

瑞浪超深地層研究所における立坑掘削による地下水の脱ガスの予測

Prediction of degassing from groundwater caused by shaft excavation in Mizunami Underground Research Laboratory, Japan

戸高 法文[1]; 中西 繁隆[2]; Xu Tianfu[3]; Pruess Karsten[3]; 岩月 輝希[4]; 古江 良治[4]

Norifumi Todaka[1]; Shigetaka Nakanishi[2]; Tianfu Xu[3]; Karsten Pruess[3]; Teruki Iwatsuki[4]; Ryoji Furue[4]

[1] J-POWER・エンジニアリング事業部; [2] 電発; [3] エルピーエルエヌ・地球科学; [4] サイクル機構 東濃

[1] Engineering Dept., EPDC; [2] EPDC; [3] Earth Sciences Div., LBNL; [4] JNC TONO

核燃料サイクル開発機構では、地層処分研究開発の基盤となる「深地層の科学的研究」の一環として、岐阜県瑞浪市において深度 1000m 規模の地下研究施設（瑞浪超深地層研究所、以下研究所）の建設前・中・後の調査を通して、地下環境の調査・解析・評価手法の開発を行っている。2005 年より研究坑道の一部である立坑の掘削が本格的に開始されるのにあたり、研究坑道を建設する過程で起こり得る諸現象、すなわち自然状態での地下環境の変化及び建設に伴う周辺環境への影響を明らかにするための手法開発が課題として挙げられている。本研究では、地下水中の溶存ガスに注目し、建設時の脱ガス現象を評価するためのシミュレーション方法について検討を行った。

研究所周辺では、厚さ百数十 m の第三紀堆積岩が白亜紀後期の花崗岩類を不整合に被っている。研究所建設前の地球化学的状态を把握するため、百数十 m ~ 約 1300m のボーリング孔が掘削され、地質、水理、地球化学分野の様々な調査が実施されている。その結果、地下水は堆積岩中の深度 50m 前後の難透水層を境に大きく 2 つの帯水層に分かれ、地球化学的境界となっていることが明らかになった。浅層の地下水は中性 ~ 弱アルカリ性 Na-Ca-HCO₃ 型水質を示し、難透水層以深の地下水は弱アルカリ性 Na-Ca-Cl 型水質を示し、深度と共に溶存成分濃度が増加することが明らかになっている（岩月ほか、井岡ほか；同学会要旨参照）。

これらのデータに基づき、水理地質・地球化学概念モデルを構築し、立坑掘削による周辺の地球化学的影響、特に脱ガス現象を予測するために熱・水・地球化学連成シミュレーションを行った。使用したシミュレータは TOUGHREACT (Xu and Pruess, 1998 及び 2001) の改良版及び PHREEQC (Parkhurst and Appelo, 1999) である。熱力学データは改良版 EQ3/6 及び LLNL のデータを用いた。シミュレーションに用いたモデルは、直径 8km、深さ 2km の円筒 2 次元モデルであり、中心に直径 6.5m の立坑を 6 年間かけて一定の掘進率で 1000m 掘削することとした。立坑掘削終了後、10 年間までの状態変化を予測した。モデル範囲は 29 レイヤー（2m ~ 500m）× 23 リングエレメント（5cm ~ 1600m）に分割し、全部で 667 エレメントである。境界条件は、上面は 1 気圧一定とし、側面は透水、温度・圧力一定境界とし、底面は不透水、温度一定閉境界とした。

シミュレーションの結果、立坑掘削開始数ヶ月後には、立坑での湧水による周辺の地下水圧力が低下し、難透水層直下で大気圧以下になり、1 年後には絶対圧で 43kPa になると計算された。実際、表層部の掘削後約 1 年が経過した現在、立坑近傍のボーリング孔の深度約 46m で絶対圧が 120kPa から 38kPa に低下していることが確認されている。これにより立坑からの湧水により浅部地層中に空気が侵入し始め、掘削進行と共に不飽和領域が拡大することが予測計算された。花崗岩を掘削している 3 年後には、立坑周辺の花崗岩において地下水から脱ガスが起こることが推定された。立坑掘削終了後には、掘削により約 4kg/s の地下水湧出が起こり、周辺の地下水の圧力がさらに減少し、脱ガスが発生する範囲は、立坑から約 20m の範囲に広がり、現在地下水中で観察されるメタン、二酸化炭素、硫化水素の脱ガスの現象が予測される。また、脱ガス及び地下水の流動に伴い、pH、Eh 及び化学組成変化が計算された。

今後、研究所用地では、脱ガス現象及び新たに生成する鉱物による主要な酸化還元反応の変化を想定した調査・解析を行い、脱ガスによる地球化学的予測を実際に原位置において確認し、調査技術・手法を構築する予定である。