

地熱井掘削監督者養成講座 質問・講師からの回答

いただいた質問のうち、講義内容に直接関係があるものについて、以下に回答いたします。

ご質問 1： 空気混合泥水掘削

質問内容：

(p5) 空気混合泥水掘削を実施して、透水性低下の低減した事例をご教示ください。

回答：

同一地区における還元井のサイドトラック掘削に関し、空気混合泥水を使用した場合と使用しなかった場合（泥水・逸泥掘削）の掘削仕上げ後の最大還元量の平均値を比較しました。掘削ターゲットや坑井仕上げの条件等の違いでバラつきはあるものの、空気混合泥水使用時の方が未使用時と比べて 1.22 倍大きく、透水性低下が低減されたと解釈しています（サンプル数は各 9 坑井）。

ご質問 2： 空気混合泥水掘削

質問内容：

(p23) 送気量 vs 圧力のグラフにおいて、液体ポンプ 300L/min の場合、送気量が 12m³/min のところから送気量を増やすと圧力が減少しています。液体ポンプ量 400L/min の場合も、圧力減少度はかなり少なくなっていますが、同様に減少しているように見えます。一方、液体ポンプ量 500L/min の場合にはポンプ圧現象が見えません。これらの減少はどのようなことが起こって発生しているのかご教授していただければ幸いです。

回答：

送水レート/送気レート毎に流動様式が異なることがこの現象に影響している可能性が高いと考えております。

本シミュレーションでは Beggas and Brill(1973)のモデルを適用しております。本モデルでは、温度・圧力・流体密度・送水/送気レートといった相互に影響する入力値から各深度の流動様式が定義され、各様式に対応する経験式から各深度の圧力勾配等が計算されます。最終的には、全区間の圧力勾配を元にポンプ圧力が導出されます。

流動様式については層状流（Segregated flow）、間欠流（Intermittent flow）、分散流（Distributed flow）があり、液体ポンプの送水レート 300L/min の場合、パイプ内では送気レート 15m³/min 程度までは分散流を生じる結果でしたが、15m³/min を境に分散流はなくなり、代わりに間欠流が主体でした。一方、アニユラス側では、送気量を高くするほど層状流が減少し、間欠流になる傾向でした。

送水レートを 300L/min から 400L/min、500L/min と上げた場合、シミュレーションで予想された流動様式も大局的にみると分散流が増加し、送気量を増やした際の層状流の減少傾向が顕著となっていたため、これらの流動様式の違いがポンプ圧のピークを抑えたと考えております。

ご質問 3： 空気混合泥水掘削

質問内容：

(p28) 空気混合泥水掘削はパイプ類が腐食する認識であるが、腐食対策として腐食防止剤や除去剤の添加や塗布ほかに効果的な対策はあるのでしょうか。

回答：

腐食対策として、pH をアルカリ（10～12）に調整することも一般的で、これにより腐食の速度を遅くすることができます。このほか、ツールズにアルミ合金等の耐食性の材料を使用することや、被覆も対策として挙げられますが、当方では使用実績はありません。

また、硫化水素ガスが存在する場合には腐食が促進され、硫化物応力腐食割れの原因にもなります。そのような場合は、坑内への硫化水素侵入の低減策として 100L/min 程度の逸泥掘削となるようにエア比（送気量、送泥量）を調整し掘進します。

ご質問 4： ケーシングセット手法とそのセメンチングデザインについて

質問内容：

（p5・28） p5 に CAMPS という言葉が出てきますが、p28 にあるような 2 Stage Cementing の 2nd Stage では、管動できないと思いますが、2nd Stage 用に実施される CAMPS の Pipe Movement 以外である C-A-M-S における特殊方法というものはあるのか、ご教授していただければ幸いです。

回答：

CAMPS としては、

1st Stage で CAMPS を行ってより良いホールコンディションを作ってセメンチングを試みる。

2nd Stage では、2nd Stage 部分も考慮した Centralizing は、十分行っておく。Bottom Plug を使用して Spacer と Flash の効果を高める。

清水をスペーサー代わりに使うと Bottom Plug の前に清水をポンプすることになり、そのため、アニュラスにセメントスラリーが出る前に、清水とのコンタミがケーシング内で起こってしまうので、良好なセメントをアニュラスに充填することは難しくなります。可能であれば比重のあるスペーサーを Bottom plug 前にポンプするほうが効果を発揮します。

また、地熱井の場合 Caliper Log を取るのは稀でほとんどが想定でスラリー量を決めていることから、1st Stage のセメントが ESC 上まで立ち上がることも多いと思います。この状態で ESC を開けると泥水とセメントがコンタミして 2nd Stage 区間にはコンタミしたゲルマッドが多く残りチャネリングの原因になっていることが多いです。

循環・調泥である程度はキレイになると思いますが、一旦ゲル化したマッドケーキはなかなか除去しきれないと思います。

そもそもスペーサーを使用しないことが多いので実践は難しいと思いますが、Global Advisor 等と話をすると、後押し泥水中にスペーサーを挟んで ESC を開けた時にスペーサーがポート外に出て、余剰セメントを排出し、泥水、セメントとのコンタミを防止することを推奨してきます。

ご意見 1： 地熱井掘削における自主保安指針について

質問内容：

初版の自主保安指針では英語版も公開されていました。掘削技術者が不足する昨今、多くの外国人エンジニアが掘削現場に従事しています。彼らにも分かるよう、英語版の改定版を公開してほしい。

回答：

今後英語版の公開も予定しております。JOGMEC HP にて公開する予定です。

ご質問 5： 地熱井掘削における自主保安指針について

質問内容：

（p20）「坑井掘削を伴う助成事業については、蒸気噴出のリスクに関する検討及び対策を明記されていること」とありますが、こちらは坑井全体（浅部から深部）における蒸気噴出防止対策を明記することになるのでしょうか？

回答：

ご認識の通りとなります。

ご質問 6： 地熱井掘削における自主保安指針について

質問内容：

(p14) ここに記載がある噴出防止装置にダイバータは含まれているとの認識でいいでしょうか？

回答：

ダイバータは含まれておりません。地熱流体には重金属等も含まれ、熱水・蒸気を系外に出すことのリスクが大きいためダイバータは利用し難いことと、地熱井では地下の圧力がそれほど高くないため、基本的に BOP を閉め注水することに対応するという考えになります。

以上