

後背山地および丘陵部は新第三紀中新世の流紋岩、流紋岩質火砕岩および堆積岩類からなり、水文地質的な基盤となっている。丘陵末端の段丘堆積物および加賀市南西部に分布する南郷層(礫、泥)は高位段丘に、橋立丘陵に分布する片山津層(泥、砂、礫)および月津台地の砂層は中段丘に対比される<sup>(1)</sup>。低地部の地質は、木場潟付近を境としてその構造に差があり、北東側では第三紀層までの深度が深く、DG<sub>1</sub>層やDC<sub>1</sub>層が伏在している。南西側では第三紀層が浅く、DG<sub>1</sub>層、DC<sub>1</sub>層は欠如する。

## (2) 地下水

帯水層の概要は表2-4-15にまとめたとおりであるが、金沢平野の中では比較的地下水に乏しい地域である。小松市を中心とする北東部地域には、手取川扇状地から連続するDG<sub>1</sub>層が分布しており、その他DG<sub>2</sub>層、As層からも地下水が採取されている。一方、加賀市を中心とする南西部地域では、良好な帯水層が少なく、DG<sub>2</sub>層やD~T層を取水対象とし、また橋立丘陵では第三紀層中の裂か水を取水している井戸もある。

小松江沿低地の地下水揚水量は前述の2地域の1/3~1/4にすぎないが、水道用水、工業用水としての利用がそれぞれ54%、32%と高い率を示すことが特徴である。その中でも、加賀市において、大聖寺川の伏流水を主体とした水道用水の取水が急増していることが注目される。小松砂丘では梯川右岸を中心として井戸が多く、工業用および畑地かんがい用に利用されている。小松市の中心部付近および粟津周辺は、深井戸が最も集中し、30井近くの井戸によって洪積層の砂礫層中の地下水が採取され、もっぱら工業用水として用いられている<sup>(2)</sup>。

(榎並信行)

## 参 考 文 献

- (1) 北陸第四紀研究グループ(1969): 北陸地方の第四系, 地団研専報, 第15号「日本の第四系」, 地学団体研究会
- (2) 北陸農政局計画部(1977): 石川県の水理地質と地下水, 北陸農政局
- (3) 今井 功(1959): 5万分の1地質図幅「金沢」説明書, 地質調査所
- (4) 石川県地下水保全対策協議会(1980): 昭和54年度石川県地下水保全対策報告書, 石川県
- (5) 石川県地下水調査会(1974): 石川県全域地下水調査事業報告書, 石川県
- (6) 農林省北陸農政局(1974): 国土総合開発事業調整費調査報告書(西金沢地区地下水調査), 北陸農政局
- (7) 石川県地下水保全対策協議会(1981): 昭和55年度石川県地下水保全対策報告書, 石川県
- (8) 日本地誌研究所(1970): 日本地誌, 第10巻, 富山県・石川県・福井県, 二宮書店
- (9) 石川県(1981): 金沢平野地域の地下水位10年報, 石川県

## 6. 福井平野

### (1) 地形・地質

福井平野は、福井平野主部(もしくは坂井平野)、加越台地、三里浜砂丘を包含する東西約10km、南北約20kmの範囲である。地域の南限は、武生盆地(あるいは鯖武盆地)と接し、その境界は福井市南部の浅水、大土呂間の狭隘部である。

地形区分を図2-4-47に示す。平野をとりまく山地は、西側の丹生山地、東側の加越山地、越前中央山地で、ともに第三紀中新世の火山岩類、凝灰岩などからなる。平野の南端には孤立丘群があり、南の武生盆地へ続いている。

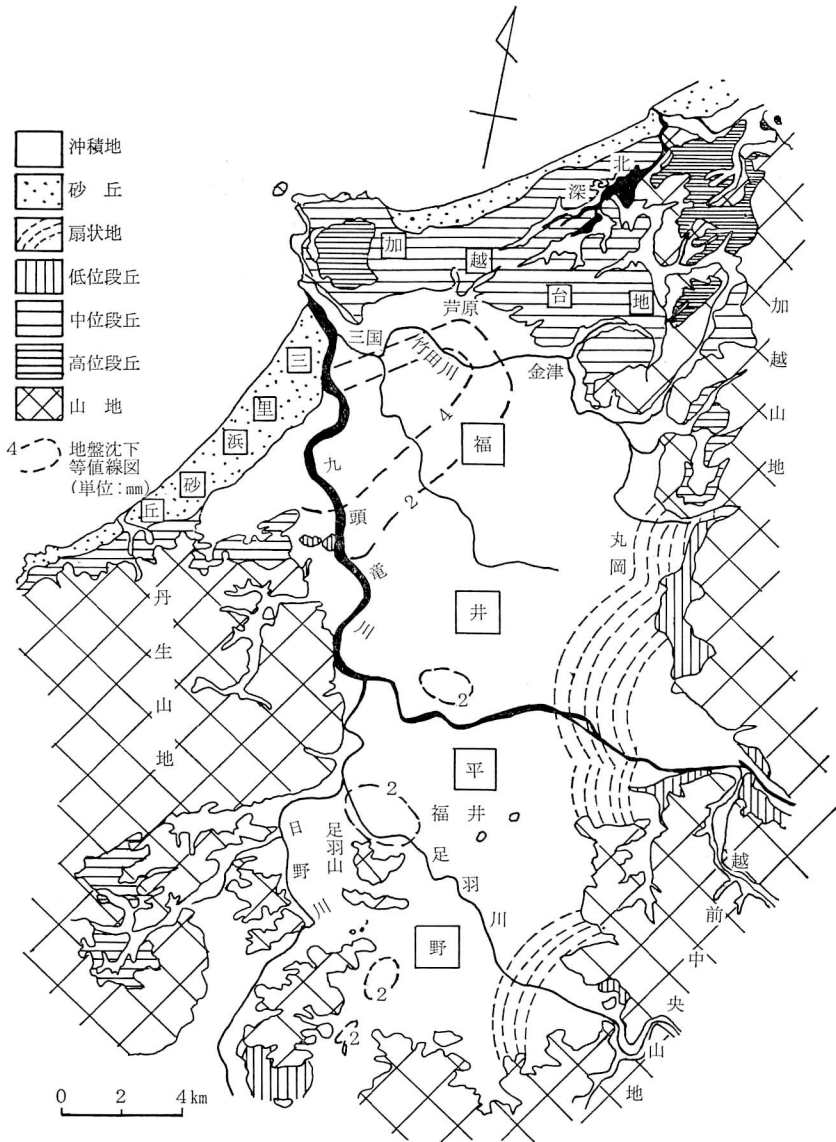


図2-4-47 福井平野および加越台地の地形区分図  
(農林水産省<sup>(5)</sup>、福井県<sup>(1)</sup>より編図)

平野の北部には、平地部と急崖で接する加越台地がある。加越台地の西端および東端は、標高80~100 m の高位段丘、その中間は標高 40 m 前後の中位段丘面を形成している。中位段丘は、丹生山地の北端にも形成されている。旧期扇状地の名残りとしてされる低位段丘は、九頭竜川の平野への出口に当る松岡付近および加越山地西麓に部分的に分布している。

平野は、扇状地、氾濫原、三角洲からなり、その境界はほぼ 10 m、3 m の等高線に一致している<sup>(2)</sup>。扇状地は、竹田川、九頭竜川、足羽川の各河川にみられるが、発達には貧弱である。丹生山地と加越台地に挟まれた九頭竜川河口部には、三里浜砂丘が発達する。砂丘は延長約 12 km、

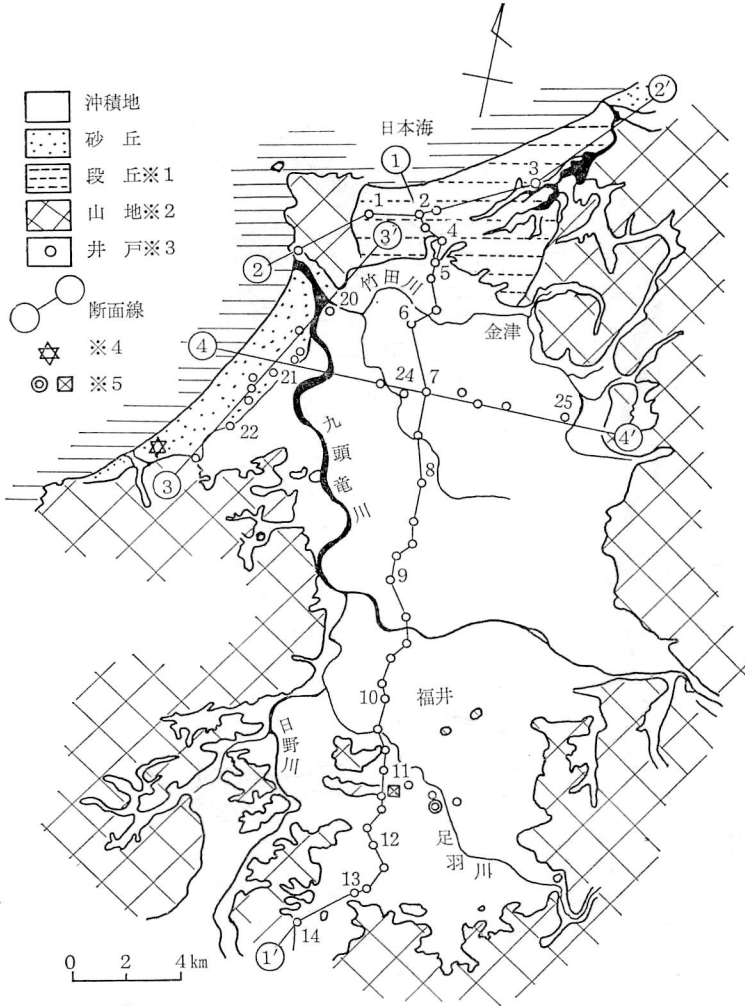
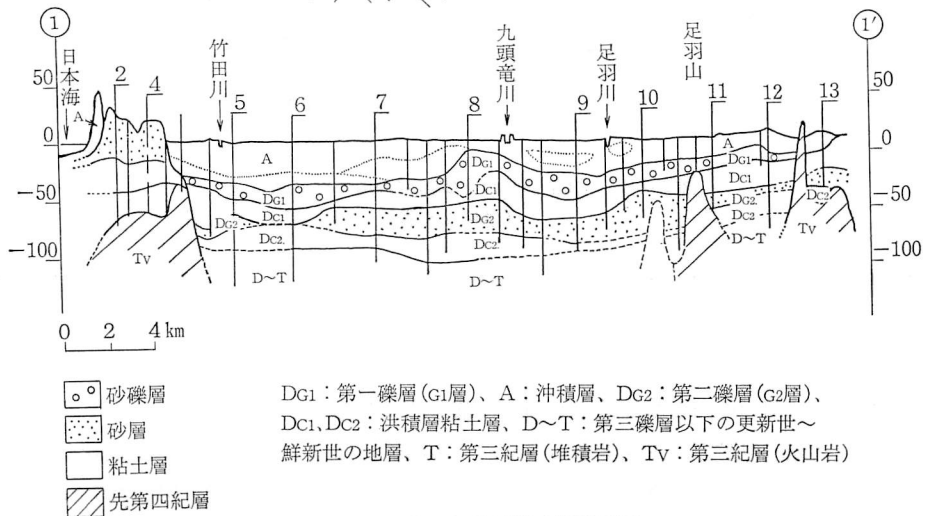


図 2-4-48 地質断面位置図  
 (農林水産省<sup>(4)</sup><sup>(5)</sup>より編図)  
 ※1 中段段丘を形成する洪積層の厚い地域  
 ※2 堆積物の薄い段丘  
 ※3 断面図に使用したもの  
 ※4 三里浜地下水人工涵養試験地  
 ※5 観測井



DG1: 第一礫層 (G1層)、A: 沖積層、DG2: 第二礫層 (G2層)、  
 Dc1、Dc2: 洪積層粘土層、D~T: 第三礫層以下の更新世~  
 鮮新世の地層、T: 第三紀層 (堆積岩)、Tv: 第三紀層 (火山岩)

図 2-4-49 ① 福井平野地質断面図

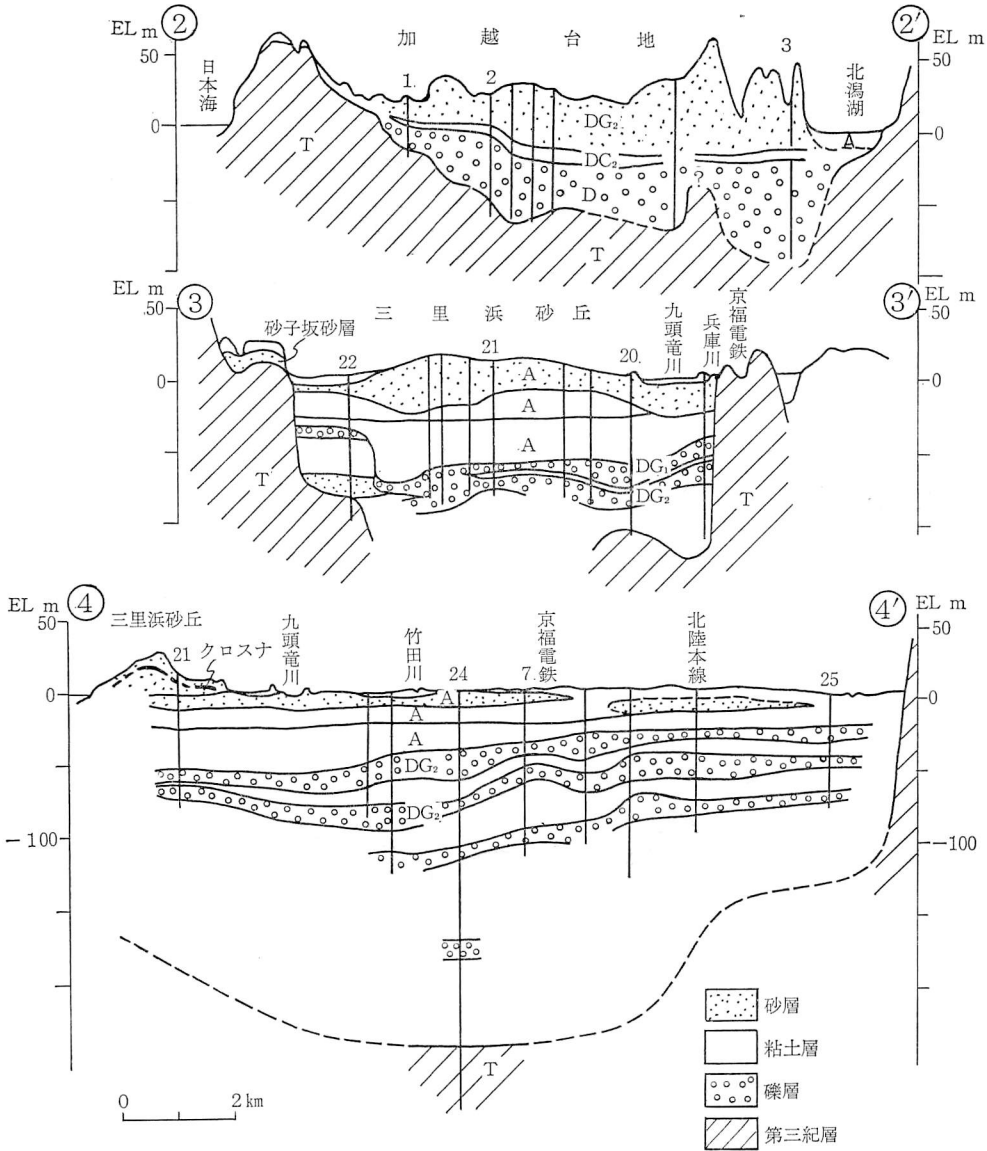


図 2-4-49 ② 福井平野地質断面図

最大幅約 2 km，最高部標高約 40 m である。このほか，加越台地上の海岸側に浜坂砂丘が発達する。

福井県水理(地下水)地質図<sup>(3)</sup>によれば，平野中央(図 2-4-48 の 2 地点)の東荒井で深度 243 m で第三紀層の凝灰質泥岩が確認されている。三里浜砂丘では，146 m で第三紀層凝灰質砂岩に達している。福井市付近では，第三紀層までの深さは 90~150 m とされている。足羽山から東へ越前中央山地の西端までの間には丸山などの孤立丘があり，その間にも基盤の隆起部が伏在している。加越台地地下では，基盤は平野より高まっていて，海水準下 60 m 程度にある(図 2-4-49)。

粕野，三浦，藤井<sup>(2)</sup>は福井地震断層を境にして東側で基盤が浅く，西側で落ちこんでいるとし

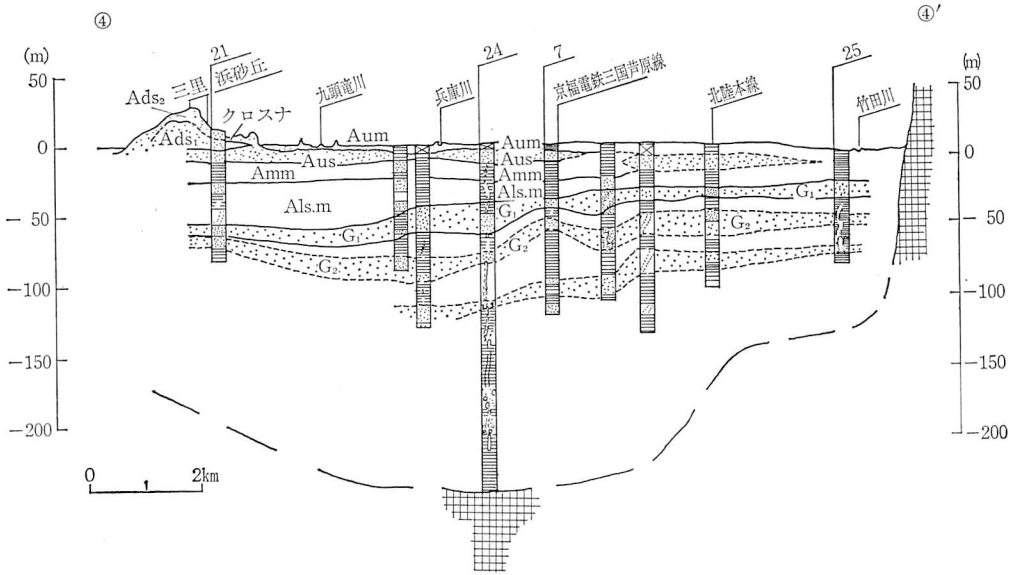


図 2-4-50 ④～④' 断面詳細地質断面図

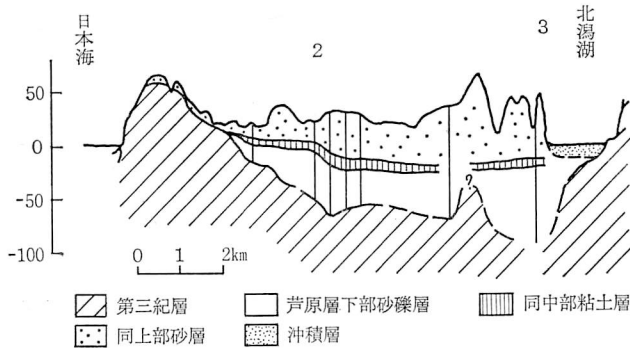


図 2-4-51 加越台地地質断面図

ている (図2-4-49) にその状態を模式的に示す)。このほか、これと直交する東西の方向性をもつ構造運動があり、加越台地はこの方向に沿って平野から隆起している。

平野地下の第四紀層は、表2-4-17 に示されるように、洪積層 (扇状地礫層、潟湖成堆積層、段丘相当層) および沖積層からなる<sup>(2)</sup>。平野地下には、おおむね3層準の礫層が認められ、それぞれ海水準下20~40 m (G<sub>1</sub>層: 第1礫層), 60~80 m (G<sub>2</sub>層: 第2礫層), 100 m 以深 (G<sub>3</sub>層: 第3礫層) に分布する。このうち、G<sub>1</sub>層、G<sub>2</sub>層は普遍的に分布する<sup>(2)</sup>。

沖積層はG<sub>1</sub>層を基底礫層とし、扇状地礫層の優勢な地域をのぞいて、海水準下25 m までの下部砂泥層、25~10 m の中部泥層、10 m 以浅の上部砂層、上部泥層 (黒泥) に細分される<sup>(4)</sup>。三里浜砂丘では、中部泥層は砂層に変化し、それを砂丘砂層が覆っている。砂丘砂層は、黒砂を

表 2-4-17 福井平野 第四紀層層序表

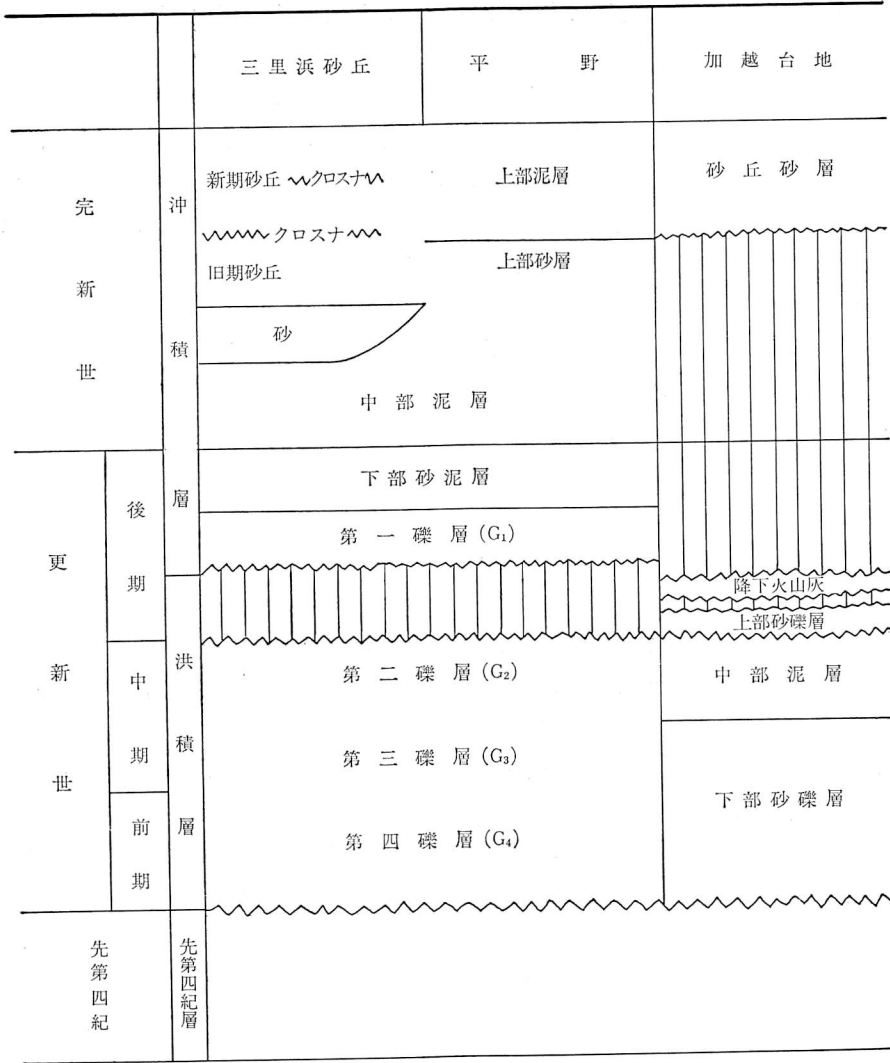


表 2-4-18 地下水利用の現状 (福井県<sup>(11)</sup>) より  
 福井市, 松岡町, 三国町, 芦原町, 金津町, 丸岡町, 春江町, 坂井町について集計  
 (単位: m<sup>3</sup>/d)

用途	水道用水	工業用水	農業用水	養魚用水	消雪用水	その他水	計
地下水使用量 (m <sup>3</sup> /d)	135,862	205,274	7,960	12,051	4,900	46,961	413,008
地下水以外の水使用量 (m <sup>3</sup> /d)	87	6,879	2,119,403	86,237	213	0	2,212,819
計	135,949	212,153	2,127,363	98,288	5,113	46,961	2,625,827
地下水依存率	100	97	0	12	96	100	16

挟み旧期および新期砂丘に二分される<sup>(4)</sup> (図2-4-50)。

G<sub>1</sub>層は、それ以下の地層と顕著な不整合関係にあり、松岡付近の低位段丘礫層に続くと考えられている<sup>(3)</sup>。

加越台地の洪積層は、福井県<sup>(3)</sup>により上部砂礫層、中部粘土層、下部砂礫層に分けられる (図2-4-51)。上部砂礫層は中部粘土層と不整合関係にあるといわれている。北陸農政局<sup>(5)</sup>は、上部砂礫層を平野部の DG<sub>2</sub>層 (G<sub>2</sub>層を含む) に対比し、下末吉期の海面上昇による堆積層としているが、中部粘土層以下の地層とともに中期更新世の地層の可能性もある。福井県<sup>(3)</sup>は、平野主部には下末吉期の地層は欠除し、G<sub>2</sub>層は中期更新世の地層であるとしている。

## (2) 地下水

福井県では、県公害防止条例に基づき全県下の井戸が届出されている。福井平野には、1979年現在で約900本の井戸があり、日量平均約41万m<sup>3</sup>を揚水している<sup>(1)</sup>。用途別には表2-4-18のとおりで、上水道が日量13万m<sup>3</sup>、工業用20万m<sup>3</sup>と大半を占め、地下水に対する依存度も100%に近い。これは、福井県の基幹産業である繊維産業が温度、湿度調整用として地下水を積極的に活用したためとされている<sup>(5)</sup>。

加越台地、三里浜砂丘、福井平野主部について、それぞれの帯水層の特徴は次のとおりである。

**加越台地：**農業用、上水道用の深さ100m前後の井戸が30本程度ある。帯水層は芦原層上部砂礫層 (不圧地下水) および下部砂礫層 (被圧地下水) で、ほとんどの井戸が両層から採水している。自然水位は標高6~8mで<sup>(6)</sup>、1井当りの揚水量は1,300~2,200m<sup>3</sup>/d、水位降下は3~7mである。水理定数は  $T=2\sim4\times10^{-3}\text{m}^2/\text{s}$ 、 $k=2\sim5\times10^{-4}\text{m}/\text{s}$  である<sup>(6)</sup>。地下水収支結果によると、揚水して水田にかん水された地下水は、その50%が地下水に還元されている<sup>(7)</sup>。

**三里浜砂丘：**農業用、上水道用など20本余りの深さ100m程度の井戸があり、G<sub>1</sub>層およびG<sub>2</sub>層から採水している。第三紀層の高まりの伏在する砂丘南部には深さ60~70mの井戸が2~3本あり、洪積層から採水している。このほか、畑地かんがい用のごく浅い (数m) 打ち込み井戸があり、砂丘砂層から採水している。G<sub>1</sub>、G<sub>2</sub>層から採水する井戸は揚水量2,000m<sup>3</sup>/dで、水位降下量0.5~1mであり、水理定数は  $T=5\times10^{-2}\text{m}^2/\text{s}$ 、 $k=2\times10^{-3}\text{m}/\text{s}$ 、 $S=5\times10^{-4}$  である<sup>(5)</sup>。砂丘砂層の水理定数は比較的粒度の粗い (中央粒径0.61mm) 砂丘南部の砂で  $T=8\times10^{-3}\text{m}^2/\text{s}$ 、 $k=7\times10^{-4}\text{m}/\text{s}$ 、 $S=0.2$  である。

**福井平野：**福井県<sup>(3)</sup>は、足羽山から東にのびて伏在する基盤の高まりを境にして、帯水層も地下水の涵養機構も異なるとして、それぞれを足羽川地下水系、九頭竜川地下水系に区別している。このほか、丸岡付近の基盤の高まりより北側を竹田川地下水系と名づけている。それぞれの地下水系とも、扇状地礫層、G<sub>1</sub>層、およびG<sub>2</sub>層以深の三種の帯水層から採水している。

扇状地礫層は九頭竜川の扇状地で最も良好な帯水層を形成している。福井市上水道の水源井では、深さ13mの井戸で10,000m<sup>3</sup>/dを取水している。帯水層の水理定数は  $k=3\times10^{-3}\text{m}/\text{s}$  である<sup>(3)</sup>。G<sub>1</sub>層は、足羽川沿岸ではG<sub>3</sub>層とともに採水層となっている。九頭竜川水系でも、扇状地礫層から採水している地域の西隣ではG<sub>1</sub>層からも採水している。しかし、それ以外の地域のG<sub>1</sub>層の地下水は鉄分が多いなど水質が悪く利用されていない。とくに、竹田川沿岸ではガスを含んでいる。G<sub>2</sub>層、G<sub>3</sub>層は、ほとんどの井戸の帯水層となっている。これらの帯水層の被圧地下水

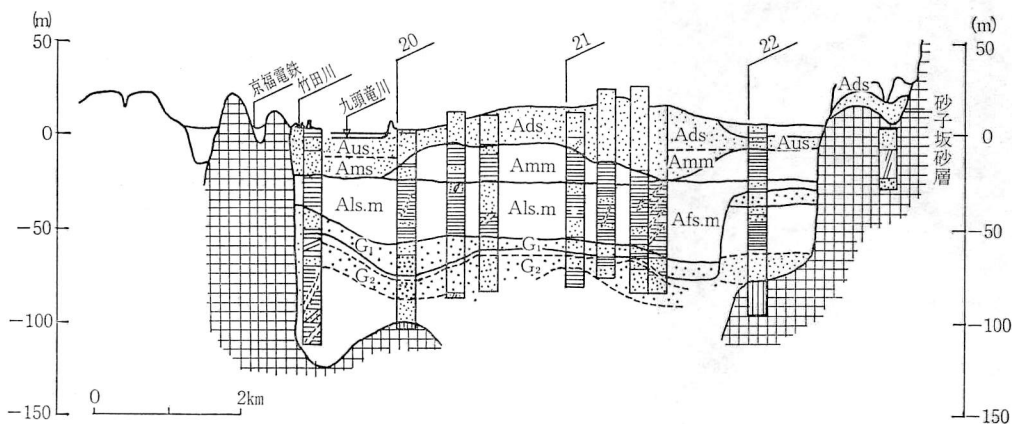


図2-4-52 三里浜砂丘詳細地質断面図

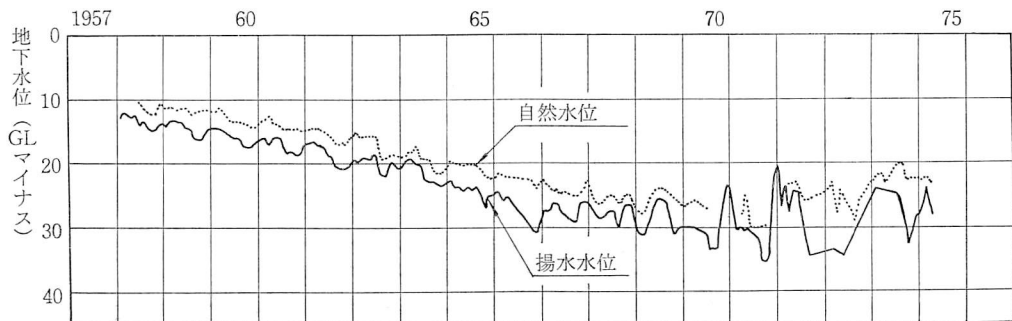


図2-4-53 福井平野地下水位経年変化  
(福井市水道資料)

は水質も良好で1井当り1,500~3,000 m<sup>3</sup>/dの揚水を行っている。帯水層の水利定数は  $T=5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  である。

上水道、工業用水を中心とした地下水開発の結果、被圧水頭は年々低下した。足羽川沿岸の福井市水道水源井の水位の経年変化(図2-4-53)および九竜川以北の井戸掘削時の自然水位の年ごとの状況(図2-4-54)から、1960年以降の水位低下が著しい。

この結果、福井市および九頭竜川下流の低地部に地盤沈下が生じた(図2-4-54)。水準測量を開始した1975年から79年までの沈下量は最大59mm(芦原町)である<sup>(10)</sup>。地下水位

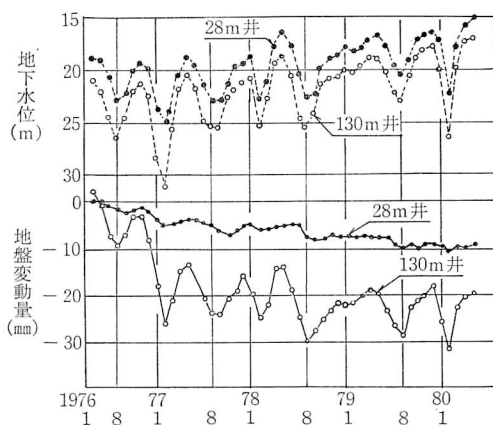


図2-4-54 福井市木田観測井の水位および地盤沈下量の経年変化(福井県)





図2-4-55 三里浜砂丘の涵養水路

変化と地盤沈下の関係は図2-4-54のとおりで、夏期と積雪期に水位低下、地盤沈下が進行している。

(3) 三里浜砂丘における地下水人工涵養試験

農林水産省では、福井県の協力のもとに、1978年より三里浜砂丘において地下水の人工涵養試験を行っている<sup>(10)</sup>。これは、雪どけ水など余剰の地表水を人工涵養し、不飽和帯水層を厚くもつ砂丘に貯留すること、砂丘砂層の熱伝導度の小ささに注目し、冷水あるいは温水を涵養し蓄熱貯留すること、砂丘砂のろ化、浄化能力を利用して地表水の水質転換を図ることなど、砂丘砂層の特性を省資源、省エネルギーに生かすことの技術的検討を目的とした試験である。

試験は、高須川の水を河口付近で揚水し、1.3kmを導水して砂丘地に設けられた素掘りの水路(幅2m、長さ25m、

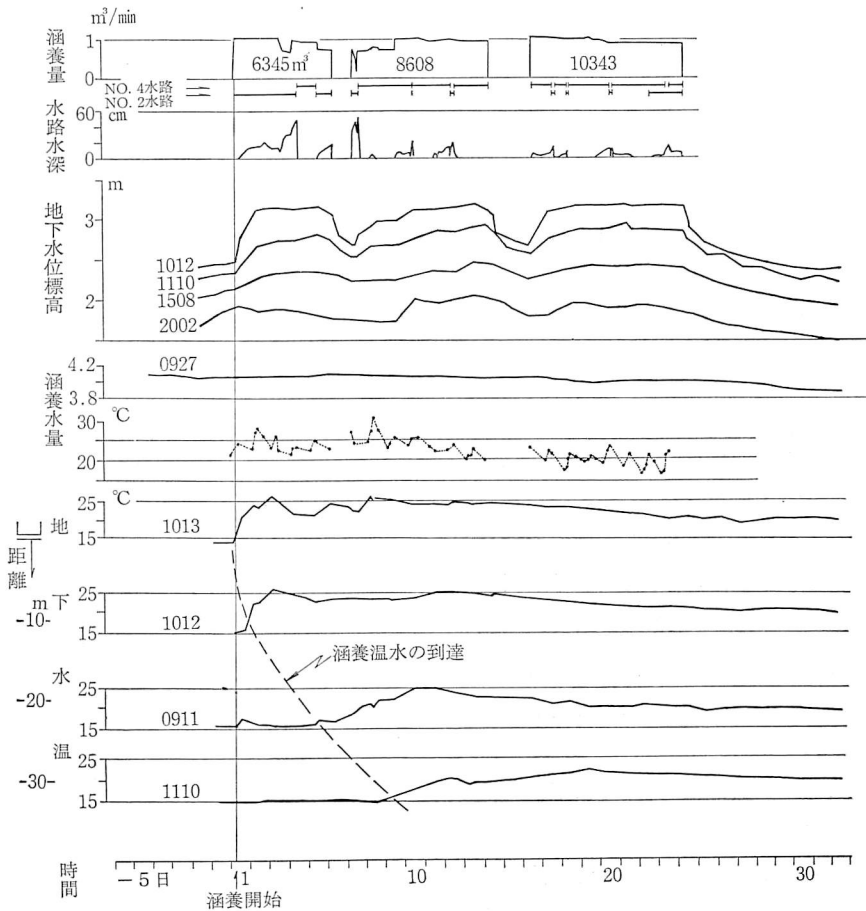


図2-4-56 三里浜丘における人工涵養試験における水位、水波変化

図2-4-55) に流しこみ涵養している。試験地の水文地質は、海水準下 10m に広がる洪積層を削る埋没波食面を不透水性基盤として、これを覆う砂層から構成されている。砂層の水理定数は前述のとおりである。1981年には、 $1,440 \text{ m}^3/\text{d}$  の強度で、約1カ月間で約  $25,000 \text{ m}^3$  涵養した。試験は、1982年現在継続中であるが、現在まで次のことが明らかになった(図2-4-56)。

① 地下水位は、水路直近で約 80cm 上昇するが、涵養停止後急速に降下し、4～5日後には初期水位にもどる。

② 河川水の水質が良好(濁度2～4,  $\text{ss}=10$ 以下)な場合、涵養強度  $1,440 \text{ m}^3/\text{d}$  では涵養水路の水位はほとんど上昇せずに涵養を継続できる。河川水が濁っている場合、水路底に粘土フィルムが形成され、浸透が悪くなる。

③ 地下水温より低い、あるいは高い水を涵養すると、冷水塊(あるいは温水塊)を形成し下流側へ移動していく。移動速度は 1m/日程度である。

④ 水路から 30cm はなれた観測井における中性子水分計を用いての地中水分測定によれば、水路底からの浸透による不飽和帯の水分増加量は 5～10% (飽和度 50% 前後) であり、不飽和浸透の様子がうかがわれる。 (川崎 敏)

#### 参 考 文 献

- (1) 福井県(1981): 地下水利用等基礎調査報告書——福井県における地下水問題の状況
- (2) 粕野義夫・三浦 静・藤井昭二(1972): 北陸地方の海岸地方の形成過程, 地質学論集第7号
- (3) 福井県(1965): 福井県水理(地下水)地質図説明書
- (4) 北陸農政局計画部(1981): 坂井平野微地形区分図
- (5) 北陸農政局計画部(1977): 福井県の水理地質と地下水
- (6) 北陸農政局(1968): 農業用地下水調査地下水対策予備調査報告書, 芦原台地地区
- (7) 磯崎義正・中山 康(1969): 福井県芦原台地の地下水, 応用地質 第10巻第3号
- (8) 塚野善蔵・三浦 静・群寄隆次(1966): 福井県三里浜砂丘地域の水理地質について, 福井大学教育学部紀要Ⅱ, 16号
- (9) 福井県(1980): 環境白書(昭和55年版)
- (10) 川崎 敏ほか(1983): 砂丘地における地下水の人工かん養, 土と基礎, Vol. 31 No. 3, 土質工学会

## 7. 若狭湾沿岸平野

### (1) 地形・地質

琵琶湖北岸から若狭湾の東部にかけての地域には、数多くの断層が存在する。これらの断層の中には、歴史時代に入って地震が記録されたものも存在する<sup>(1)</sup>。この地域では、地下水の賦存状況は断層運動と深く関係しているようにみえる。ここでは、その影響を最も強く受けた地域の1つであるいわゆる“三遠三角地帯”とその周辺についてみていくこととする。

若狭湾沿岸東部の三遠三角地帯は、三方湖に流れ込む鱒川、小浜湾に流れ込む北川および海岸線によって囲まれる三角形の地域である。この海岸は、常神半島や若狭蘇洞門にみられるような沈降性を示すリアス式海岸である。また、すぐ内陸には三方湖をはじめとする三方五湖を残している。

図2-4-57は、大略的な地質構造を知るためのブーゲー重力異常図である<sup>(2)</sup>。鱒川に沿って等重力線は並行して走り、北川沿いでは等重力線の乱れがみられる。ここで注意をひくのは、三角