愛媛県宇和盆地の水理地質

清水欣一*・和田温之*・富田友幸**
榎並信行***・古川博恭****

Hydrogeological Study of the Uwa Basin, Ehime Prefecture

Kinichi SHIMIZU, Masayuki WADA, Tomoyuki TOMITA
Nobuyuki ENAMI and Hiroyasu FURUKAWA

Abstract

The hydrogeological studies of Uwa basin in Ehime Prefecture performed in the period 1976~1978. The conclusion summarized as follows:

- 1) The geology of the Uwa basin consists of alternative beds of clay, sand and gravel that may correspond to the Quaternary system. The main aquifers are sand and gravel beds of the lower part of the Quaternary system.
- 2) The artesian wells are about 70 to 95 meters in depth and their amount of discharge is about 100~1500 m³/day. It is suggested that the unit area discharge of groundwater for further development of this area is about 1000 m³/day/km².
- 3) The depth of the basement was presumed from the result of gravity survey. The maximum value in the depth is approximately 100 meters under the ground.
- 4) The water quality analyses indicate that the groundwater has a high concentration of dissolved iron compounds.

1. はじめに

宇和盆地は愛媛県宇和郡宇和町に属し、肱川の最上流部、仏像構造線の北方に位置し、地形上、四国では特異な盆地であるといえる。

筆者らは、この盆地の地下水調査を昭和 51 年より 3 年間にわたり実施し、若干の水理地質学的知見を得たので、ここに報告する。

本調査にあたり、花粉分析については元高知大学中村純教授、地質調査については高知大学満塩博美教授、水質分析については大阪市立大学鶴巻道二助教授の御協力を得た。重力探査は筆者らの企画により、宇部興産 K.K. 資源調査部が実施し、京都大学阿部悦夫、京都女子大学桂京造博士らの御指導を得た。また、中国四国農政局、

愛媛県耕地課、宇和町産業課の方々の御助力を得た。ここに記して謝意を表する。

2. 一般地形地質

宇和盆地は標高 800~600 m の山地に囲まれた沖積盆地で、標高は約 200 m である。

山地は、いわゆる秩父古生層で、砂岩、粘板岩、チャート、時に輝緑凝灰岩や石灰岩などの互層よりなる。盆地の南方約 3 km の法華津峠には、仏像構造線がほぼ東西に走り、これより北方の山地は秩父帯、南方の山地は四万十帯に区分されている。

盆地の地質はすべて第四系よりなる。

盆地の南端部にわずかに段丘が発達している。沖積面との比高 10~15 m で、段丘の標高は 220 m 見当であり、表層部は薄い腐食土およびオンジ火山灰に覆われ、よく淘汰された半固結の風化れき層よりなる。赤色化の程度とオンジ火山灰の分布より、この段丘は中位段丘相当層と推定しておく。

* 農林水産省中国四国農政局

** 農林水産省構造改善局

*** 農林水産省九州農政局

**** 琉球大学教養部

図-1 位置図

四角枠内：調査地域，M.T.L.：中央構造線，B.T.L.：仏像構造線，点線：肱川流域

盆地はすべて沖積面よりなり，盆地堆積物が分布している。

ボーリング B-10 の花粉分析と C^{14} 年代測定の結果で以下のことがわかった。深度 0~1 m の表層近くはシルトが主で *Shiia* (シイ), *Myrica* (ヤマモモ), *Cyclobalanopsis* (カシ類) など照葉樹が多く，明らかに沖積層の堆積物で，深度 0.5 m で， $1,980 \pm 65$ Y.B.P. (N-2,816)，深度 1 m で $3,020 \pm 95$ Y.B.P. (N-2,817) を示した。深度 3.3~5.0 m は *Alnus* (ハンノキ) が多く，盆地は低湿地であったと推定され，また暖帯性植物が少なく，北温帯以北の気候であったと推定される。深度 5.0 m で $26,400 \pm 500$ Y.B.P. (N-2,770) であることから，Würm 氷期堆積物であると考えられる。これに深の深度 20 m 附近までは *Abies* (モミ), *Tsuga* (ツガ), *Cryptomeria* (スギ) が多く，このシルトと砂を主とした地層は，降雨が多く，土壌侵蝕の激しい環境であり，現在よりやや冷涼な北温帯的であったと推定される。深度 20~40 m の中部粘土層は *Fagus* (ブナ) や *Abies* (モミ) が多く，堆積物からも安定した環境であったと推定される。深度 50 m 以深は *Tsuga* (ツガ), *Abies* (モミ), *Picea* (ハリモミ) が多く，堆積物も，砂，

シルトおよびれきと変化し，劣悪な堆積環境であったと考えられる。また，*Liquidambar* (フウ)，*Metasequoia*, *Lagerstroemia* (サルスベリ) などの扇圧された二次花粉とみなされるものが混在していた。

なお，宇和川神欽の河床資料では，深度 1.2 m は 715 ± 75 Y.B.P. (N-2,775) で植生も現在とほとんど大差が認められず，その下層の深度 2.3 m からは須恵器（約 1,500 年前）が発見されている。この時代から植生も変化し，照葉樹林時代から現在のマツ時代に移化している。

なお，盆地堆積物の絶対年代は地表から 5 m 下位の層準で $26,400$ Y.B.P. を示すことから，この年代から得られた堆積速度を盆地第四系全体に適用すると，基底部の深度 100 m 附近の堆積時期は約 55 万年前という値が得られる。このような西南日本外帯中，古生層中の盆地としては，九州地方の熊本県人吉盆地，鹿児島県出水水平野がある。これらの盆地の堆積物の下位層の絶対年代はいずれも 120~130 万年前を示している^{4),5),6)}。このことから，これら九州地方の外帯中の盆地の形成と比較して，宇和盆地の形成はやや新しい可能性が高い。四国で宇和盆地と関連性のある低地としては高知平野があ

表-1 宇和盆地地区のさく井一覧表

No.	さく井名	深 度 (m)	口 径 (cm)	揚 水 量 (m ³ /day)	自然水位 (m)	揚水水位 (m)	比湧出量 (m ³ /day/m)
1	宇和町水道水源	70	35	1,500	7.00	13.00	250
2	"	54	35	150	4.50	25.00	7
3	宇和町役場	40	25	200	5.00	17.00	17
4	"	35	25	200	5.00	18.00	15
5	農林省試験掘井	95	20	1,008	+1.4	17.5	62
6	宇和町水道水源	36	25	300	9.00	24.00	20
7	"	24	30	100	10.00	17.00	14
8	"	30	30	150	11.00	13.00	75
9	上松葉かんがい用水源	23	20	3,168	自 噴	4.0	

げられ、これらはいずれも仏像構造線に接近した位置に分布している。

3. 水理地質

宇和盆地には現在 9 本の深井戸があり、主として水道用に利用されている。さく井分布より考えると、盆地中央部のものは揚水量も 1,000 m³/day をこえるが (No. 1, 5)、卯之町附近の盆地の狭窄部のものは揚水量が 100～300 m³/day と小さい傾向がある。

帯水層は盆地堆積物のうちの砂れき層で、とくに下部砂れき層が有力な帯水層である。東山田や岩木など宇和川支流深川ぞいの盆地の中央部では、上部粘土層を貫くと自噴する。ボーリング B-10 の自噴水位は GL +1.8 ～ +0.6 m であった。

試験井-5 の柱状図を 図-3 に示し、揚水試験による水理定数を 表-2 に示す。本井のストレーナーは下部砂れき層に設けてある。

a) 地下構造

重力探査は Wordon 重力計を用い、盆地内に 36 の測点を設け実施した。宇和町伊予石城駅南方のボーリング B-10 で、地表下 84 m で基盤に達したと仮定して、(1) 式より求めた基盤等深線図を 図-4 に示す。

なお、(1) 式は阿部悦夫の提唱する式で、1 地点 A の基盤深度が明らかであれば、類似の条件の他地点 B の基盤深度が求められる。すなわち、任意の 2 地点 A, B に

おいて、基準面 (本調査では海拔 200 m の水準面) から基盤面までの深さを T_A, T_B 、また残留重力異常値を δ_{gA}, δ_{gB} とすれば

$$T_B = T_A - \frac{\delta_{gB} - \delta_{gA}}{2\pi\kappa(\rho_2 - \rho_1)} \quad (1)$$

である。ここで ρ_2 および ρ_1 はそれぞれ基盤岩およびその上部を覆う堆積物の密度で、宇和盆地では 2.7 gr/cm³, 1.9 gr/cm³ を採用した。 κ は万有引力常数 6.673×10^{-8} C.G.S. である。

図-4 より明らかなように、宇和盆地の基盤は盆状構造をもち、その最深部は地表下約 100 m, EL. 120 m 程度と推定される。

b) 水 質

地下水の水質分析の結果をパターン・ダイアグラムにまとめ 図-5 に示す。ボーリング B-10 のような比較的浅い地下水よりも、試験井-5 のような深い地下水のほうが、鉄分含有量が低いようである。

この水質は、農業用水としてはよいが、水道用水としては鉄分が多いため、飲用不適で水処理が必要である。

なお、盆地の旧集落は盆地の縁辺部に位置し、山間の溪流水や、またはこれらが涵養する自由地下水を取得しており、盆地の主部の自由地下水は、鉄分に汚染されているため、飲用には供されていなかった。現在の深井戸による水道用水はもちろん水処理がなされている。

表-2 試験井-5 の水理定数

ストレーナー (m)	T (m ² /sec)	K (m/sec)	S	備 考
62.5～72.5, 82.5～92.5	9.20×10^{-4}	4.60×10^{-5}	1.22×10^{-4}	タイスの式

図-2 B-10 の花粉ダイヤ

グラム (中村純による)

図-3 試験井-5 の柱状図

図-4 基盤等深線図

図-5 パターン・ダイアグラムによる被圧地下水の水質組成図 (鶴巻による)

4. 地下水資源についての考察

宇和盆地の盆地堆積物はある程度の地下水資源をもっているが、軟弱なシルト、粘土、泥炭層を介在することにより、過剰揚水によって地盤沈下をひきおこすおそれがある。いま、この限界値を考えてみよう。

被圧地下水の単位面積排水量と地盤沈下の関係を既に報告し、両者の関係を 図-6 に示めた⁷⁾。この図を応用する。

まず、さく井資料より $\bar{Q}$ l/sec を求める。このためには、代表さく井の一覧表より揚水量の平均値を求め、これを2で割る。これは一般に深井戸を半日稼動とみなしたため、この値が $\bar{Q}$ となる。“ $\bar{z}-\bar{Q}-\frac{n}{A}$ 図”で、この $\bar{Q}$ と湧泉群 10 例の回帰直線との交点の $\bar{z}$ を読めば、これが地盤沈下に安全な日単位面積排水量である。

この $\bar{Q}$ と地盤沈下地帯 4 例の回帰直線との交点の $\bar{z}$ は、激しい地盤沈下を起こしている時の値であり、被圧地下水を安全に揚水できる条件はこの値より小さいであろう。兎角の議論であろうが、ここでは湧泉群の実例に示されるような条件が地盤沈下に対して安全であると考えた。湧泉の実例の場合の値は、自然に補給される循環性の地下水帯での涵養条件を示していると考えられる。

なお、この値は河川の流量についていえば平水量に相当するものである。

表-1 より、宇和盆地では卯之町附近の盆地の狭窄部のは揚水量が小さいので除外し、盆地中央部のさく井-1, 5 の揚水量を採用する。両者の平均値を2で割ったものが $\bar{Q}$ となる。

$$\bar{Q} = (1,500 + 1,008) / 2 \div 2 \text{ m}^3/\text{day} = 7 \text{ l/sec}$$

となり、これに対応する $\bar{z}$ は

$$\bar{z} \doteq 1,000 \text{ m}^3/\text{day}/\text{km}^2$$

となる。

重力探査の結果を参照し、盆地内で堆積物が深度 50 m 以上ある範囲 (標高 165 m 以下) を図示すれば、図-4 の破線の範囲となり、この面積は 6.7 km² である。この範囲内であれば平均揚水量を満足すると考えられる。

したがって

$$1,000 \text{ m}^3/\text{day} \times 6.7 \text{ km}^2 = 6,700 \text{ m}^3/\text{day}$$

$$6,700 \text{ m}^3/\text{day} \times 365 \text{ day} = 2,445,000 \text{ m}^3/\text{year}$$

が宇和盆地で地盤沈下をおこすことなく、地下水を揚水しうる目安であると考えられる。

この地下水区では卯之町附近にさく井が集中し、現在約 3,000 m³/day が水道用水を主に利用されている。

したがって

図-6 $z - \bar{Q} - \frac{n}{A}$

6,700-3,000=3,700 m³/day

がこの地下水で今後開発可能な地下水量の目安であると考えられる。

地下水の開発可能量を予想する方法は簡便法とでもいったもので、地下水収支シミュレーションとは異質の考え方であり、将来機会があれば同一の地区で両方のやり方で安全揚水量を求め、比較検討したいと考えている次第である。

5. 要 約

宇和盆地を水理地質学的に調査、研究した結果、以下のことがわかった。

1) 盆地堆積物は上部粘土層、中部粘土砂れき互層、下部砂れき層に区分され、堆積物の堆積速度からみると、全体として第四系の可能性が強い。この盆地堆積物

のうち砂れき、砂層が主な帯水層である。

2) 盆地には被圧地下水が存在し、深度 70~95 m のさく井で、100~1,500 m³/day の揚水量がある。盆地の地下水開発量は日単位面積排水量 1,000 m³/day/km²、2,445,000 m³/year を目安として行なうべきであろう。

3) 盆地の基盤岩は秩父古生層で、重力探査によって推定基盤深度は、地表下約 100 m, EL. 120 m 程度と推定される。

4) 盆地の被圧水の水質は鉄分で汚染されており、その鉄分は下部帯水層程少ない。

参 考 文 献

- 1) 中国四国農政局計画部 (1979): 農業用地下水開発調査宇和盆地地区調査報告書
- 2) 愛媛県 (1971): 南予総合開発地域土地分類調査卯之町 5 万分の 1

- 3) 愛媛県 (1971): 南予総合開発地域土地分類調査八幡浜 5 万分の 1
- 4) 松本征夫・西村 進・田島俊彦 (1977): 九州の新生代火山岩の fisson-track 年代, 長崎大学教養部紀要, 自然科学, Vol. 17, pp. 63~75
- 5) 宮地大美 (1972): 鹿児島県出水市の火砕流堆積物, 九大教養部地学研究報告, Vol. 17, pp. 35~41
- 6) 宮地大美 (1978): 熊本県人吉盆地の火砕流堆積物, 九大教養部地学研究報告, Vol. 20, pp. 9~17
- 7) 清水欣一 (1978): 被圧地下水の単位面積排水量と地盤沈下との関係, 応用地質, Vol. 19, No. 1, pp. 1~11

(昭和 54 年 12 月 13 日受理)