

雲仙科学掘削：火道掘削実績の技術評価

UNZEN Scientific Drilling Project: Technical Evaluation of Conduit Drilling Result

佐久間 澄夫[1]; 中田 節也[2]; 宇都 浩三[3]

Sumio Sakuma[1]; Setsuya Nakada[2]; Kozo Uto[3]

[1] 日重化; [2] 東大・地震研; [3] 産総研

[1] JMC; [2] ERI, Univ. Tokyo; [3] GSJ, AIST

<http://www.geothermal.co.jp/>

世界でも例のない挑戦的な火道掘削井 USDP-4 は、浅部で難航したもののターゲットのほぼ中心を深度 1700m で通過後、深度 1995.75m まで増掘して平成噴火の火道コアの採取に成功し、平成 16 年 7 月に工事を完了した。今後の科学掘削計画遂行の一助になることを願い、本掘削が妥当な計画の基に成功が得られたのか否かを、技術面から評価する。

1. 掘削計画段階での坑井障害予想

計画段階では、逸泥、崩壊、高温度地層、ガス・流体噴出、高傾斜に起因する障害(坑跡制御、ホールクリーニング等)、コア採取に伴う障害(採取可否、坑跡、抑留等)、ケーシングダメージ等が掘削を困難にする要素と想定していた。特筆すべき対策計画を次に示す。

ケーシングプログラムの工夫(多段数及びオプションケーシング)

パイロット坑+拡掘の二段掘りの採用(浅部区間のみ)、拡掘時の穴替わり防止特殊ツールの使用

特殊泥水の使用(空気混合泥水含む)

TDS(Top Drive System)、EM-MWD(Electro-Magnetic Measurement While Drilling)の採用、高耐圧坑口装置、クローズド還元システムの設置等

計画の妥当性を検討する掘削安全委員会の設置

2. 火道掘削の坑井障害発生実績と解決策

(1) 逸泥

浅部で頻発し、種々の対策を行ったが深度 400m 以浅では閉塞不可能であった。最も効果的な対策は、崩壊誘発を懸念して最後の手段として考えていた空気混合泥水であった。また、工事と平行して水井戸を増設し給水量増強の対応を行った。深度 807m の逸泥は、深刻なカッピングスベッドを誘発し緊急ケーシング設置を余儀なくされた。以深では、問題になる逸泥の発生はなかった。

(2) 穴替わり

深度 260m 以浅で穴替わりが頻発した。特殊な掘削編成を採用し、抑留リスクを犯してまでも対策を講じたが防止できなかった。極端な軟弱層での空洞発生や、硬岩との互層区間における増角掘進が主な穴替わりの原因であった。

(3) 高傾斜に起因する障害

浅部軟弱層で、穴替わり発生により所定通りの傾斜角が得られなかったが、中深度区間でリカバリーできたため、計画をほぼ満足した坑跡が得られた。他には、深度 807m 全量逸泥に起因するカッピングスベッドが発生した以外に問題はなかった。

(4) その他(崩壊、高温度地層、ガス・流体噴出、コア採取障害、ケーシングダメージ)

これらの項目では、重大な問題は発生しなかった。

3. 掘削技術評価と今後の科学掘削への提言

予実結果は、計画で適切な対策を講じたことによりトラブルを防止、あるいは軽減できた坑井障害は、逸泥、ガス・流体噴出、高傾斜掘削、コア採取、ケーシングダメージ、計画では重要視しなかったが重大な障害となったものとして穴替わり、対策の必要がなかったものは崩壊、高温度地層、の3項目に大別できるが、の穴替わりも結果的には坑跡計画の変更でリカバリーできたため、計画は概ね妥当であったと評価できると考える。

実績を踏まえた反省点としては、浅部逸泥は閉塞せずに最初から空気混合泥水とすべきであった、坑跡は浅部では垂直に掘るべきであった、深度 807m 逸泥層をセメンチングによる閉塞を試みるべきであった、コア採取はほぼトラブルフリーであったため連続コア採取法を採用すべきであった。ターゲット深度をもう少し浅くできた可能性がある、の5点が挙げられる。

また、実績では問題がなかったが、よりペシミスティックな問題が発生した場合の予測をすると、火道温度が 600C 程度まで上昇しても掘削は可能であろう、崩壊の発生は、単発であればケーシング設置で回避できるが、他の障害と併発の場合は極めて困難な状況になるであろう、火道周辺部での逸泥発生は問題ない、ガス・流体の噴出は、程度によるが地層温度が約 200C であればクローズド還元でコア掘削できたであろう、とそれぞれ想定される。これらを考慮すると、現有坑井を活用すれば、より浅い火道部の連続コア採取が安価な予算で、高い信頼を持って可能になると言える。

最後に掘削技術以外の本プロジェクト成功要因として、科学者、技術者、事業主体、地元関係諸機関との情報共有、相互理解、協力関係が極めて良好であった、浅部の難航に伴う予算配分や掘削計画の見直しをマネージングできる体制であった、地元理解が高かった、気象・地震等の災害がなかった、予算を大きく圧迫したが、ロジスティクスの信頼性を高める高規格道路を建設した、等が挙げられる。