

内外を示すものが3井もあり、比湧出量も $106 \sim 248 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$ とかなり良好な水文地質状況を示している(図2-2-43)。鮭川層より上位の諸層から採水している井戸の中では、舟形層が加わる場合は揚水量も多くなるようである。新庄丸魚(株)の井戸は舟形層から柴倉山、本合海層を経て八向層まで到達しているようである。この井戸の揚水量は $2,000 \text{ m}^3/\text{d}$ (比湧出量 $120 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$) である。

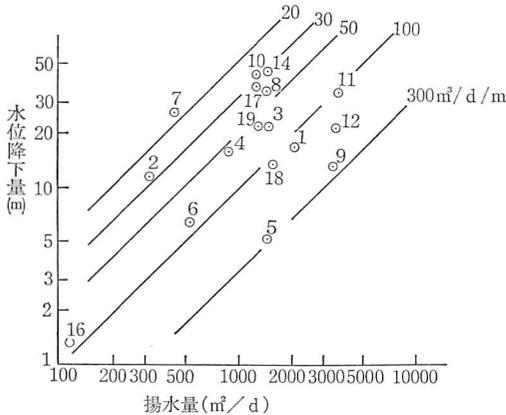


図2-2-43 比湧出量一覧図
(第三紀鮮新世の地層からの揚水井戸)

一方、柴倉山層からも $1,440 \text{ m}^3/\text{d}$ (比湧出量 $247 \text{ m}^3/\text{d}/\text{m}$) とかなり多量な揚水をしている。しかし、比湧出量からみた場合、かなり小さいものもあり、同一地層でもかなり横方向での岩相変化があり、透水性にも差異が出て、このような結果になっているものと考えられる(図2-2-43)。

地下水の利用状況は、1955年に80井に過ぎなかった井戸が、1974年には1,137井に達した。しかし、その85%に当たる967井が農業用で、1974年の地下水の日揚水量 46 万 m^3 のうちの85%に当たる 40 万 m^3 が農業用である。多少の例外はあるが、そのほとんどが10m以浅で、伏流水的な地下水である。

農業用を除いた深度別の井戸本数を1974年の調査でみると、30m以浅のものが55井、121~150mのものが42井と浅層部の沖、洪積層と比較的深層部の第三紀層(鮮新世)の地下水利用に二分されている。

地下水によるかんがいには、新庄地区農業水利事業による地表水利用に転換するものところが多くなり、地下水利用はかなり減少するものと思われる。一方、消雪用の地下水利用は近年増加の傾向にあり、冬期間にはかなりの水位低下を生じている。採水の対象となる鮮新世の地層は粘土、シルト層がかなり挟在してきているので、脱水压密による地盤沈下の可能性が十分考えられる。

(松岡 功)

参考文献

- (1) 皆川信弥ほか(1978): 新庄盆地の水利地質, 日本地下水学会誌, 20, No. 1
- (2) 中川久夫ほか(1971): 新庄盆地の第四紀地殻変動, 東北大地質古生物研邦報, No. 71
- (3) 大沢 稔・角 清愛(1961): 5万分の1地質図, 同説明書「羽前金山」, 地質調査所
- (4) 仙台通商産業局(1975): 新庄市周辺地域地下水利用適正化調査報告書
- (5) 田口一雄(1967): 5万分の1地質図, 同説明書「新庄」, 山形県商工労働部
- (6) 東北農政局計画部(1978): 山形県水文地質図集

11. 山形盆地

(1) 地形・地質

かつて山形盆地は地下水に非常に恵まれた地域であった。山形市街地は馬見ヶ崎川扇状地の上にあって、生活用水として扇状地の豊富な地下水が利用されてきた。また、水田地帯は馬見ヶ崎

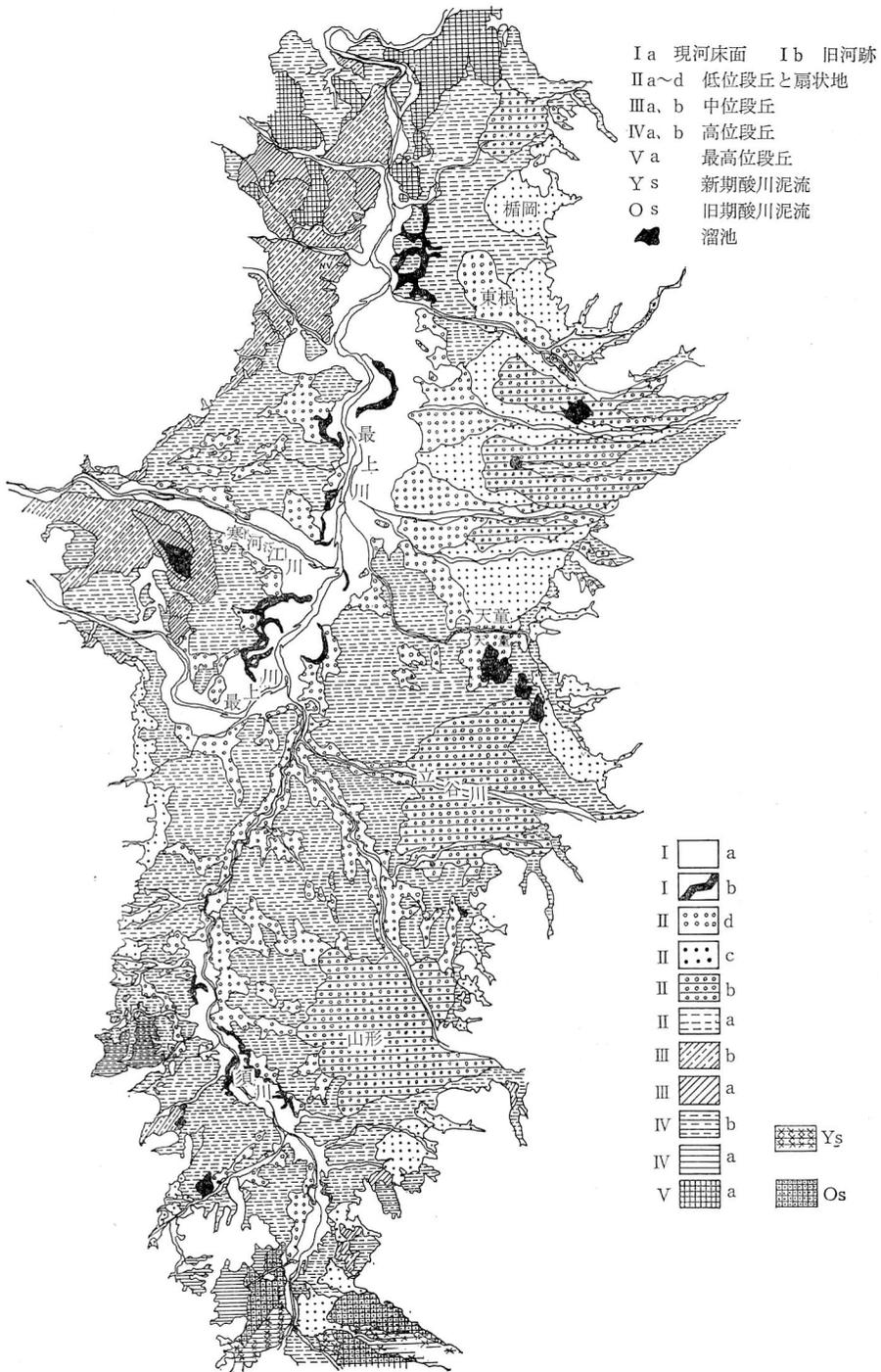


図 2-2-44 山形盆地地形区分図 (東北農政局⁽¹²⁾による)

川, 立谷川扇状地および乱川扇状地末端部から低地にかけて広がり, かんがい用水として地表水のほかに扇端部より湧出する大量の湧泉, 自噴水(ドッコン水)が利用されてきた。

近年、人口の増加、商工業の発展に伴い、上水道用水の需要が増加し、その水源として扇状地の地下水が盛んに利用された。この影響で扇端の自噴帯は西側に後退し、自噴水（ドコン水）も次第に涸渇し始めた。そのため、1952年頃から農業用の深井戸が掘削されるようになり、1955年、1958年の干ばつを契機にその数はさらに増加した。一方、1960年頃の高成長に伴い、商工業の発展がめざましく、地下水に対する依存度もますます増大し、深井戸が急増した。

1967年頃から、山形市北西部において農業用深井戸の抜け上がり現象がみられ始め、地盤沈下が発生した。1980年11月現在、1974年11月からの累計沈下量で最大280mm、累計沈下量20mm以上の地盤沈下面積は約5,330haと広範囲に及んでいる。

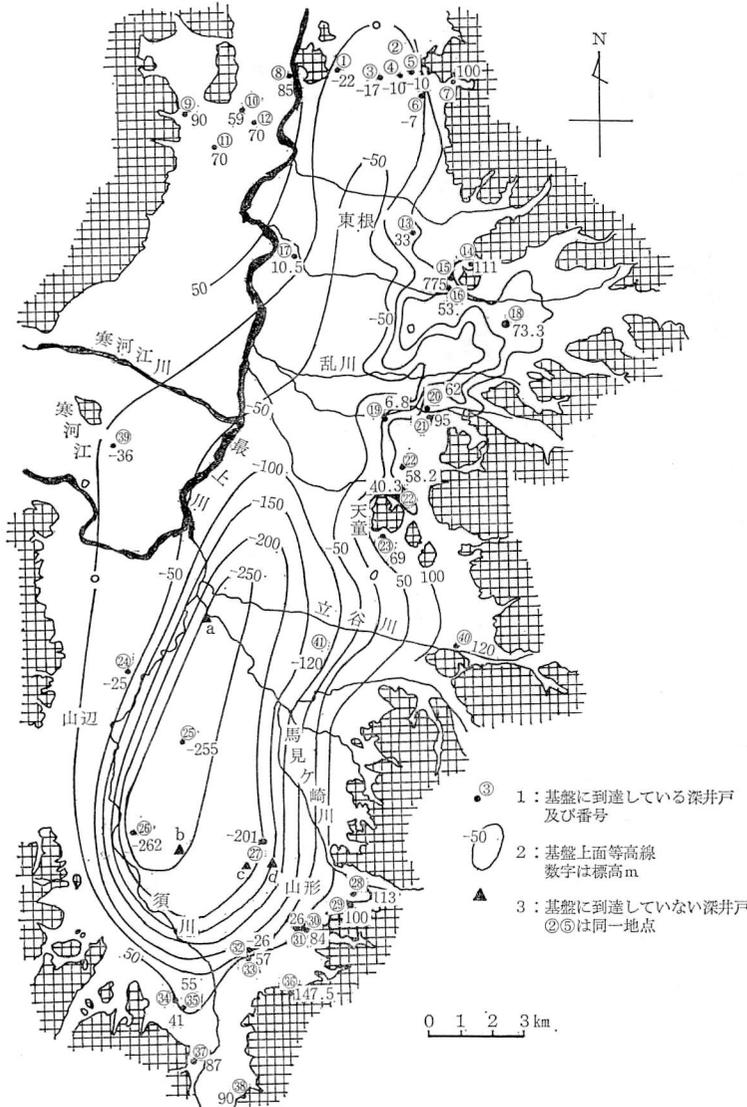


図2-2-45 第四系基底面等高線図

山形盆地は、奥羽山脈と出羽丘陵の間に形成された、南北35km、東西15kmの細長い舟底形の盆地である。

盆地内には、奥羽山脈から西流する乱川、立谷川、馬見ヶ崎川などにより、それぞれ大型の扇状地が形成されている。地形的に周辺丘陵に発達する斉頂丘陵面*、それに接続する高位面、中位面、低位面、現河床面と大別される。盆地の主面は上記扇状地を包含する低位面で、広い範囲に分布しており、中位面、高位面の分布は狭い(図2-2-44)。

山形盆地をとりまく山地、丘陵の地質は、大部分が新第三紀層からなっている。基盤は先新第三紀の花崗岩類で、その上位に変朽安山岩、火山岩およびその碎屑岩などからなるいわゆる緑色凝灰

* 丘陵の高さのよくそろった面。

岩（グリーンタフ）が重なっている。その上位の地層は、奥羽山脈側では主として火山岩、火山砕屑性の地層からなり、一方、出羽丘陵側は主として堆積岩類で構成されている。それらの上位には、新第三紀鮮新世の地層が局部的に分布している。盆地下に知られる新第三紀層はほとんどが中新世の地層である。新第三紀層を被覆して、第四紀の蔵王火山噴出物、葉山、白鷹火山噴出物が分布する。

地質構造は、奥羽、出羽山系とも主としてほぼ南北性の褶曲構造を呈し、数次の褶曲を経て新第三紀層は盆地下に傾下している。盆地下の構造は複向斜帯*を形成し、数条の向斜部の存在が推定されている。

① 第四紀層基底の形態……基盤に到達した深井戸資料を中心に、各種物理探査の結果を参考にして盆地下の第四系基底面等高線図を作成したのが図2-2-45である。現在の盆地中央部には南北方向の細長い凹地帯があり、とくに盆地南部には標高 -250 m 以下の凹地が存在する。南の上山盆地および北の花尾沢盆地はそれぞれ分離独立しており、盆地境界付近には基盤の隆起帯が考えられる。また、山形盆地の南部と北部で深さの差異があるのも、おそらく基盤の隆起量の差に起因するものと考えられる。

盆地の東縁には扇状地の発達が著しいが、その基底面は浸食谷の形態を示し、扇頂部に延びている。この谷地形の延長方向は、馬見ヶ崎川扇状地では東西、乱川扇状地では北東—南西である。これらの方向は、盆地南部に存在する深い凹地形と関連している可能性がある。

② 堆積物の層相、区分……第四紀層の層相は、盆地内に数多く存在する深井戸資料によって

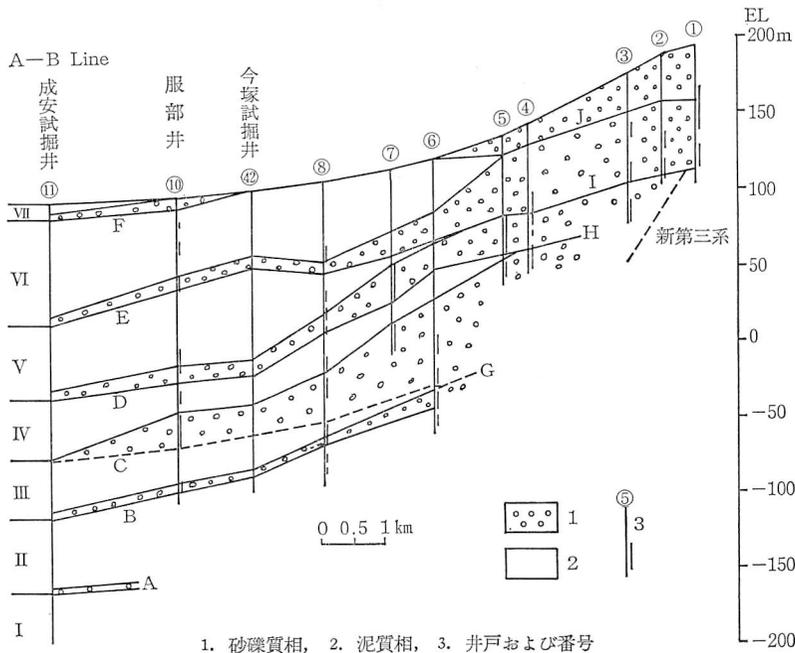


図2-2-46 地質断面図

* いくつかの褶曲が集まってその褶曲波面が1つの向斜構造をつくっているもの。

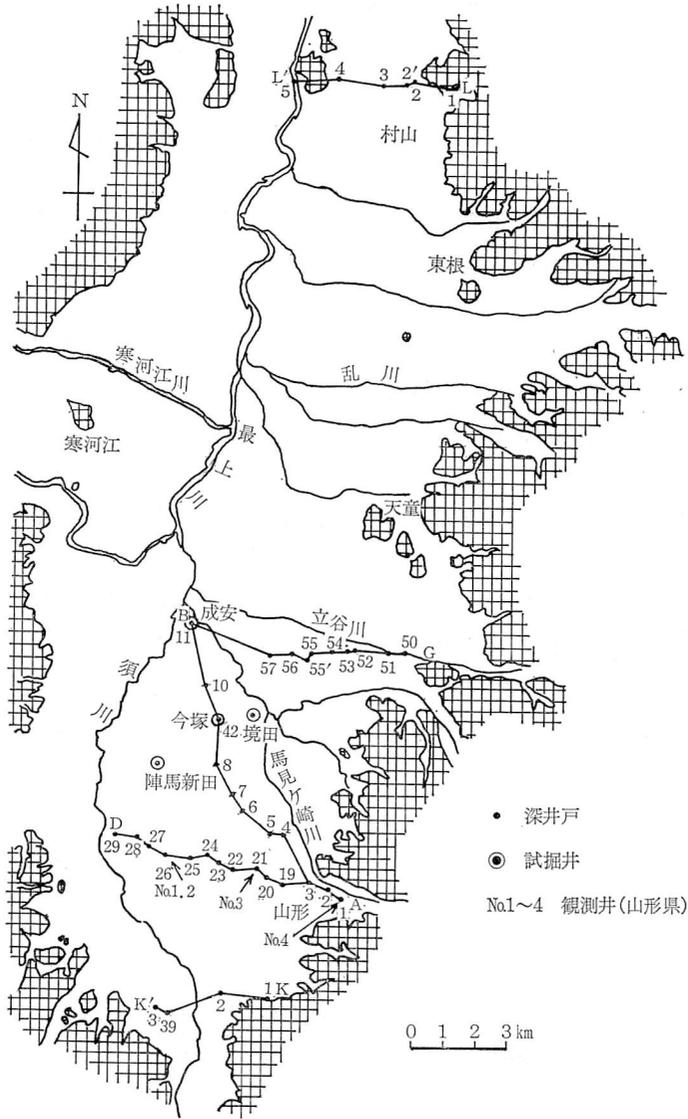


図2-2-47 地質柱状断面線位置図

知ることができる。盆地東縁の扇状地の扇頂部から扇央、扇端を經由して低地に至る地質断面図(図2-2-46)を概観すると、以下のようである。

扇頂部から扇央部にかけては、乱堆積状の巨礫混り砂礫が厚く分布する。これらの堆積物は、下流側の扇端、低地へ移行するにつれて粗粒から細粒の堆積物へと変化し、次第に泥質相が優勢となる。これらの厚い堆積物は薄い泥質層の挟みを鍵層として区分することが可能である。盆地中心部の低地では、泥質層が優勢なので、逆に挟在する砂礫、砂などの粗粒堆積物で側方向に追跡可能なものが有力な鍵層となる。

盆地中心部の堆積物には、粗粒堆積物に始まり、次第に細粒堆積物へと分級的に進行し、泥質

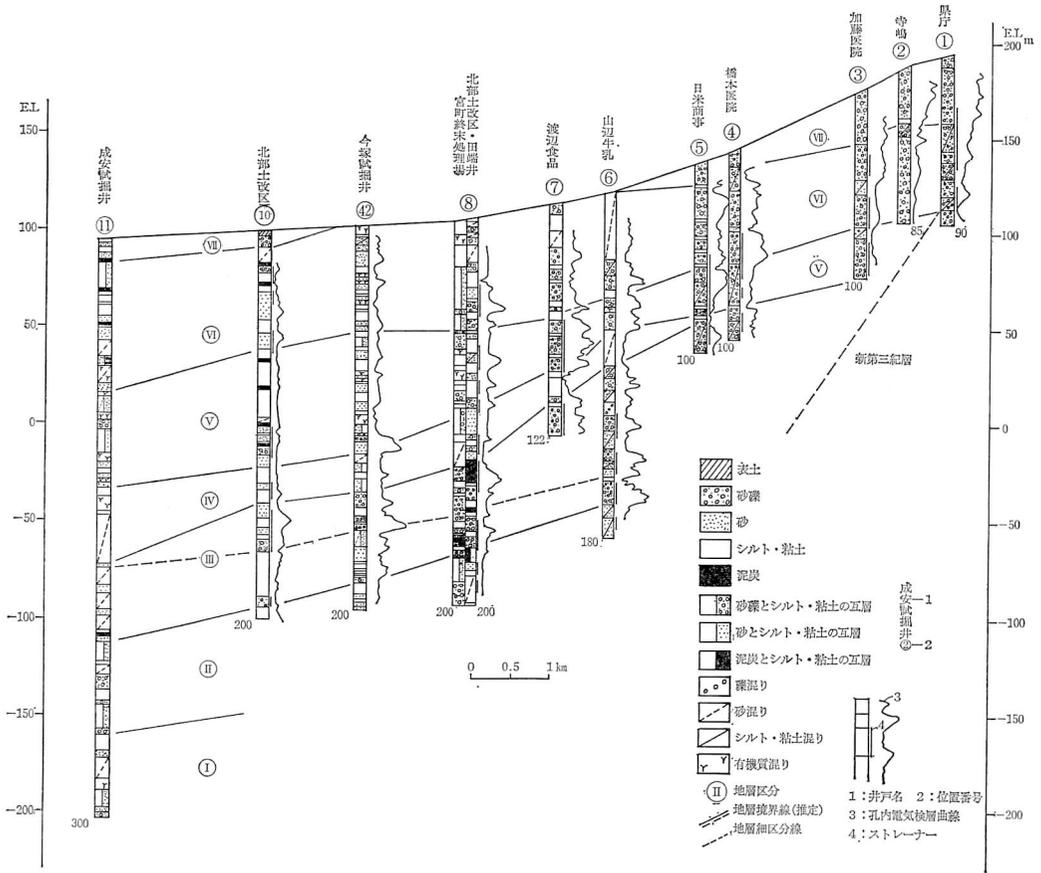


図2-2-48 地質柱状断面図 (B-A)

堆積物で1輪廻が完了するという堆積輪廻が認められる。このような傾向は、盆地内のかなり広い範囲にわたって追跡される。そこで、主として粗粒堆積物の基底面をもって層序単元を区分すると図2-2-47~2-2-52に示すようになる。ただし、III層とIV層は花粉分析、古地磁気測定結果によって追跡すると、この基本的サイクルとはやや異なる区分になる。

③ 堆積物中の微化石、古地磁気分析……成安試掘井（深度300m）のボーリングコアについて、花粉化石、けい藻化石、古地磁気、¹⁴C年代をそれぞれ分析および測定した。その分析、測定の結果は図2-2-53にとりまとめている。

盆地下の第四紀堆積物は、上記の測定結果を総合すると第四紀更新世中期以降のものと考えられる。花粉化石分析の結果、11帯の分帯が可能で、温暖、寒冷期のサイクルがかなり明瞭である。そのうち、NC帯（深度16~44m）は“ウルム氷期最盛期”相当の寒冷期に、NH帯（深度162~218m）は“最終間氷期”相当の温暖期に、それぞれ相当する。古地磁気測定の結果、5層準に逆帯磁が認められ、国内および外国から報告されているものと対比すると、A層準：Laschamp Event (0.8万年 B.P.)、B層準：Mungo Event (3万年 B.P.)、猿内II層下部 (3.4万年 B.P.)、C層準：Blake Event (10.8~11.4万年 B.P.)、塚原層中部、D層準：Biwa I (17.6~18.6万年 B.P.)、

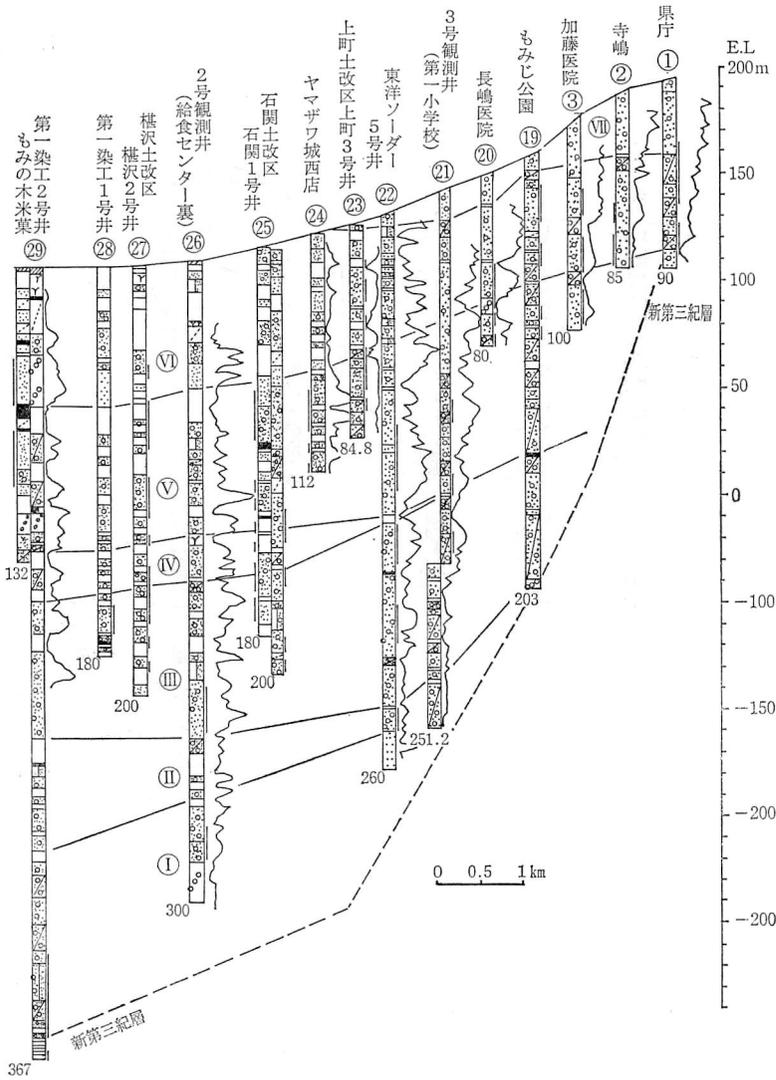


図2-2-49 地質柱状断面図 (D-A)
 (注) 凡例は図 2-2-48 に同じ

E層準: Biwa II (29.2~29.8万年 B.P) という対応が考えられる。けい藻化石分析の結果からみた盆地中央低地における堆積環境は、すべて淡水域を示し、「古山形湖」と呼べるような時期は、2万年 B.P. 前後の“ウルム氷期最盛期”相当の時期に短期間存在しただけで、それ以外の大部分の時期は、後背湿地的様相を呈していたと考えられる。

(2) 地下水

地下水の賦存形態は、すでに述べたような地質条件に左右されている。図 2-2-46 の砂礫質相優勢部が帯水層として重要な役割を果たしている。扇頂部から扇中央部にかけては巨礫混りの砂礫層を中心に、粘土、シルト混り砂礫、薄い粘土、シルト層が挟在している。扇頂部は浅層からの

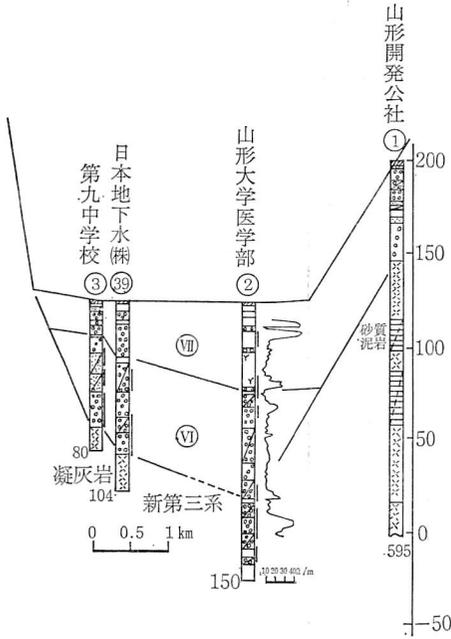


図 2-2-50 地質柱状断面図 (K'-K)
(注) 凡例は図 2-2-48 に同じ

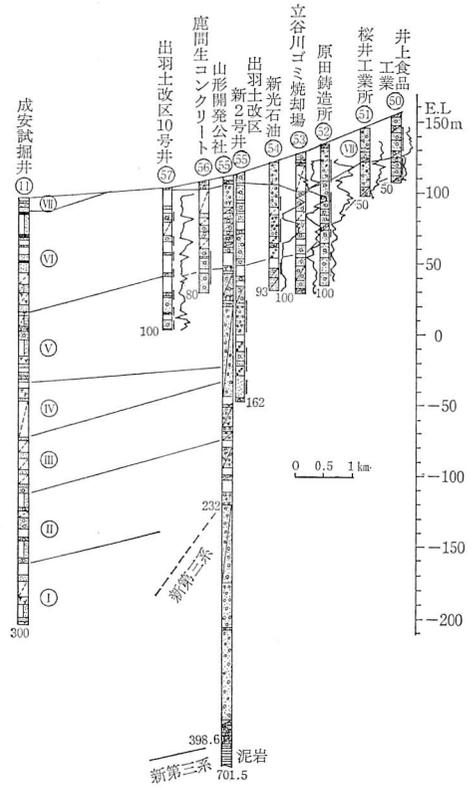


図 2-2-51 地質柱状断面図 (B-G)
(注) 凡例は図 2-2-48 に同じ

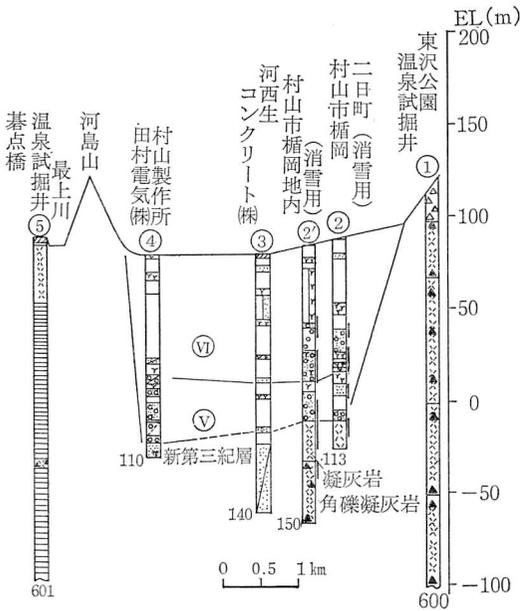


図 2-2-52 地質柱状断面図 (L'-L)
(注) 凡例は図 2-2-48 に同じ

伏流水取水が多く、扇尖部では 100 m 程度の深度からの被圧水地下採取が多い。扇端部から低地にかけては、泥質部分が多くなり砂礫層は薄く挟在する形となる。したがって、ストレーナーも数多くの個所に設置し、収水している。深度も 100~150 m 程度のものが多く、深いものでは、350 m を超すものがある。揚水量も、2,000~3,000 m³/d とかなり多量の揚水が可能である。しかし、地質条件からみて容易に圧密

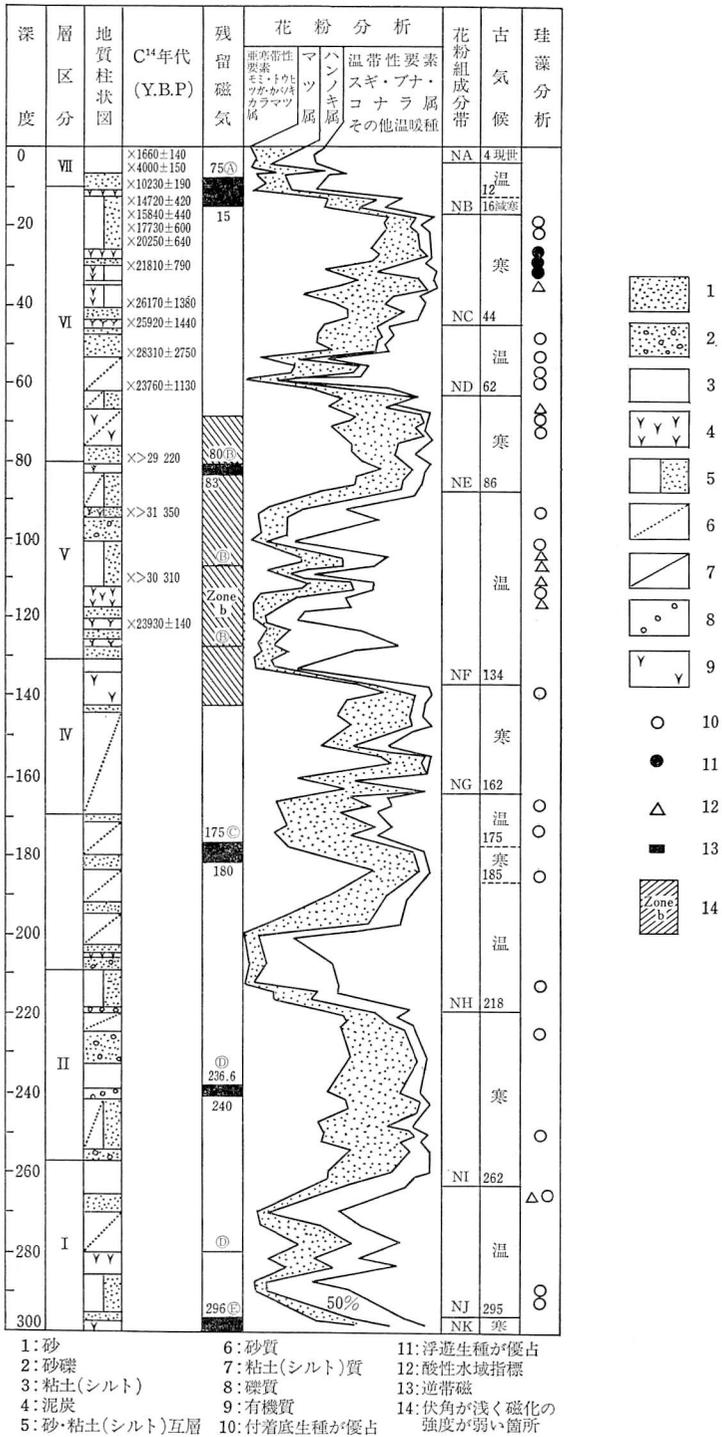


図2-2-53 成安試掘井(300 m) ボーリングコアの分析結果一覧図
(分析者: 古地磁気・真鍋, 花粉・竹内, 珪藻・阿久津,
東北農政局⁽¹²⁾による。)

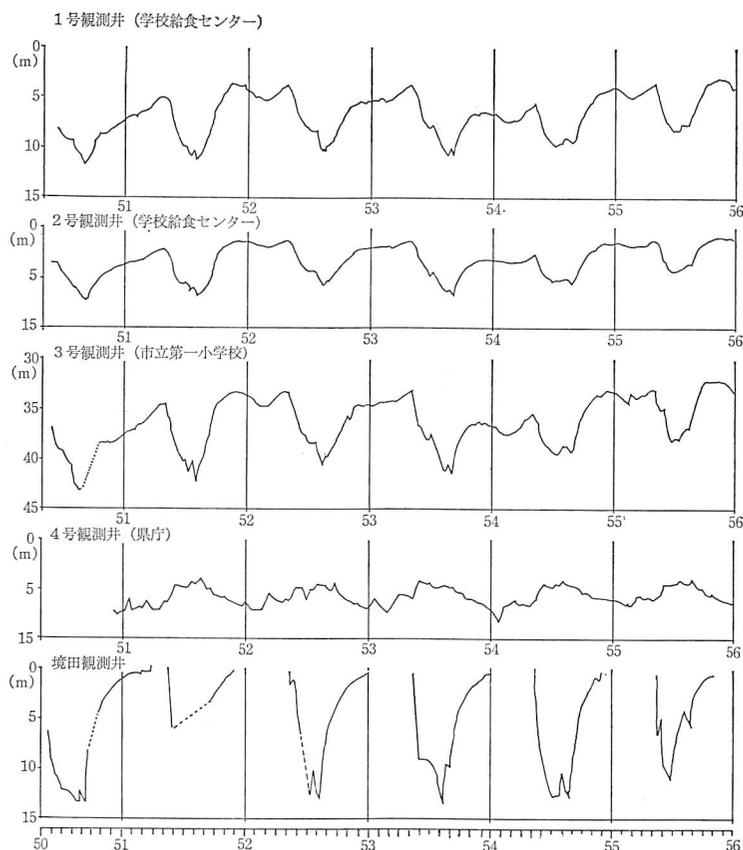


図2-2-54 観測井における地下水位変動
(山形市⁽¹⁰⁾による，位置は図2-2-47参照)

脱水を惹起しやすく地盤沈下の原因となっている。

地下水面の形態は，扇状地の部分では地形に沿って急勾配を示すが，低地部では緩い勾配で西側に傾下している。地下水は扇状地で涵養され，低地中央部へと長い時間をかけて流動していると考えられる。

地下水位の変化は扇頂部とそれ以外の地域では異なる。扇頂部は降水量の多い夏期に地下水位は上昇し，以後徐々に低下し，冬期に最低を示すという年変動を示している。一方，扇央～低地にかけての地域は，かんがい用水や冷房用水利用の多い夏期に低下し，11～12月が最高となる。また，冬期の凍結が影響し，2月に再び若干低下する。その後，融雪水が地下浸透するため，かんがい用水その他の揚水の始まる5月初旬まで上昇するという周期を繰り返している(図2-2-54)。

山形市における地下水の利用状況は，山形県条例(1976年制定)に基づく揚水機の吐出口径2.5cmを超える井戸の届出により知ることができる。また，1980年には，山形地域地下水利用実態調査が行われている。それによると，1980年の地下水の年間揚水量は3,132万 m^3 に達している。そのうち，浅井戸からの揚水は，60万 m^3 弱で全体の2%にも満たず，ほとんどが深井戸による揚水である。揚水量の用途別構成は，農業用が1,175万 m^3 ，非農業用が1,957万 m^3 であ

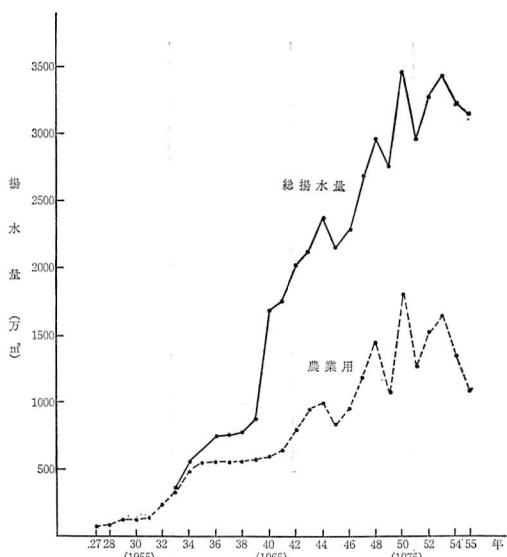


図2-2-55 山形市の地下水利用の経年変化
(山形県⁽⁹⁾, 山形市⁽¹⁰⁾から作成)

度であったものが、1975年には、3,400万 m^3 /年となり、50倍近くも増加した。しかし、1974年のオイルショック以後、1975年をピークとして低下の傾向にある。また、条例の設定による規制の影響も現われている。

(3) 地盤沈下

山形市の西北部の見崎、今塚、中野のほぼ中間地点の服部付近を中心として、1967年頃から農業用深井戸の抜け上がり現象が認められるようになった。1973年頃には、数十本の農業用深井戸に抜け上がりが見られ、最高で46cmと測定され、その範囲は山形市域の低地部の広範囲に及んだ。この地盤沈下の進行は、地下水揚水量の急激に増加した時期と一致している。

1974年11月から山形市では、数十カ所の測点を設けて水準測量を実施し、精密な地盤沈下量を測定している。その結果、1980年11月現在、服部地点(No.15)で累計沈下量で最大280mmに達していることがわかった。沈下の面積は、累計沈下量20mm以上の範囲で約5,330haに及んでいる(図2-2-56)。

地盤沈下調査は、山形県および山形市が1974年から実施しているが、農林水産省もその後、水田地帯の地盤沈下が深刻化する事態に備えて、1978～1981年の4年間にわたる調査を実施した。その調査の中で、前述のような盆地の第四紀層の堆積状況を把握するとともに、地史の解明も行った。そのほかに、各種資料を調査または収集し、盆地のシミュレーションモデル(疑似模型)を作成し、そのモデルに将来想定される地下水揚水案を代入して地下水頭や地盤沈下量を予測する試算も実施した。その結果によれば、現状どおりの揚水を継続した場合は、今後10年間でさらに現在までの沈下量程度の沈下が見込まれること、農業用地下水をとりやめ、他種用地下水の増加を見込んだ場合は10mm程度の沈下が見込まれることなどが試算されている。定量的には、代入されるパラメータの精度により可変的であるが、その傾向については将来の動向を示唆して

る。各月別の利用状況は、非農業用は季節を通じてほとんど変化がないが、農業用は5～9月のかんがい期に年間揚水量の90%が集中し、全体揚水量の60%に相当する。なお、農林水産省の最上川中流農業水利事業により、最上川から山形盆地に導水する水路トンネルが1980年に完成し、1981年から一部用水の供給を開始しており、将来農業用地下水の利用は激減する予定である。

地下水利用の推移は、図2-2-55に示してある。当初は、農業用水の補給水として、1952年頃から深井戸が掘削され始め、1955、1958年の干ばつを契機に揚水能力の大きい井戸が掘削されるようになった。さらに、相前後して、上水道や商工業の深井戸も多数掘削されるようになった。揚水量は、1952年に72万 m^3 /年程

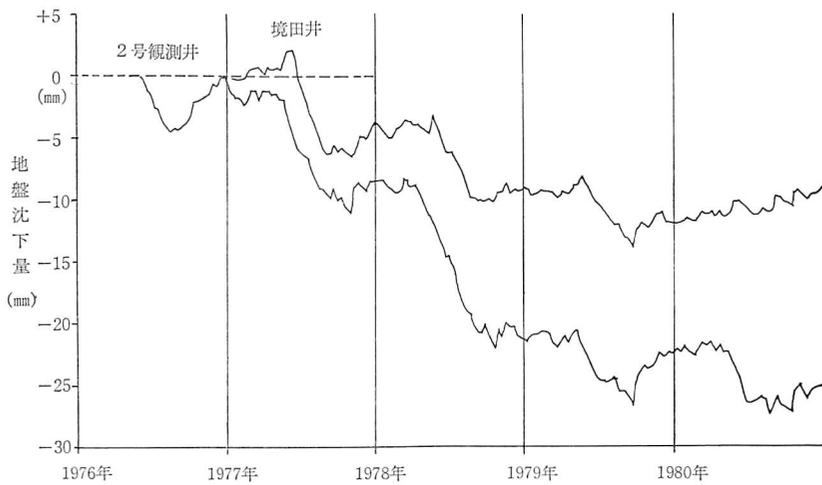
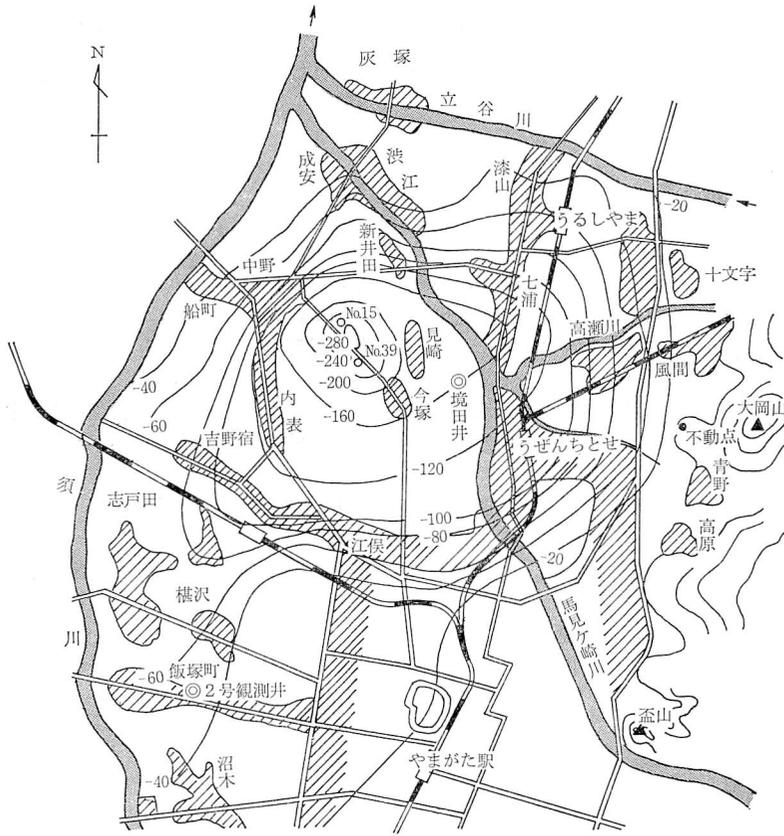


図 2-2-56 地盤沈下等量線図 (単位: mm) と地盤沈下観測井の記録
(1974年11月~1980年11月, 山形市⁽¹⁰⁾による)

いるものと考えられる。なお、前述のように、今後、最上川中流農業水利事業の完成に伴って、農業用地下水は、非常な干ばつ年以外はほとんど利用されない計画になっている。したがって、他種用水の適正な地下水利用が今後とも継続されるとすれば、地盤沈下を伴わない健全な地下水利用は可能であろうと考えられる。

(松岡 功)

参 考 文 献

- (1) 藤原健三 (1967): 山形盆地の地形発達, 地理学評論, 40
- (2) 広岡公夫 (1977): 第四紀後期の地磁気変化, 第四紀研究, 16
- (3) 北村 信 (1963): グリーンタフ地域における第三紀造構運動, 化石, No. 5
- (4) 真鍋健一 (1974): 福島県小高町の上部更新統中の地磁気逆転について, 第四紀研究, 13
- (5) 真鍋健一・吉田 義 (1979): ウルム氷期の地磁気変化, 日本地質学会第86年学術大会講演要旨
- (6) 中川久夫 (1961): 本邦太平洋沿岸地方における海水準静的変化と第四紀編年, 東北大地質古生物研
邦報, No. 54
- (7) 農林省・仙台農地事務局 (1962): 山形県村山(乱川)扇状地地区調査報告
- (8) 山形県企画部 (1975): 山形盆地地下水賦存状況調査報告書
- (9) 山形県地下水人工涵養調査会 (1979): 地下水人工涵養に関する報告書—馬見ヶ崎川扇状地を主とし
て—
- (10) 山形市 (1980): 環境汚染調査報告書
- (11) 東北農政局計画部 (1978): 山形県水文地質図集
- (12) 東北農政局計画部 (1982): 山形盆地地区地盤沈下調査報告書

12. 米 沢 盆 地

(1) 地形・地質

米沢盆地は、山形県の南部にあり、最上川水系における盆地群の最も上流部を占める。北西に隣接する長井盆地とあわせて置賜盆地とも称される。

米沢盆地は、南北およそ 27 km、東西が盆地中央で 15~16 km の南から北に向かって半開状のやや狭い扇形を示す。最上川の本川(松川)は、南の吾妻連峯から北流し、盆地の南端で扇状地を形成する。その扇端付近に米沢市街地が発達している。支川として鬼面川、羽黒川、天王川、屋代川、吉野川、犬川、黒川などがあり、大小の扇状地ないし扇状地的地形がみられる。北東部および諸河川の合流する中央部は低地帯となっており、前者は白竜湖を中心とするおよそ 1,000 ha に及ぶ泥炭地帯となっている。また、後者には、河川の著しい蛇行がみられる。

盆地の北、東、南には、それぞれ若松山、豪士山、兜山の基盤岩類(主として花崗岩)が露出し、これらの間を埋めるように新第三紀の緑色凝灰岩類が分布し、南部にはさらに吾妻火山の第四紀火山岩類が標高 2,000 m に及ぶ山嶺を形成している。また、西には新第三紀鮮新世の手ノ子層、中原層と、これを不整合に覆う第四紀更新世の玉庭層とが分布し平坦な丘陵をなしている。玉庭丘陵をはじめ、盆地周辺の高位段丘面には古赤色土の分布が知られている(図 2-2-57)。

盆地内の地質は、作井柱状図のほか、通産省や県、市の設けた観測井の柱状図によると、礫、砂、粘土などの互層からなり、掘削地点ごとに層相の変化がはなはだしい。代表的な断面を図 2-2-58 に掲げる。