耳川下流域の地質構造及び地下水

中 川 雅 郎*

Geological Structure and Ground Water Condition on the Catchment Area of Mimi-kawa River.

Masao Nakagawa

1. まえがき

筆者は福井県三方郡美浜町、耳川下流域において昭和38年～40年の各年、主として8月に地質構造ならびに地下水の調査を実施してきた。ここにこれ迄の結果を纏めて報告する。

2. 耳川下流域の地形及び地質

耳川は嶺南地区東部の地峡部破碎帯中央部にほぼ位置し、三国山西方より北西に流れ若狭湾に注いでいる。下流域の西方には五つの湖沼から成る三方湖沼地帯がある。周囲の山塊は主として古生層及び花崗岩類である。古生層は主に粘板岩、チャート、砂岩より成り部分的に礫岩、輝緑凝灰岩などを挟んでいる。又、花崗岩類は主に白雲母花崗岩であるが、一部の地域に Aplite が分布している。これらは地表に近い部分ではかなり風化しており、下流域には之らの風化土砂の堆積した比較的厚い洪積層が分布し、これを沖積層が薄く覆っている。これらの分布を図1に示す。

次に耳川沿いとその西方矢筈山麓にそれとほぼ平行に、更に土井山北辺から北西に伸びる方向に夫々断層 AB, CD, EF があり、いずれも耳川地溝帯の形成(時期は下部洪積層堆積末期と推定される)と同時に生じたものと思われる。河口近くの山地をつくる古生層には、多くの小規模な断層が見られるが、概ね北東～南西に走っている。川の西岸には河成段丘や扇状地の発達が見られ、東岸にはこのような地形が見られない。この事は上記地溝帯をつくった地殻変動において西岸が東岸に対して隆起したことを物語っている。

3. 地下地質構造の推定

地質構造を推定する為に比抵抗法による電気探査を図1に示された28ヶ所において実施したが、各測定点に対する ρ -a 曲線及びその解釈の数例を図2に示した。又、地下地質の構造を流域内の測定箇所を連結して数種の断面図を画き図3に示した。

基盤を構成する花崗岩ならびに古生層の上に堆積する洪積層の厚さは、その基盤の起伏によって相異なるが、地溝帯に当る部分の特に興道寺付近では非常に厚く100m～140mに達する。

4. 帯水層と地下水流域

図1 地質の概要と測点分布

* 京都女子高等学校

図2 ρ -a 曲線と地質構造

図3 地質構造推定断面図

図4 基盤の形態と断層：断層 EF に沿って地下水は一種の地下水瀑布線を形成しているものと考えられる

前述の洪積層は上部，下部の2層に分けられるが， ρ -a 曲線の変化から察する上部洪積層は一様な砂(又は細砂)や礫，砂礫からなり，下部洪積層には粘土層又は粘土質層が多い。これらの内，砂質又は砂礫質の多い上部洪積層は水の滲透性の非常に良好な帯水層を形成している。地表から滲透した降水の一部は，洪積層を潤して基盤との間に貯溜され概ね北方に傾斜した基盤面に沿うて流下すると考えられる。この場合，花崗岩盤の比較的残い地域においては1.5～2 mの風化帯が認められるが殆ど大部分の基盤面は新鮮な状態にあると考えられ，従って不透水盤である。又，古生層も殆ど完全な不透水盤と考えられるので，地下水流域はこの基盤の形態に支配される。基盤の形態を電気探査による各測定点の基盤表面の海拔高度の分布にしたがって等高

線を画いて図4に示した。

5. 表流水並に浅層地下水

A. 地下水の流動

地域内の住区及び工場等の水源は、宮代地区並に新庄地区の一部が簡易水道に依存している他は全部浅層地下水を利用している。その内地下水自由面を直接観測出来るいわゆるつるべ式井戸を保存している処は僅か数個所に過ぎず測水困難な為に、各井戸所有者から得た資料（掘さく深度、改良前の

Table 1
Ground water levels (m)

Station	D	D-h	G. H	W. H	Station	D	D-h	G. H	W. H
A	4.4	3.4	50	46.6	P1	3.8	2.8	13	10.2
B1	7.2	5.9	47	41.1	P2	6.0	4.7	16.5	11.8
B2	7.1	5.8	43	37.2	Q2	6.6	5.3	7.5	2.2
C	9.0	7.5	43	35.5	Q3	5.9	4.6	5	0.4
D	3.6	2.6	40	37.4	R1	3.3	2.3	8	5.7
E1	5.4	4.1	35	30.9	R2	4.5	3.5	10	6.5
F	7.2	5.9	37	31.1	R3	2.4	1.4	2.5	1.1
I	6.9	5.6	24	18.4	R4	3.0	2.0	8	6.0
J1	8.7	7.2	27.5	20.3	S2	3.8	2.8	10	7.2
J2	6.0	4.7	30	25.3	T1	8.1	6.6	15	8.4
J3	9.0	7.5	26	18.5	T2	6.0	4.7	15	10.3
K	5.7	4.4	47	42.6	U1	2.5	1.5	2.5	1.0
L	3.0	2.0	25	23.0	U2	6.0	4.7	6	1.3
M	3.0	2.0	14	12.0	U3	5.7	4.4	5	0.6
N1	9.0	7.5	16	8.5	U4	3.0	2.0	5	3.0
N2	6.0	4.7	12.7	6.0	X	3.9	2.9	7.5	4.6
N3	9.0	7.5	12.6	5.1	Y	7.0	5.7	8	2.3
O	6.0	4.7	15	10.3					

表・1 地下水位

但し D：掘さく深度

h：井底からの地下水面高度

G. H：地盤海拔高度 $\left(\frac{1}{25,000}\right)$
の地形図から読みとった

W. H：地下水面海拔高度

地下水面の地表からの深度は、山麓部では一般に深く6～8m、他の平坦部で1.5～5mと浅い。しかも地下水面の深い山麓部では一般に地下水位の変動が大きい傾向がある。

図5 表流水並に地下水の測定分布

図6 地下水等水位線図

地下水位及びその変動状況等)を基礎として本年観測時期における地下水位を推定して、地下水面の概要を得た(表・1, 図6)。

上の結果より考察すれば、概ね地下水は地表の形態と同様の傾斜をなして流れることを示していると言える。その主流はほぼ耳川に沿って流れるが、南市付近から大部分伏流となって耳川の西方を松原地区東方に流下するものと考えられる。

図7 塩素イオン含有量(mg/L)分布図

図8 pH 分布図

B. 含有塩分及び pH の水平分布と地下水系

河水並に地下水の塩素イオン含有量と pH の分布を図7, 図8 及び表・2 に示す。

〈含有塩分〉

河水では8.8~11.0mg/L で上流から下流に向う程多くなっている(図9)。又、地下水については御岳山麓部宮代地区から天王山麓部にかけて30~58mg/L と多く、久々子地区及びそれから南東に伸びる一帯も30~48mg/L とやはり多い。その他の地域は10~20mg/L と少なくなっている。

図9 河水における Cl^- 並に pH の変化

Cl- の比較的多い上の二地域について、前者の場合人為的汚染は殆どなく、地下水の滲透流下する域の地質に、又後者の場合は人為的汚染及び地下地質構造による塩水混入に主な原因があると考えられる。

〈pH〉

Table 2. Quality of Ground Water

Aug. 21-26, 1965.

Area	Station	pH	Cl ⁻ (mg/L)	ρ (g-M)	Temp. (°C)	Owner of well
Yorito	A	6.1	11.4	11.4×10^3	19.8	Mr. T. Takenaga
Noguchi	B1	5.8	15.4	13.1	18.4	Mr. M. Umano
	B2	6.2	15.4	13.1	16.0	Mrs. A. Yamamoto
Ueno	C	5.6	22.8	7.5	16.6	Mr. K. Nakagawa
Isodani	D	6.0	17.0	12.2	18.4	Mr. T. Ooshio
Sano	*E1	6.1	10.6	11.4	19.9	Mrs. K. Akiyama
	*E2	6.5	14.0	5.7	17.8	Mrs. H. Terao
Yasue	F	6.0	15.8	11.4	16.4	Mr. T. Ooshio
Miyashiro	G	—	—	—	—	—
Higashiyama	H	6.9	25.6	4.1	16.5	Mr. M. Okamoto
Nakadera	I	6.0	12.2	8.2	17.4	Mr. K. Oono
Kodoji	J1	6.1	17.8	7.0	15.8	Mr. G. Ninami
	J2	6.1	10.8	13.1	16.6	Mr. K. Shibata
	J3	6.2	16.8	8.2	17.0	Mr. I. Yabunouchi
Asoo	K	6.2	37.4	4.4	17.0	Mr. K. Okumura
Sagaki	L	6.6	33.4	4.1	24.6	Mr. S. Watanabe
Minamiichi	M	6.2	15.8	8.2	19.6	Mr. J. Hidane
Gōichi	N1	5.8	15.0	9.8	17.2	Mr. N. Miyoshi
	N2	6.1	15.8	9.0	16.4	Mr. H. Miyoshi
	N3	6.0	14.4	9.8	—	Shiragiku Shokudo
Kawaraichi	O	6.0	12.8	9.0	17.6	Mr. K. Yasui
Kino	P1	7.0	30.0	8.2	—	Mr. Y. Kanematsu
	P2	6.3	23.2	—	17.0	Mr. T. Moriyama
Matsubara	Q1	6.0	16.8	7.3	16.5	Mr. Y. Kaneda
	Q2	6.2	33.2	5.4	15.8	Mr. M. Minemori
	Q3	6.2	10.0	14.4	19.4	Mr. M. Takeda
Wada	R1	6.3	51.8	4.6	18.6	Mr. K. Imayasu
	R2	5.9	57.8	4.6	18.6	Mr. S. Fujiwara
	R3	6.1	12.4	10.3	22.4	Mihama Concrete K. K.
※※	R4	6.0	13.6	8.2	24.0	Mihama Saisei K. K.
Kanayama	S1	5.4	21.6	10.3	17.4	Mr. T. Nakamura
	S2	6.1	14.6	—	17.0	Mr. K. Watada
Ryutakugi	T1	5.0	20.8	11.4	17.4	Mr. D. Matsumoto
	T2	6.0	17.0	8.2	21.0	Nogyo Shikenjo
Kugushi	U1	6.8	16.4	6.2	19.6	Kamo Concrete K. K.
	U2	5.9	22.8	7.0	—	Mr. H. Shigeta
	U3	6.1	48.0	3.1	20.0	Mr. M. Hirose
	U4	5.4	44.2	4.4	21.0	Mr. T. Kawashima
Kubo	W	5.2	24.4	11.4	19.8	Mr. E. Wakamatsu
Mudenkyoku	X	5.4	42.4	3.6	18.8	Mr. J. Hashimoto
Kozuyama	Y	5.4	17.6	9.0	17.0	Mr. R. Imura
Shinjo	Z1	6.6	14.0	13.1	—	Mr. E. Takagi
	Z2	7.0	12.0	7.2	19.0	Mr. K. Ooi
	Z3	6.6	16.8	10.3	—	Mr. T. Morimoto

Table 2-2. Quality of River Flow

Station	pH	Cl ⁻	ρ	Temp.	
a1	6.8	8.8	15.4	20.0	Upper Current ↓ Lower Current
a2	7.0	9.0	11.4	20.2	
b	6.8	9.0	15.4	20.1	
c	6.8	9.0	14.4	21.1	
d	7.0	9.0	14.4	21.8	
e	7.0	9.0	14.4	22.1	
f	7.1	10.0	13.1	22.5	
g	6.8	11.0	12.2	26.6	
h	6.4	11.0	13.1	25.6	

Table 2-3. Quality of Surface Flow

Station	pH	Cl ⁻	ρ	Temp.
イ	5.7	9.0	14.4	—
ロ	5.9	8.8	11.4	—
ハ	6.8	14.8	13.1	—
ニ	6.8	9.0	9.8	—

※ E₂ 点の地下水より *Gallionella* を検出
 ※※ 金山地区に小規模な湧水（現地ではこれを清水〔しょうず〕と呼び、昔から共同水源として利用）がある

河水の pH は殆ど R_pH に近いと考えられるが、6.4~7.1の範囲で概ね上流から下流に向って次第にアルカリ性化している。しかし、前述の主流伏没点付近から下流では逆に酸性化している(図9)。又、地下水については矢筈山の北麓と洪水山南方の地域が5.0~5.5と酸性を示し、御岳山麓部宮代地区から天王山麓部にかけて6.5~7.0と中性乃至弱酸性を示している。その他は 5.5~6.0 の範囲を示している。これらの地域的差異は地質構成状況を反映している様である。

〈Cl⁻, pH の分布と地下水系〉

Cl⁻, pH の分布状況に先の地下水流動状況を考え合わせて、大要次の様なことが云える。即ち、供給源の異なる三つの地下水系がある。(1) M水系 調査地域の最も重要な水系でその主流はほぼ耳川に沿っている。特徴としては、Cl⁻ は絶対量少なく流動と共にその量を増し、pH は流動と共に次第にアルカリ性化する傾向がある。(2) Y水系 矢筈山から北に流れ、Cl⁻ は絶対量多く、流動と共に増大ししかも濃度変化の割合が大きい。又、pH は流動と共にアルカリ性化する傾向がある。(3) O水系 御岳山—天王山地域から西に流れ、Cl⁻ は絶対量多く流動と共に減少、又 pH は次第に酸性化する傾向があって、いずれもM、Y両水系とその傾向が逆である。

次に全地域の地下水の Cl⁻-pH 相関グラフを図10に示す。それによれば、概して Cl⁻ の増大と共に地下水は酸性化しているが、地層構成物質の化学的諸性質等の相互の関連を考えてみなければその実態はつかめない。又、このグラフの特徴から地下水を二群に大別することが出来る。M及びY水系の大部分は第I群に、O水系の殆どが第II群に属している。しかもO水系については、地点によるCl⁻の量的差異が大きい。

図10 Cl と pH の相関

- ・平地部地下水 ◎山麓部地下水
- M水系, Y水系は Group I (pH=6.6-0.44Cl) に属し,
- O水系は Group II (pH=8.2-0.44Cl) に属する

結 語

本地域においては、地下水の工業、農業面の利用は殆ど進んでいないが、将来多面的開発の期待されるところと思われる。なお、今後賦存量の算定の為の調査を行ない、利用開発の面から更に研究を進めていく考えである。