

幌延深地層研究所

－研究トピックス②：立坑における掘削損傷領域 の進展に関する検討－

平成28年3月7日

堆積岩処分技術開発グループ

掘削損傷領域(EDZ)の評価の重要性

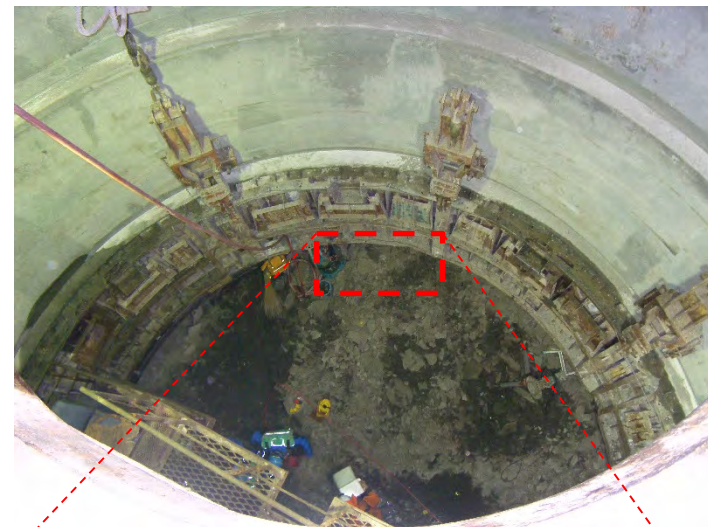
掘削損傷領域(Excavation Damaged Zone)

坑道掘削に伴う応力再配分により、岩盤内に割れ目が生じ、透水性の増大や物質移行特性の変化が顕著となる領域.

高レベル放射性廃棄物の地層処分において、

EDZ => 廃棄体を埋設し、坑道を閉鎖した後の、核種の主要な移動経路になると想定.

地層処分における安全評価や、地下施設建設時の安全な設計に資する情報として、掘削損傷領域の幅や透水性(水理力学特性)の検討が重要.



東立坑深度370m付近の側壁面に発達した割れ目

本研究の目的と実施内容

研究の目的

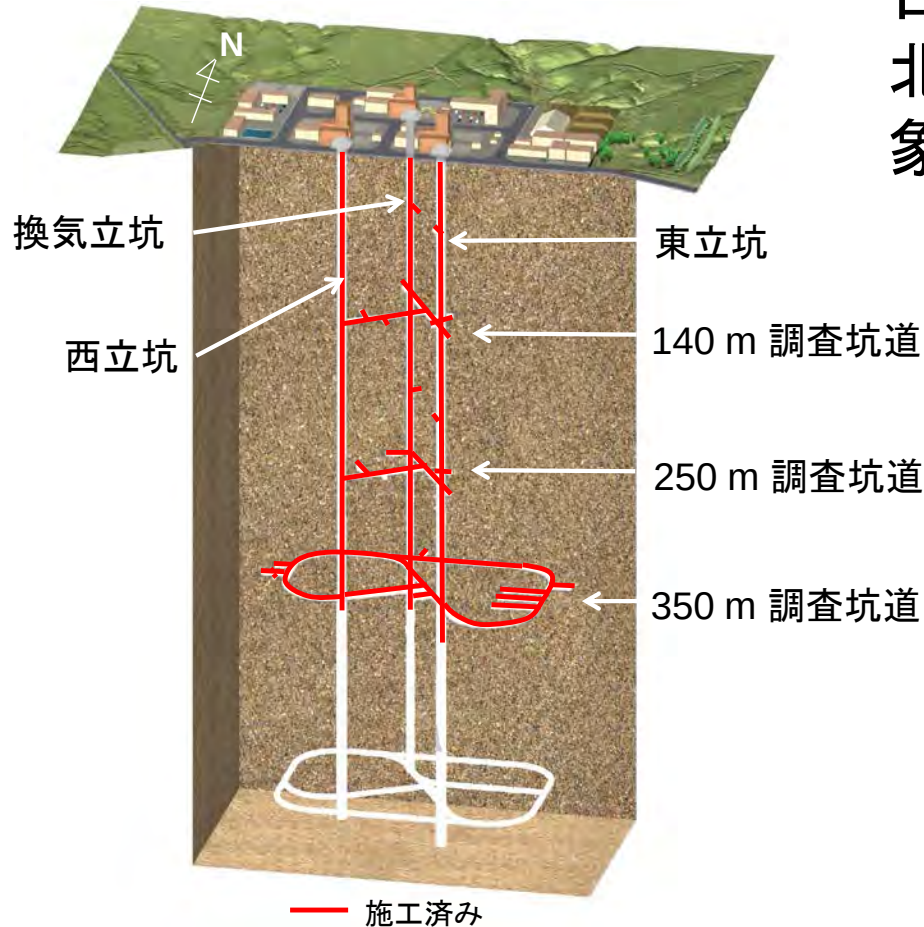
- 立坑を掘削した際のEDZの拡がりや、破壊様式、透水性の増大の関係(水理力学特性)の検討.

実施内容

- 立坑掘削前後の透水試験・AE計測・BTV観察
 ➡ EDZの進展幅, 透水性の検討
- 立坑掘削時の切羽における割れ目のマッピング
 ➡ 掘削により生じる割れ目の産状・方向性の検討

幌延深地層研究センターの概略

地下施設のレイアウト



※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。

日本原子力研究開発機構：
北海道幌延町で、堆積岩を対象とした地下研究施設を施工。

本研究の対象岩石：
稚内層(珪質泥岩)

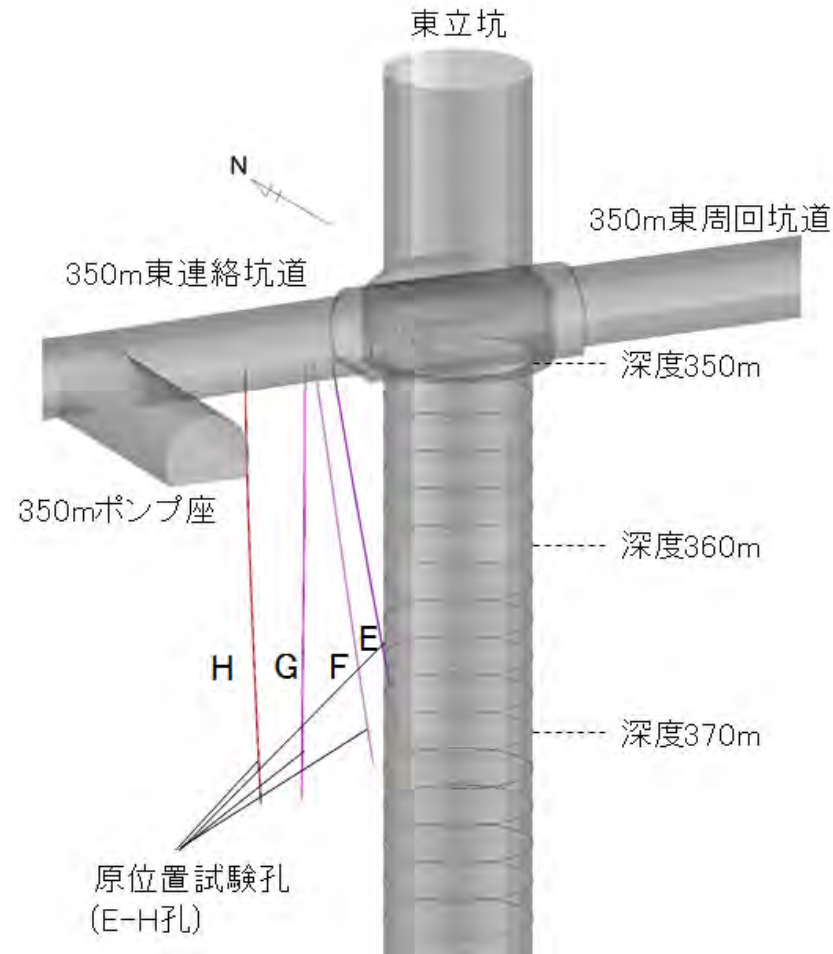
- 一軸圧縮強度

10.9～19.0MPa

- 引張強度

1.2～2.4MPa

原位置試験のレイアウト



試験実施位置

東立坑 深度350-380m

深度365-370mに試験区間を集中.

実施した原位置試験・観察

- 透水試験(E-H孔, 立坑掘削前後)
- BTV観察(E-H孔, 立坑掘削前後)
- 割れ目の観察(深度350-380mの立坑側面)

立坑の深度350m掘削開始前に, E-H孔を掘削し, 試験を実施し, その後水位計を設置した.

掘削後に再度試験を実施した.

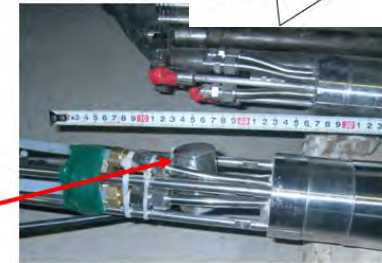
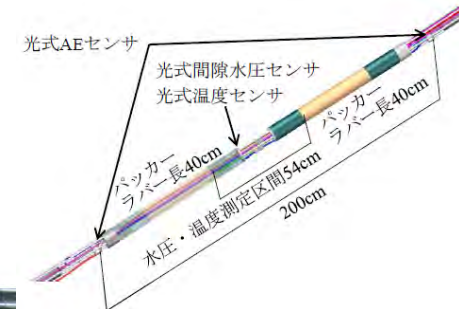
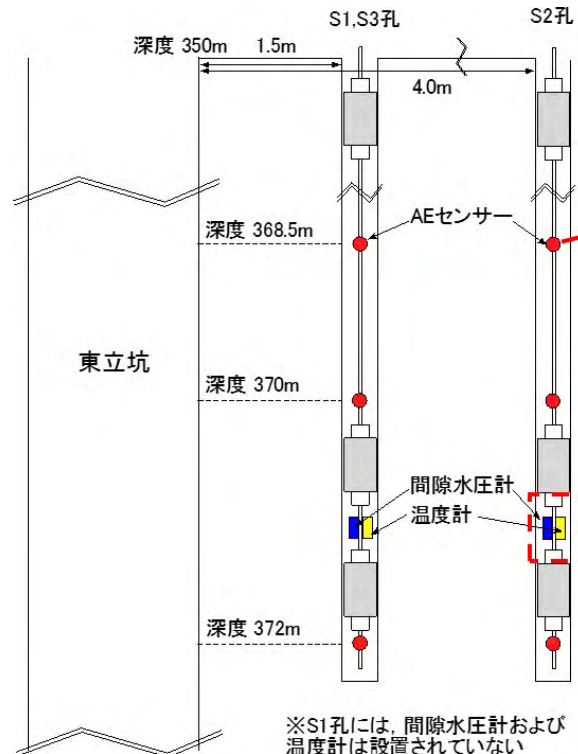
マルチ光計測プローブの設置(大林組との共同研究)

1本のボーリング孔に複数の**光式AEセンサ**および**光式間隙水圧計**、**光式温度計**を設置可能なマルチ光計測プローブを設置。

マルチ光計測プローブ設置
平面図

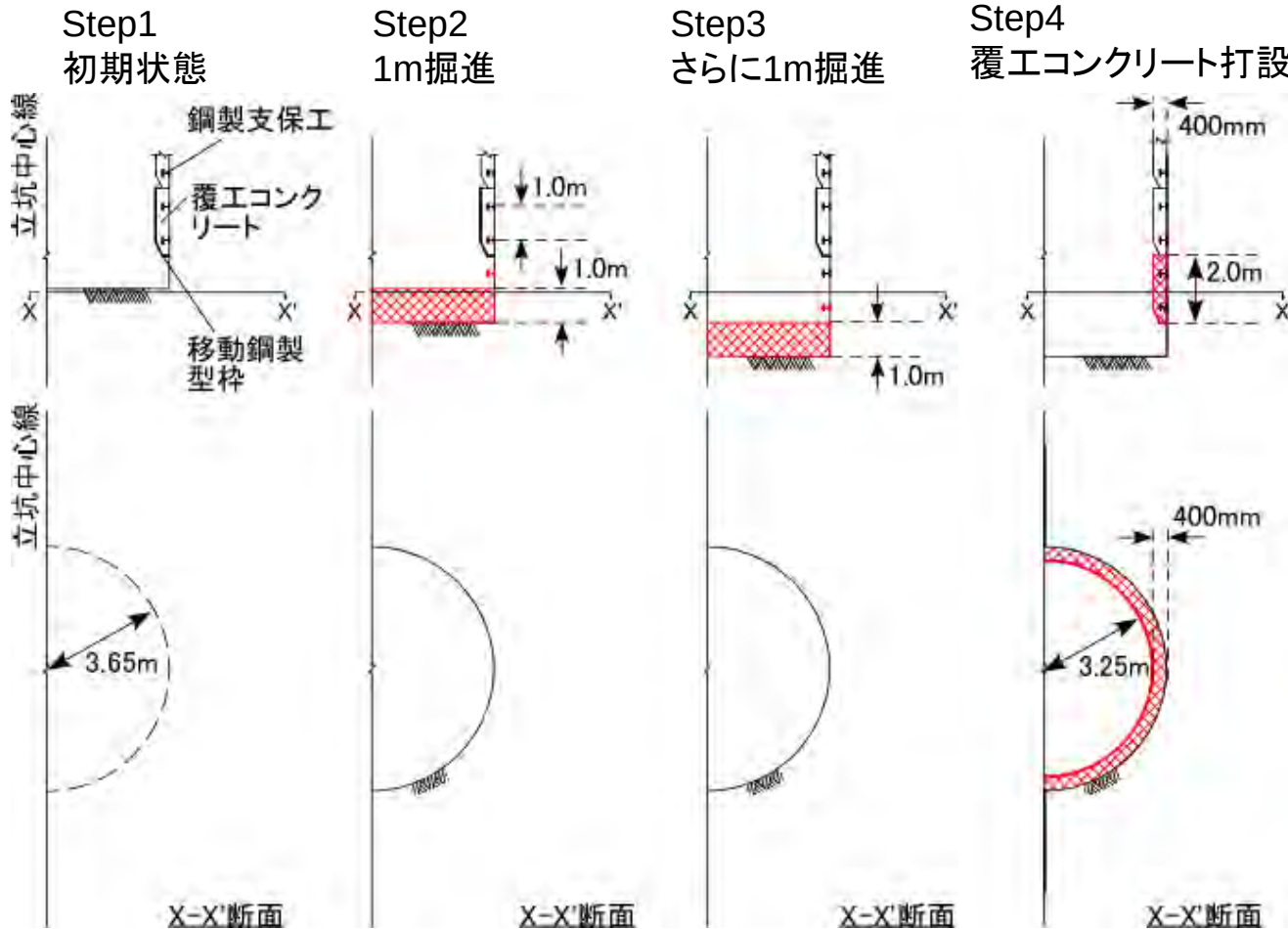


マルチ光計測プローブ設置断面図, 写真



マルチ光計測プローブ設置状況

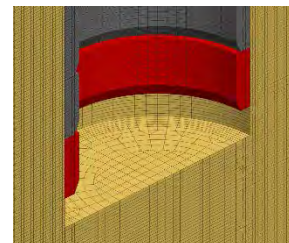
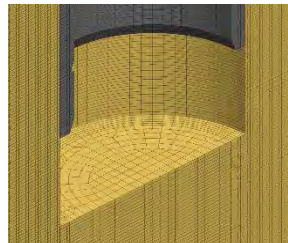
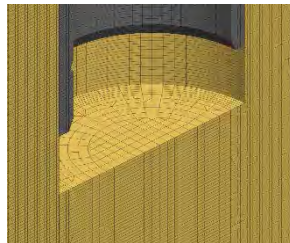
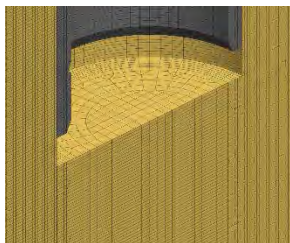
立坑の掘削手順



掘削の様子

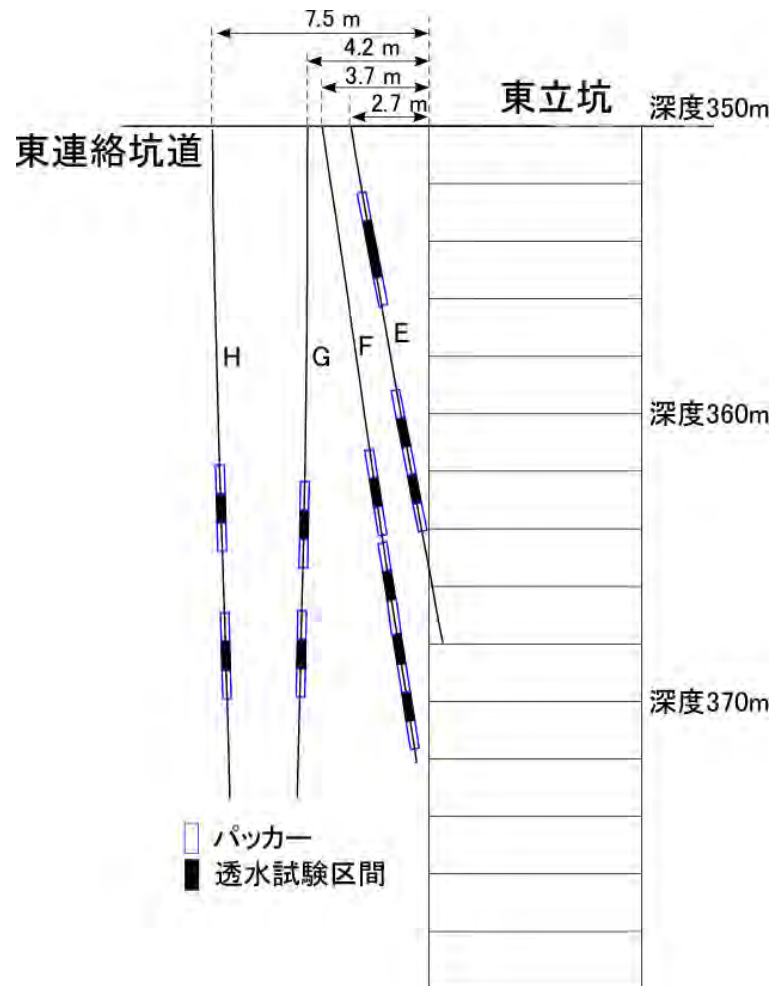
・ショートステップ工法
(1ステップ長2m)
の採用.

・機械掘削

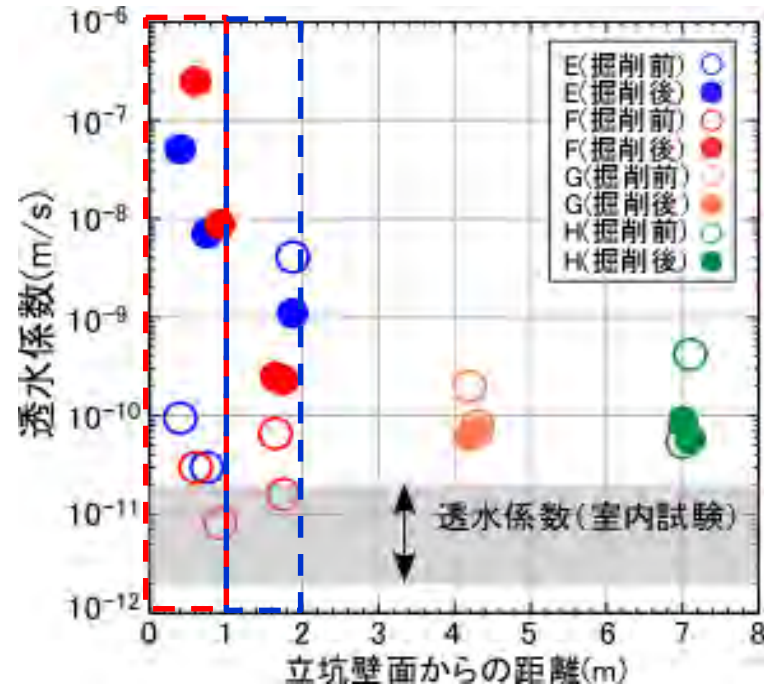


透水試験結果

透水試験レイアウト



透水試験結果



(青柳ほか, 2016)

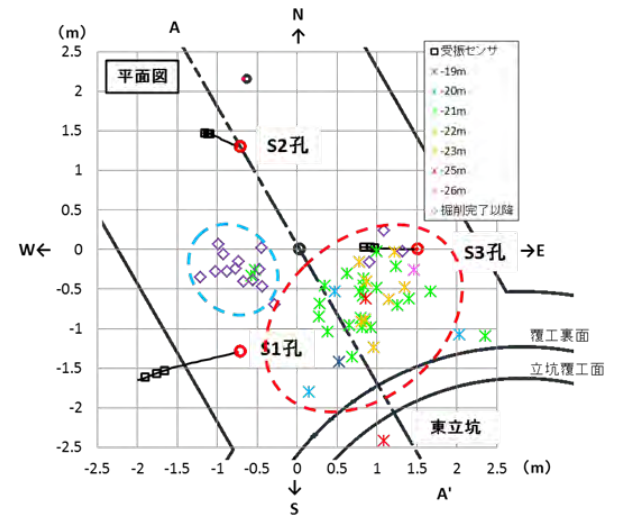
壁面から1m以内:
透水係数が2-3オーダー増大
壁面から2m以内:
透水係数が約1オーダー増大
壁面から4m以降:
ほとんど変化なし

AE計測結果

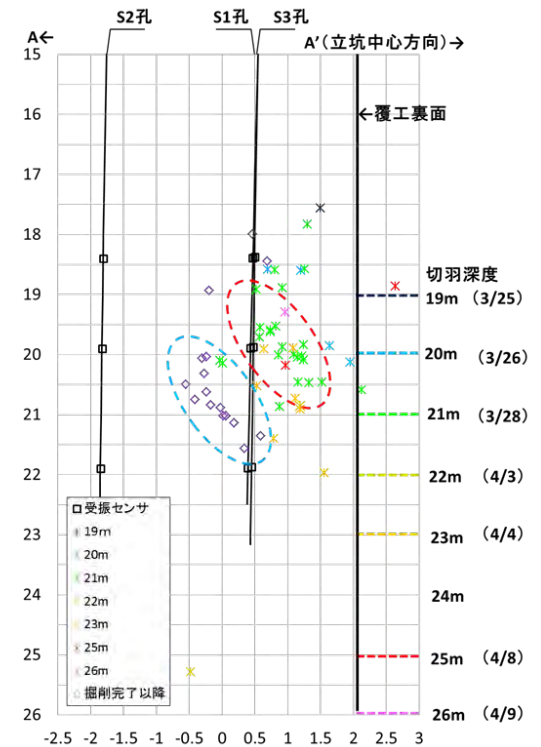
計測結果

- 掘削期間中の取得波形数は約2700万波形
- 自動弁別により、約14万波形を岩盤から発生したものと断定.
- そのうち、37波形を震源決定.
- AE震源は、立坑壁面から約1.5mの範囲に集中している.
- 切羽の進展に伴い、震源の深度も増大していく傾向が見られる.

切羽深度よりも浅いところで震源が集中するのは、切羽通過後の応力再配分の進行に伴って割れ目が発生・進展したためと推定される。



AE震源分布(平面図)



AE震源分布(断面図)

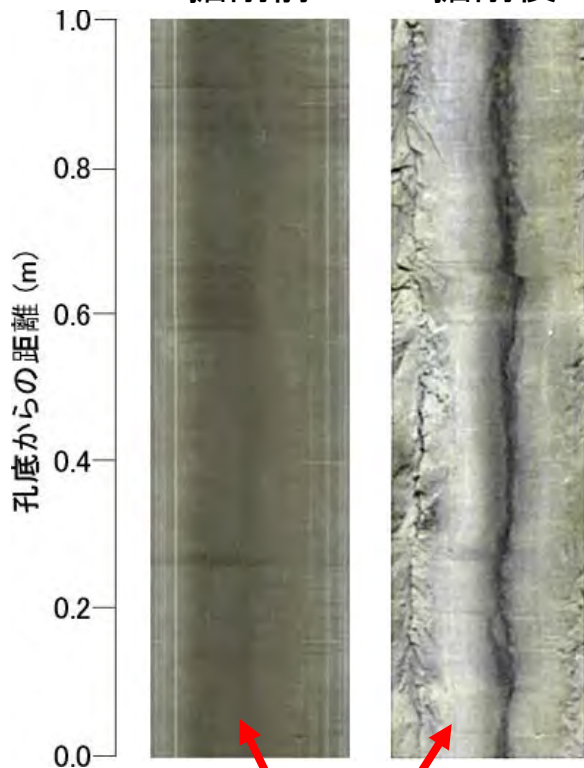
(畑ほか, 2016)⁸

BTV観察結果

F孔(孔底から1m)

掘削前

掘削後

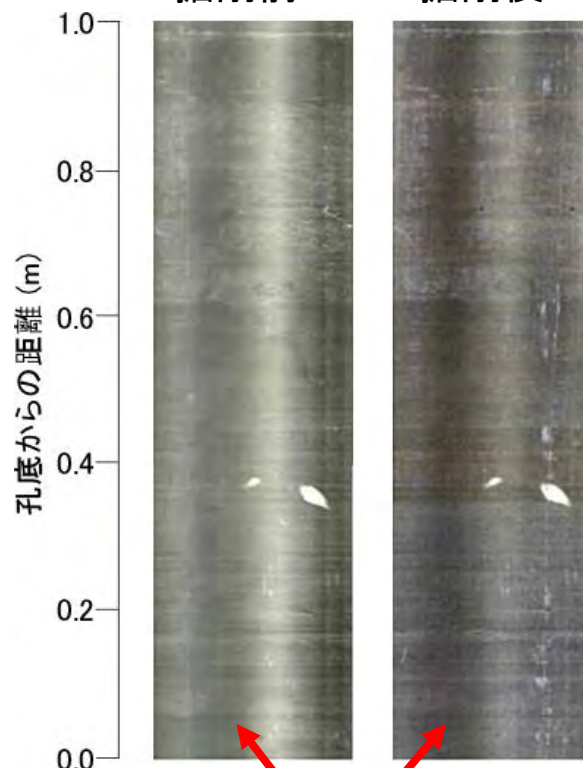


応力集中による壁面の破壊・割れ目の発達
(壁面から2mの範囲まで、
この現象が確認された)

G孔(孔底から1m)

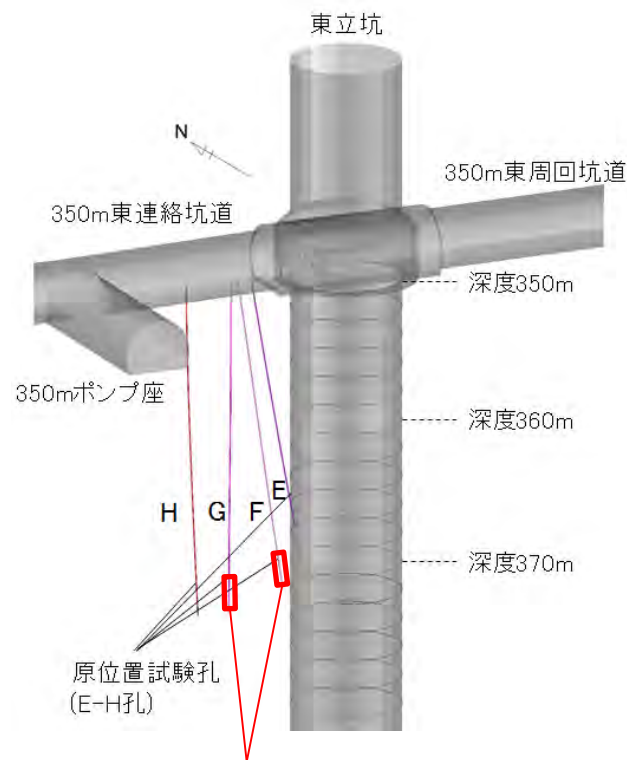
掘削前

掘削後



掘削に伴う割れ目の発達
が認められない。

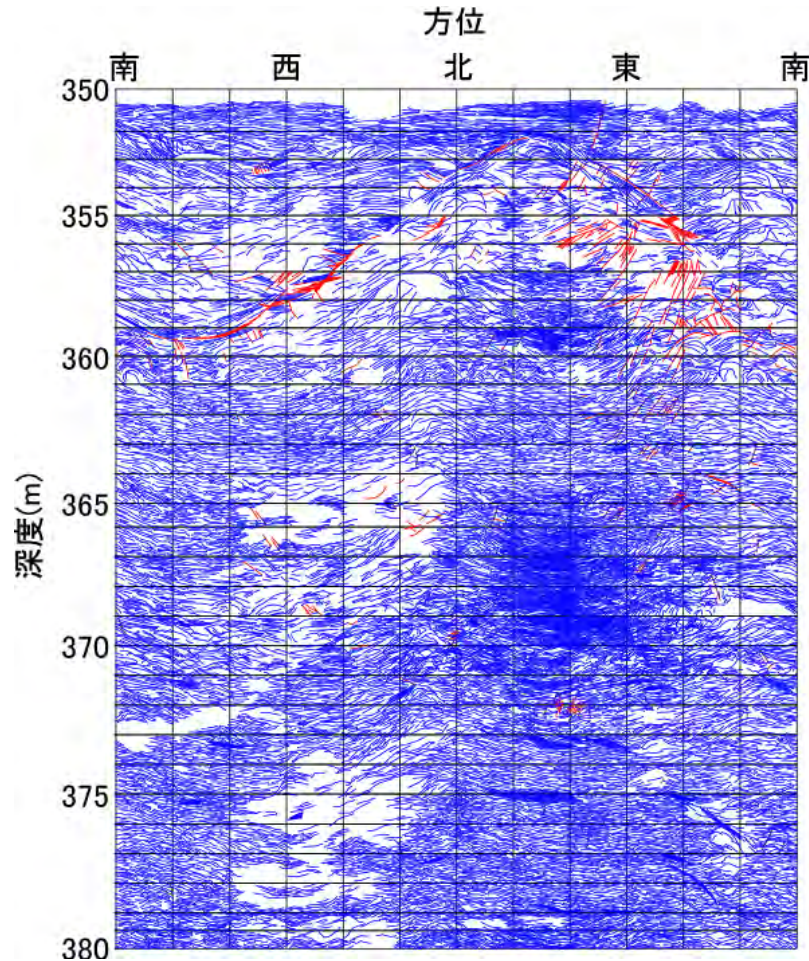
(青柳ほか, 2016)



掘削前後のBTV画像
の比較領域

地質観察結果1

立坑壁面の割れ目スケッチ



— 引張割れ目 — せん断割れ目

(青柳ほか, 2016)

観察された割れ目の写真

せん断
割れ目



引張
割れ目

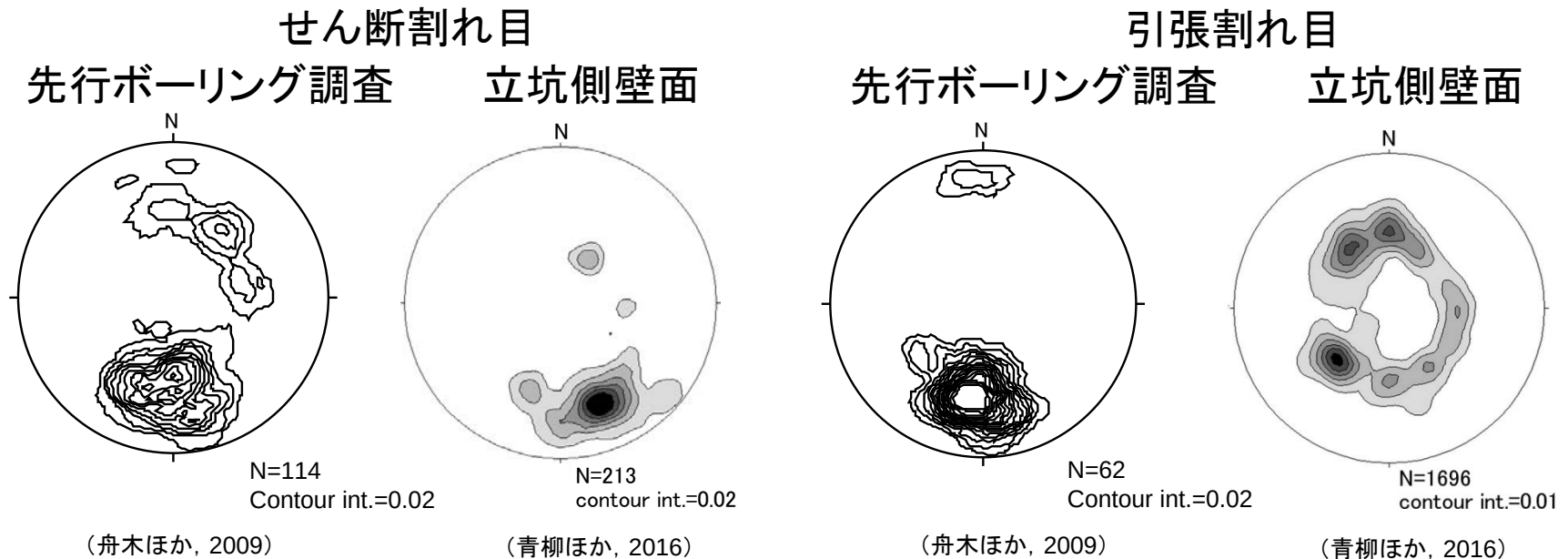


(Tokiwa et al. under review)

- 壁面全体にわたって、割れ目面に羽毛状構造を呈する引張割れ目の発生が顕著.

立坑周辺のEDZの破壊様式

立坑側壁は**引張割れ目の発達**が顕著。
先行ボーリング調査では、引張割れ目の卓越方向は東西だが、
本調査では、坑道を取り囲む形で発達。
せん断割れ目の卓越方向は概ね一致。



立坑周辺に発達した引張割れ目は掘削により発生したもの。
立坑周辺のEDZは引張のメカニズムにより形成された。

立坑周辺のEDZの発達

原位置試験結果まとめ

透水試験

壁面から1m以内: 透水係数が2-3オーダー増大

壁面から2m以内: 透水係数が約1オーダー増大

AE計測

壁面から約1.5mの範囲までAEの震源が集中

BTV

掘削後は壁面から2mまで孔壁破壊・割れ目発達

壁面観察

掘削により生じた割れ目は引張のメカニズムによるもの



掘削により壁面から1mまでは、透水性の増大を引き起こす引張割れ目の発達が顕著.

少なくとも壁面から2mまでは水理・力学的な物性変化が生じた.

今後の計画

- 立坑のEDZの概念モデル化
(割れ目の分布, 進展範囲を分かりやすく記載したモデルの作成)
- 定量的なAE波形の弁別方法の検討
- 立坑掘削時の間隙水圧変化メカニズムの検討
- AE計測・透水試験・壁面観察結果等を統合した成果の論文化