

高透水性破砕帯の形成に伴う非火山性熱水系の発達

Numerical Simulation of a Non-volcanic Hydrothermal System Caused by Formation of a High Permeability Fracture Zone

岡 大輔^{1*}, 江原 幸雄², 藤光 康宏²

Daisuke Oka^{1*}, Sachio Ehara², Yasuhiro Fujimitsu²

¹九州大学大学院工学府, ²九州大学大学院工学研究院

¹Kyushu University, ²Kyushu University

日本では原子力発電所からの使用済み核燃料の再処理によって発生する高レベル放射性廃棄物は地下300~1,000mで地殻活動が安定した地域に地層処分される方針である。ただし、高レベル放射性廃棄物の放射能は減衰をしながらも長期間にわたって存在するため、埋設した廃棄物を地表付近に接近させるような事象や岩盤の破壊をもたらすような事象による重大な影響を被らないように、処分場の場所や深度を適切に選定することが重要である。このため地層処分の実施に際しては、地質環境に急激な変化、あるいは緩慢であるが累積的な変化をもたらすような地震・断層活動や火山・マグマ活動、隆起・沈降・侵食および気候・海水準変動のような天然現象によって、地層処分システムの性能が著しく損なわれることのないよう、十分に安定な場所を選ぶための基準作りが行われている。しかし近年、福岡県西方沖地震(2005)や能登半島地震(2005)のように断層活動の知られていなかった地域で地震が発生しており、このように新たな断層活動によって形成される高透水性破砕帯を通して生じる新たな熱水系、特に非火山性熱水系について理解を深めておくことは必要であると考えられる。そこで本研究では福岡県西方沖地震によって形成された警固断層帯北西部周辺をモデル地域として非火山性熱水系の数値シミュレーションをHYDROTHERM-Version2.2 (Hayba and Ingebritsen, 1994)を用いて行い、熱水対流系の生成条件および発達条件を調べた。

高レベル放射性廃棄物がウラン鉱石と同程度の放射能レベルとなる時間が10万年程度であることを考え、断層形成10万年後の時点までパラメータを変えて数値シミュレーションを行った結果、高透水性破砕帯の大きさ・透水係数・形状、地殻熱流量の違いにより異なる熱水系発達の挙動を示すことができた。その結果、断層が形成されなければ、地殻熱流量が地球上の平均値より高い80mW/m²でも対流が発生せず、断層の形成に伴って、通常地殻熱流量の場合でも対流が発生する可能性があることがわかった。また、処分場の予定深度である300m~1,000mにおいては断層上方では上昇流が発生することがわかった。

高透水性破砕帯を通しての熱水系の発達過程として、まず破砕帯内部で1段階目の対流が発生し、この対流が準定常状態になったのち、地殻上層全体にわたる2段階目の対流が発達することが分かった。この2段階目の対流が定常状態に達するには、10万年という短い期間ではなく100万年以上の時間を要することがわかった。

また、破砕帯の透水性は時間的に一定ではないと考えられるので、破砕帯の固着を透水係数の経時変化により示すことができた。今回のシミュレーションに用いた周期的な透水係数の変化において、破砕帯内部の対流は、十分に発達し準定常状態になる可能性があるが、一方で、高透水性が保たれる時間が短い場合、対流が発生しないことが分かった。

高レベル放射性廃棄物がウラン鉱石と同程度の放射能レベルとなる時間が、約10万年であることを考えると、処分場の予定深度である300~1,000m深では破砕帯の直上では上昇流が発生する可能性があることがわかった。処分場への熱水影響をより詳細に評価するため、処分予定深度付近

のブロックを細かく区分した詳細構造モデルの導入により、処分予定深度において処分場の破壊を引き起こすとされる150℃という高温になるような破碎帯の透水係数を求めることができた。この結果、破碎帯内部の透水係数が、地殻熱流量が通常より高い80mW/m²のパターンでは0.5mdarcy未満、地殻熱流量が通常程度の60mW/m²のパターンでは1.3mdarcy未満という低い値であっても、熱水対流系が形成され、放射性廃棄物の処分予定深度において想定される処分場の破壊を引き起こすような高温となる可能性があることが分かった。

キーワード:破碎帯,非火山性熱水系,断層,数値シミュレーション,地震活動

Keywords: fracture zone, non-volcanic hydrothermalsystem, fault, numerical simulation, seismic activity