

# 大山の地下水の溶存ガスの定量

渡 辺 晃 二\* 奥 野 孝 晴\*\*

## 要 旨

鳥取県大山火山の西北麓の地下水中に溶存するガス成分比は

Ar :	0.34~0.40 (cc/l)	1.48~1.64 (%)
O <sub>2</sub> :	6.69~9.08 (cc/l)	27.92~35.30 (%)
N <sub>2</sub> :	15.16~17.23 (cc/l)	63.22~67.92 (%)

の範囲内で定量できる。また、飽和度は次の如くである。

O <sub>2</sub> :	87.8~113.9 (%)
N <sub>2</sub> :	110.5~123.2 (%)

この結果を地表水と比較して、O<sub>2</sub>の飽和度は小さいが、量的な差異はあまりみられず、地表水と地下水の中間的な性質を示している。地質構造、地形が溶存ガス成分比に及ぼす影響は、地下水の流通経路が長距離とみなされる場合に若干のO<sub>2</sub>の消費が認められ、短距離で湧出したと思われるものにはO<sub>2</sub>の飽和度が大きい傾向がある。また、水理地質的にみて、地質と湧出量には密接な関連を見出せるが、ガス成分には影響を与へてはいない。

## 1. 緒 言

農林省及び鳥取県が大山の西北麓（鳥取県大山町及び淀江町の一部）の農業用水探査の為、昭和34年より附近一帯の地下水探査を行なって来た。筆者らはその際、11箇所の主な湧水地に於て地下水に含まれる溶存ガス（酸素・窒素・アルゴン）について考察する機会を与えられ、定量実験を行なった。ここに実験の概要を示すと共に、結果について多少の考察を行なったので記す次第である。

この調査研究を御指導いただいた杉山隆二教授、実験方法について御教示いただいた化学部門梅本春次教授、御船政明助手に深く感

謝する。また、試料採取に協力された鳥取県耕地課の方々に謝意を表す。なお、採水は昭和37年9月14日に行なった。

## 2. 地形及び地質

調査対象地域は、大山火山の安山岩・石英安山岩の熔岩流・火山砕屑岩流・泥流・火山灰層・砂礫層などが形づくる火山地帯の一部で、採水地点の高低差は約700mに及んでいる。地形は火口丘（大山・孝霊山などを中心として、泥流・熱雲流・砂礫層・ローム層などよりなる裾野が、なだらかな斜面を呈して広く分布している。調査地域内の地質図及び

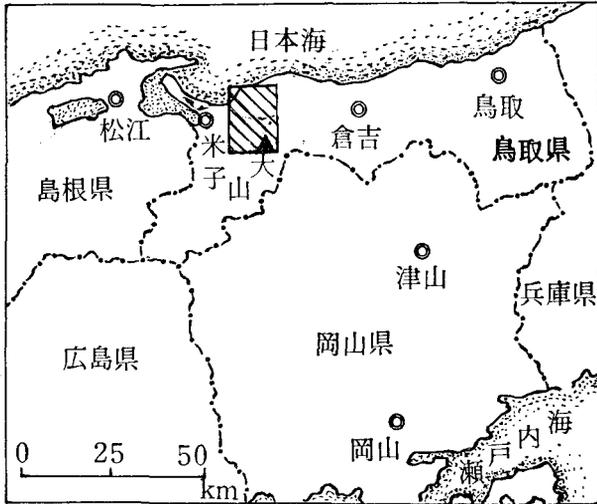
\* 岡山大学温泉研究所 地質学部門助手

\*\* 岡山大学温泉研究所 受託研究員 原子燃料公社職員

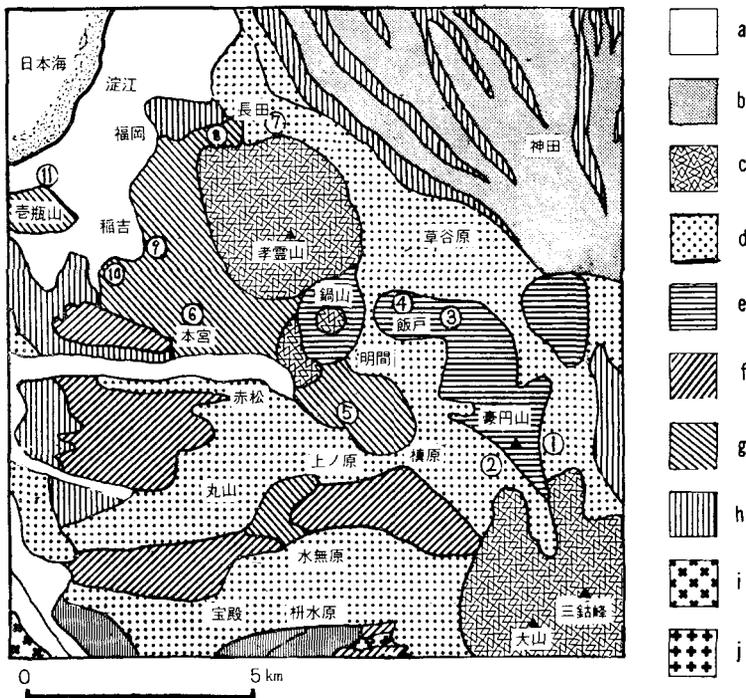
層序を第1図, 第1表に示す<sup>1)</sup>。水理地質的に安山岩・石英安山岩の熔岩流を主とする地域と泥流・火山灰層を主とする地域を比較す

ると, 湧泉数では後者が前者の約3倍を占めるが(28:79)総湧出量は約半分で(1877.5:915.25 l/sec), 量的には熔岩流地域の地下水が優勢である<sup>2)</sup>。また, 熔岩流の占める地域内では, 大山・孝霊山の噴出に関連する石英安山岩には殆んど湧水は認められず, それより下位の石英安山岩質安山岩や, 安山岩地帯に多量の湧水が認められる。

特に飯戸附近などの安山岩質石英安山岩地帯や, 孝霊山西部の安山岩の熔岩流地帯では, 湧水量が多い。換言すれば, (e)の石英安山岩の噴出以前の地層に湧水量が多い事



第1図の1



- a [White box]
- b [Dotted box]
- c [Cross-hatched box]
- d [Diagonal lines (top-left to bottom-right)]
- e [Horizontal lines]
- f [Diagonal lines (top-right to bottom-left)]
- g [Vertical lines]
- h [Horizontal lines]
- i [Checkered box]
- j [Box with small dots]

第1図の2

○ 採水地点

になる。

### 3. 分析方法

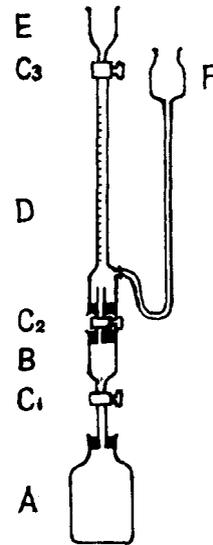
#### (イ) 採水

湧水地点に於て、ビニール管を空気に接触しない位置まで深くさしこみ、それを導管として 1000 ml 容量のポリエチレンびんに採取した。ポリエチレンびんは二重ふたのものをを用い、びん内に空気の残らぬように採水した。(ポリエチレンびんは採水後の温度変化による体積変化に対してある程度順応できるので都合がよい。) なお、採水の際現場で、温度・pH (東亜電波製 pH メーター使用)・電気伝導度、比抵抗 (東亜電波製 CM 3M 型電導計使用) などの測定もあわせて行なった。

#### (ロ) 溶存ガスの抽出分離及び酸素の定量

実験室内に運搬する間の温度上昇で、ポリエチレンびん内には溶存ガスの一部が水より分離しているので、一旦冷却後分離されたガスを再び試料水中に溶存せしめた後実験を行なった。溶存ガスの抽出法は小穴の方法<sup>3)</sup>を用いた。(第2図参照)

即ち、250ml と称する細口試薬びん (A) に活せん (C<sub>1</sub>) をつけた場合の容量を正確に測定しなおし、その中に大理石5gを加え (大理石は粗くくだき、表面を塩酸で洗い乾燥させたもの。容積は19ml になる。) 試料水がわずかにあふれ出る程度注入した後、活せん (C<sub>1</sub>) を閉じる。試料水の容積は試薬びんの容積か



第 2 図

第 1 表 地 質 層 序

時 代		岩 層			
第 四 記	沖積世	沖 積 層	a	砂 礫 層	
	洪 積 世	大 山 火 山	火 山 灰 層	b	ローム層・浮石層
			中央火口丘噴出物 とそれに伴なう堆 積物	c	石英安山岩円頂丘 (大山孝霊山・三鈴峯など)
				d	泥石流・熱雲流・段丘砂礫層
				e	石英安山岩円頂丘 (豪円山など)
			外輪山噴出物とそ れに伴なう堆積物	f	石英安山岩質安山岩熔岩流・火山砕屑岩
			g	粗面岩質安山岩熔岩流・火山砕屑岩	
			h	安山岩熔岩流・火山砕屑岩	
					i
	第三紀	始新世	基盤花崗岩類	j	角閃石黒雲母花崗閃緑岩 (奥津花崗岩)
中世	代末				

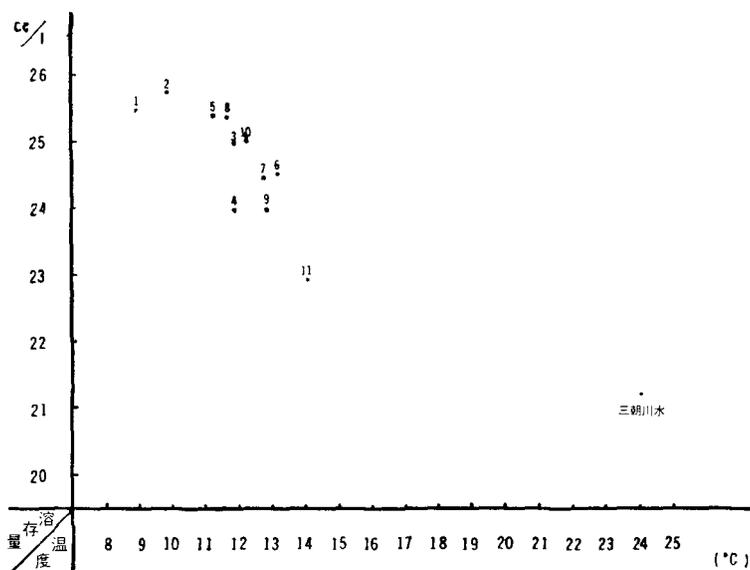
ら大理石の容積1.9mlを差し引いたものとなる。ロート(B)に25%塩酸を入れ活せん(C<sub>2</sub>)を開いたまま挿入し、塩酸をわずかにあふれ出させビューレット(D)を活せん(C<sub>2</sub>)のゴム栓の上にはめこむ。苛性ソーダ溶液(20%の溶液に5%のロツシエル塩を添加したもの)を(F)より注入し、(C<sub>2</sub>)のコックを閉じた後ビューレット内及びロート(E)の底部まで満たすようにする。その後(C<sub>1</sub>)を開き、比重の大きい塩酸の下降で大理石との反応による炭酸ガスが発泡する。(C<sub>2</sub>)を開いても苛性ソーダが落下しないようになったら(C<sub>2</sub>)を開いたままにしておくと、炭酸ガスはビューレット内を上昇し、その際試料水中の溶存ガスも炭酸ガスに伴って上昇する。ビューレット内の苛性ソーダは炭酸ガスによって次第に中和されてゆくので、(E)中の苛性ソーダを(F)の位置を低くしながらビューレット中に入れる。このようにして、試料水中からの溶存ガ

スが完全に追い出され、ビューレット内にたまった気体の容量に変化のなくなった時、(C<sub>2</sub>)のコックを閉じてはらずし、ビューレットを軽く振って炭酸ガスを完全に吸収させてから気体の体積を測定する。これによって得られた気体は酸素・窒素・アルゴンである。(場合によってはメタンや水素なども含む事があるが、今回の実験ではそれについての検討は行なわなかった。)

次に(E)より20%ピロガロール溶液(硫酸1,2滴を加えて酸性にしたもの)を約3ml加えて振とうし、酸素を吸収させて残余のガスとの差から酸素の定量を行なった。

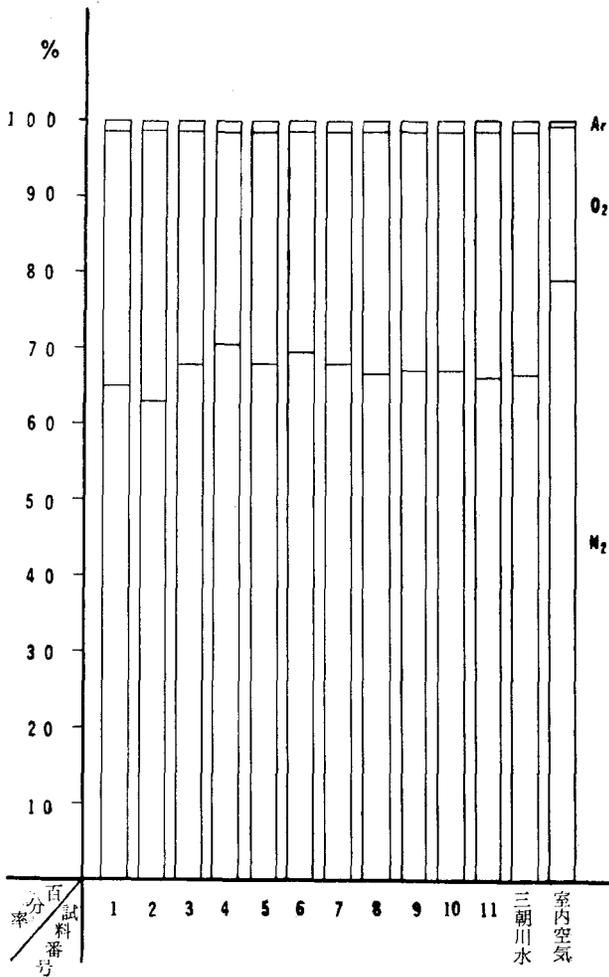
#### (ハ) 窒素・アルゴンの定量

(ロ)の実験によって残ったガスをガスクロマトグラフィ(柳本製作所製・G. C. G2型)を使用して、キャリアーガスと共にカラム中に送り込み、カラム内の充填剤によって吸着分離させ、窒素とアルゴンの分離定量を行な

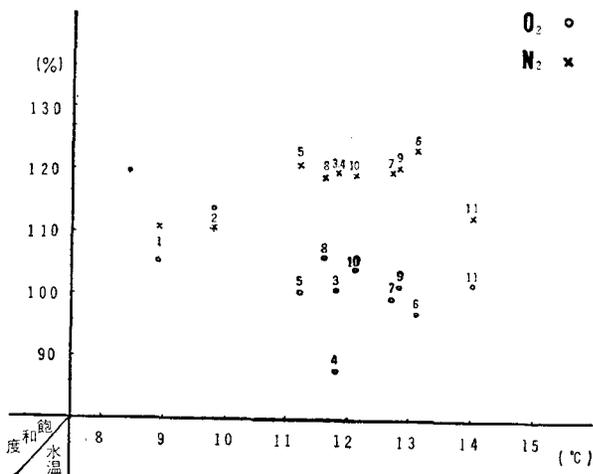


第3図 溶存ガス量と温度との関係





第4図 溶存ガス成分比



第5図 水温と飽和度の関係

った。実験条件は次の通りである。

Stationary phase :

Molecular sieve 5A

Carrier gas : He

Flow rate :

75ml/min, 0.5kg/cm<sup>2</sup>

Column temp. : 36°C

Recorder sens. :

Ar 2mV, N<sub>2</sub> 4mV,

full scale

Bridge curr. : 100mA

#### 4. 分析結果及び考察

分析によって得られた値をII中の含有量に換算したものを第2表に示した。比較のため室内空気, 川水(岡山大温研前・三朝川)の成分についても分析を行なった。

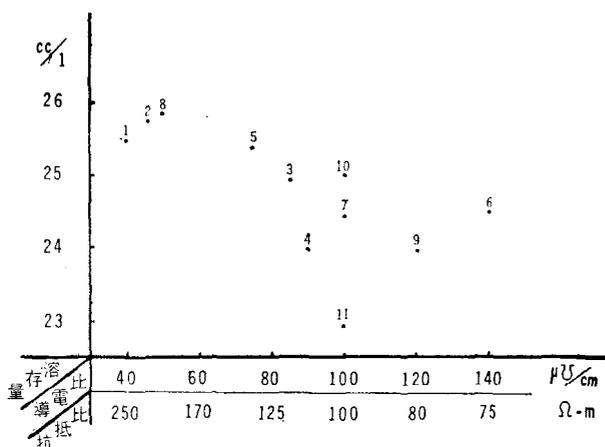
##### (イ) 採水温度との関係

第3図で示すように、地下水中に溶存するガス量は採水時の温度とほぼ負の相関を示している。しかし個々の溶存量を百分比にとると(第4図)お互いの差は殆んどなくなり、温度と特定の気体の溶存量との関係は見出せない。一方、水温と飽和度の関係をみると、温度の上昇に伴ない一般的に酸素の飽和度は低下する傾向を呈し、その結果、窒素の飽和度が上昇している。

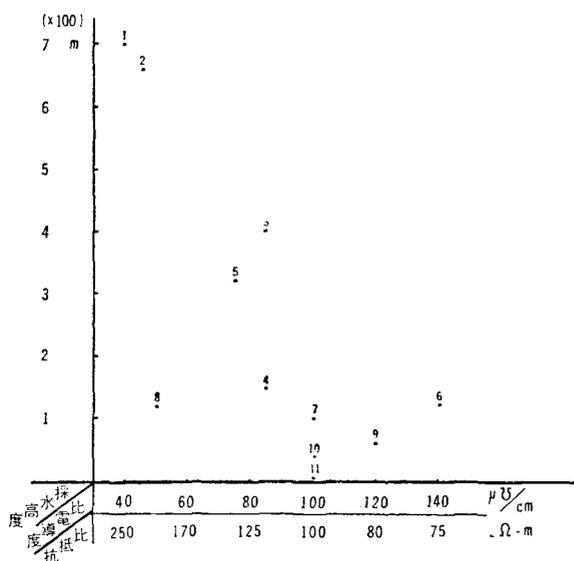
(第5図)

(ロ) 比抵抗・比電導度との関係

溶存ガス量と比抵抗・比電導度との関係は、第6図で示される。全ガス量は比抵抗とは正の相関を、比電導度とは負の相関を示している。これは、溶存ガス量が採水地点の標高、水温にも関連があり、かつ比抵抗・比電導度が採水地点の標高と直接関係を有するた



第6図 溶存ガス量と比抵抗, 比電導度



第7図 採水高度と比抵抗, 比電導度

めの間接的な影響と考えられる。

即ち、第7図の如く、採水地点の高い箇所ほど比抵抗が大きくなる傾向を有している。これは地下水の流通機構に関連するものとみられ、標高の低い湧水地点ほど地下での土壌岩石に接する機会が多く、溶出物が多くなるからであろう。⑧の地点が比較的低い箇所でありながら比抵抗の高い事は、地形的にみて⑦のように大山中央火口丘の方向からの長距離にわたる流通経路を考えなくとも、孝霊山に源をもつ流通経路を考える事によって容易に説明出来る。

(ハ) 湧出量・pHとの関係

湧出量は地形・地質に多く支配され、溶存ガス量とは直接なら関係を見出せない。同様に pH もガス量とは関係なく、比抵抗、比電導度にも、系統的な関連はみられない。pH は局地的な条件によって多少の差異を示しているものと思われる。

(ニ) 個々のガス成分比について

アルゴンの含有量は全試料の平均が0.37cc/l, 1.52%で、非常に微量であり、しかも個々の値の変動も少ない。また、川水の含有量と比較してみても殆んど差は認められない。

一方、窒素・酸素では、量

比は①, ②を除き川水の量比に近いが, 飽和度の点からみると全般的に地下水的な性質がみられる。すなわち, 窒素は全試料が過飽和であるが (第8図), 酸素は一部不飽和のものもみられ, 過飽和のものも川水の飽和度に比べると低い値を示している。すなわち①, ②及び⑧はそれぞれ大山, 孝霊山の山麓近くにあり, 他の地点のように長距離にわたって酸素の消費, 或いは大気との遮断に遭遇し得ない。その結果, 比較的短時間のうちに湧出し, 酸素の飽和度も大きくなるものと推

定される。

#### (ホ) 地質, 地形との関連

水理地質の項で触れたように, 地質, 地形は湧出量には密接な関連はあるが, ガス成分には直接関係がない。ただし, 前述の如く, 地下水として湧出するまでの距離は, 地形に支配される事が大であり, 個々のガスの飽和度にも影響してくるものと考えられる。

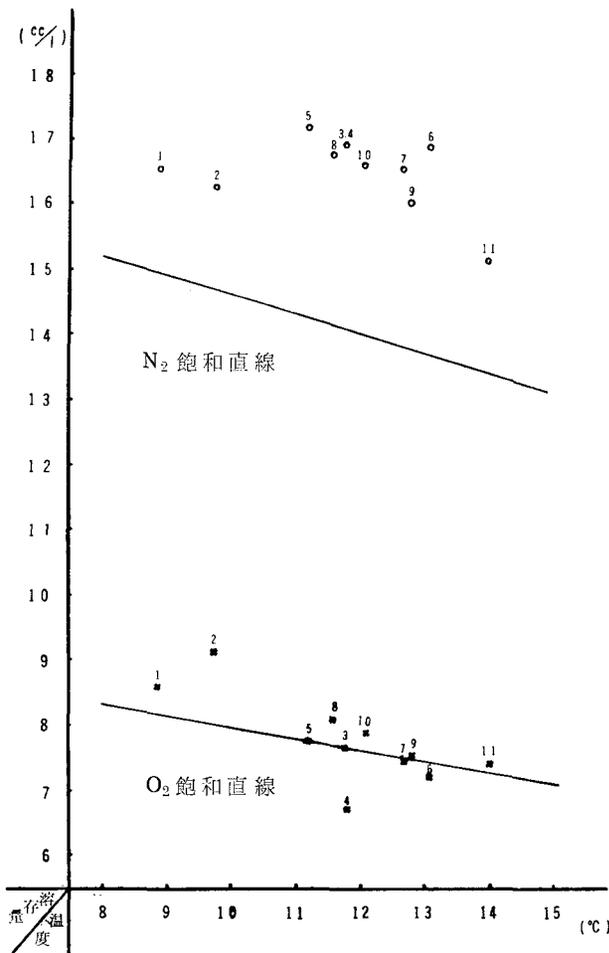
### 5. まとめ

各湧出地点における地下水の溶存ガス比を分析すると共に, 地質・地形・水温・比抵抗

・比電導度などの関連を調べた。その結果を総合して大山の地下水の水理地質的な補足を加えると次の如くなる。

大山の地下水の湧出量は, 地質・地形に規制され, (e) の石英安山岩以前の火山噴出物, 堆積物に多量の地下水を認める事ができる。(d) 以後の地層からの湧水は量的には少ないが, 湧水箇所は多い。しかし, 地下水として両者は本質的な差異が認められず, (d) 以後の薄い地層からの湧水も, 下位の (e) 以前の地層中に含有された地下水, もしくはその間の層理面にそって存在していた地下水が湧出したものと推定できる。

緩傾斜の地層にそって流下した地下水は, 若干の酸素の消費を認める事ができる。但



第8図 O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> 溶存量と飽和度・温度の関係

し、円頂丘附近での湧水は大気との遮断距離が短かく、酸素の飽和度は大きい。大山の地下水の窒素・酸素の飽和度を他の地域の地下水と比較すると、河川水と地下水との中間的

な値を示している事がわかる。すなわち、大山の地下水は大気と完全に遮断されて酸素の消費が行なわれた状態とは云えず、層理面にそって浅く流れている地下水と考えられる。

#### 文 献

1. 杉山隆二：山陰の温泉の地質，温泉工学会誌.， 2， 1 (1964)
2. 清水欣一：大山の地下水，日本地下水学会誌.， No 5， (1963)
3. 小穴進也：水中に溶存するガスの分析法，分析化学.， 3， 522 (1954)

## Determination of Dissolved Gases in the Ground Water at Mt. Daisen

by

Kōji WATANABE and Takaharu OKUNO

Institute for Thermal Spring Research, Okayama University

### Abstract

The contents of the dissolved gases in the ground waters at the north west of the piedmont district of Daisen volcano, Tottori prefecture, are determined as follows.

Ar :	0.34~ 0.40 (cc/l)	1.48~ 1.64 (%)
O <sub>2</sub> :	6.69~ 9.08 (cc/l)	27.92~35.30 (%)
N <sub>2</sub> :	15.16~17.23 (cc/l)	63.22~67.92 (%)

The calculated degree of saturation of these ground waters with O<sub>2</sub> and N ranges as shown below :

O <sub>2</sub> :	87.8 ~ 113.9 (%)
N <sub>2</sub> :	110.5 ~ 123.2 (%)

In this district, the ground water is generally of a shallow type. The degree of oxygen consumption of the water has a tendency to decrease as its pass under the ground is shorter.

From the results obtained here, it is concluded that these ground water have intermediate properties of the surface and general ground water.