

大深度立坑における湧出ガス対策について

大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体

人司司之美元裕一
牧健賢貴和 養
合原出島 藤田浦
名萩南本神工杉三

(独)日本原子力研究開発機構 幌延深地層研究センター 保安全管理課長
施設建設課
堆積岩工学技術開発 Gr.
幌延ジオフロンティア PFI(株) 総括責任者

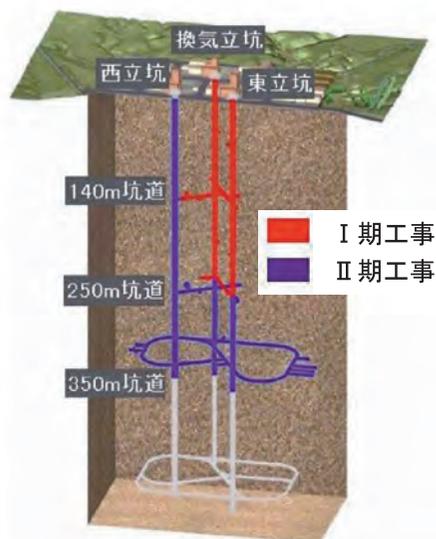
1. はじめに

(独)日本原子力研究開発機構(以下「機構」という)は、高レベル放射性廃棄物の地層処分に関わる深地層の調査技術や工学技術の信頼性向上を目的として、北海道幌延町にて「幌延深地層研究計画 地下研究施設整備事業」を実施している。同計画では、地下深度500mまでの3本の立坑と、深度140mと250mに各立坑間の連絡坑道、深度350mと500mに周回試験坑道からなる地下研究施設の建設を予定している。建設工事の受注者である、大成・大林・三井住友特定建設工事共同企業体(以下「企業体」という)は図-1に示す通りI期工事(平成17年10月~平成23年1月)において、換気立坑(内径4.5m)および1本のアクセス用立坑(東立坑、内径6.5m)を深度250mまで掘削した。また、II期工事(平成23年2月~平成31年3月)においては、換気立坑、東立坑およびもう1本のアクセス用立坑(西立坑、内径6.5m)を深度350mまで掘削する予定である。掘削対象となる岩盤は、新第三紀堆積岩であり、深度約250mまでが珪藻質泥岩からなる声問層、それ以深が珪質泥岩からなる稚内層である。

本工事においては、掘削深度が300m以上と大深度となることから、施工を進める上で墜落災害、飛来落下災害、揚重災害などが予想され、その発生時には重大な災害となることが想定される。また、坑径の狭小な中での作業を強いられることから、挟まれ・巻き込まれ災害も想定される。さらに、事前の調査結果から、上述した声問層、稚内層ではメタンガスを含有していることが報告されており、深度500mでは地下水1リットルに対して大気圧下で約1.5リットルのガスの湧出が予想されている。

これらのリスクに対して、企業体では、リスクマネジメントを行い、設備の改善でリスクを回避する場合と、監視や基準、ルールの設定など、ソフト面で回避する場合を設け、リスクの重篤度、頻度に応じて、そのどちらか、若しくは両者を組み合わせて、安全でかつ経済的、効果的な対策を講じている。

本書では、本工事において最も重大なリスクの一つである、メタンガス対策への取り組みについて報告する。



※このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

図-1 地下研究施設レイアウト

No.	管理レベル	メタンガス濃度	警報	作業の制限	作業状態	対策工
①	管理レベル1	0～0.25%	なし	なし	通常作業	なし
②	管理レベル2	0.25%～0.5%		火気作業の禁止 非防爆電気機器の禁止		
③	管理レベル3	0.5%～1.0%		火気作業の禁止 非防爆電気機器の禁止 発破作業の禁止		
④	管理レベル4	1.0%～1.3%	パトライト	全ての作業の中止	一部退避	送風管の延長 送風量の増加 風門の開閉 局所換気の実施
⑤	管理レベル5	1.3%～1.5%	パトライト +サイレン	全ての作業の中止	退避	
⑥	管理レベル6	1.5%以上		電源遮断		

表 メタンガス管理体制表（メタンガスの爆発下限値 5% に対して）

- (1) 管理レベル 1（メタンガス濃度 0% ～ 0.25%）
では、特に作業制限を設けず、坑内入坑ルールとしてハンディー型のガス検知器を携帯し、随時メタン濃度を確認することとして、通常作業としている。
- (2) 管理レベル 2（メタンガス濃度 0.25% ～ 0.5%）
では、火気の取り扱いを禁止し、また電気機器類についても非防爆製品については取り扱いを禁止している。
- (3) 管理レベル 3（メタンガス濃度 0.5% ～ 1.0%）
では、管理レベル 2 の作業制限に加えて、発破作業も禁止している。この際、地上からの送風量の増加、風門の開閉、局所換気によりメタンガス濃度の低い箇所からフレッシュなエアを送り込むことなど、環境改善を検討、実施する。
- (4) 管理レベル 4（メタンガス濃度 1.0% ～ 1.3%）
では、警報として坑内にパトライトを点灯させ、メタンガス湧出、濃度低減対策以外の作業を中止し、退避することとしている。
- (5) 管理レベル 5（メタンガス濃度 1.3% ～ 1.5%）
では、警報としてパトライトに加えて、サイレンを作動させる。作業を全て中止、退避とし、集じん機の風量の増加、メタンガスを湧出している湧水を止水するポストグラウトを計画するなど、抜本的な対策を検討、協議することとしている。
- (6) 管理レベル 6（メタンガス濃度 1.5% 以上）
では、坑内の電源遮断を行う（電源遮断を行う対象範囲についてはメタンガス濃度に応じてその都度設定する）。

6. メタンガス湧出状況の監視モニタリング

前述の通り取り決めた管理体制、基準を適切かつ円滑に運用するために、メタンガス湧出状況の監視モニタリングを実施している。監視モニタリングは、ガス濃度の上昇が予想される箇所に固定式のガス濃度計を設置し、その測定結果を企業体事務所内の中央監視室においてリアルタイムで監視するものである。



写真-1 中央監視室風景

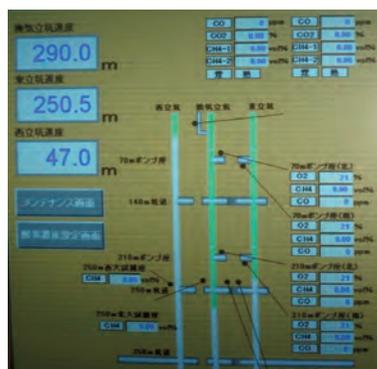


写真-2 ガス監視モニタリング画面

監視モニタリングについては、以下の有用性が確認されている。

- ・メタンガス濃度が管理基準値に達した際に、坑内の各作業班の職長にPHSで連絡し、各作業班がメタンガス濃度に応じた作業体制を迅速にとることが可能となる。
- ・メタンガス濃度の上昇範囲を明確に把握することが可能であることから、メタンガス濃度に応じた作業体制と対象範囲を適切に設定することが可能となる。
- ・さらに、送風量の増加や風門の開閉など対策の実施に伴うメタンガス濃度の変動状況を確認しながら行うことも可能となる。

なお、固定式ガス濃度計では、酸素濃度や一酸化炭素濃度、二酸化酸素濃度なども併せて測定している。

7. まとめ

本書では、機構発注の「幌延深地層研究計画地下研究施設整備事業」におけるメタンガスの管理方法について報告した。現在、換気立坑の深度290m（／計画深度500mまで）、東立坑の深度250m（／計画深度500mまで）を、グラウトの止水効果を確認しながら掘削中である。

メタンガスの湧出状況については、断層部において0.5%～1.3%までの上昇が確認されているが、整備した管理体制に基づいて適切に管理している。メタンガスの濃度を低下させる対策を行う上では、監視モニタリングの有用性が確認されている。

大深度立坑については、近年国内における施工実績が少なくなっている一方で、持続可能な社会を維持するために欠かせないものとして再認識されつつある²⁾。今後も大深度立坑における湧出ガス対策の技術についてさらなる改善に努める所存である。また、今回開発した設備やシステムおよび体系化した管理体制などについて、地下空間施工時への適用についても併せて検討していく。

参考文献

1) 進藤、井尻、三浦、安部：「グラウト注入孔掘削パーレルおよび孔内循環型二重管式パッカーの開発」土木学会第66回年次学術講演会（平成23年度），PP.205-206

2) 櫻井、清水、芥川、吉田、佐藤、山地：「国内超大深度立坑工事の地山崩壊形態から見た崩壊発生機構に関する考察」土木学会論文集F Vol.62 No.4, PP.662-673, 2006.12