

幌延深地層研究計画における立坑内水平坑道のサイクルタイムの分析

大成建設（株） 札幌支店 正会員 ○本島 貴之，萩原 健司，南出 賢司
大成建設(株) （現所属：原子力発電環境整備機構） 正会員 北川 義人

1. 概要および目的

日本原子力研究開発機構は、北海道幌延町において、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発を推進するため、堆積岩（珪藻質泥岩および珪質泥岩）を対象とした、深度 500m 程度の 3 本の立坑ならびに複数深度での水平坑道からなる地下研究施設の建設を行っている（図－1）。平成 17 年 11 月に着手した地下研究施設の建設は、平成 23 年 3 月末で換気立坑 250.5m、東立坑 250.5m までの掘削を完了している。また、各立坑を結ぶ水平坑道のうち 140m 水平坑道は施工が完了しており、250m 水平坑道は平成 23 年 3 月現在で約 80%の施工を完了しており現在も施工中である。

本稿では立坑工事のうち、立坑内水平坑道工事の積算精度向上を目的として、これまで実施した水平坑道工事の施工実績のうち、サイクルタイムをまとめ分析した結果について報告する。本分析の成果は、地層処分施設の建設を念頭においた工事工程管理、工事費積算に反映できるものである。

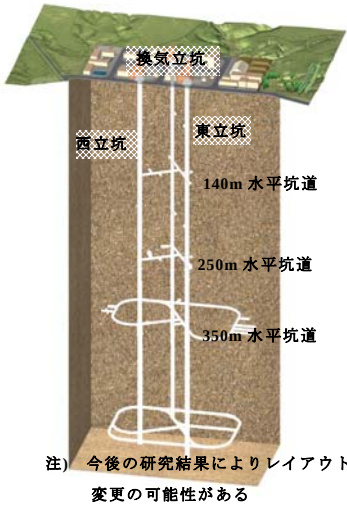


図-1 地下研究施設イメージ図

2. 施工方法および施工実績

水平坑道の掘削には NATM 工法（全断面工法，1 掘進長：1m）を用い、掘削は 90kg 級のブレーカによる機械掘削方式，立坑までのズリ搬出はベルトコンベヤー方式を採用している。立坑からのズリ搬出は各立坑ともにズリだし用バケット（ズリキブル）を使用して行っている。掘削断面は高さ約 3.5m，幅約 4m の三心円馬蹄形である。なお，施工実績は施工が完了した 140m 坑道及び 250m 坑道一部の区間についてまとめたものである。

サイクルタイムの集計を表－1 に示している。表－1 においては，サイクルタイムを搬出入経路とした立坑，施工位置に分類して示している。またサイクルタイムは全サイクルと掘削のみに要した時間とそれ以外に分類して示している。

表-1 サイクルタイム集計表

搬出入経路	施工箇所	全サイクル (min)	掘削のみ (min)	掘削以外 (min)	立坑深度 (m)	平均切羽距離 (立坑OLまで) (m)
換気立坑	70mポンプ座	730	379	351	70	6.5
	140m東連絡坑道	756	346	410	140	10.5
	140m小型試験座（北）	800	448	352	140	4.5
	250m東連絡坑道	783	465	318	250	10.5
東立坑	70mポンプ座	689	266	423	70	7.15
	140m東連絡坑道	609	311	298	140	24.5
	140m小型試験座（南）	584	336	248	140	7.5
	250m東連絡坑道	508	248	260	250	24.5

3. サイクルタイム分析

3.1 施工場所がサイクルタイムに与える影響

表－1 に示したサイクルタイムを「①立坑深度，②切羽距離（切羽～立坑），③ズリだしを行った立坑」毎に分類し，それぞれ基準となるものを 1 とし，それ以外のものを基準に対する比率として表-2～表-4 に示している。

表－2 より，各立坑ともに立坑深度が深くなることによるサイクルタイムへの顕著な影響は見られないことがわかる。東立坑にいたっては立坑深度が深くなっているにも関わらずサイクルタイムが短くなる傾向にある。

これは工事が進むにつれて施工方法が確立された事，作業熟練度が向上したためと推察される。

表－3 より，立坑深度による影響と同様，切羽距離によるサイクルタイムへの影響は現れていないことが
キーワード 立坑，水平坑道，サイクルタイム，地下施設，地層処分

連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2 大成・大林・三井住友 JV TEL01632-5-2022

表-2 立坑深度による比較

搬出入経路	施工箇所	全サイクル	立坑深度 (m)
換気立坑	70mポンプ座	1.00	70
	140m東連絡坑道	1.04	140
	140m小型試験座（北）	1.1	140
	250m東連絡坑道	1.07	250
東立坑	70mポンプ座	1.00	70
	140m東連絡坑道	0.88	140
	140m小型試験座（南）	0.85	140
	250m東連絡坑道	0.74	250

※立坑深度 70m を基準

わかる。これはベルトコンベヤーを延伸することにより、切羽から水平坑道内でのズリ積込位置まで距離をほぼ一定に保っているためと考えられる。

表-4 より、全ての立坑深度において東立坑のサイクルタイムに対して換気立坑のサイクルタイムが約 1.1～1.5 倍程度となっていることがわかる。これは立坑掘削の場合と同様、立坑径（作業スペース）、ズリだし用バケット（ズリキブル）及びコンクリート運搬用バケット（コンクリートキブル）の容量が異なることに起因しているものと推察される。なお、ズリキブル容量比（東/換気）は約 2.6 倍、コンクリートキブル容量比（東/換気）は約 1.7 倍である。

3.2 岩盤物性がサイクルタイムに与える影響

亀裂の多少（切羽の岩級のうち CL-H が占める割合）および岩盤の固さ（針貫入試験結果）がサイクルタイムに与える影響について着目し、その分析を行った。なお、データ分析はサイクルタイムに最も大きな変動が見られた 250m 坑道について行った。

図-2 には亀裂の多少とサイクルタイムの関係、図-3 には岩盤の固さとサイクルタイムの関係を示している。図-2 より亀裂の多少とサイクルタイムには明確な関係が見られず、亀裂の多少がサイクルタイムに及ぼす影響は少ないものと考えられる。一方、図-3 より、数点の例外はあるものの全般的に右肩上がりの傾向を示し、針貫入試験の結果が大きいほど掘削に時間を要していることがわかる。この事より、現在採用している掘削方法では亀裂の多少よりも岩盤の固さの方がサイクルタイムに与える影響が大きいものと推察される。

4. まとめ

これまでに施工した立坑内水平坑道のサイクルタイムを分析した結果は以下の通りとなる。なお、今後施工される 350m 坑道においてもサイクルタイムの調査を継続し、地層処分施設建設の積算精度向上に反映させていくことが肝要であると考え。

- ・立坑深度および切羽から立坑までの距離はサイクルタイムには影響しない。
- ・立坑径（作業スペース）、立坑内搬出入用機材（ズリキブル、コンクリートキブル）の容量はサイクルタイムに影響を及ぼす。
- ・亀裂の多少がサイクルタイムへ影響を及ぼす可能性は少ないが、岩盤の固さはサイクルタイムに影響を及ぼす傾向にある。

5. 地下研究施設の建設における今後の課題

本地下研究施設の建設では今後 350m 坑道の施工が予定されている。事前のボーリング調査において、350m 坑道ではこれまで施工した深度よりも堅固な岩盤であることが確認されている。現状の掘削方法のまま施工を行った場合には膨大な施工時間を要することが予想ため、350m 坑道掘削では掘削機械改良等の掘削方法の改善が必要である。

参考文献 1) 山崎雅直，関谷美智，藤川大輔，北川義人：幌延深地層研究計画における立坑工事の施工実績とサイクルタイム分析，土木学会，第 14 回地下空間シンポジウム論文・報告集，pp.191－196，2008

表-3 切羽距離による比較（140m）

搬出入経路	施工箇所	全サイクル	平均切羽距離 (立坑CLまで) (m)
換気立坑	140m東連絡坑道	0.95	10.5 (2倍)
	140m小型試験座 (北)	1.00	4.5
東立坑	140m東連絡坑道	1.04	24.5 (3倍)
	140m小型試験座 (南)	1.00	7.5

※切羽距離最短を基準

表-4 搬出入経路による比較

施工箇所	換気立坑	東立坑
70mポンプ座	1.06	1.00
140m東連絡坑道	1.24	1.00
140m小型試験座	1.37	1.00
250m東連絡坑道	1.54	1.00

※東立坑からの施工を基準

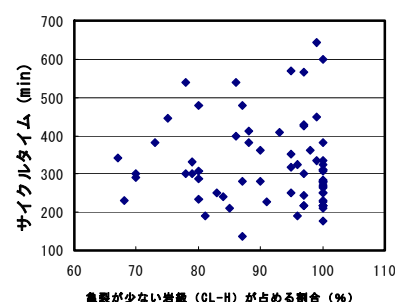


図-2 亀裂の多少とサイクルタイムの関係

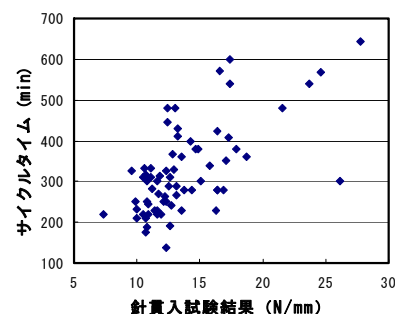


図-3 岩盤固さとサイクルタイムの関係