砂れき層中に浸透したものと考えられる。

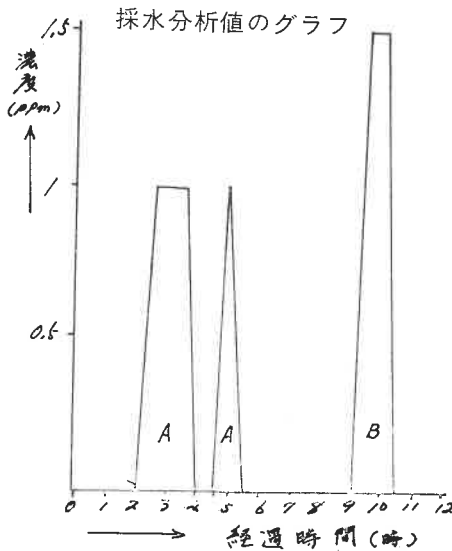
なお、沖積砂れき層中の地下水は熊川の伏流浸透が大部分を占めているが、熊川下流の戸野内の湧出流量からみて、水量の豊富な時期は6月から9月までで、それ以外は少なくなり、12月から5月上旬ごろまでは帯水しなくなることが多い。



図-33(c)

(3) No. 3 井

採水 No	濃度の山の到達時刻	最高濃度 (ppm)	経過時間 (a)	投入地点からの直距離 (b)	平均時速 (a/b)
3	24日 0時30分 1時	1.5	9.5~10時間	440 m	47.3 m/h 44 m/h



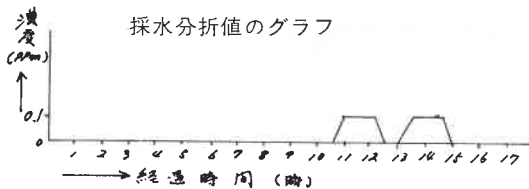
地層(電探 E.6)と濃度ブロックとの関係

深さ (m)	柱状図	井戸総深	濃度ブロック	備考	
				地層	その他
1	○ ○ ○ ○	水口	A	透水層	深さ4mの良好な地下の水口は、水期にはかき
2	○ ○ ○ ○				
3	○ ○ ○ ○				
4	○ ○ ○ ○				
5	● ● ● ●	△	B	透水層と半透水層の層	水期にはかき
6	● ● ● ●				
7	● ● ● ●	2.5m	X	不透水層	
8	● ● ● ●				
9	● ● ● ●				
10	● ● ● ●				
11	斜線			不透水層	

図-33(d)

(4) No. 4 井

採水 No	濃度変化の見えた時刻	最高濃度 (ppm)	経過時間 (a)	投入地点からの直距離 (b)	平均時速 (a/b)
4	24日 4時30分 5時30分	0.1	13.5時間 14.5時間	730 m	64 m/h 50.3 m/h

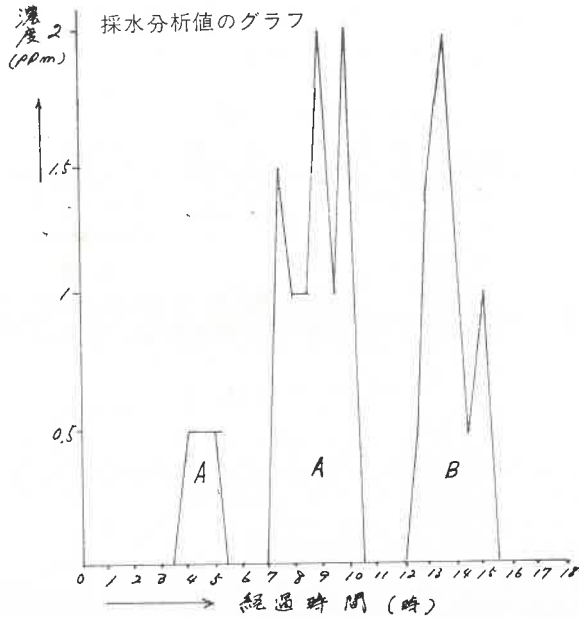


地層(電探 E.1)と濃度との関係

深さ (m)	柱状 図	井戸 総深	濃度 ブロック	備 考	
				地 層	その他
1		水口	認め 計す	半透水層と 不透水層	濃度ブロック
2				(粘土質砂利)	に合致しない のは現在
3					
4				透水層 (砂小)	の井戸が 深さ6mの
5		5.7m		不透水層	水口の深さ
6					
7					
8					
9				不透水層 と透水層の 区別	
10				不透水層	
11					

図-33(e)
(5) No.5井

採水No.	濃度の山の到達時刻	最高濃度 (ppm)	経過時間 (a)	投入地点からの直距離 (b)	平均時速 (a/b)
5	23日 0時 24日 4時30分	2	9~13.5時間	730m	81.1 m/h 54 m/h



地層(電探E.6)と濃度ブロックとの関係

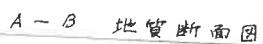
深さ (m)	地層	備考
0.00	水口	
1.00	水口	
2.00	水口	
3.00	水口	
4.00	水口	
5.00	水口	
6.00	水口	
7.00	水口	
8.00	水口	
9.00	水口	
10.00	水口	
11.00	水口	
12.00	水口	

写真-33(a) 薬品投入による地下水系調査

① 試薬(塩化アンモニウム)を水で溶かし、ある一定濃度の溶液をつくる。沈殿物が残らぬよう、よく攪拌する。



A hand-drawn sketch of a field layout. At the top, there's a horizontal line representing a boundary or road, with a vertical tick mark pointing upwards. To the left of this line are labels "0", "100", and "200 m". Below this line is a rectangular area. Inside the rectangle, there's a smaller rectangle labeled "K" with dimensions "0.5 m" by "0.5 m". To the right of the main rectangle, there's a label "NH₄Cl" and "10 kg/ha". A compass rose is drawn above the rectangle, with "N" at the top and "S" at the bottom.



河川断面図

電極と井戸の推定

H (m)

265

260

255

250

246

240

236

井 No. 1

井 No. 2

井 No. 3

井 No. 4

井 No. 5

能川

自然地形砂水層 (透水層)

砂水層 (不透水層)

砂水層 (不透水層)

大田原浮石層…浮石砂泥層 (不帶水層)

〔Ⅱ〕地下水を求めて

写真-33(b) ② 反応を検査 (NH_4^+ をネスラー試薬で検出) し、採水した検水の比較の参考にする

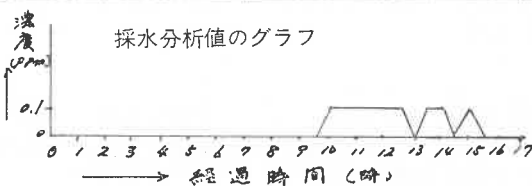


図-33(f) 採水分析値のグラフ

地層(電探E6)と濃度との関係

(6) No. 6

採水 No.	濃度変化の見え方と時刻	最高濃度 (PPm)	経過時間 (分)	投入地点からの直距離 (m)	平均時速 (m/分)
6	24日 16時	0.1	10~15 時間	780 m	79 m/分 52.6 m/分



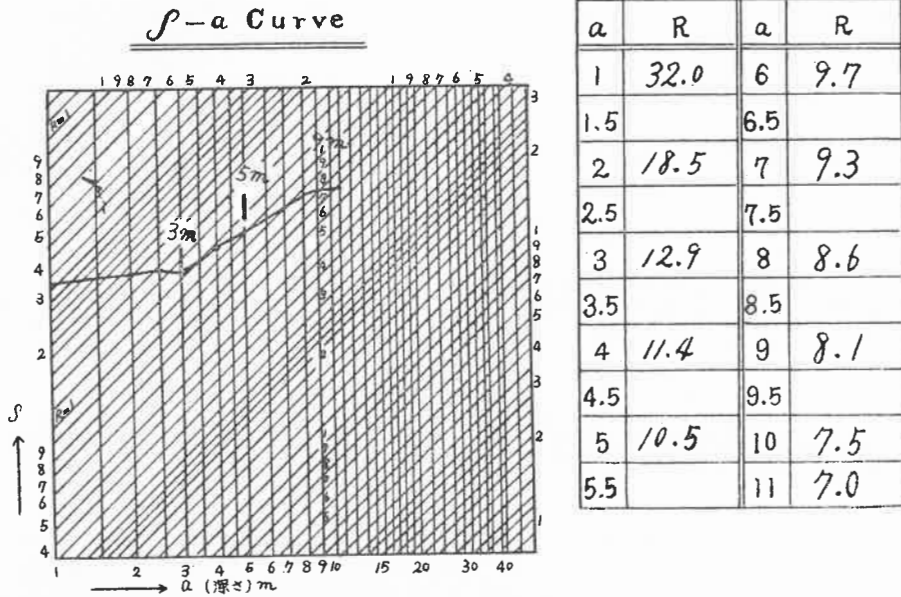
地層(電探E.6)と濃度との関係

深さ (m)	地層	井戸	濃度	備考
1	透水層	水口	7007	深さ4m程度の上部砂水
2	透水層	水口		を中を流下
3	透水層	水口		
4	透水層	水口		
5	透水層	水口		
6	不透水層	5.5m		
7	不透水層			
8	不透水層			
9	不透水層			
10	不透水層			
11	不透水層			
12	不透水層			

(7) No. 7 ~ No. 11 の追跡調査

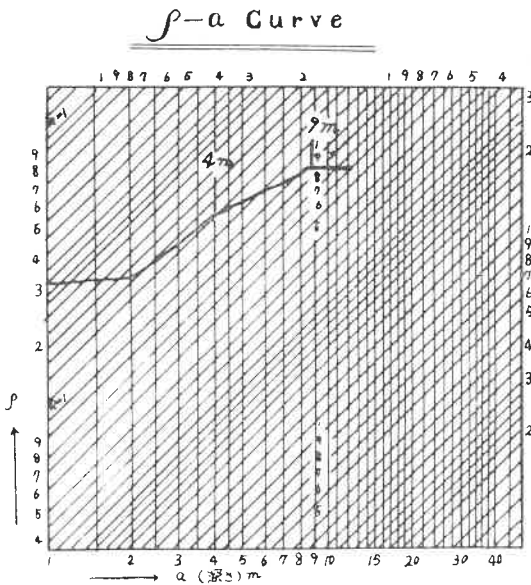
採水 No.	濃度変化の見え方と時刻	最高濃度 (PPm)	経過時間 (分)	投入地点からの直距離 (m)	平均時速 (m/分)
7	/	/	/	2750 m	/
8	/	/	/	2700 m	/
9	26日 7時	0.5	64 時間	2200 m	34 m/分
10	/	/	/	2450 m	/
11	/	/	/	2700 m	/

図-34(a) 電気探査による地下水帯水機構解析



深さ m	解析地 質柱状 図	水口の 有(○・△) 無(×)	地内 層容	
1			粘土混り 砂利	----表層、浸透しにくい
2				
3				
4			砂れき 層	----透水層
5		○		
6		×	粘土混り砂 利	----不透水層
7		△	砂れきと 粘土混り	} 半～透水層 かたぐ、浸透しにくい
8			砂利の 互層	
9		○		
10			浮石凝	} 不透水層
11		×	灰岩層	
12				
13				

図-34(b)

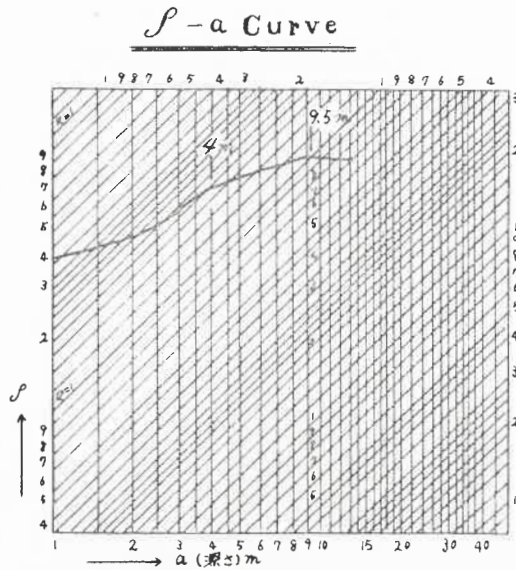


a	R	a	R
1	30.0	6	11.8
1.5		6.5	
2	16.5	7	10.8
2.5		7.5	
3	15.4	8	10.0
3.5		8.5	
4	14.2	9	9.4
4.5		9.5	
5	13.1	10	8.7
5.5		11	8.2

深さ m	解析地 質柱状 図	水口の 有(○,△) 無(×)	地層 内容	
1			粘土混り 砂利	--- 表層, 浸透しにくい
2				
3			砂れき層	--- 透水層
4		○		
5			砂れき層 と粘土混り 砂利の互層	半〜透水層 固結度を増す
6		△		
7				
8				
9		○		
10			浮石凝 岩層	不透水層
11		×		
12				
13				

〔Ⅱ〕地下水を求めて

図-34(c)

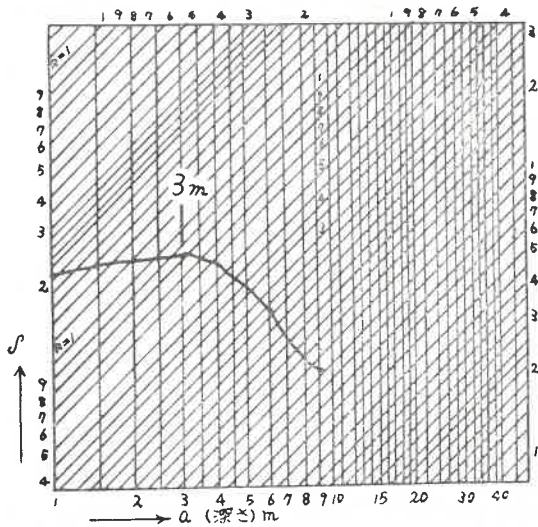


a	R	a	R	a	R
1	37.0	6	14.2	12	8.1
1.5		6.5		13	7.5
2	22.7	7	12.5	14	
2.5		7.5		15	
3	19.6	8	11.4	16	
3.5		8.5		17	
4	18.0	9	10.4	18	
4.5		9.5		19	
5	15.9	10	9.5	20	
5.5		11	8.8	21	

深さ m	解析地 質柱状 図	水口の 有(O,Δ) 無(X)	地内 層容	
1			粘土混り 砂利	-- 表層 浸透しにくい
2				
3			砂れき層	-- 透水層
4		○		
5			砂れき層 と粘土混り	半透水層～透水層
6		Δ	り砂利の 互層	固結度を増す
7				
8				
9		○		
10			浮石凝灰 岩層	不透水層
11		X		
12				
13				

図-34(d)

$s-a$ Curve



a	R	a	R
1	205	6	26.7
1.5		6.5	
2	122	7	18.4
2.5		7.5	
3	84	8	13.3
3.5		8.5	
4	57	9	11.1
4.5		9.5	
5	39	10	
5.5		11	

深さ m	解析地 質柱状 図	水口の 有(O,Δ) 無(X)	地内 層容
1	○ ○ ○ ○		砂れき層
2	○ ○ ○ ○		
3	○ ○ ○ ○	Δ	
4	● ● ● ●		粘土
5	● ● ● ●		粘土粘
6	● ● ● ●		砂利の
7	● ● ● ●		互層
8	● ● ● ●		
9	● ● ● ●		

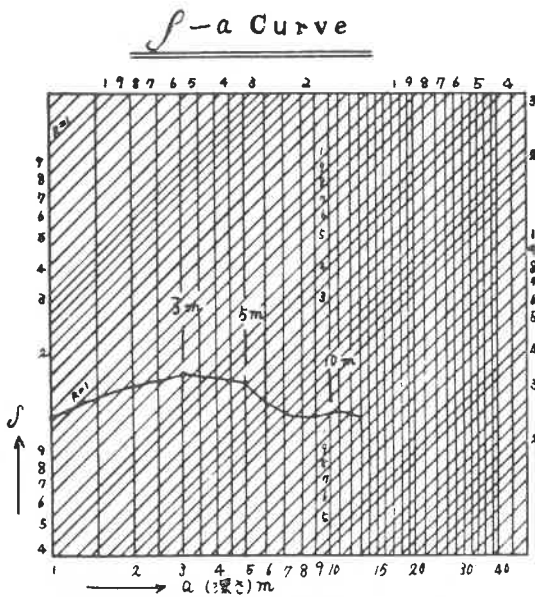
空隙率大 (透水層)

豊水期 (6~10月) だけの水口

地下水少量

非常にかたく、浸透しにくい
(半~不透水層)

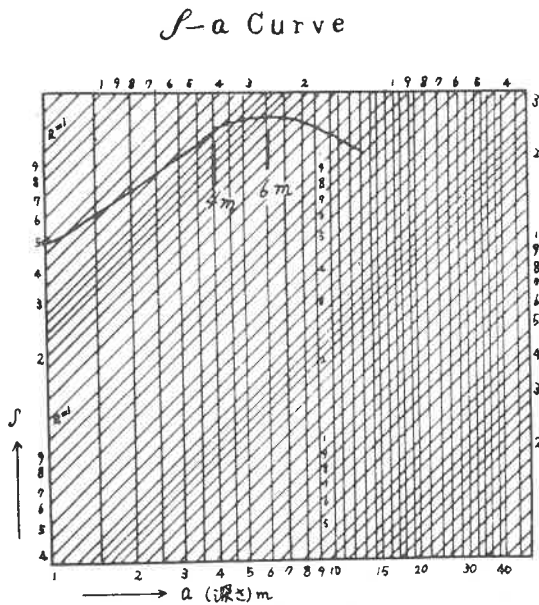
図-34(e)



a	R	a	R	a	R
1	110	6	21.9	12	10.0
1.5		6.5		13	9.0
2	75	7	17.4	14	
2.5		7.5		15	
3	54	8	15.0	16	
3.5		8.5		17	
4	40	9	13.5	18	
4.5		9.5		19	
5	31	10	12.5	20	
5.5		11	11.5	21	

深さ m	解析地 質柱状 図	水口の 有(O, Δ) 無(X)	地 内 層 容	
1	○ ○ ○ ○		砂れき層	--- 空隙率大 (透水層)
2	○ ○ ○ ○			
3	△			
4	● ● ● ●	X	粘土および粘土 混り	--- かく浸透しにくい (半透水層)
5	● ● ● ●			
6	● ● ● ●		砂利の互層	
7	● ● ● ●	X		--- 非常にかくさらに浸透しにくい (不透水層)
8	● ● ● ●			
9	● ● ● ●			
10	○ ○ ○ ○	Δ	砂れき層	--- 半 ~ 透水層
11	斜線	X	浮石凝灰岩層	不透水層
12	斜線			

図-34(f)



a	R	a	R	a	R
1	49.0	6	23.2	12	9.5
1.5		6.5		13	8.4
2	38.0	7	19.6	14	
2.5		7.5		15	
3	33.0	8	16.6	16	
3.5		8.5		17	
4	31.0	9	14.1	18	
4.5		9.5		19	
5	26.5	10	12.2	20	
5.5		11	10.6	21	

深さ m	解析地 質柱状 図	水口の 有(O, Δ) 無(x)	地 層 内 容	
1	○ ○ ○ ○ ○		砂れき層	空隙率大 (透水層)
2	○ ○ ○ ○ ○			
3	○ ○ ○ ○ ○			
4	○ ○ ○ ○ ○	O		
5	● ● ● ● ●		砂れきと 粘土混り	ややかたい (透水層と半透水層)
6	● ● ● ● ●	Δ	利の互層	
7	斜線	x	粘土 粘土混り	非常にかたく浸透しにくい (不透水層)
8	斜線	x	砂利の 互層	
9	斜線	x		
10	斜線	x		
11	斜線	x	浮石凝 灰岩層	不透水層
12	斜線	x		

図-35 地下水系の概要

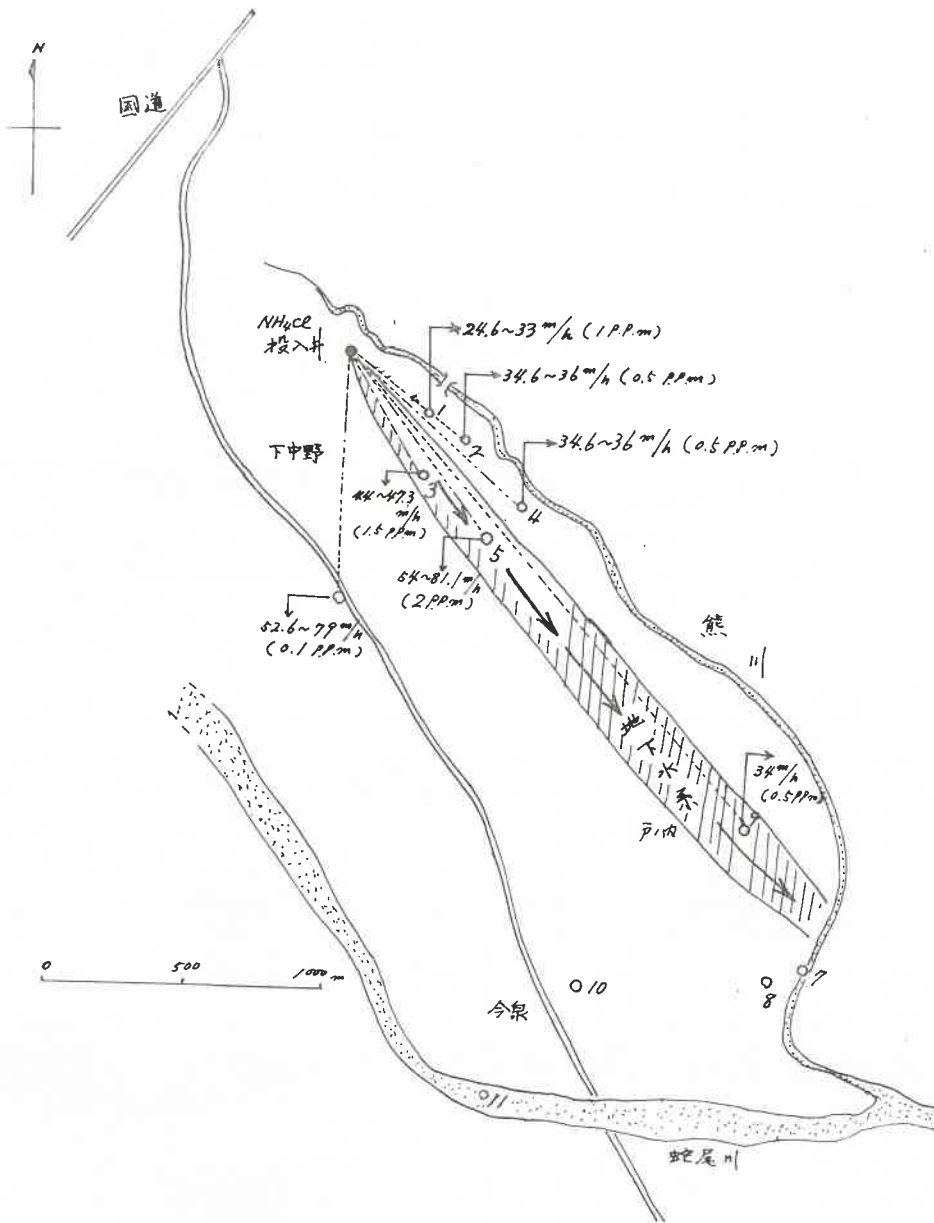


写真-33(c) ③ 試薬を井戸（溜に）投入

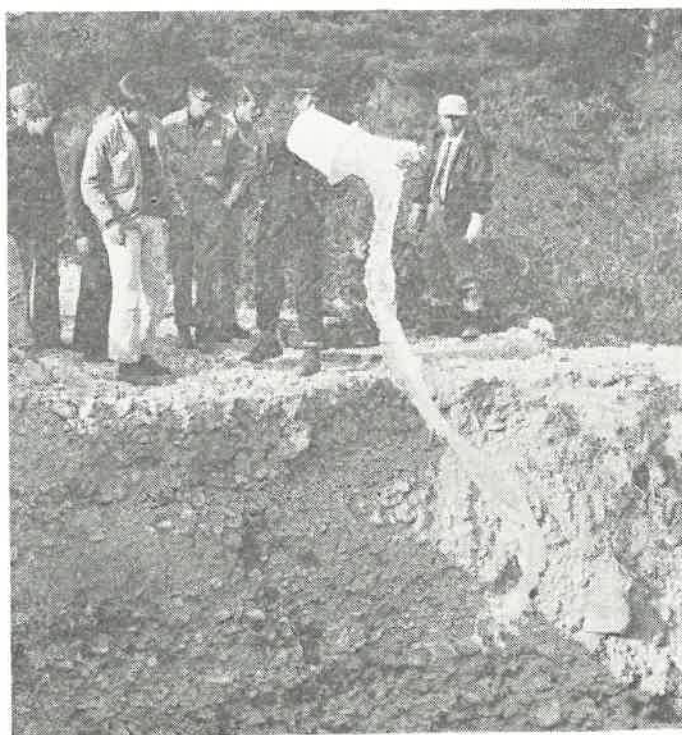


写真-33(d) ④ 下流の井戸で採水

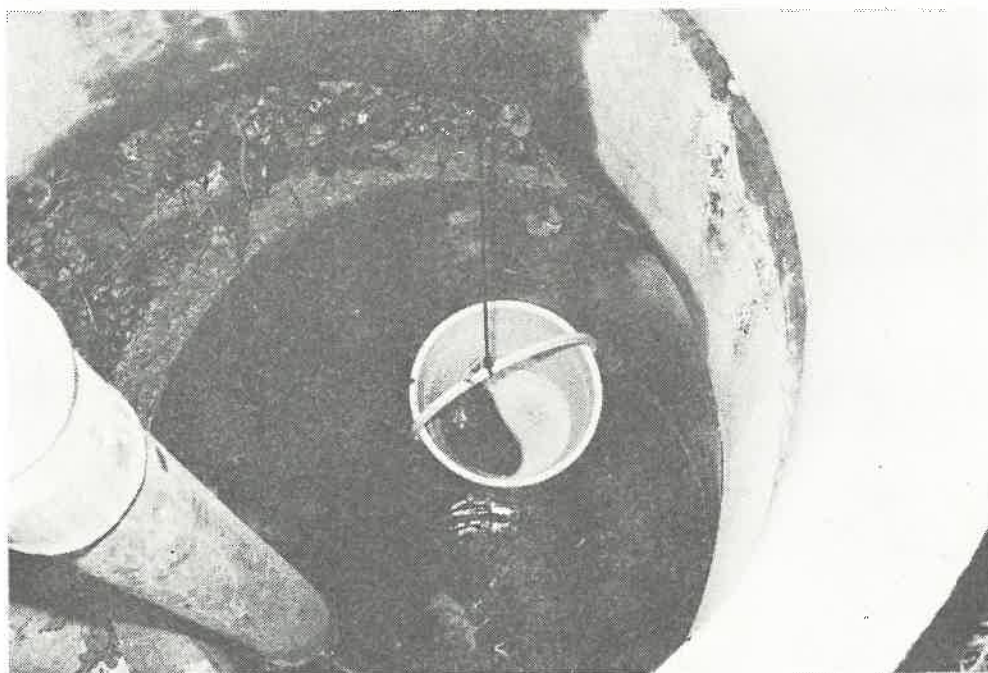


写真-33(e) ⑤ ネスラー試薬で検水中の NH_4^+ を調べる

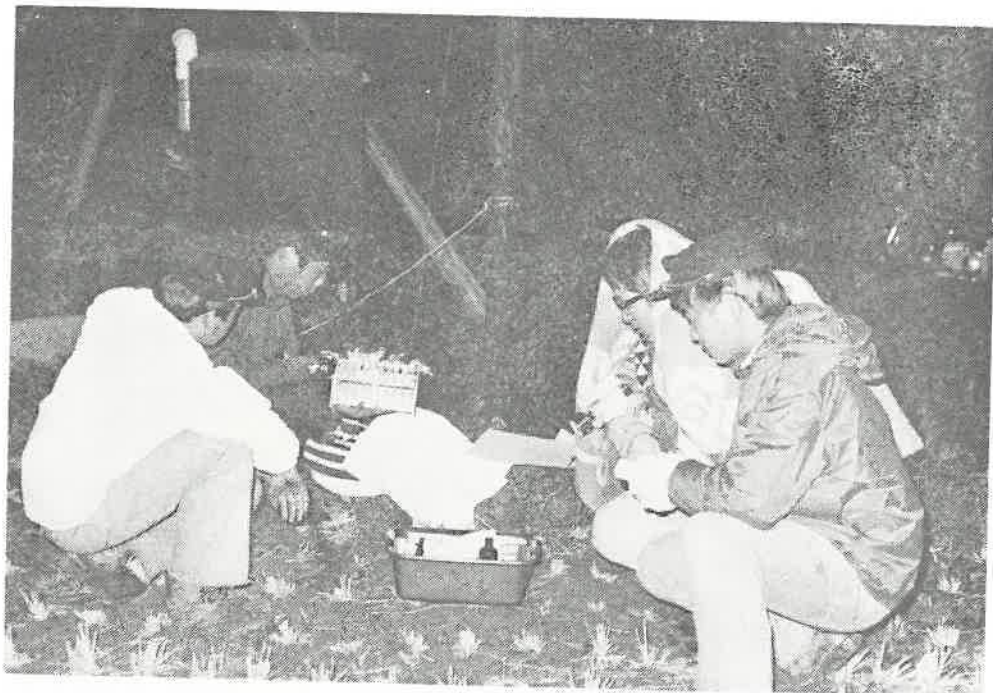


写真-33(f) ⑥ 検水中の NH_4^+ の濃度を調べる

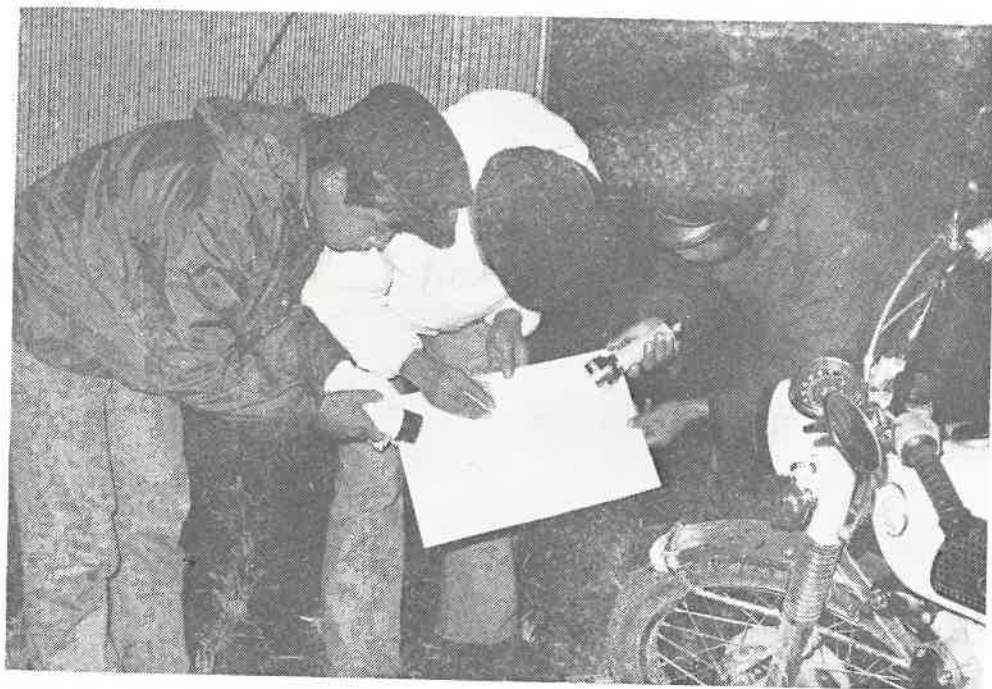


写真-33(g) ⑦ 濃度の標準液

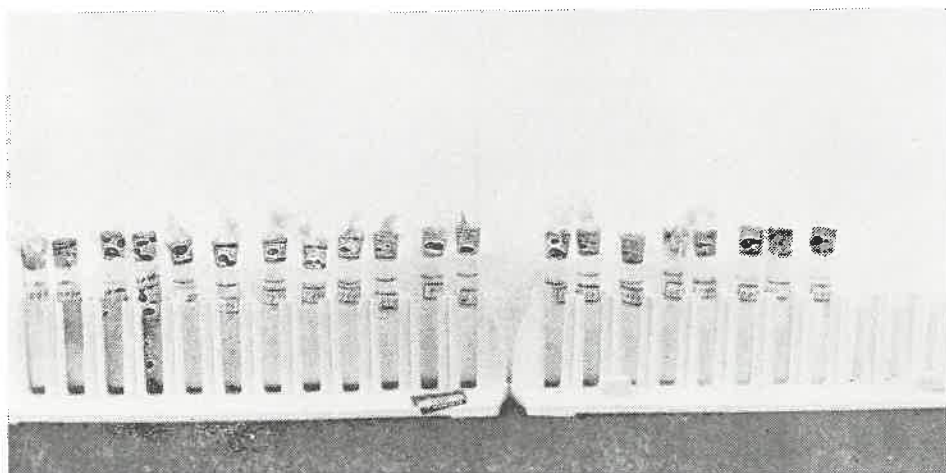
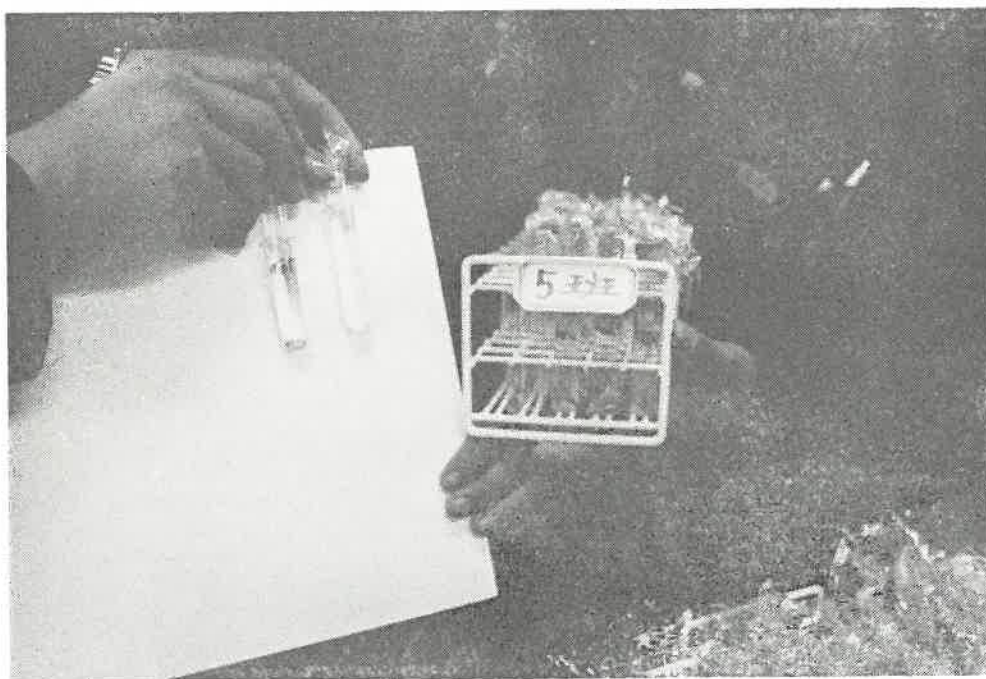


写真-33(h) ⑧ 検水と標準液との比較



8 那須野が原の井戸の地質柱状図 および総合地質断面図

那須野が原における調査井戸の一部ではあるが、扇状地の扇頂部、扇中部、扇端部ごとに地下水の水口の有無を併記した地質柱状図

を作り、さらにこれら資料をもとに地質断面図をつくり、浅層地下水帯水の実態を全体的に図示したものである。

図一36(a) 那須野が原の井戸柱状図（電探解析→試掘）例

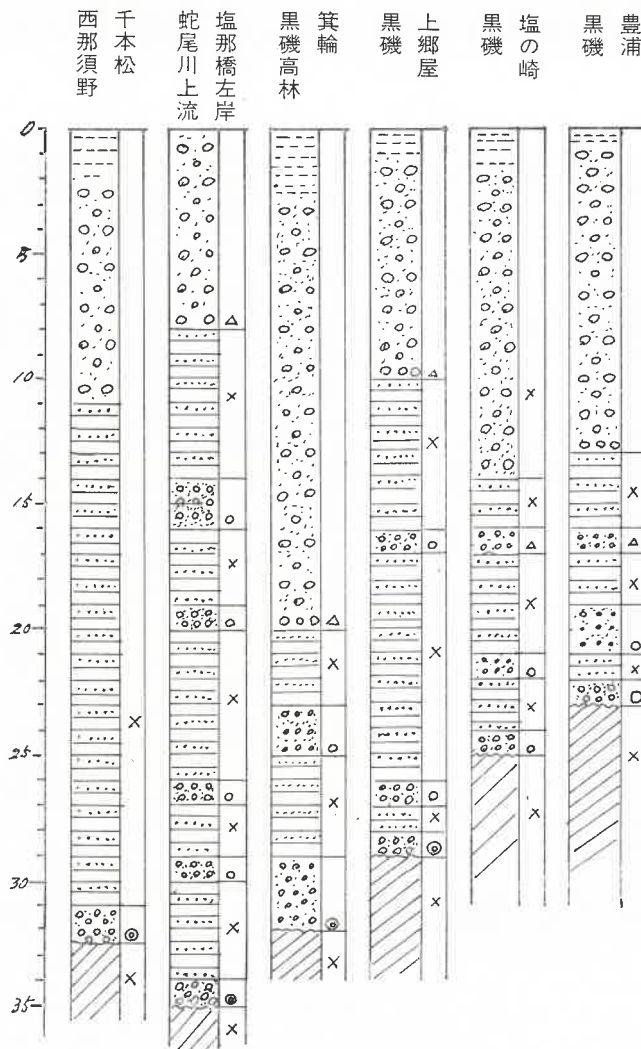


図-36(b)

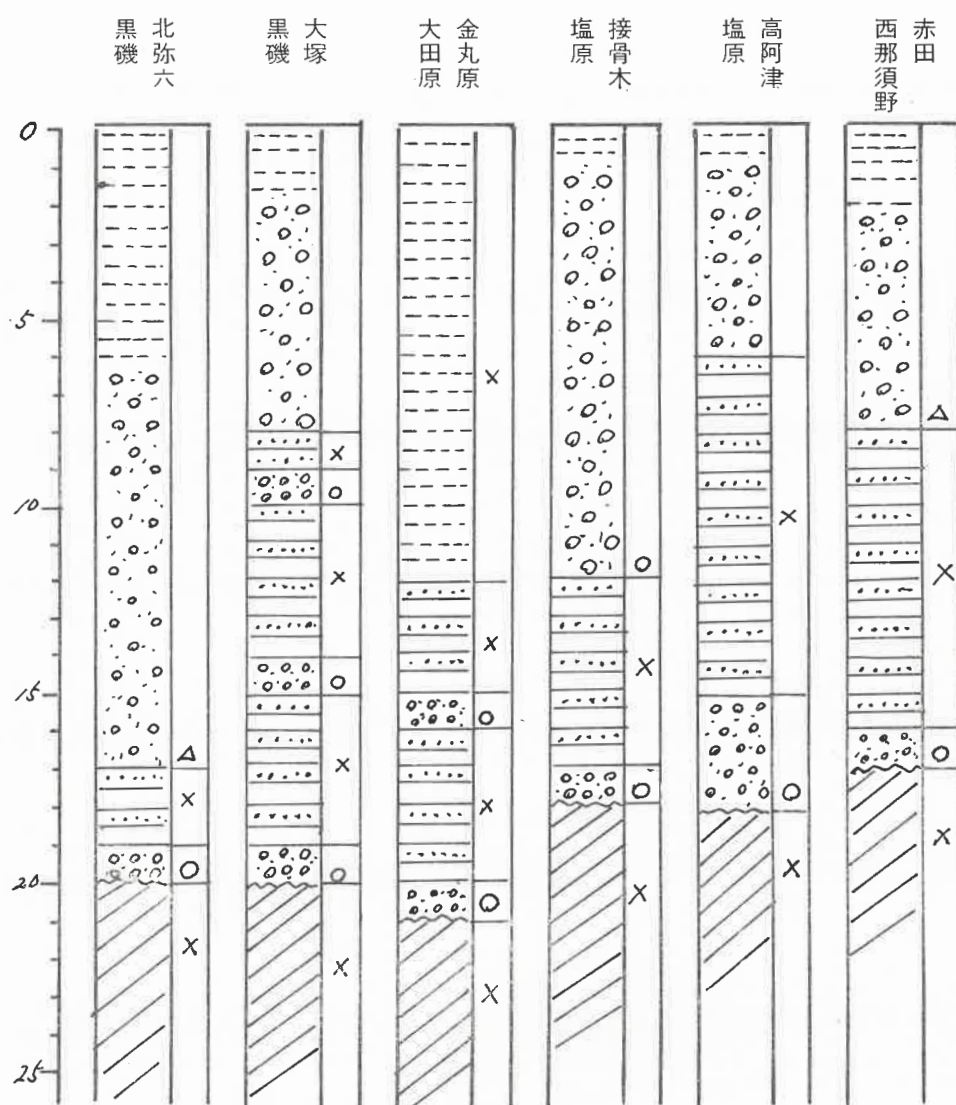
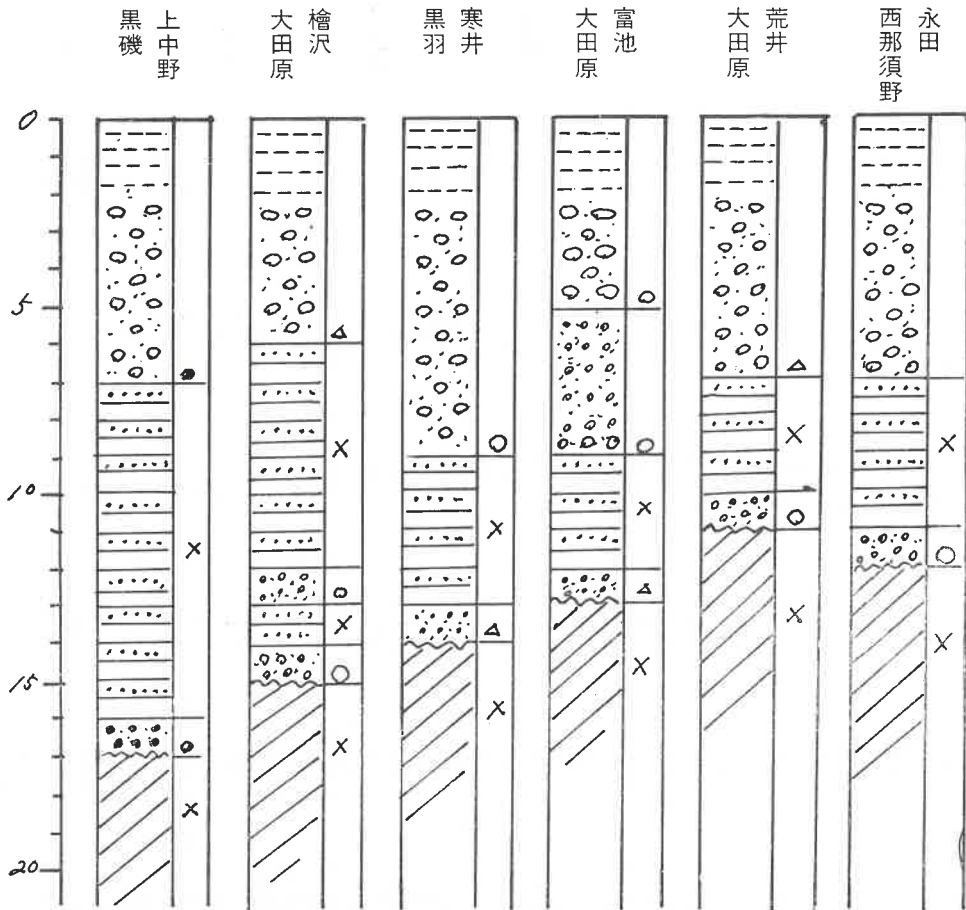


図-36(c)



凡 例 図-36(付図)



→ 表土およびローム層



→ 砂れき層(透水層)…扇状地砂れき層、上部砂れき層



→ 粘土混り砂利(半透水層、基底部透水層)…鳥の目砂れき層等



→ 基盤(不透水層)…那須累層、高原累層

図-36(d)

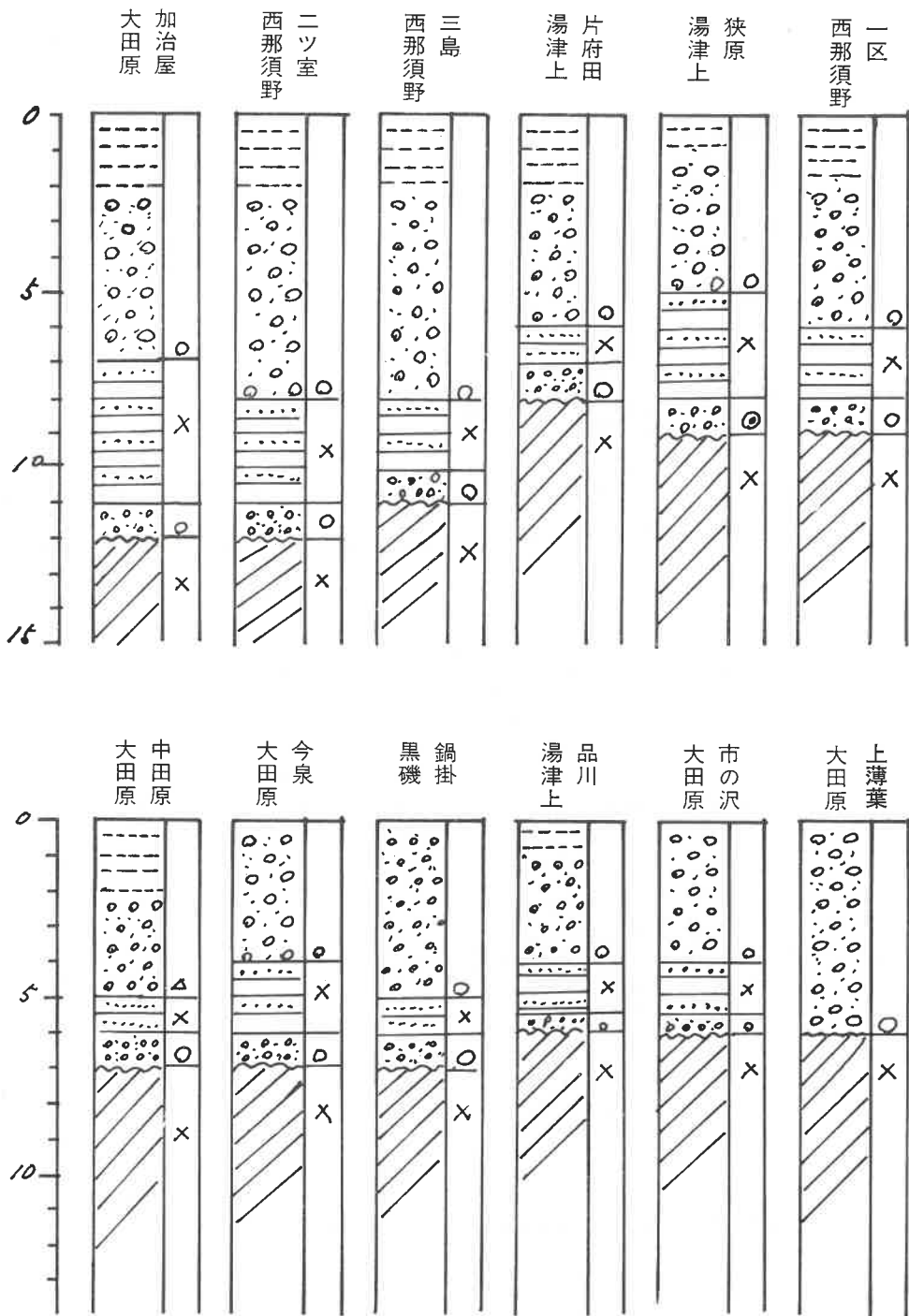
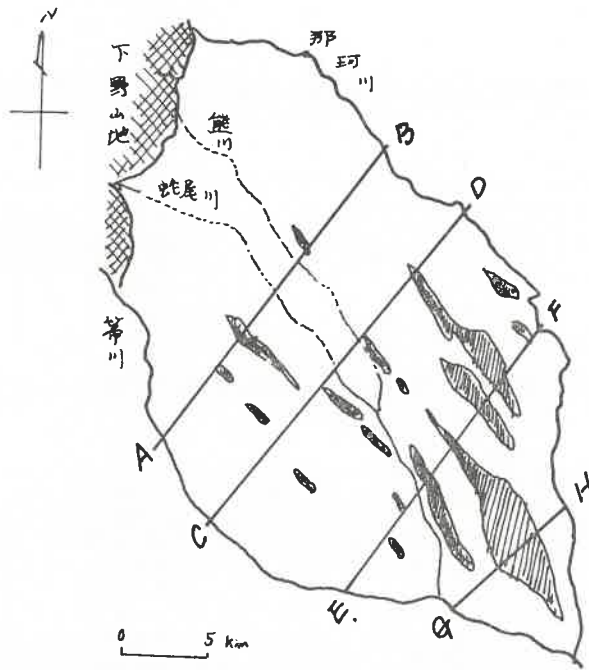
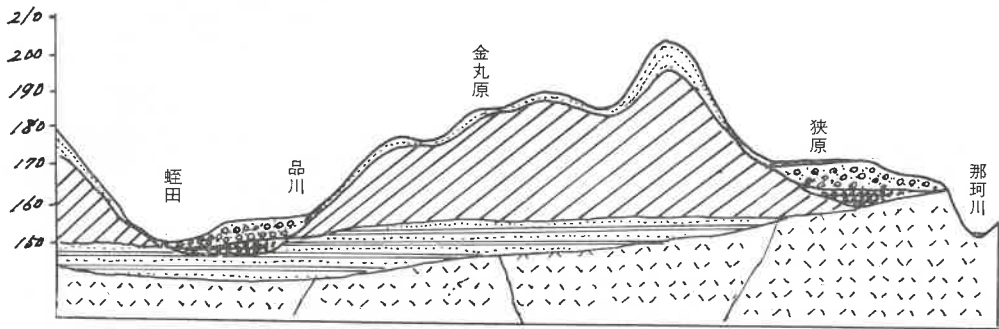


図-37(b) 扇端部 (G-H断面)



凡 例

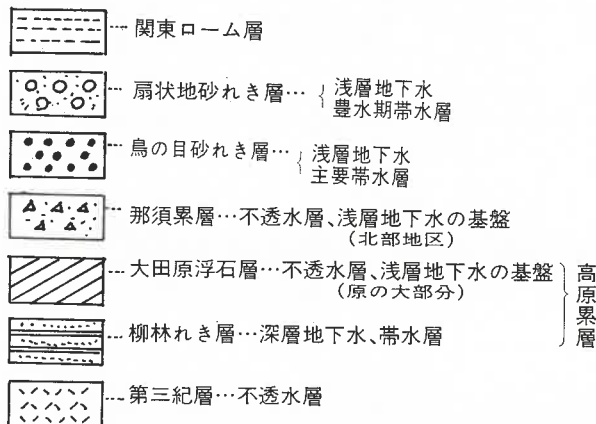
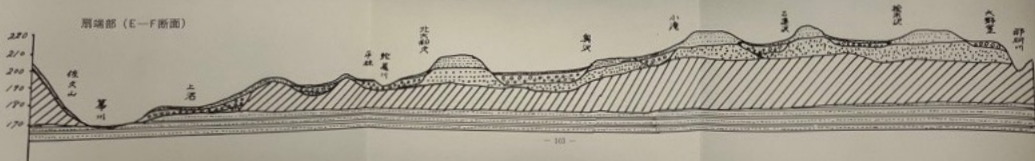
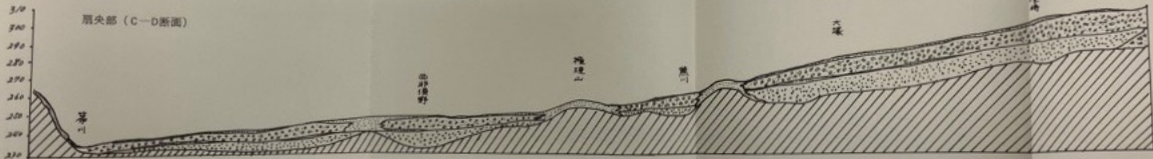
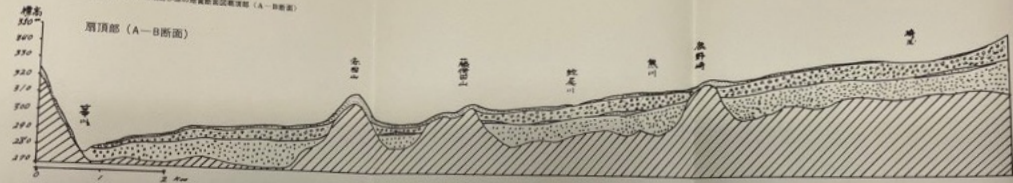


図-37(※) 新羅野の地質断面図概略部 (A-B断面)



9 生活排水と地下水汚染

——地ごく溜と地下水汚染について——

1) 地ごく溜の実態

「地ごく溜」とは家庭生活排水処理のため、井戸の口径とほぼ同じ大きさで、数mの深さまで掘り、排水を地下に自然浸透させる排水処理溜めの当地域俗称である。下水道の完備していない場所は殆んどこの方法で昔から処理している。

地ごく溜の深さは2mまでの浅いものが圧倒的に多く、地層からみるとローム層から透水層の扇状地砂れき層に変わったところを掘止めにしているのが多い。

排水浸透の有効年数は58個所の溜について調査した結果、平均すると約2年で割合短かく、その理由として底に汚泥がたまる、のろ

がはるなどが多くあげている。

溜と井戸の間隔は那須野が原177個所について調査の結果、平均で30mという近距離で、汚水浸透が井戸の地下水に影響を及ぼす危険性があるという考えはまだ一般に認識されていないようである。

225個所の井戸で、味、臭等変化を感じた井戸は、季節的にみて、梅雨期から台風期にかけ地下水が上昇する豊水期に多く(34個所)、水位の下る1～4月の渇水期には少ない(5個所)。地域別にみると、年間を通して地下水水位の高い扇端部で多く、61個所の井戸の調査で16個所変化を感じ、地下水位の低い扇頂部、扇央部にかけては少ない。扇端部における豊水期の水位は深さ2～3mのと



ころが多く、地ごく溜の底の深さとほぼ同じで、変化を感じた井戸は付近の排水があまり「ろ過」されずに地下水に混入し、水質に変化を及ぼしているものと考えられる。

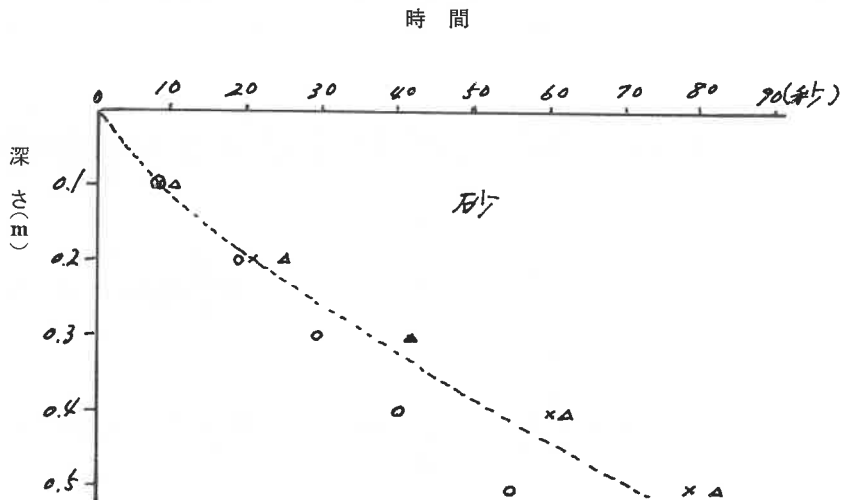
2) 排水浸透の簡易実験

排水が浸透し、地下水と混入するまでの地層の層序は、上位より粘土質の半透水層である関東ローム層、続いて良好な透水層である扇状地砂れき層、粘土混り砂利で固結度の高い全体的に半透水層の鳥の目砂れき層へと続く。これらの地層の排水浸透速度の傾向をつかむために、それぞれの地層に該当するものを人工的に作り、透明なビニール管につめ、それぞれ数本作り、実験を行った。その結果、扇状地砂れき層に見立てた砂層が最もはやく、1 m 浸透するのに約数分、鳥の目砂れき層に見立てた粘土混り砂が1時間近くかかり、ローム層は数時間かかることがわかった。この実験から、地ごく溜の排水浸透と地下水との関係は、扇状地砂れき層に地下水が帯水している場合、混入の危険性が大きい

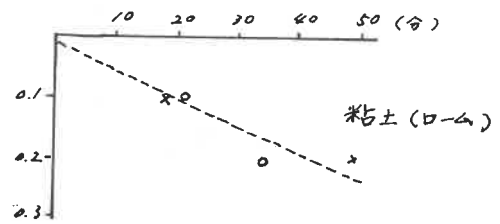
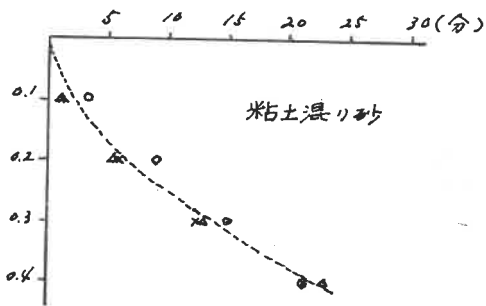
ことが推定される。

地下水水質に変化を感じた井戸が、水位の高くなる豊水期とか、扇状地末端部に多く集中していることは、扇状地砂れき層が地下水帯水層になっているための影響と考えられる。扇頂部、扇央部で粘土混り砂利の鳥の目砂れき層に帯水している地下水を採水している井戸では現在のところ、臭、味等の変化は少ないが、これは浸透速度が遅いことや、「ろ過」による浄化作用が関与しているためで、一見、清澄に見えるが、化学的検査ではないので、全く安全であるとはいえない。

今後、一考を要する問題は、砂利採集等で豊水期の地下水位近くまで掘きくし、その後廃棄物等で埋立でもするようなことがあると、汚染物質は「ろ過」等の浄化作用も進まぬうちに地下水に混入、流動することが予想されるので、地ごく溜排水も汚染の危険性は充分あるが、この場合は除々に浸透するのとは異なり、誤った施行の場合は汚染の危険性は更に大きいものと考えられる。



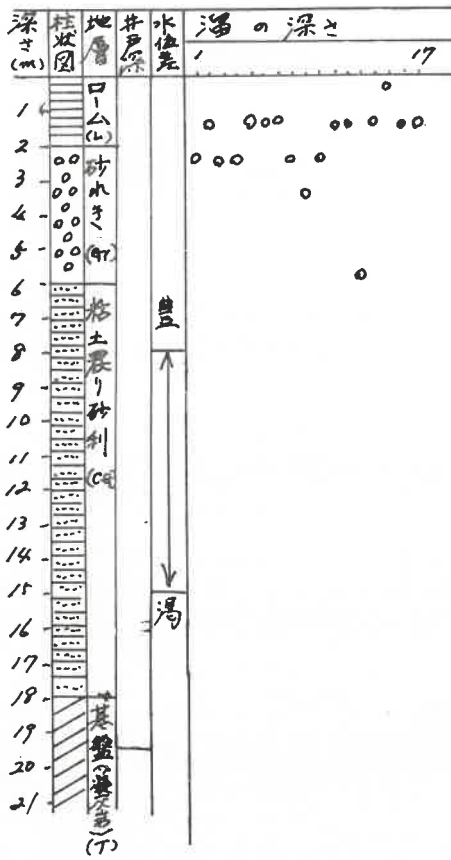
浸透実験



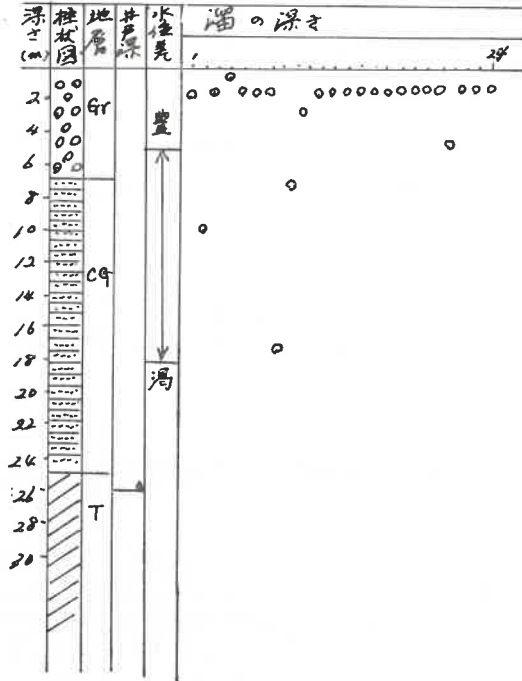
地層別の浸透速度比		
砂	粘土混り砂	粘土 (ローム)
(扇状地砂水層該当)	(鳥の目砂水層該当)	(関東ローム層該当)

〔Ⅱ〕 地下水を求めて

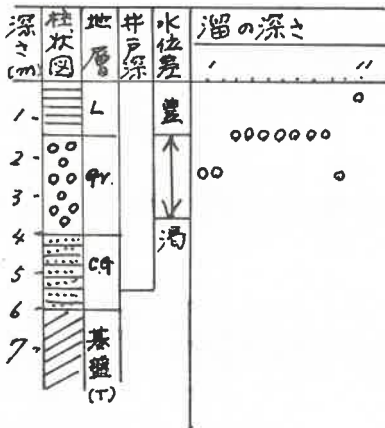
扇頂部 箒根



扇中部 東那須野

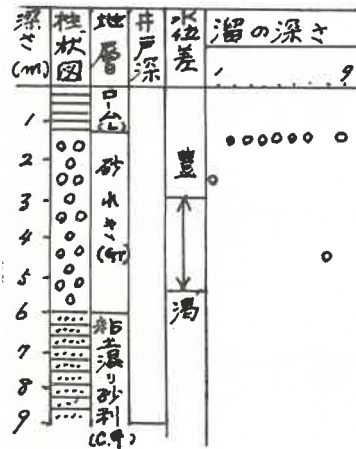


野 崎



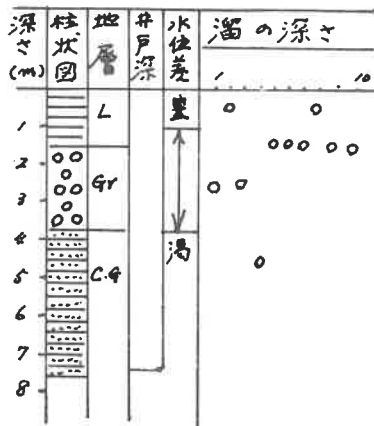
扇 端 部

親 図

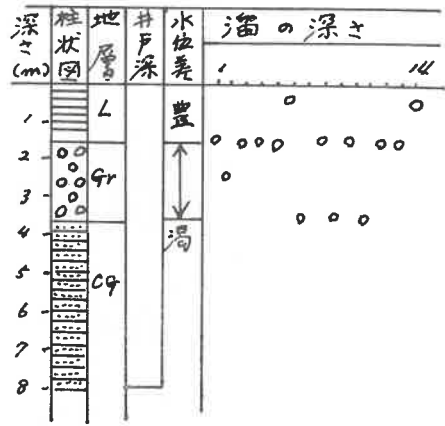


〔Ⅱ〕地下水を求めて

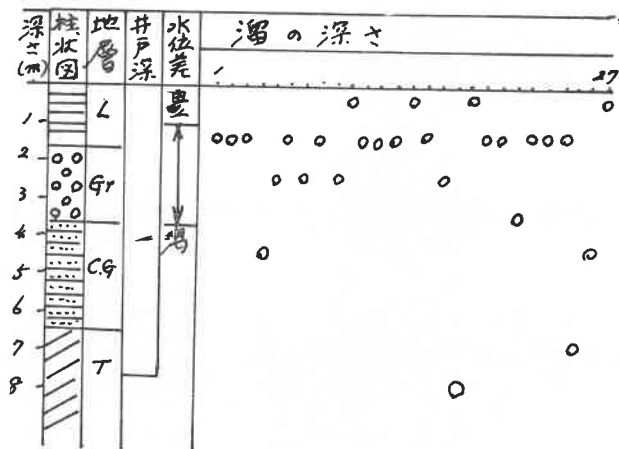
大 田 原



湯 津 上



金 田



溜の深さ別の比率

深さ(m)	0.5~2	2~3	3~4	4~
数	139	38	16	32
%	62	17	7	14
地層	ローム層			
	砂水層			

〔Ⅲ〕 那須火山・あれこれ

1 那須火山の活動

(1) 地質の概要

那須火山は火山西側の大倉山、三倉山を構成するカコウ岩、板室から三斗小屋林道沿いにみられる第三紀層緑色凝灰岩を基盤に、ほぼ南北に走る関谷構造線の延長に沿って形成されている。火山は安山岩質の溶岩と凝灰角れき岩の互層からなる成層火山である。これらの互層は山麓部の広谷地、池田、黒田原まで追跡できる。山麓部にみられる放射状の丘陵は上部層が溶岩および巨大な岩塊を含む凝灰角れき岩で、下部層は小さな角れきと火山

灰からなる凝灰岩で構成されている。丘陵間の谷間は下部層である火山灰が主体の地層であるため、表層が粘土化し、湿地帯となっているところが多い。

(2) 茶臼岳の活動

現在盛んに噴気をたなびかせ、那須火山のシンボルとして親まれているのが茶臼岳である。この火山は三本槍岳、南月山の間に噴火したもので、連続的噴火ではなく、茶臼岳噴火以前、両山体に囲まれた凹地は一時湖沼となった時期があり、その後噴火したものであ

写真一 1 茶臼岳の中央火口丘と外輪山



る。この事実は茶臼岳西斜面、標高 1,700 m の露頭で塩原の木の葉石と類似した木の葉化石を含むしま模様の葉理の発達した地層を発見したことで裏付けることができる。地層そのものは茶臼岳の活動により擾乱され、火山の熱作用で変質硬化しているが、化石は完全に保存されている。この地層発見には火山噴出物に被われていたため困難をきわめ、転石を手がかりに、昭和32年から昭和34年まで延 150 名の地学クラブ員の労を要して発見した貴重なものである。この湖沼であった事実は現在の茶臼岳大噴気をもたらししている蒸気供給源の貯留層として考えられる一要素でもある。

茶臼岳は小規模の複式成層火山で、外輪山は中央火口丘によって南側はおおわれ、北側のみ現われている。中央火口丘は歴史時代にたびたび噴火したもので、現在最も活動の盛んなところは無限、大噴と呼ばれるところで、文献によれば弘化年以降はほぼ 35 年周期で噴火していることも興味あることであ

る。昭和28年10月29日無限内の噴火が最も新しい。当時の様子は10月30日那須硫黄鉱山事務所より、29日未明、無限内で噴火があった旨連絡があり、当日調査を行った。噴火の型は爆発性で噴出物は浮石、火山岩塊（人頭大）、黒灰色の火山灰等で、火口付近は平均15 cm、厚いところで約30 cm 積り、降灰は広谷地付近まで及んだ。火山ガスは水蒸気と塩化水素が多く、刺激臭と高温の地熱のため、火口 30 m 接近にとどまった。火口は節理に沿った裂目噴火のため不明瞭で 5 m × 10 m の長方形小規模火口と記憶している。中央火口丘内の新噴気孔は無限周辺に多く、昭和28年から7年間の傾向をみると無限から南の方に移動している。なお、昭和35年には無限南東斜面の噴気から小規模の溶岩流出がみられた。

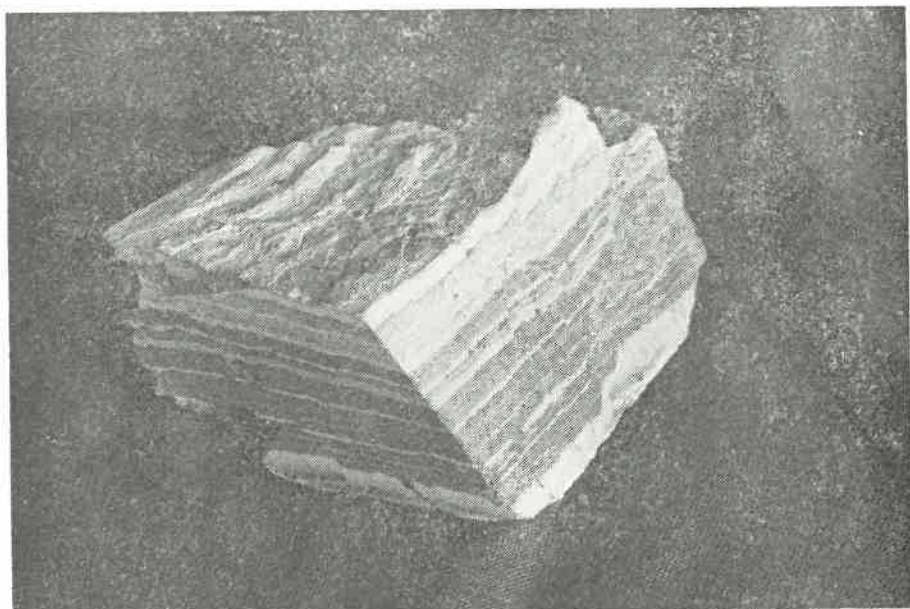
(3) 那須温泉

那須温泉とは一般に湯本、大丸、三斗小屋、弁天、八幡、北、高雄、飯盛等の那須火山の影響を受けている温泉を総称している。

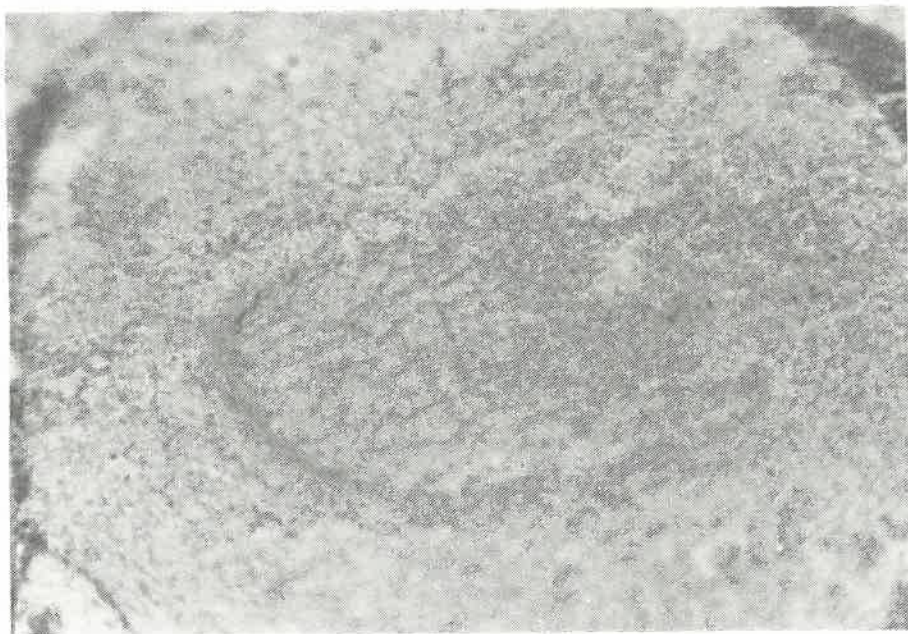
写真一 2 茶臼岳と湖沼たい積層の露頭（×印）



写真—3 湖沼たい積層（含、木の葉化石）にみられる火山活動と葉理の変化



写真—4 湖沼たい積層中の植物化石



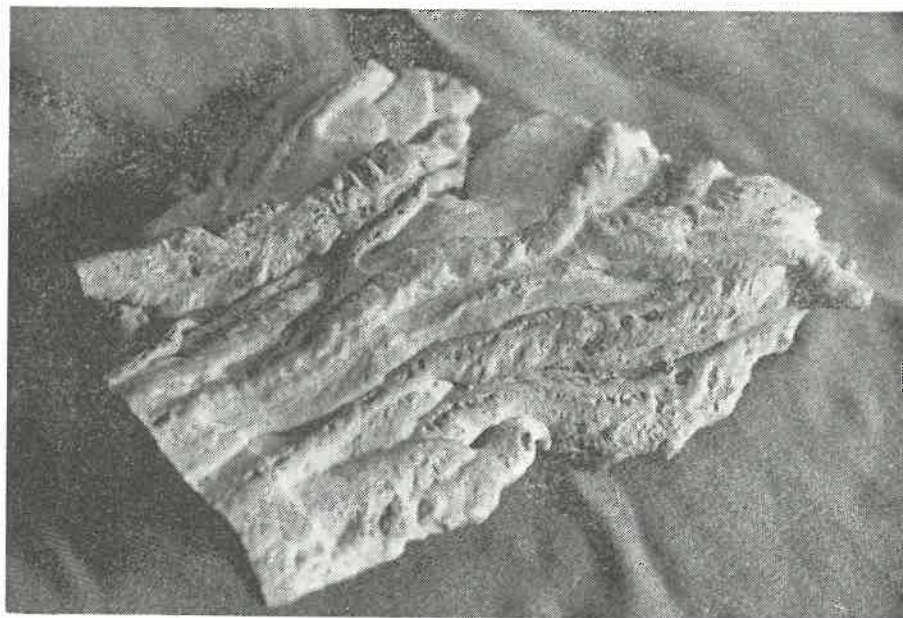
温泉の中、噴気帯周辺より湧出している湯本等は H^+ 、 Al^{3+} 、 SO_4^{2-} を多く含む、酸性みょうばん泉で pH 3 を記録するところもある。他は岩層の割目より湧出し PH は 6 近い

数値を示し、ほぼ単純温泉である。酸性泉は茶臼岳の火山活動と密接な関係があり、噴気帯に多くみられ、高温ではあるが、湧出量は降雨の影響が大で、雨量の少ない時期に噴気

写真一 5 昭和28年10月29日，噴火直後の無限火口



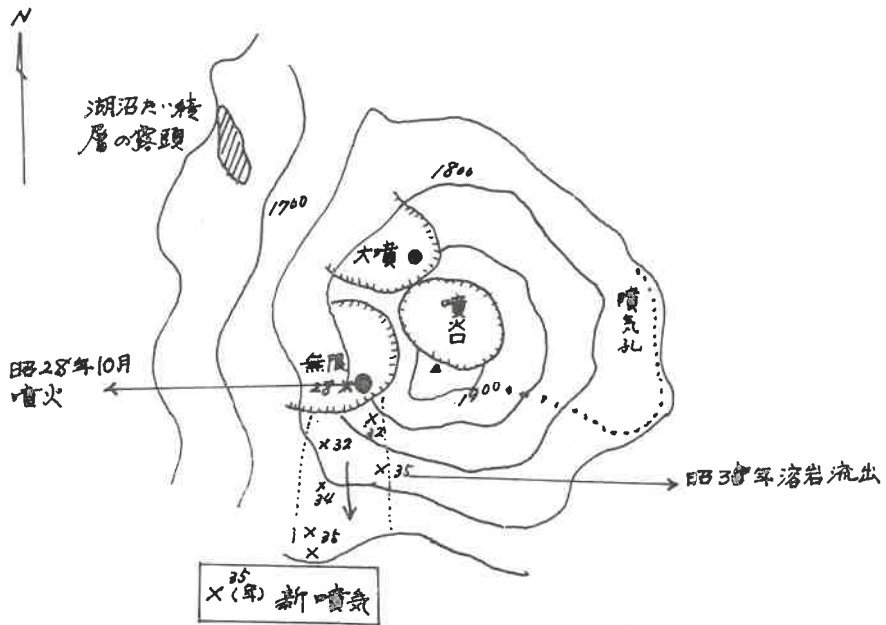
写真一 6 昭和35年，無限南東の噴気より流出の溶岩



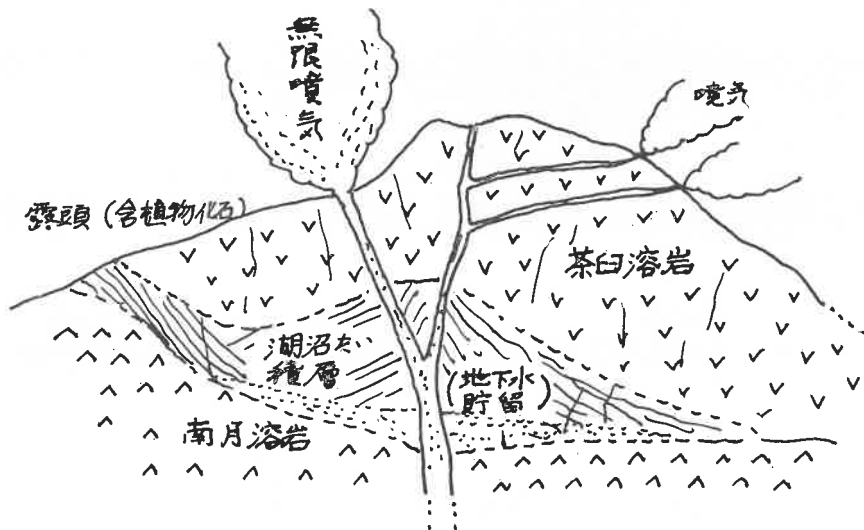
孔となっている場合が多い。これに対し，単純泉は泉温は酸性泉にくらべて低い，降雨の影響は殆んどなく，湧出量も大きな変化はない。

那須温泉の大部分は余笹川，白土川，苦土川，湯川，高雄股川の河川に沿って湧出しているが，中でも苦土川流域の調査が進み，那須温泉の特徴を見出すことができる。

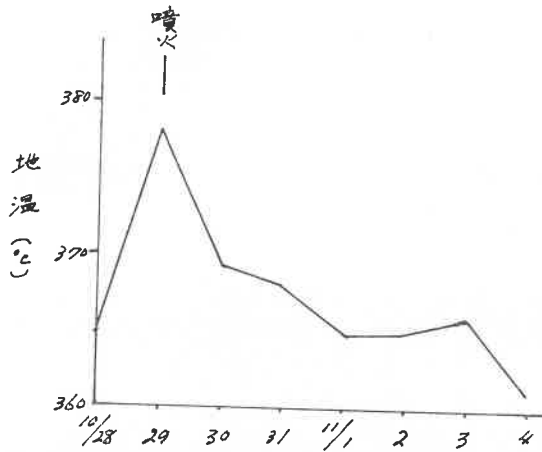
図一 茶臼岳中央火口丘の主な噴気と新噴気の移動



茶臼岳中央火口丘周辺の模式断面図 (E—W)



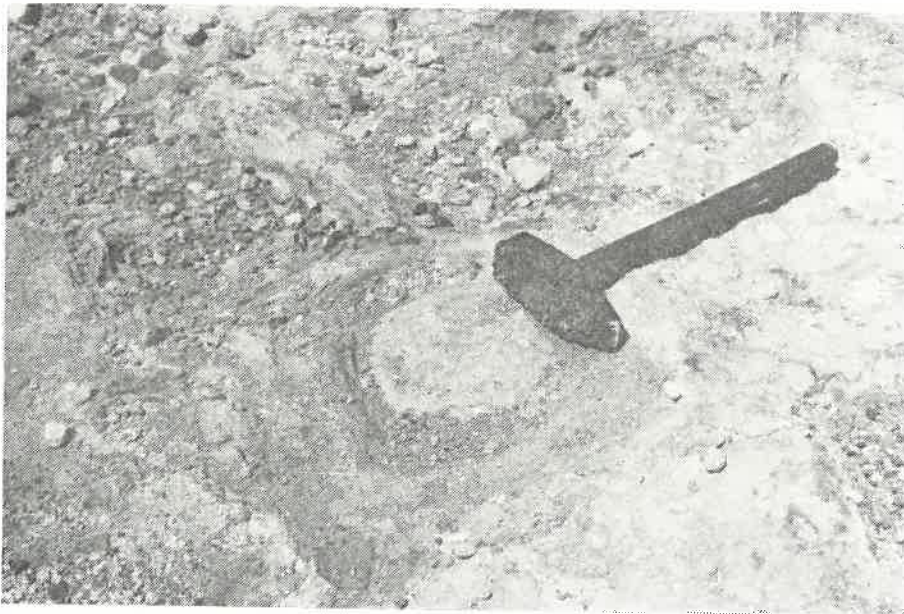
昭和28年 無限火口内噴火の地温



月 日	火口10m付近	火口下、トロピカル
10.28	365.2°C	149.6°C
29噴火	378.0	149.5
30	369.0	148.3
31	368.0	146.5
11.1	365.0	146.4
2	365.2	146.3
3	369.9	146.1
4	360.9	144.3

(一部、硫黄鉱山の協力)

写真—7 噴火口周辺の岩石風化 (玉ねぎ状)



1) 苦土川流域に分布する温泉概要

苦土川は標高1,600mのかっこう沢から弁天、大深堀を経て余笹川に合流する河川で、その中、単純温泉は弁天温泉周辺に多く、活

火山性型温泉の特徴をもった噴気帯はもみじ橋から下流にみられる。

① 単純泉の湧出

温泉の湧出しているところでは、その周辺には過去の噴気跡がみられ、植物の枯れや、

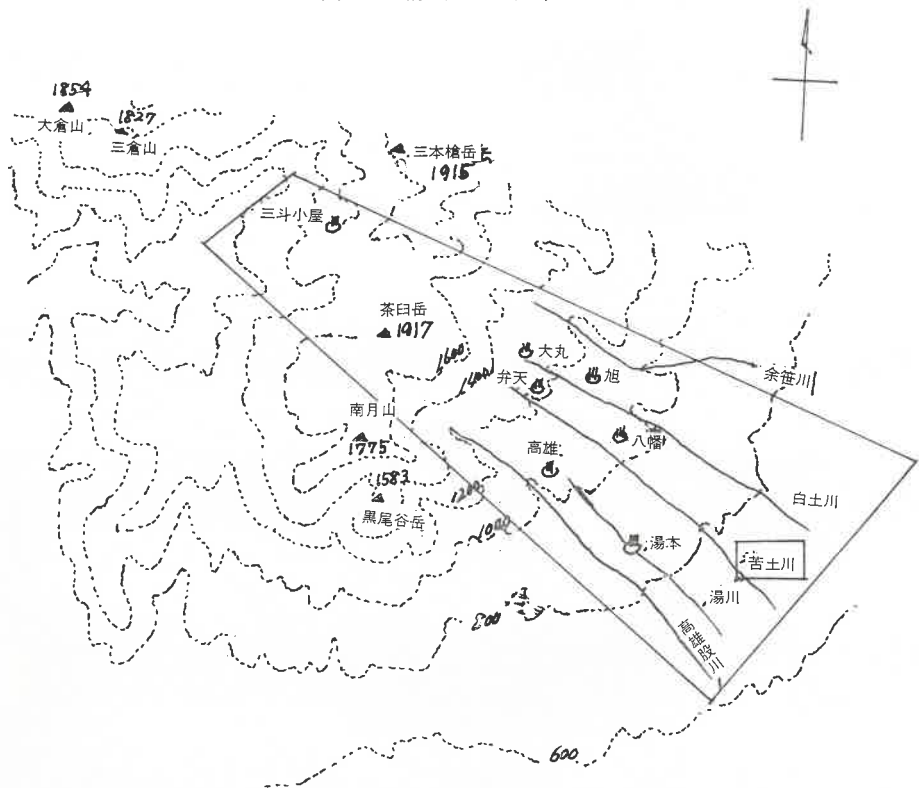
岩石のかつ色の焼け、玉ねぎ状風化、白、赤かつ色の粘土がみられる。温泉はその周辺の節理に富んだ岩石の割れ目から湧出している。また、岩石は集塊溶岩で緑泥石化の変質が目立っている。岩石は亀裂に富んでいると、地下水の循環もよく、また、旧噴気があれば全熱が地下に潜在していることが考えられ、それら条件をそなえ、循環のよい地下水が熱せられ、上昇湧出するのが単純温泉の湧

出機構と考えられる。

② 噴 気

もみじ橋下流でボーリングによる掘さくを行い、蒸気層にあてた箇所が数か所ある。何れも深さ約60mで約100℃の蒸気を10数m噴きあげ、一部ではこの蒸気を利用水を加え人工温泉として活用している。この噴気帯の温度分布は水平的にほぼ様な傾向を示し、垂直的温度変化は蒸気集積帯と思われる深さ、

図-3 那須温泉の分布



温泉の特徴

主な場所	温泉の型	湧出岩	周辺の特徴	PH	温度
大丸、弁天 北、八幡、宮内庁 飯盛、三斗小屋	循環水型 割目上昇	溶岩、集塊 溶岩 (安山岩質)	・安山岩の焼け ・赤色沈殿物 ・近くに旧噴気跡、笹等のガスによる漂白	飯盛 6.2	45℃
苦土川噴気 湯本噴気 三斗小屋噴気	活火山性	集塊溶岩 (安山岩質)	・噴気孔 ・変質粘土(白、赤、青茶) ・SO ₂ 、H ₂ Sガス ・安山岩がプロヒライト化、硫化鉄鉱染	湯本 噴気 3.5	93℃

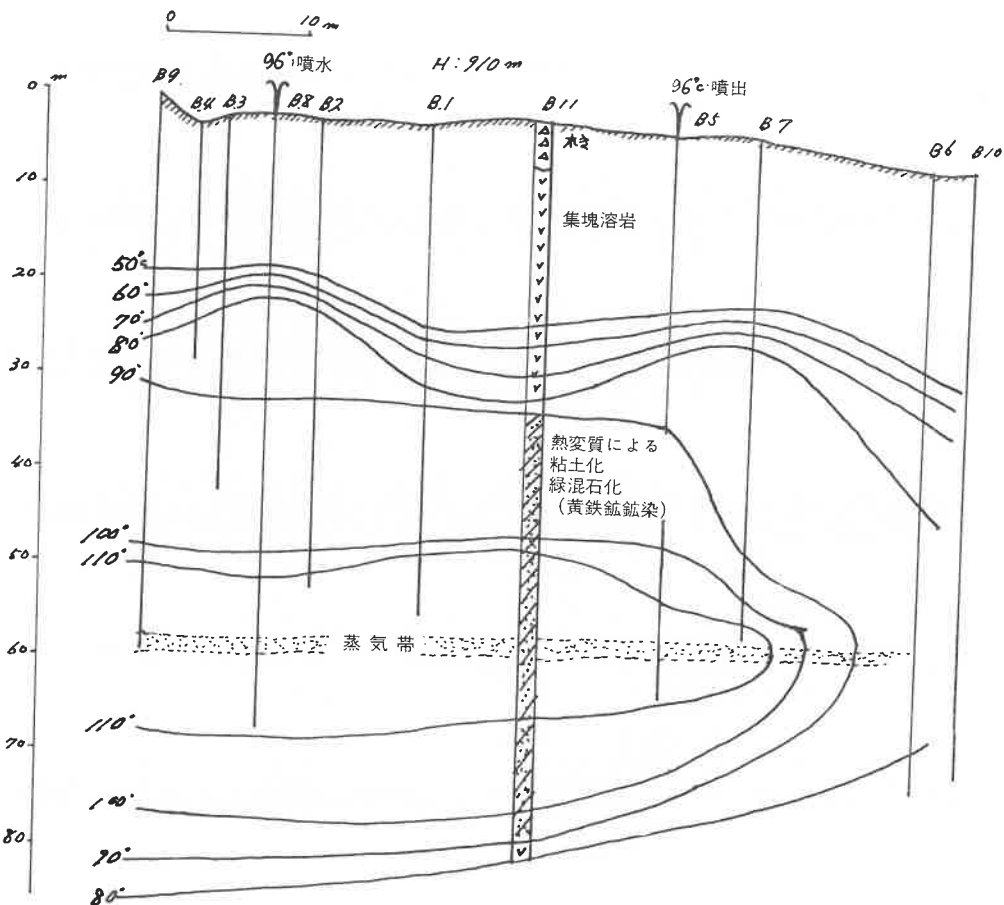
地下標高 860m 土まで一様に上昇し、以深は低下の傾向を示している。蒸気の集積帯は茶臼溶岩分布内に数層みられるが、苦土川河川敷に堀さくした稲川噴気、山楽噴気等は顕著なものである。何れも水平的な広がりを見せている。90℃以上の地熱のある付近の岩層はコアから何れも緑泥石化が進み、硫化鉄の鉱染や粘土化が著しい。

③ 降雨後の温泉上昇について

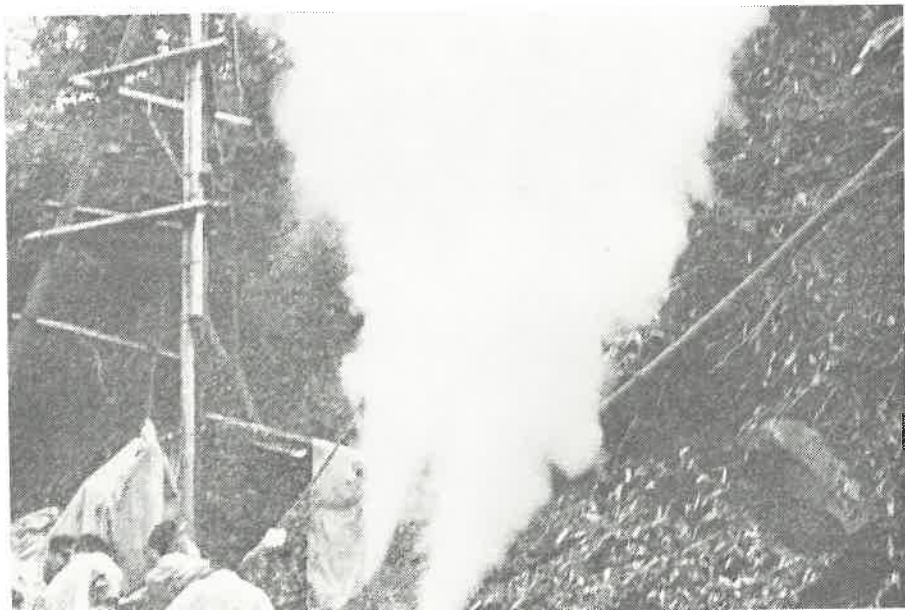
温泉地で湯浴客から「良い天気が続くとお湯がぬるくなり、雨が降ったあとはあつくなる」という話を耳にするが、この事実を調べ

るために、三斗小屋温泉で調査を行った（昭和34年）。大黒屋旅館源泉を借り、泉温、湧出量、雨量を測定した。幸い、夏であったため夕立による雨量も多く、旅館の協力も得て事実を推定するに足る資料を得ることができた。資料から、降雨後数日間泉温は上昇し、湯出量も増加するが、晴天が続くと泉温が次第に下降し、湧出量も減少することがわかった。さらに原因と考えられる水圧との関係について手がかりを得ようとたばこ屋旅館の協力を得て、三斗小屋噴気において実験、観察を行った（昭和35年7月27日）。

図一 4 苦土川、第2源泉地熱分布（那須温泉供給K. K. 稲川社長及び清水氏協力）

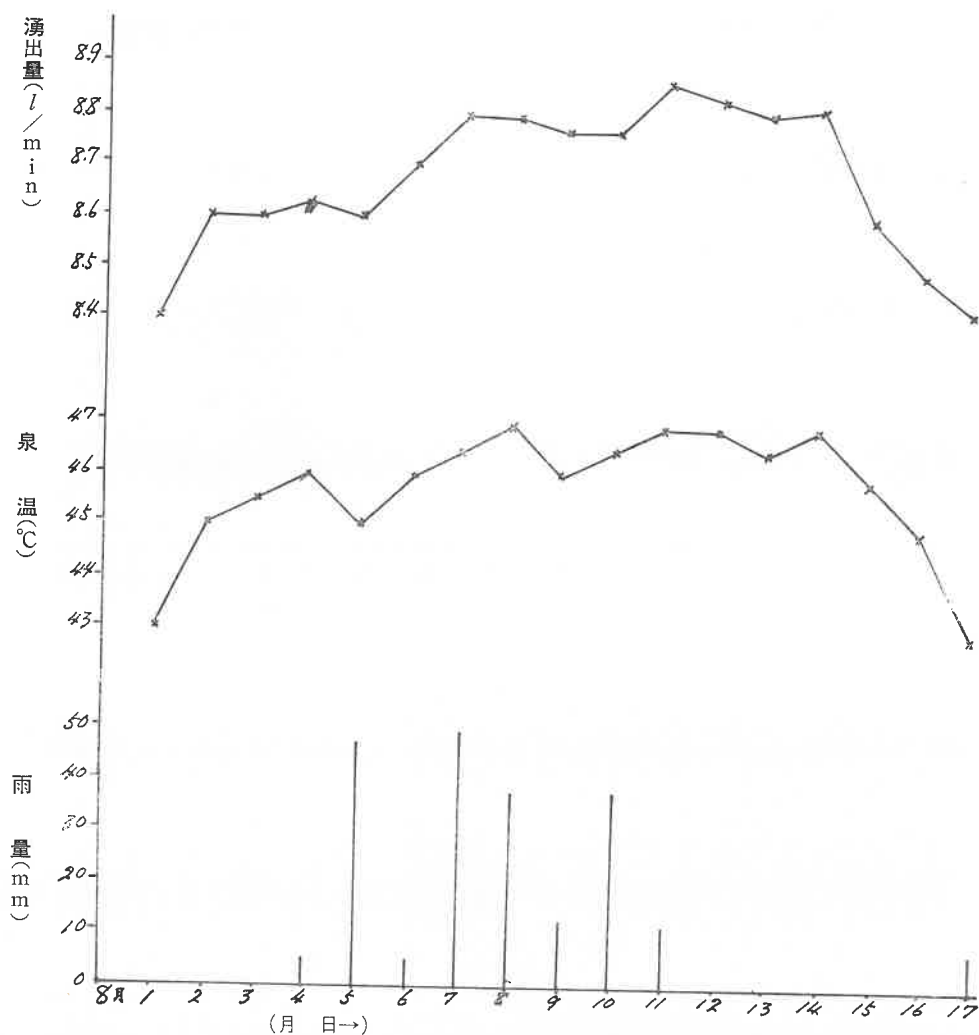


写真一 8 苦土川山楽噴気



写真一 9 三斗小屋温泉（大黒屋
旅館）の源泉

図一五 雨量と泉温、湧出量との関係（三斗小屋温泉、大黒屋泉源）



(イ) 三斗小屋噴気

この噴気は温泉源泉から約 300m 離れた山腹にあり、小規模な火口跡で、表層部は爆発時の安山岩岩塊、角れきでおおわれ、下層部は凝灰角れき岩で火山灰の部分は熱のため変質し粘土化している。晴天が続く場合は噴気となり、降雨が続くと天水が表層部の角れき間を浸透し、熱せられて沸とう泉になる。

(ロ) 水位と泉温、湧出量の変化

調査の前日は豪雨で、噴気は沸とう泉になり、粘土層の隙間から自噴していた。実験はこの自噴を利用し、自然の自噴高と泉温、人工的に池を作り水位を 3 段階に分け高めたあとの自噴高と泉温について調べた。その結果、水位を高める自噴も高まり泉温も上昇することがわかった。

写真-10 三斗小屋噴気



写真-11 噴気と酸性泉（たばこ屋旅館）



以上の調査により「降雨後お湯があつくなる」ということは温泉湧出場所の条件にもよるが考えられる事実で、降雨増水により水位が高まり、そのため水圧が大となり、流動速

度もはやくなり、湧出量が増加し、それにと
もない岩石間流動中の温度低下率が小さくな
るための現象と考えられる。

三斗小屋噴気での実験

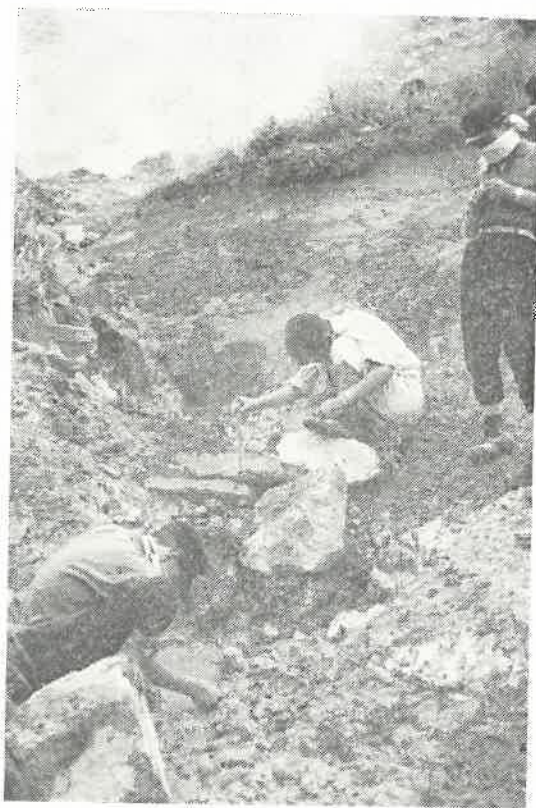
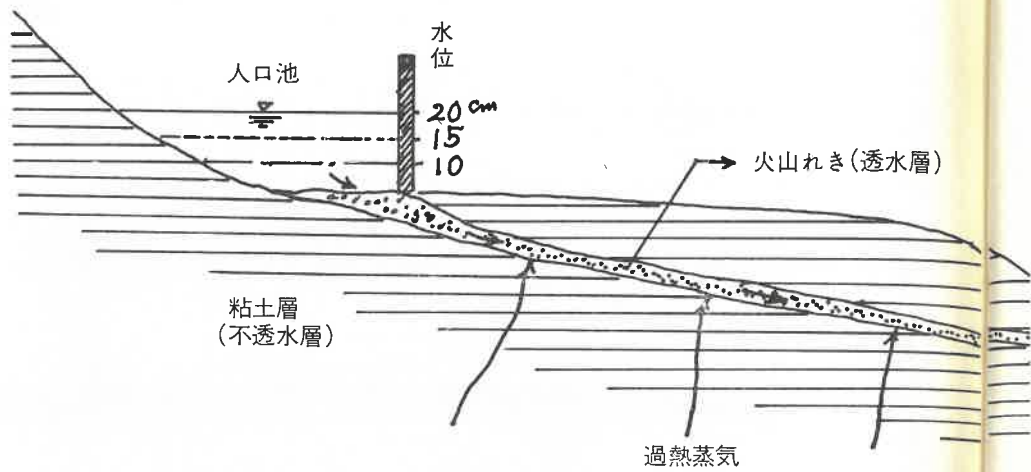
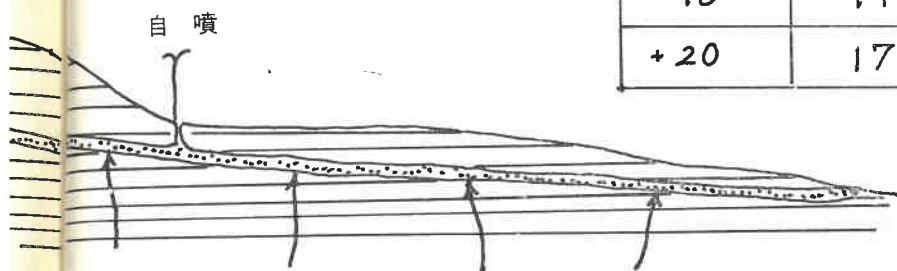


写真-12 水位と泉温、自噴高の変化
の変化観察 (三斗小屋噴気)

——水位と泉温、自噴高（湧出量）の変化——

水位 (cm)	自噴高 (cm) (5回平均)	泉温 (°C) (5回平均)
0	4	71.5
+10	11	73.0
+15	14	73.8
+20	17	74.2



写真—13 自噴度の測定



〔Ⅳ〕 おわりに —生徒とともに—

地学クラブとの歩み

大きなリュックを背負い、電探を両手で支えた生徒と待合室などで休んでいると、地域の人々はいとも気軽に話しかける。「今日は水ですか」「クラブですか」と。その会話に、端的ではあるが親しみが満ちており、そこには、ほのぼのとした心の触れあいがある。また、より一層心のひきしまる思いがする。このふん囲気の発露が、地域の地下水開発と取り組んできた「地学クラブ」活動の年輪かも知れない。地学クラブは、昭和26年にスタートし、現在も伝統を維持している。クラブ活動は地下水関係の調査だけでも県内全域約3,000箇所、延約600日、実地に衆目の中で厳しい評価を直ちに受けるという試練を立ててきた。その間に「読売学生科学賞」の制度を研究試練の場とし、幾多の経験を発表しながら歩んできた。これら幾多の体験の累積により、ある目標に向って信念をもち、切り開こうとする意欲も自然にそなわり高まってきたのだと信ずる。

初期の体験 (昭26～昭29)

指導者としての私と生徒も当時は地下水について全くの素人。加えて、地域伝来の迷信や神がかり的な考えが強く、身にふりかかるものは障害と失敗の連続であった。例えば、地下水系調査で薬品投入実験の場合なども、薬局から最良品の食塩を数箱買い求め、井戸の持主立ちあいのもとで封を切り、自分

の口に入れて安全性を確かめ、さらに井戸の中に投入後も、その水をのんで不安感を取り除き、さらに残りの一箱を土産として差しあげたものである。また、苦勞して井戸を借りたものの、地下水の流れについては予想がたらず、夜中まで井戸の前にたたずみ、自転車の発電機をまわして、採水・検査したことや費用の関係で薬品を使い惜しみ、濃度が薄くて判定できず、高価な薬品代一切むだにしたこともあった。行動を共にした当時のクラブ員は次のようにつぶっている。

「調査が授業終了後のため、検出には夕方から夜になることが殆んどで、あるときは自転車のライトを輝かせながら、今か今かと期待に胸をおどろかせながら懸命に頑張りました。検出された時の喜びは大変なもので、互いに手を取りあって踊り出すしまつでした。このように苦勞して地下水の流速の実態をつかめたことは一生忘れられない思い出です。」

(地学クラブ、山水会誌より)

水とのたたかい (昭30～昭43)

昭和30年、待望の電探を自費で購入し、学校農場を実験の場として行なった、地下水系調査を土台としての電気探査。こうして、地域の地下構造と地下水の実態を求める日々が続いた。そして、昭和32年、はじめて読売学生科学賞が制定され、第一回に今までの成果を問う意味で出品し、全国入賞は逸したもの

写真一① 電気探査の指導



写真一② 農家に対して電探による地下水探査技術奉仕（晴雨に関係なく実施）



の知事賞を受け、これがきっかけとなり、西那須野町役場からはじめての水道用として、地下水源探査の依頼があり、この外部依頼の第1号調査の成功が地域社会とのつながりを得た原動力になったともいえよう。特に、この調査で立てた予想と、実際の結果がでるのを待つ時間の長さの長かったこと、真剣勝負にも似た厳しさをはじめて体験したものである。これらの経験はわずかな時限において、人間の苦しみ、喜びを無言の中に厳しく与えられ、さらに、発展と自信を与えてくれた。その翌年、再び読売学生科学賞に出品し、全国で総理大臣賞を獲得した。その出品過程でのエピソードを野州百話の中から拾ってみよう。

「中央審査に出すため、石膏で作った地下構造模型がトラック便で東京に送る途中、ぼろぼろになって送り返され、新たに作ろうに

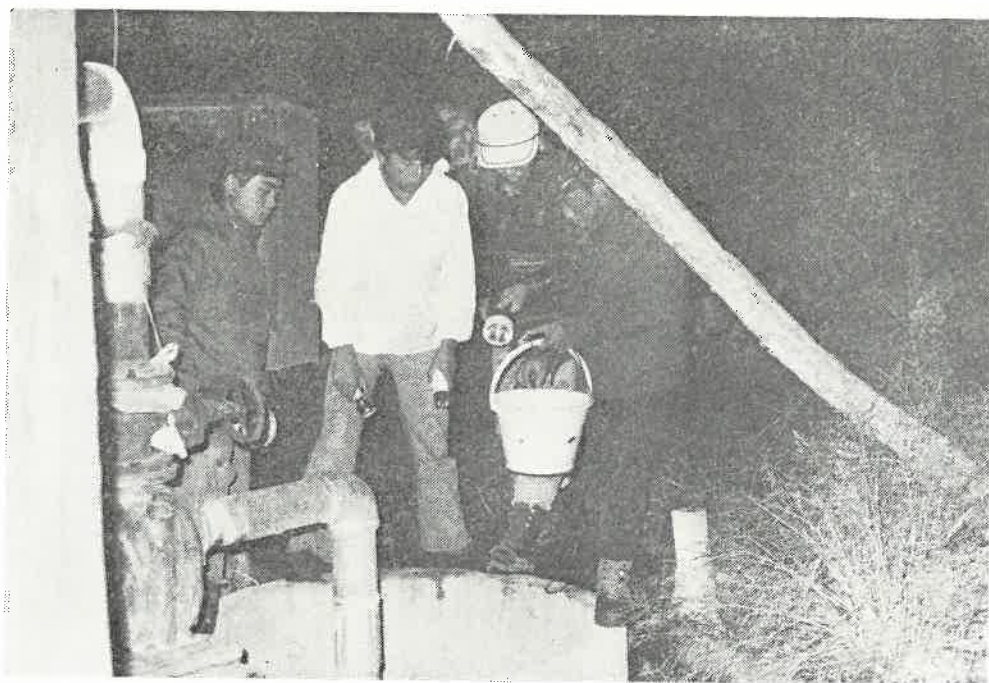
も審査日まであと2日、とても無理だとあきらめ、「来年総力をあげよう」と生徒に話しました。ところが生徒はあきらめず、

「先生何を言うんです。吸着剤もあるし、徹夜でやればできます」

と、学校の米乾燥機を使って、全員裸になって徹夜で修理にかかりました。その時の生徒の真剣な表情、はっきり覚えています。＊何としてでも出そう！その執念でやっとまにありました。出品した後も壊れてしまうのではないかと心配していたところ、何と総理大臣賞の通知、夢ではないかと思いました。なにごとにも先づやってみることだ。――、と生徒達からかえって教えられました。この入賞で自信を得て、『からだをはって人の3倍やれ、能力にはこだわるな』ということが地学クラブのあい言葉になりました。

これをきっかけとして、読売学生科学賞と

写真③ 夜を徹して行なった地下水系調査



は切ってもきれなくなり、昭和34年、昭和36年と全国で入賞、昭和38年には再び第一位の学校賞を獲得した。当時のクラブ員は次のようにつぶっている。

「学生科学賞日本一の夢は再びわたくしたちの胸に抱かれたが、この作品を出品するまでの期間、わたくしたちの胸には色々な思い出が浮んでくる。からっ風の吹く寒い日、みぞれの降る日、また真夏の炎天下、数多い電気探査、とくに那須岳清水平での電気探査は強風が吹き荒れ、小石の飛ぶさなかで実施し、さらにある時は地質調査で蜂に追い回され、先生といっしょに顔をふくらませたこと、最も印象に残るのは合宿、授業が終ってから明け方3時までの室内作業「人の3倍」を口ずさみながら、眠いのも忘れ、先生の指導のもとに頑張り続けた1週間、これらのこ

とは将来においても心の支柱となる思い出である。あとは審査の発表を待つのみとなった。10月20日、待ちに待った通知が届いた。それは、わたくしたちが夢にまで見た日本一であった。一略一」（山水会誌より）

これら数々の試練を経て、20年間共に苦しみ、共に喜びも味わってきたが、農業を志す生徒にとって、地域農村に対して地下水探査など小さな技術的奉仕に過ぎないが、誠実の労が相手の喜びとなって報われたときほど嬉しいことはない。これらの調査を通しての生きる喜びである。

地学クラブは今なお、在校生と卒業生（山水会）が常に一致協力しながら、1つの目標に向って、過去に学んだものを語り、その経験を生かして現在を築き、未来を追うという一貫した流れの上にたち、歩み続けている。

写真④ 揚水しながら水口の方角と水量を調査



写真一⑤ 横井戸掘さくによる水口の変化の確認



写真一⑥ 電探解析と井戸堀後の検証
(井戸内への出入)



写真一⑦ クラブ員の夏季合宿指導
(三斗小屋自炊)



著 者 略 歴

- 昭和23年 盛岡工業専門学校採鉱科卒業
(現, 岩手大, 工学部)
- 昭和25年 栃木県立那須農業高校教諭として勤務(地下水研究期間)
- 昭和46年 栃木県立黒羽高等学校教頭として勤務
- 昭和49年 栃木県立黒磯高等学校教頭として勤務, 現在に至る。

図説那須野の地下水探査記録

昭和51年9月20日初版発行

監修者 渡部景隆

著 者 提橋 昇

編集人 日高裕行

発行人 岩本寛光

発行所 株式会社住宅新報社

本 社 東京都港区芝虎の門1

(03) 502-8451(代) 〒105

振替口座 東京8-27738

出版局 東京都港区芝虎の門15 虎の門ビル6 F

(出版販売部) 東京都千代田区神田錦町3-1-1

北星ビル (03) 294-6445(代) 〒101

印刷所 コビキ印刷株式会社

書籍コード2030-1157-3238