

高温地層のボーリング

加藤 完 (環境地質部)・河内 英幸 (元所員 利根工事KK)
 Kan KATOH Hideyuki KAWAUCHI

1. はじめに

地中深く埋蔵されている蒸気や熱水の地熱エネルギーを地上に取り出すためには 高温地層をボーリングする必要がある。このため現在までは 石油井の「大深度掘さく」時に遭遇する高温・高圧・腐蝕ガスに対する掘さく装置・パイプ類・ビット・泥水・セメンチング・測定機器等の対処方法を参考にして 地熱井の掘さくが行われてきた。

しかしながら 大容量の地熱エネルギーを得るためには より高温・高圧(温度350°C 圧力400kg/cm²)の条件下にある堅硬な地層を深度3,000~5,000mまで能率よく掘さくすることが要求される。ここで この条件下における地熱井の新しい掘さく技術の開発について紹介する。

2. 掘さく方法

表に示すようなノーベルドリリングといわれる斬新な掘さく方法が 米国およびソ連などで研究が進められている。しかしながら これらの掘さく方法が実用化されるにはまだ暫らく時間が必要である。そのため現在使用されている石油井の掘さく方法および掘さく技術を より高温・高圧・腐蝕ガスの条件下にある地熱井の掘さくに適応するための技術開発が必要不可欠である。

3. 掘さく装置

3-1 本体

地熱の開発井の掘さくには 大孔径の抗井が掘られるため 石油井掘さくに使用される標準規格より1.3~1.4倍の能力を持つリグが使われる。

また いわゆるスピンドル型機も地熱の調査井の掘さくの段階に使われ すでに3,000m級のものも出現している。しかし高温地層掘さく時に必要な大容量の泥水循環に対して 掘さくツールのクリアランス等に問題点が残されている。

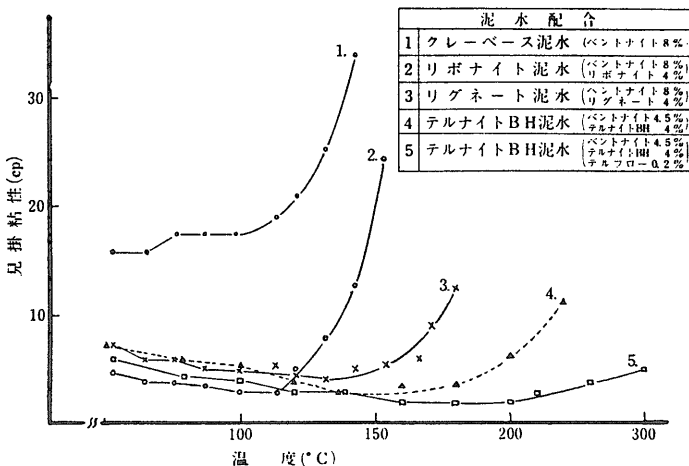
3-2 防噴装置

地熱井の掘さくに際し 抗井内からの蒸気や熱水あるいはガス等の暴噴を防ぐために 防噴装置を抗口ヘッドに取付けることが不可欠である。防噴装置のゴムシール部は高温による劣化が予想されるので 耐久性を向上させるため耐熱ゴムあるいはメタリックシールの採用またはシール部の冷却等の研究開発が行われている。

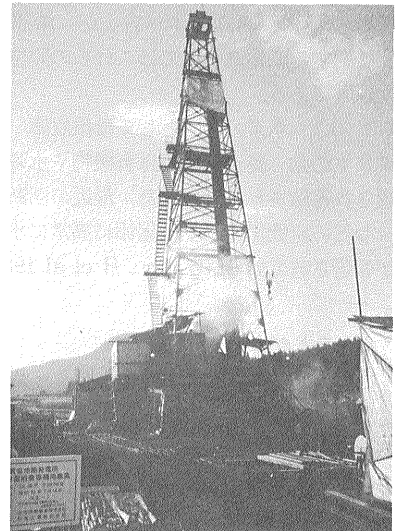
3-3 循環装置

地熱井の掘さく中 循環中の泥水が高温地層に接し熱

図 各種泥水の温度と粘性の関係



各種泥水の温度と粘性の関係 (松本仙一他 1976)



霧島の地熱ボーリング現場 利根T S L試験機 (能力3,000m級) (利根工事提供)

孔径20cmとした場合の各種掘さく方式の性能比較表 (河内英幸他 1976)

掘さく方式	名 称	比エネルギー J/cm ³	最大掘進率 cm/min	伝 達 動 力 HP
機 械 応 力 式	ベレットドリル	200~ 400	4~ 14	10~ 20
	インプロージョンドリル	—	—	—
	スパークドリル	200~ 400	35~ 140	100~ 200
	爆発ドリル	200~ 400	26~ 70	75~ 100
	侵食ドリル	2,000~4,000	35~ 140	1,000~2,000
熱 応 力 式	超音波ドリル	20,000	0.04~0.07	5~ 10
	ジェットーチドリル	1,500	9~ 18	100~ 200
	電気粉砕ドリル	1,500	9~ 14	100~ 150
	テラジェットドリル	—	—	—
	高周波ドリル	1,500	3~ 6	30~ 60
溶 融	マイクロウェーブドリル	1,500	1~ 2	10~ 20
	インダクションドリル	1,500	0.5~ 1.0	5~ 10
	電気ヒータドリル	5,000	1~ 3	50~ 100
	原子ドリル	5,000	1~ 3 (孔径100cm)	1,250~2,500
	電気アークドリル	5,000	1~ 3	45~ 90
	プラズマドリル	5,000	2~ 3	80~ 120
	電子ビームドリル	5,000	0.3~ 0.6	10~ 20
	レーザードリル	5,000	0.3~ 0.6	10~ 20

の影響を受け泥水機能が悪化しさらに沸点に達し暴噴の原因となることを防ぐため 冷却搭を使用し地下で暖められた泥水を 地表でできるだけ冷却する必要がある。この装置の循環出口温度を70°C以下に制御すれば問題がないとされている。

泥水ポンプも循環量の不足により 泥水が沸点に達するのを防ぐための適正な循環量 即ち適正なポンプ容量を備えなければならない。

3-4 パイプ類

地熱井掘さくは高速流体による侵食摩耗と腐蝕性ガスによるコロージョン 熱によるジョイント部のゆるみを少なくするため パイプの材質・コーティングに注意をする必要がある。後述するエアドリリングによる固体を含む高速循環流体では特に注意が必要である。

3-5 ビット類

地熱井掘さく 中 歯先を構成する材料(タングステン・カーバイト合金 ダイアモンド)等はそのまま利用できるが これらをビットに装着保持する材料や ローラーカッタービットのベアリングやシール機構に解決すべき問題が残されている。

4. 泥 水

図に示すよう300°Cの高温度でも 泥水機能が劣化しない泥水が開発されている。さらに温度350°Cに耐えられる泥水として セオピライト(線状構造をもつ硫酸塩でベントナイトの層状構造と異なり耐熱性がある) リグナイト系有機分散剤 ポリアクリル酸ナトリウム等を用いたものが実験でかなり良い結果が得られている。

現在地熱井掘さくの最大の問題点は逸水対策である。何百tもの泥水 何千袋のセメントを注ぎ込むこともあり 掘さく計画を狂わせるばかりでなく 掘さく不能の事態を招くこともある。逸泥防止剤あるいは逸泥防止法の研究開発が急務である。

5. エアードリリング

循環流体として泥水の代りに圧縮空気を使用する方法

である。早い掘進率 長いビットライフ 逸泥層中の効果的な掘進 低圧蒸気層に及ぼす障害の少ない掘さく仕上げ等の利点がある。しかし地層水が抗井内に流入した場合には種々の問題が生じ 現在は蒸気卓越地熱井(ガイザーズ 松川)等において効果を得ている。

6. おわりに

オイルショック以後 石油代替エネルギー資源の開発が急がれ 地熱エネルギーもその一つとして開発されている。しかしながら現在まで開発されている地熱エネルギーは 日本全体で16.5kWと電力エネルギーの僅か0.1%以下に過ぎない。このため大容量の地熱エネルギーを得るため より高温・高圧(温度350°C 圧力400kg/cm²以上)の条件下にある堅硬な地層を 大深度まで掘さくできる技術を研究・開発することが必要である。

参考文献

- 河内英幸・加藤 完・後藤 進 (1976) ノーベルドリリング (その3) ~とくに地熱開発用岩石溶融方式~ 地質ニュース No.266
- 松本仙一・飯田一雄・三浦正広 (1976) 高温度用泥水について 石油技術協会誌 Vol.41・No.5
- 松尾圭二・中村昭一 (1977~1978) 地熱井はどのようにして掘削されるか 地熱エネルギー Vol.2・No.3, No.4, Vol.3・No.1, No.2, No.3
- 日本産業機械工業会 (1975~1981) 昭和49年度サンシャイン計画委託調査研究成果報告書~昭和55年度サンシャイン計画委託調査研究成果報告書 高温地層掘削に関するフィジビリティスタディ (年1回発行・計7部)
- 山田秀夫・他 (1975) 技術論文総評 さく井技術 石油技術協会誌 Vol.40 No.6