

バングラデシュ, ショナルガオ地下水涵養域におけるヒ素汚染地下水形成過程 Formation process of Arsenic contaminated groundwater at recharge area in Sonargaon, Bangladesh

前田 俊介^{1*}, 益田 晴恵¹, 三田村 宗樹¹, 岡林 克樹¹, Ashraf Ali Seddique²

MAEDA, Shunsuke^{1*}, MASUDA, Harue¹, Muneki Mitamura¹, Katsuki Okabayashi¹, Ashraf Ali Seddique²

¹ 大阪市立大学大学院理学研究科, ² ジェソール科学技術大学

¹Faculty of science, Osaka city university, ²Jessore Science and Technology University

ガンジスデルタ流域は世界最大のヒ素汚染地下水出現地域である。この地域の地下水ヒ素汚染は還元的地下水環境で発生することが多く、発生メカニズムは、微生物活動による地下水の還元に伴う鉄酸化鉱物の分解とそれに吸着したヒ素の溶出だと信じられてきた。しかし、バングラデシュのダッカ東部に位置するショナルガオでは、地下水ヒ素汚染は活発な地下水涵養域における好氣的地下水環境で発生しており、従来仮説では説明できない。本地域のヒ素の担体の一つは緑泥石であることは明らかにされている。私たちは、昨年の本会で、2010年12月に採水した活発な涵養域の井戸水と、最もヒ素濃度の高い地点で-5m, -10m, -15mの3深度でボーリング掘削をして採水した井戸水を分析して得られた結果に基づいて、ヒ素汚染地下水が-5?-10mの完新世帯水層の最上部で起っており、それは緑泥石の化学的風化作用に起因する可能性が高いことを報告した。この地域の地下水は、-5mの帯水層最上部において、すでに 0.4 mg/L のヒ素を含んでおり、-10?-15mでは 0.8 mg/L 、-24mでは 1.1 mg/L を超えている。その後、鉱物の化学的風化作用が、地下水水質にどのような影響を与えているのかを定量的に議論するために、地下水ともっとも化学的風化作用を受けやすい斜長石とヒ素の原因鉱物である可能性が最も高い緑泥石の希土類元素をICP-MSを用いて定量分析し、泥岩の値を用いて規格化した。その結果を報告する。

地下水試料中に含まれる希土類元素パターンから、全ての試料に正のEu異常が確認できた。また、多くの試料で負のCe異常が確認できた。深度の異なる試験井戸から得られた水試料から、より重希土類元素に富む試料でヒ素の濃度が高くなるという結果が得られた。堆積物中の緑泥石と長石に含まれる希土類元素濃度は、緑泥石はすべての希土類元素が高濃度でほぼ一定の濃度パターンを示すのに対し、長石はユーロピウム濃度のみ高く、その他は緑泥石に比べると少なかったが、軽希土類元素を濃縮し重希土類元素が少ないパターンを示した。この地域の地下水の主成分化学組成はCa-(Mg)-HCO₃型である。CaとMgはそれぞれ、斜長石と緑泥石の主成分である。これらの鉱物の化学的風化作用が、本調査地域の地下水の主成分化学組成をも決定する要因であることが裏付けられた。

地下水に見られる正のEu異常、負のCe異常とヒ素濃度に相関はない。地下水の正のEu異常は斜長石の溶解反応が盛んであることを示している。しかし、斜長石の溶解はヒ素濃度とは無関係である。Ceは酸化的環境下では3価から4価へ容易に酸化し、酸化沈殿物として地下水から取り除かれる。したがって、負のCe異常は、帯水層深部に向かって、地下水の還元が起っていることを示している。しかし、ヒ素濃度とは関係を持たないことは、本地域の地下水へのヒ素の溶出は地下水還元に伴うものではないことを示している。本研究で行った希土類元素の分析結果は、化学的風化作用による緑泥石の調和溶解がヒ素溶出の原因であるという私たちの主張を支持している。

この地域の地下には、高濃度のヒ素を含む完新世の砂層からなる帯水層の下位に帯水不透水層である粘土層を挟み、ヒ素を含まない更新世の砂層からなる帯水層がある。しかし、もっとも高濃度のヒ素汚染地下水が出現する本研究の試験掘削地点の地下では不透水粘土層が存在せず、完新世の砂層と更新世の砂層が直接接していた。更新世帯水層からの灌漑用水の過剰な汲み上げにより、負圧の伝播が起りやすい不透水粘土層の欠如部分で、鉛直方向に好氣的地下水が急速に浸透することにより、鉱物の化学的風化作用が促進され、それに伴ってヒ素の溶出が起ったのであろう。

キーワード: ヒ素汚染, 地下水, バングラデシュ, 緑泥石, 風化, 希土類元素

Keywords: arsenic contamination, groundwater, Bangladesh, Chlorite, weathering, rare earth element