

# 都市域の地下水の性状と起源について－神戸市域における事例研究－

## Quality and origins of groundwater in an urbanized area - A case study in Kobe district, central Japan-

# 安原 正也[1]; 稲村 明彦[2]; 牧野 雅彦[3]; 風早 康平[4]; 林 武司[5]

# Masaya Yasuhara[1]; Akihiko Inamura[2]; Masahiko Makino[3]; Kohei Kazahaya[4]; Takeshi Hayashi[5]

[1] 産総研; [2] 産総研; [3] 産総研; [4] 産総研地調; [5] 産総研

[1] Geol. Surv. J.; [2] Geol.Surv.J.; [3] GSJ,AIST; [4] Geol. Surv. Japan, AIST; [5] GSJ, AIST

都市部においては、一般に地下水汚染源の多様化が進み、また地下構造物が地下水の分布さらには流動系に大きな影響を及ぼしている。さらに、不透水性地表面の増加や新たな地下水涵養源（ソース）や流出源（シンク）の出現によって、地下水収支をはじめとするその地下水環境は自然状態下のものとは著しく異なることが知られている。一方、都市部では近年、環境用水や防災用水としての役割を地下水に求めるようになってきたため、都市部地下水の性状、分布、流動経路およびその起源を正確に把握する必要性が高まってきている。そこで本研究では、兵庫県神戸市、芦屋市、西宮市および宝塚市（武庫川以西）の都市化域をモデル地域として選定し、様々な地球化学的な手法に基づいて都市部の地下水の複雑な実態を解明することを目的とした調査・解析を実施した。

研究対象地域は、北に花崗岩質の六甲山地（最高標高は六甲山の931m）を含み、扇状地から漸移した帯状の海岸平野（幅は南北2～5km）からなる。その平野上には大都市が発達しており、南には瀬戸内海が広がる。地質は、花崗岩質の基盤岩より成り、その基盤岩の上に帯水層と不透水層とが互層をなす大阪層群（最深で約1500m）が分布している。

本研究で用いた試料は地下水（湧水、井戸水および温泉水）、降水、河川水および海水である。地下水は計231試料であり、深度数mの浅井戸から深度1500mの温泉井戸まで、その深度は多様である。河川水は計70地点においてサンプリングを実施し、その採取時期は地下水と同じである。これらの試料について酸素、水素および炭素の安定同位体比ならびに一般水質成分と微量成分濃度を測定し、一部の試料についてはトリチウム濃度の測定も実施した。

研究地域の地下水は一般水質に基づいて、重炭酸カルシウム型の浅い地下水（深度0～50m）と、それより深い重炭酸ナトリウム型の地下水とにおおまかに区分された。しかし、近接する地点間においても平面的・鉛直的に著しい濃度の相違が見られる場合が多いことが明らかとなった。同じ傾向は微量成分濃度（重金属等）の分布にも顕著であり、これは当該地域の地下水涵養源の多様性（地表からの浸透水、水道・下水管からの漏水、河川からの浸透水、深部からの上昇水）や地下水流動プロセスの複雑さを反映しているためと判断された。酸素・水素安定同位体比プロットとその三次元的な空間分布からは、長田区や灘区の伏在断層に沿った地域、さらには武庫川の下流域で、深度200mより深い地下水の一部では酸素同位体比が正方向にシフトしていることが確認された。これらの地点は炭酸成分の高濃度異常域とも一致しており、深部から上昇してくる熱水（いわゆる有馬型深部熱水）の混入がその原因であるものと考えられた。一方、全炭酸濃度と炭素同位体比の関係から、全体的傾向としては深度200mより浅い地下水は伏没河川水と降雨浸透水の混合によって形成されており、循環系の地下水であると推定された。これは、トリチウム濃度の測定結果から判断された循環系地下水の下限深度（深度約200m；五十嵐ほか、2003）とも整合的であった。

中部地下水（深度50<D<200m）と深部地下水（深度D>200m）のミキシングライン上には有馬型深部熱水が存在しているが、同直線のさらに延長上には海成炭酸塩も存在する。そこで、炭素同位体比だけではなく他の成分（水素・酸素同位体比、複数の化学成分濃度など）の解析結果も併せてこれらの深部地下水の起源について検討を行ったところ、有馬型深部熱水の明らかな混入が見られるのは5地点程度であり、他の地点の地下水では海成炭酸塩の寄与によって高い全炭酸濃度と重い炭素同位体比がもたらされているものと結論された。地下水の起源をさらに詳細に検討するために主成分分析を行ったところ、深度200mより浅い地下水の多くは伏没河川水と降雨浸透水という2つのエンドメンバーの間にプロットされた。2成分ミキシング解析の結果、これらの地下水の形成に果たす降雨浸透水の役割を定量化することができた。

六甲山地と平野の境界部付近において、地下水の形成に果たす伏没河川水の役割が東西方向で大きい傾向が見られる。また、武庫川上流の宝塚市近辺と神戸市を横断して南北方向に流れる中小河川の近傍にも同様な地点が散見されるものの、都市化が進んだ同地域においても、全体的には鉛直地下水涵養成分、すなわち降雨浸透水（+水道漏水）が地下水の形成に果たす役割は無視できないほど大きいことが明らかとなった。今後は、研究地域を地形的・地質的・流域単位でさらに細分化し、それぞれのセクションで同様の解析を行い、都市部地下水の性状、分布、流動経路およびその起源をより詳細に把握してゆく予定である。