

水質による地下水収支の検討

熊本大学 工学部 正会員 中島 重旗
 熊本大学 工学部 松並 裕子
 熊本大学 工学部 学生員 吉田 和史

1. 緒言 従来、地下水の収支は、流動・流出など量的な面のみで検討され、地下水の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、水収支とは区別して考えられてきた。しかし、地下水は地表にある河川水や湖沼水などと違って、直接に観測することができず、その上、地形や地質によって複雑な動きを示すので、単に量的な面のみで、地下水の流れを追うことは限界がある。そこで、検討すべき地域の地形や地質などを総合的にとらえ、特に地中物質の溶出による水質の変化を、地下水収支の過程とむすびつけて検討しようというのが本研究の目的である。具体的には、昨年(昭和57年)の7月中旬に、九州地方を襲った集中豪雨時の水収支のモデルを考え、これと水質の変化の関連を検討した。

2. 調査方法 調査地点は、熊本市と菊池郡菊陽町の境にある津久礼・麻生田・須屋の3地点を選び、調査期間は昭和57年7月中旬から9月中旬までとした。なお、試料は、麻生田の水道局揚水井、津久礼の家庭用井戸から採取し、地下水位は、津久礼・須屋の建設省観測井、麻生田の水道局揚水井のデーターを使用した。

測定項目は、気温・水温・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^+)及び F^- とした。分析方法は上水試験法に従った。

3. 調査地域の地下水盆モデルの概要 津久礼・麻生田・須屋の水質を、図-2のキーダイアグラム上に示す。いずれも $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ の多い、典型的な地下水であり、プロットされている点がほぼ等しく、3地区が同一帯水層で結ばれているといえる。

次に、調査地域の地層を図-1に示す。ローム層と熔結凝灰岩の間に位置する軽石凝灰岩及び凝灰質砂礫が、帯水層であり、いずれも被圧地下水であることがわかる。

地下水収支の基礎式は、下式を使用した。

$$\text{不飽和帯: } dSg_1/dt = Ig_1 - Og_1$$

$$\text{飽和帯: } dSg_2/dt = Og_1 + Ig_2 - (\xi + Og_2)$$

ここで、 Sg_1 : 不飽和帯の単位時間貯留量, Ig_1 : 単位時間あたりの浸透流入量, Og_1 : 浸透透過量, Sg_2 : 飽和帯貯留量, Ig_2 : 流入量, ξ : 揚水量, Og_2 : 流出量

この収支式を、麻生田について検討すると、須屋への流出量は負となり、麻生田の揚水は津久礼及び須屋からの流入によってまかなわれていることがわかる。また、調査期間中は、常に $dSg_2/dt > 0$ となっており、降雨期は降雨の浸透により、降雨後は漏水及び絞り出しにより、地下水の涵養が進んでいることもわかる。

4. 水質分析の結果 調査期間中の津久礼・麻生田の電気伝導率の変化を図-3に示す。電気伝導率は、水が電流を通す能力の尺度であり、溶液中の溶存イオン濃度を示す指標である。調査当初は、降雨の浸透により帯水

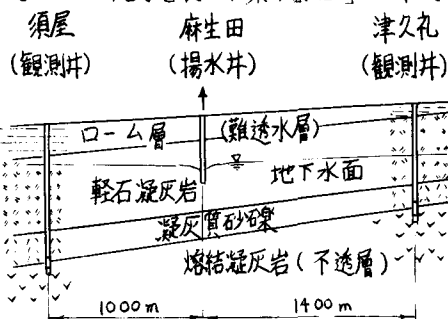


図-1 調査地域の地層

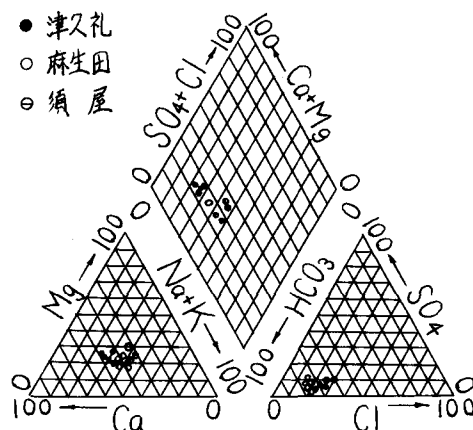
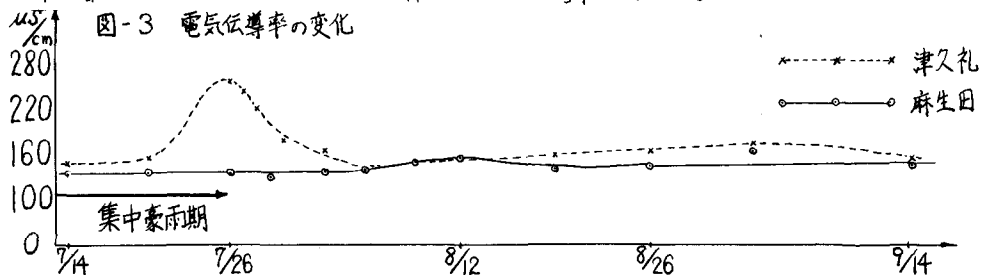


図-2 キーダイアグラム

層中の地下水が薄められ、降雨後の溶存イオン濃度は低下すると予想していた。しかし、予想に反して、津久礼においては、集中豪雨期（7月11日～7月26日）の後期に、電気伝導率の急激な上昇がみられ、溶存イオン濃度が増加している。集中豪雨期と定常期の溶存イオン濃度を表-1に示す。この表より、 HCO_3^- と Ca^{2+} が急増していることがわかる。つまり、図-3で曲線の頂点を示している7月25・26日ごろに、 $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ を多量に含んだ浸透水が、帯水層へ流入したことになる。一方、麻生田の電気伝導率は顕著な変化はないがゆるやかに上昇している。



5. 考察 溶出による溶存イオン濃度の上昇を支配するおもな因子は、表-1 津久礼の溶存イオン濃度

温度・圧力・接触面の大きさ・接触する時間そして水量である。今回の調査の場合、圧力・温度は一定であるから、接触面の大きさと水量が大きく影響していると考えられる。つまり、浸透水の溶出作用が増大するためには、不飽和層を構成する粒子が小さく、貯留率が大きいことにより、接触する水量が多いことが必要となる。この調査地域の場合、ローム層は自然状態でも含水比が100%前後あり、ほぼ飽和しているので、地下水面上の軽石凝灰岩が、不飽和層の働きをしていると考えられる。一般に、凝灰岩は間隙率が20%～65%と比較的大きなわりに、比産出率は小さい。調査地域の軽石凝灰岩は、比産出率が8%ほどしかなく、比残留率が非常に大きいことになる。つまり、集中豪雨によって多量の浸透水があれば、孔隙間に付着水として多量の水が存在することになり、溶出作用を促進する条件がそろっていたことになる。

ここで、津久礼の水質の変化と水収支の関係をまとめると、集中豪雨前期の降雨の浸透によって、不飽和層がほぼ飽和され、後期の降雨の浸透により、孔隙間の付着水に溶出していた物質が、帯水層へ流入したため、急激な溶存イオン濃度の上昇となった。この浸透水の動きは、集中豪雨前期よりも後期のほうが、地下水面位の上昇率が高いことにも表われている。この調査地域の帯水層の透水係数は $0.4\text{ cm}^2/\text{s}$ とかなり大きく、高濃度の溶存イオンを含んだ浸透水が、帯水層へ流入しても、帯水層中の流量が多いので希釈され、降雨以前とはほぼ同程度の濃度へもどる。集中豪雨の後、軽石凝灰岩より漏水と絞り出しがあるので、降雨前よりやや高めの濃度に落ちついている。麻生田は、津久礼のような急激な溶存イオン濃度の上昇を示していないが、これは麻生田が水道局の揚水井であり、1日平均 $570\text{ m}^3/\text{day}$ ほどの揚水があるため、帯水層の水循環が多量であるので、浸透水の影響をさほど受けていないためと考えられる。それでも漏水と絞り出しのため、ゆるやかに濃度は上昇している。

6. 結び 溶存イオン濃度の変化で、浸透水と帯水層の地下水の水収支を、定量的に算出できれば良かったが、調査地点数と各地点におけるデータ数不足により、算出するまでには至らなかった。考察で述べた水収支と水質の関係も、軽石凝灰岩層中の浸透水の水質がわかっていないなど、具体的数値に欠けている部分があるので、仮説の域を出ていない。今後の課題として、軽石凝灰岩が、雨水の浸透によって溶解物質をどの程度溶出するか調査するために、実際に調査地点の土を採取してきて、雨水の浸透の実験をする必要がある。この実験により、今回の調査地域の特殊な水質変化を、より具体的に把握できれば、量的な水収支計算だけではなくとらえることができなかつた浸透水の細かな流れをつかまえることができるようになる。それぞれの地域の地下水の特殊性をつかむためにも、量・質両面からのアプローチが、今後より重要になると思われる。