

幌延深地層研究計画における立坑サイクルタイムの分析

(独) 日本原子力研究開発機構 正会員 関谷 美智, 山崎 雅直  
大成建設(株) 札幌支店 正会員 萩原 健司, 南出 賢司, ○北川 義人

1. 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程度の立坑ならびに連絡坑道および周回試験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21年3月末で換気立坑250.5m、東立坑140.5mまでの掘削を完了している。

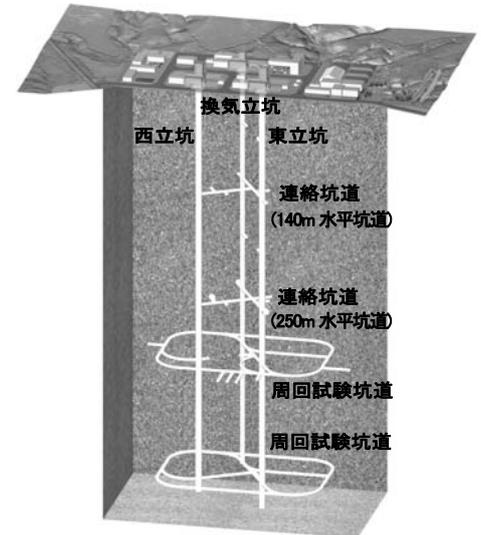
本稿では立坑工事の積算精度向上を目的として、これまで実施した立坑工事の施工実績のうち、サイクルタイムをまとめ分析した結果について報告する。本分析の成果は、地層処分施設の建設を念頭においた工事工程管理、工事費積算に反映できるものである。

2. 施工実績

1 サイクル2mのショートステップ工法にて施工した換気立坑深度51.1m~250.5m区間、東立坑深度42.1m~140.5m区間のうち標準断面区間について、サイクルタイムをまとめた。

両立坑の諸元を表-1に、サイクルタイムの実績を表-2に示す。

表-2においては、掘削断面積、掘削方式の異なる換気立坑、東立坑に分類し、さらに事前のボーリング調査に基づいて設定された岩盤等級区分(CL-M(Hr), CL-H(Hr))に分類して整理した。



注) 今後の調査研究結果によりレイアウト変更の可能性がある

図-1 地下研究施設イメージ図

表-1 両立坑の諸元

	仕上り内径 (m)	設計掘削断面積 (㎡)	掘削方式
換気立坑	φ 4.5m	22.1	機械掘削方式
東立坑	φ 6.5m	41.9	発破掘削方式

表-2 サイクルタイム実績

作業工程	換気立坑						東立坑					
	CL-M(Hr) n=42 (47%)		CL-H(Hr) n=48 (53%)		全体		CL-M(Hr) n=31 (70%)		CL-H(Hr) n=12 (30%)		全体	
	実績(分)	割合(%)	実績(分)	割合(%)	実績(分)	割合(%)	実績(分)	割合(%)	実績(分)	割合(%)	実績(分)	割合(%)
1. ガスチェックBor	21	1%	18	1%	19	1%	16	1%	19	1%	17	1%
2. 穿孔・装薬・発破	-	-	-	-	-	-	62	3%	72	3%	65	3%
3. 掘削・ズリ出し	953	45%	1,014	46%	985	46%	713	32%	608	29%	683	31%
4. コソク	49	2%	53	2%	51	2%	59	3%	75	4%	64	3%
5. 鋼製支保工建込み	86	4%	98	4%	93	4%	108	5%	97	5%	105	5%
6. 壁面地質観察	149	7%	152	7%	150	7%	146	7%	137	7%	143	7%
7. ロックボルト打設	107	5%	107	5%	107	5%	123	6%	132	6%	126	6%
8. 裏面排水材設置	49	2%	54	2%	52	2%	52	2%	43	2%	50	2%
9. セントル設置・脱型	317	15%	376	17%	348	16%	499	23%	405	20%	473	22%
10. 覆工コンクリート打設	265	13%	266	12%	265	12%	351	16%	338	16%	347	16%
11. 片付け・清掃	99	5%	89	4%	94	4%	87	4%	138	7%	101	5%
合計	2,095	100%	2,227	100%	2,164	100%	2,216	100%	2,064	100%	2,174	100%
方数(1方540分)	3.9		4.1		4.0		4.1		3.8		4.0	

3. サイクルタイム分析

3.1 掘削サイクルタイム

サイクルタイムのうち、最も多くを占めるのは掘削工(掘削, ズリ出し, コソク, 東立坑においては穿孔・装薬・発破を含む)であり、換気立坑では48%程度、東立坑では37%程度であった。そこで、掘削工のサイクルタイムについて、深度の違いや岩盤等級の違いに着目して、サイクル毎の掘削時間と深度の関係を図-2, 図-3にまとめた<sup>1)</sup>。

これらの結果より、岩盤等級による違いは見られず、深度変化の掘削時間への影響も認められない。この理由としては、岩盤等級の違いに応じて支保メンバーが大きく異なること、深度変化に対し岩盤の一軸圧縮強さに大きな変化が見られなかったことが挙げられる。

換気立坑と東立坑を比較した場合、換気立坑は東立坑の最大1.5倍程度の掘削時間を要している。これは、掘削径やズリ

キーワード 立坑, ショートステップ工法, 発破掘削方式, 機械掘削方式, サイクルタイム

連絡先 〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進432-2 (独) 日本原子力研究開発機構 TEL 01632-5-2022

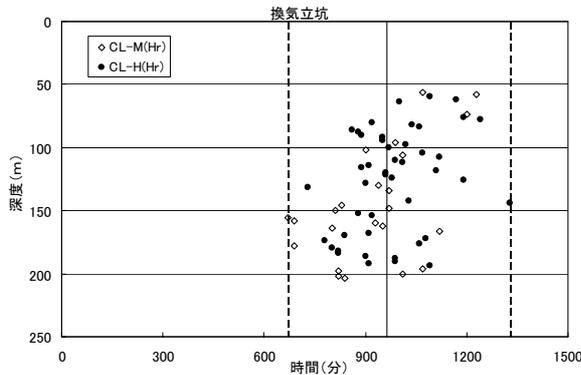


図-2 深度と掘削時間の関係(換気立坑)<sup>1)</sup>

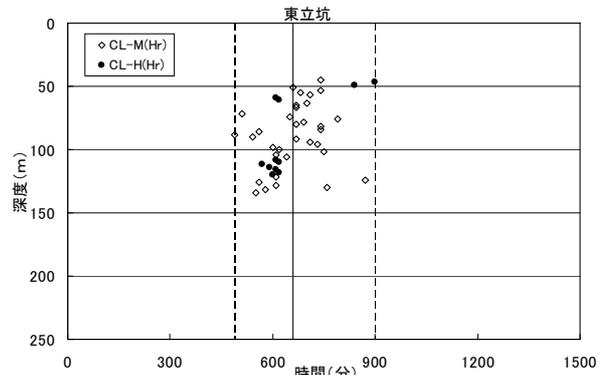


図-3 深度と掘削時間の関係(東立坑)<sup>1)</sup>

出し用のバケツ(ズリキブル)の容量が異なることに関係しており、掘削断面積比/ズリキブル容量比=1.41であることを考慮すれば、これまでの実績においては、掘削方式の違いによる掘削時間への影響は大きくないと言える。

3.2 サイクルタイムロス

掘削、壁面地質観察、支保工、覆工までの一連の作業以外に発生した時間をここではすべてタイムロスとして整理した。

まず表-2の実績にタイムロスを考慮した結果を図-4、図-5に示す。各図より、1サイクル当り換気立坑では761分、東立坑では543分のタイムロスがあり、それぞれ全体の26%、20%を占める。次にこのタイムロスを表-3に示すカテゴリーに分類し、整理した結果を図-6、図-7に示す。

表-3 タイムロスの分類

必然的ロス	回避できないロス	測量・計測
		設備延長・メンテナンス
偶然的ロス	回避できるロス	故障・トラブル
	想定外事象(初期トラブル含む)	

さらに、タイムロスが多くサンプル数の多い換気立坑に着目し、深度51~150m区間、深度151~250m区間に分類し、タイムロスがどのように推移したかを図-8にまとめた。これらの結果から、以下のことが言える。

- ・ 換気立坑は、東立坑に比べタイムロスが大きく、図-6と図-7より、故障・トラブルが多いのは、機械掘削であること、狭隘な作業空間であることが起因している。
- ・ タイムロスのうち、必然的なロスが換気立坑では79%、東立坑では90%を占めており、立坑の施工においては、回避できないタイムロスが多い。
- ・ 図-8から、掘削の進行に伴って、設備延長やメンテナンス作業は効率的に実施することで短縮されたが、機械設備の故障は使用による劣化・消耗等により増加した。

立坑の施工において、切羽での掘削等作業と平行してこれらタイムロスとして発生する作業を実施することは不可能であり、多くのタイムロスが発生することを施工計画の段階から考慮し、工程管理を進める必要がある。必然的タイムロスはいかに効率的に短時間とするかが課題であり、偶然的ロスはいかに発生する回数を少なくするかが課題であると言える。

4. まとめ

引き続き施工される換気立坑、東立坑においてサイクルタイムの調査を継続し、今後施工される西立坑、さらには地層処分施設の建設において、これらの知見を積算精度の向上に反映させていくことが肝要である。

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

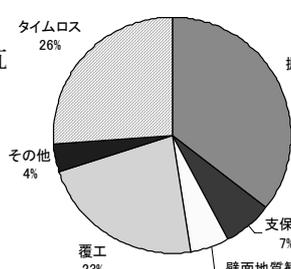


図-4 タイムロス(換気立坑)

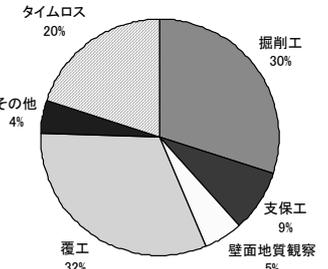


図-5 タイムロス(東立坑)

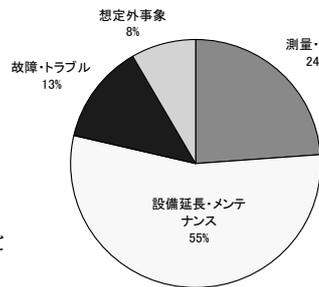


図-6 タイムロス内訳(換気立坑)

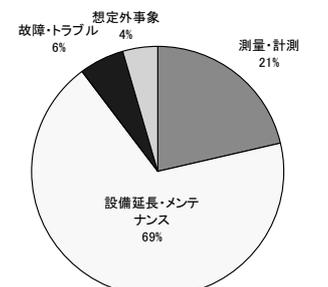


図-7 タイムロス内訳(東立坑)

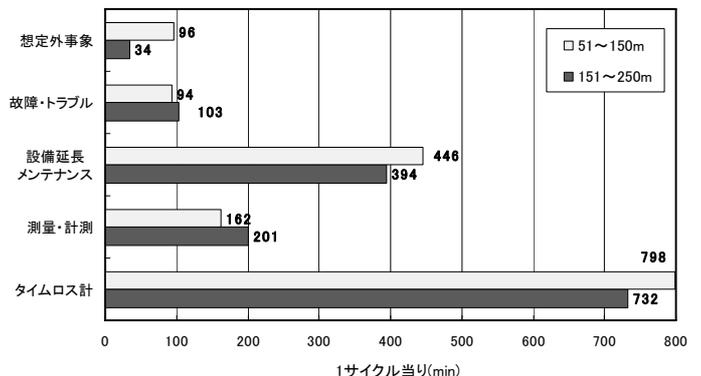


図-8 換気立坑タイムロスの推移