

II-28

水質による地下水流出過程の検討

熊本大学 工学部 正会員 中島 重雄
熊本大学 工学部 松並 裕子
熊本大学 工学部 学生員 吉ヶ島雅純

1. 緒言 雨や雪として地上に降ってきた水は、地下に浸透するが、あるいは、蒸発したりして、その一部が集まって川となる。従来、地下水は、流動・流出など量的な面のみで検討され、水質変化という質的な面は、管理保全のための調査手段として区別して考えられていた。しかし、地下水は、河川水や湖沼水などの地表水と違って、直接に観測することはできず、量的な面のみで地下水の流れを追うことには限界がある。そこで、地下水の流下に伴い水質が変化することに注目し、現地地下水水質の差による地下水流出過程の解明を試みた。同時に、調査結果による推定を裏づけるため、現地土壌を用いた流出モデル実験を行った。

2. 調査方法

△阿蘇山中岳

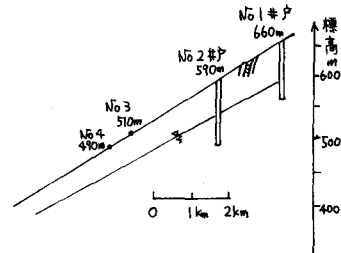
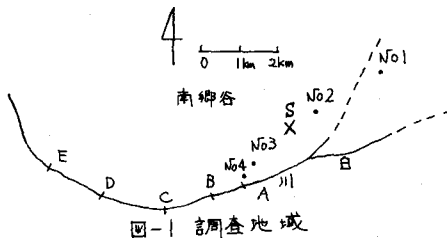


図-2 断面図

調査期間は、昭和58年6月下旬から12月上旬までとし、地下水の調査地点は、阿蘇カルデラ内白川上流の4井戸(No.1,2:農業用井戸 No.3,4:自噴井戸)で行ない、雨期を除いてその水源のほとんどを地下水とする白川河川水の調査は、A～Eの5ポイントで行った。地下水の調査項目として自記記録計による水位水温測定と1週間ごとの水質分析を行ない、白川は、流量測定と水質分析を行った。水質分析項目は、pH・電気伝導率・主要陰イオン(HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-})・主要陽イオン(Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+)とした。

3. 調査結果 雨水、地下水、河川水の水質を図-3のキーマイアグラム上に示す。No.1・No.2は、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ の多い最も一般的な地下水型であり、No.3は、非炭酸カルシウム型で火山地帯の地下水型となっている。No.4はそれらの中間である。地下水のNo.4は河川水A・Bとほぼプロットされている点が等しく、No.4付近の地下水は、A・Bへ比較的短い時間で河川へと流出していることが考えられる。河川へ流出した地下水は、A→Eと流下に伴い、非炭酸カルシウム型から炭酸カルシウム型(地表水型)に変化している。調査地域の雨水を分析した結果は、 HCO_3^- しか検出されず、キーマイアグラムに表示できないが、参考として、文献より引用した水質結果でプロットしてみた。この結果

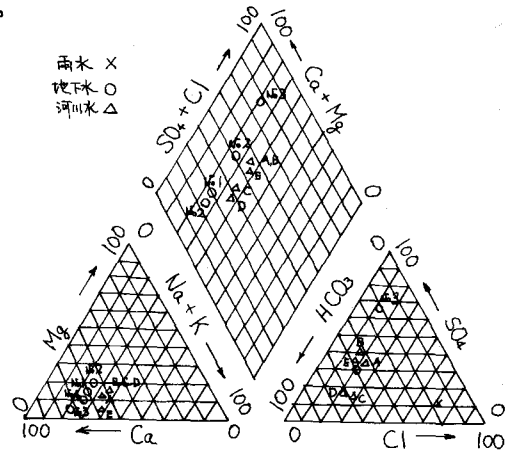


図-3 キーマイアグラム

と、水面勾配より地下水の流出過程を推定すると、雨→No.1→No.3, 雨→No.1→No.4→河川の経路が考えられる。

次にNo.1とNo.3間の流速を Ca^{2+} 濃度の差によって求めた。図-4に示すように、No.1, No.3区間約4km間に、平均0.5 meq/lの Ca^{2+} が増加している。これは、水がNo.1からNo.3に流下するまでに、 Ca^{2+} が溶出していったこ

とを意味している。No1の7月19日の Ca^{2+} の増加が、7日後にNo3の7月25日の Ca^{2+} 増加としてあらわれていることにより計算すると、流速は 24 m/a である。これは一般に、 $10^{-3} \sim 10^{-7} \text{ m/sec}$ とされる地下水流速に比較してかなり大きい。この理由として、No1とNo3の標高差が150mもあり急勾配であることが考えられる。

7月中旬から8月初旬にかけて、濃度が上昇している現象は、7月中旬までの梅雨期の降雨の浸透によって、不飽和層が飽和され、後の降雨の浸透により孔隙間の付着水に流出していた物質が、滞水層に流入したためと思われる。

4. 溶出モデル実験方法 No1, No3間の Ca^{2+} 濃度上昇

により求めた地下水流速値の真評性を確認するため、図-1のS点付近の土壌を用い、 Ca^{2+} 溶出の時間-濃度曲線の作成を行った。まず、ケース-1として長さ1m、管径90mmの透明アクリルパイプの中にかく乱した試料土を入れ、雨水を流すカラム実験を行ったが、滞留時間8日までの観測が限界であるため、予測した Ca^{2+} 濃度上昇が認められなかった。また、この結果が、雨水中の HCO_3^- が滞留中に減少していたことより生じた可能性も考慮して、ケース-2として、図-5の装置により再度実験を試みた。ただし、雨水は、調査地域の降雨に含まれる程度の HCO_3^- を NaHCO_3 で補った人工雨水を用いた。滞留時間は、1, 3, 6, 8, 12, 14日として、かく乱した土壌を人工雨水によって飽和させた。そして、真空ポンプによって水を抽出して溶出しているイオン濃度を調べた。

5. 溶出実験の結果 ケース-2の実験結果を図-6に示す。

この実験はまだ途中段階にあり、滞留時間14日以上での時間-濃度曲線を作成中である。

ケース-2で、人工雨水を使用したためケース-1と比較して Ca^{2+} 濃度が高くなるということにはななかった。調査地域の0.8 $\sim$ 1.6 mg/l に比較して、最高0.18 mg/l とかなり低く溶出した理由として、①試料土に対し水量が多過ぎたこと、②実際の試料土はかく乱された未凝結岩であり、現地の土粒子の組成と違っていること、③溶出作用に影響する因子に圧力があり、実際の浸透水にはかなりの圧力がかかっていること、などが考えられる。

6. 今後の課題 溶出実験を完了させて、長期間の時間-濃度曲線を描き、調査してきた地下水を解析していく上で、上記①～③の補正を考えて、時間-濃度曲線式を作成する必要がある。

具体的には、溶出作用は1次反応式であって、濃度を x 、時間を t として、 $x = a(1 - e^{-bt})$ の式において、速度定数 b を算定していくものと考えている。そして、発表時には、最終的にこのモデル式により、雨→地下水→河川という水の流出過程の解析をおこないたいと思う。

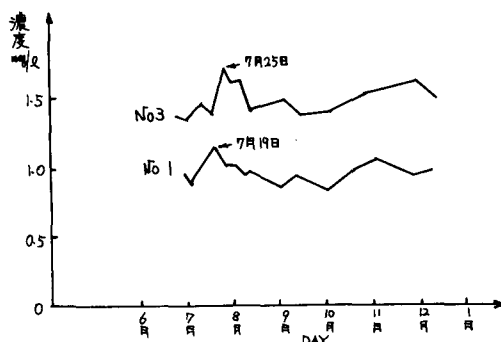


図-4 Ca^{2+} の経時濃度変化

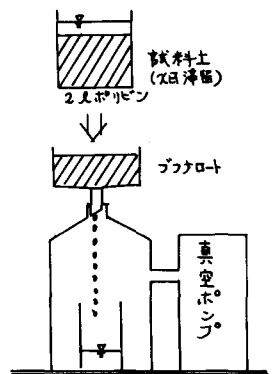


図-5 溶出実験モデル

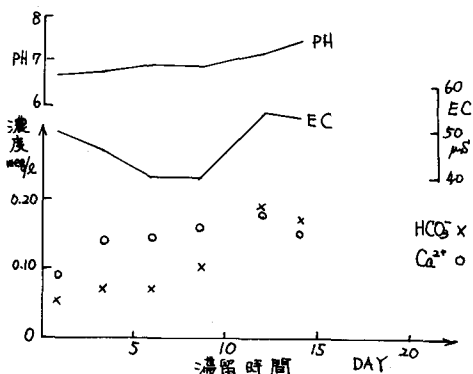


図-6 溶出実験による時間-濃度変化

- 〈参考文献〉 1. 中島重雄著：陸水環境調査法 森北出版 1983年
2. 半谷高久著：水質調査法 丸善 1978年