

海水の影響を受けた地下水の地球化学的特性

九州大学工学部 学生会員 寺崎 洋史
 九州大学工学研究院 非会員 池見 洋明 正会員 広城 吉成 正会員 神野 健二
 大分大学教育福祉科学部 非会員 佐伯 和利

1. はじめに

沿岸部地域では、井戸の過剰揚水、あるいは大規模な土地造成による地下への水涵養量の減少に伴う地下水位の低下、地盤掘削工事に伴う地下水汲み上げなどにより、地下水の塩水化が生じることがある。特に、島嶼部では水資源確保の観点から地下水の塩水化問題は深刻であり、地下水取水に伴う淡水および塩水の挙動を把握することは、水資源の開発可能量の評価を行う上でも重要となる。また地下水の塩水化問題を取り上げる際には、上記のような物理的な側面からの調査解析のみならず、塩水化が生じた地下水の水質に関する地球化学的特性の評価を加える必要がある。従って、本報では塩水化が確認されている地下水を地球化学的に解析し、その特徴について検討を行った。

2. 調査地点の概要および分析項目

図1は調査対象とした地域(福岡県福岡市西区 M 地区)であり、そこに点在するボーリング井戸(B1, B2, B3, B5)について、B1~B3は深度10mと30m、B5については深度10mと50mをそれぞれ採水した。分析項目は、陰イオンでは Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , 陽イオンでは Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} である。また、トリチウム、水素・酸素同位体も分析対象とした。

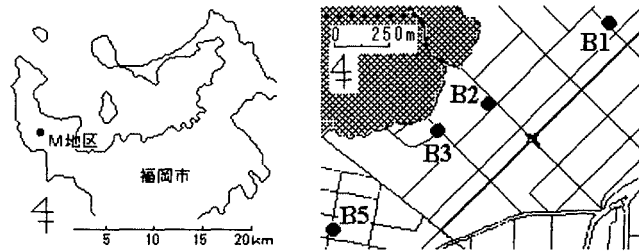


図1 調査対象地域の概要

3. 結果と考察

3-1 海水混合比

地下水中に含まれる海水混合比を求めるにはその地下水が形成された淡水濃度(背景淡水濃度)との比較が必要となる。ここでは、各ボーリング井戸の深度10mの水をその井戸水の背景淡水濃度と仮定した。

Cl は化学的に不活性で化学反応に寄与しないと考えられるので、地下水中の海水の割合 f_{sea} は次式のように表せる。

$$f_{sea} = \frac{m_{Cl, sample} - m_{Cl, fresh}}{m_{Cl, sea} - m_{Cl, fresh}} \quad (1)$$

ただし、 $m_{Cl, sample}$ は実際に測定されたサンプル中の塩化物イオン濃度。 $m_{Cl, sea}$ は海水の塩化物イオン濃度、 $m_{Cl, fresh}$ は各ボーリング井戸の深度10mにおける塩化物イオン濃度を示している。

ボーリング井戸とも深部における海水混合比を式(1)によって求めると、ボーリング井戸の海水混合比は表1のようであった。この表より B1 の深度30mの地下水は約53%の海水が含まれていることがわかる。

表1 各ボーリング井戸深部の海水混合比

地点	B 1-30m	B 2-30m	B 3-30m	B 5-50m
海水混合比 (%)	53.4	42.0	29.5	7.0

3-2 トリチウム濃度

トリチウムによる地下水の年代推定は、地下水中のトリチウム初期濃度を決め、地下水の流れが単一流路を混合のない分散を伴わないピストン流で流れていると仮定した時に可能となる。しかし、現実の地下水はいくつかの系統の地下水が混合されたもので、結局どのような年代のものがどのような割合で混合しているかをある程度想定することが重要となる。3-1で考察したように各ボーリング井戸は海水の影響を受けた地下水なので、トリチウムによる地下水の年代推定はこの影響を考慮せねばならない。図2は各ボーリング井戸の深度別トリチウム濃度を示している。また、図中の各井戸の横線は、塩塩境界面を示しており、B1は20m以深で電気伝導度が約30mS/cm、B2は深度15m以深で約30mS/cm、B3は深度15m以深で約20mS/cmの値を示している。B5は深度2m以深で約10mS/cmの値を示し、他の井戸と異なり明確な塩塩境界面がみられなかった(図中の—)。海水のトリチウム濃度を0TRと仮定し、各井戸の深部における海水混合比およびここでのトリチウム濃度を用いて、海水の影響がない場合のトリチウム濃度を推算すると、B1の深度30mでは0.6TR未満、B2の深度30mは0.5TR未満、B3の深度30mは0.7TR、B5の深度50mは0.3TR未満の値となった。各井戸とも浅部地下水の方が深部地下水よりトリチウム濃度が高く、深部地下水の方が浅部地下水より年代が古い地下水であることが推察された。これは塩塩境界面を境とし、塩水化地下水の流動速度が淡水地下水のそれより小さいことから示唆される。

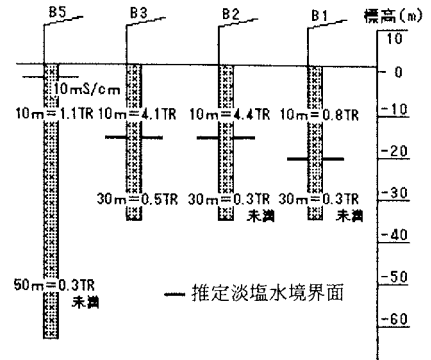


図2 深度別トリチウム濃度測定値

図2は各ボーリング井戸の深度別トリチウム濃度を示している。また、図中の各井戸の横線は、塩塩境界面を示しており、B1は20m以深で電気伝導度が約30mS/cm、B2は深度15m以深で約30mS/cm、B3は深度15m以深で約20mS/cmの値を示している。B5は深度2m以深で約10mS/cmの値を示し、他の井戸と異なり明確な塩塩境界面がみられなかった(図中の—)。海水のトリチウム濃度を0TRと仮定し、各井戸の深部における海水混合比およびここでのトリチウム濃度を用いて、海水の影響がない場合のトリチウム濃度を推算すると、B1の深度30mでは0.6TR未満、B2の深度30mは0.5TR未満、B3の深度30mは0.7TR、B5の深度50mは0.3TR未満の値となった。各井戸とも浅部地下水の方が深部地下水よりトリチウム濃度が高く、深部地下水の方が浅部地下水より年代が古い地下水であることが推察された。これは塩塩境界面を境とし、塩水化地下水の流動速度が淡水地下水のそれより小さいことから示唆される。

3-3 水素・酸素環境同位体比

図3は水素同位体比と酸素同位体比との関係を示す。この図より各ボーリング井戸の深度10m地点の値はほぼ天水線上にあり、これら地下水の起源が降水であることが示唆される。一方、B2、B3の深度30m、B5の深度50m地下水は、天水-海水混合線上にあり、塩化物イオン濃度が高い地下水ほど $\delta^{18}O$ が正側にシフトしている。これはこれらの地下水が海水の影響を受けたためと考えられる。ところでB1は、天水-海水混合線より $\delta^{18}O$ の正側にさらにシフトした位置にプロットされた。この理由については海水による影響とともに、岩石との接触時間が他のポイントより長かったか、もしくは他のポイントよりさらに岩石風化の進んだ状態であることが推察される。

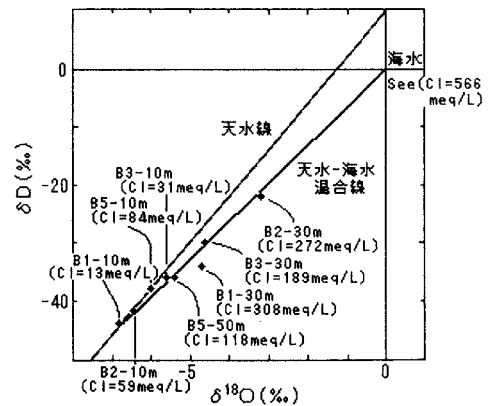


図3 水素同位対比と酸素同位体比との関係

4. まとめ

トリチウム、水素・酸素同位体および主要なイオンデータを用いて海水の影響を受けた地下水の地球化学的解析を行うには、想定した仮定やその意味を考慮した上で、水文地質学的情報を組み合わせて考察しなければならないことが判った。今後は、降水中のトリチウム濃度の経年変化や他の微量元素の情報を加えて、塩水化地下水の地球化学的解析を行う予定である。

謝辞：本研究は核燃料サイクル開発機構による核燃料サイクル公募型研究助成「沿岸部帯水層内の古海水の地球化学的解析とその挙動に関する調査研究」(研究代表者：神野健二)の補助のもとに行われました。また、トリチウム濃度測定およびその解釈にあたりましては(財)九州環境管理協会(松岡信明先生、岡村正紀様、平井英治様、田籠久也様)に多大な御協力を頂きました。記して感謝を申し上げます。

参考文献：馬原保典(1994)：最近の地下水調査方法と計測技術，地下水学会誌，36，473～485

岡村正紀、平井英治、松岡信明(1993)：福岡市における降水中トリチウム濃度の最近の変動，地下水学会誌，35，87～93