

コア No.3 では 32% である。したがって、熱伝導率は鉱物粒径や空隙率の寄与以上に、石英含有量に大きく依存している可能性がある。

(4) 比熱

比熱 (100℃) はコア No.1 ~ 3 でそれぞれ 0.90 J/(g·K), 0.87 J/(g·K), 0.87 J/(g·K), 比熱 (200℃) はコア No.1 ~ 3 でそれぞれ 0.98 J/(g·K), 0.97 J/(g·K), 0.98 J/(g·K), 比熱 (300℃) はコア No.1 ~ 3 でそれぞれ 1.04 J/(g·K), 1.03 J/(g·K), 1.05 J/(g·K) である。比熱はコアの鉱物組成、変質状況などによらずほぼ同じ値を示すことが判明した。

2-4-2 坑内検層

CJZK3001 において、掘削中及び掘削終了後に合計 4 回の PTS 検層を行った。

第 1 回検層：2003 年 8 月 29 日

第 2 回検層：2003 年 12 月 3 日

第 3 回検層：2004 年 7 月 21 日

第 4 回検層：2004 年 9 月

これらの検層結果の総合対比を図 2-4-8 に示す。

(i) PTS 検層

この PTS 検層器は、JICA が提供したものである。

① 検層器の仕様

圧力(P; Pressuer), 温度(T; Temperature), 流量(S; Spinner)を同時に測定することのできる検層器である。特にここで使用した検層器はメモリー式PTS検層器と言い、測定データは測定中は検層器内のメモリに蓄えられ、検層器を坑井内から引き上げた後メモリ中のデータを読み出すものであり、測定中にデータを地上に伝送しないため検層用のワイヤは電線ケーブルである必要がない

ツール径 : 1.44" (36.5 m)

ツール長 : 95" (2.4 m)

メモリ容量 : 2 MB

測定圧力 : 精度±3.0 psi, 分解能±0.01 psi

測定温度 : 精度±1℃, 分解能±0.03℃

スピナー : 0.1 rps (minimum)

耐熱性 : 575° F (300℃) (maximum)

② 検層器の編成

検層器の全長は、4.46 m である。その構成は 2.40 m (PTS ツール), 1.00 m (シンカーバー), 1.06 m (シンカーバー) である。検層にあたって、検層器に 8" セントラライザーを装着した。検層器の降下及び巻上には、チベット電力工業局所有の電気モーターウィンチを使用した。ウィンチの仕様は、以下のとおりである。

ワイヤー : 麻芯 6 本編み。8φ×2,800 m 長。

最大巻上荷重 : 2 ton

速度調整 : 0~30 m/min

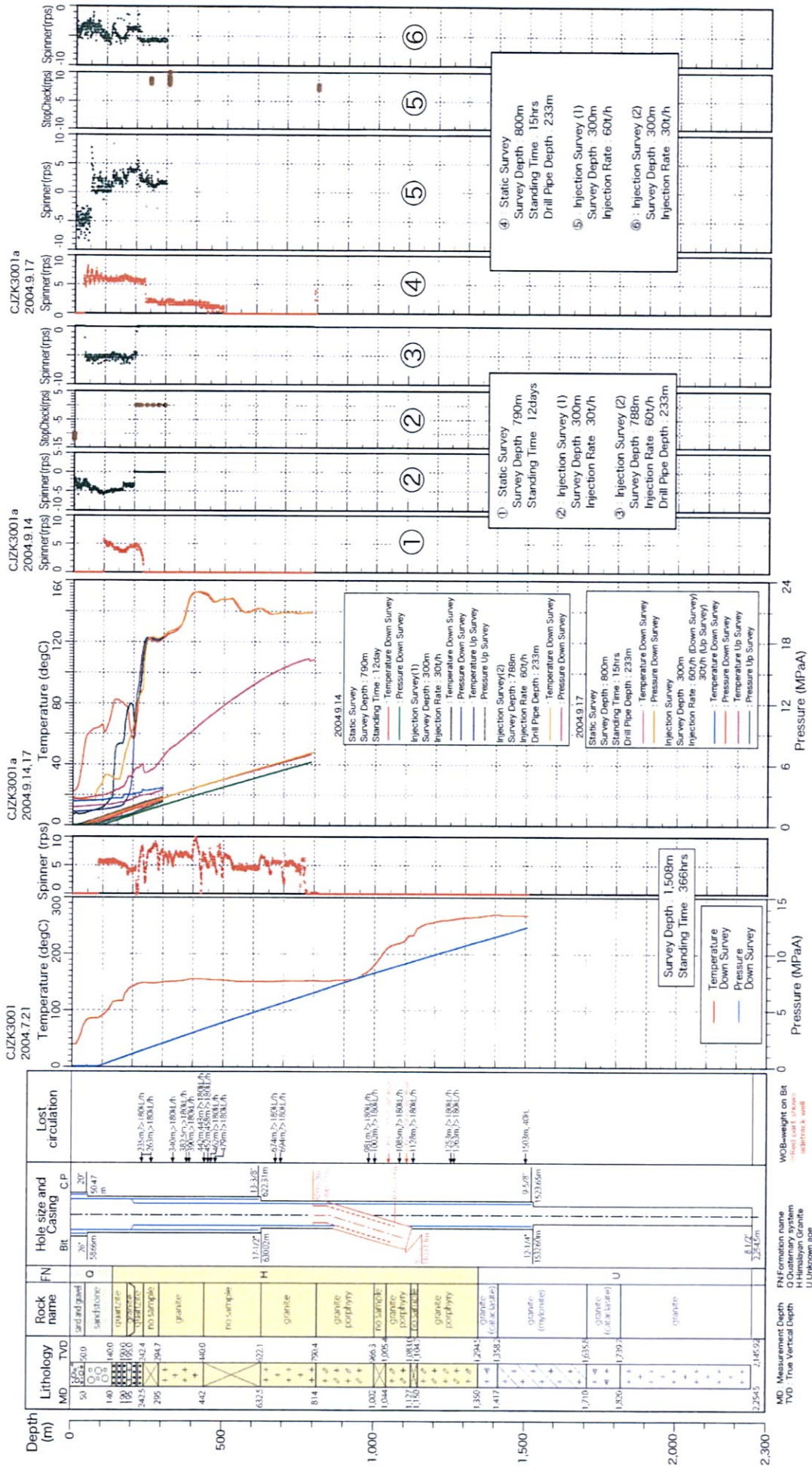


図2-4-8 CJZK3001およびCJZK3001a検層結果総合対比図

(ii) 第1回坑内検層 (2003年8月29日)

図2-4-9

(1) 検層目的

深度630mまで掘削し13-3/8"ケーシングをセットした時点で、PTS検層器の坑内動作テスト、坑内温度の測定を目的として、2003年8月29日にPTS検層を実施した。

(2) 検層状況

2003年8月29日の検層の作業状況は、以下の通りである。

14:00~15:00	中国側カウンターパートへの作業手順の説明
15:00~17:41	測定準備、地上装置のセット、シーブセット、深度キャリブレーションを実施。
17:41~18:27	データ取得開始、ツールの組立。
18:27~18:52	ツールの降下開始し、下げ測定を実施。
18:54~19:22	ツールの巻上開始し、上げ測定を実施。
19:22~19:35	巻上終了後、ツールを解体した。
19:35~19:45	データの吸い上げ
19:45~21:30	後片付け

(3) 検層結果

深度500mまでの測定を行い、PTS検層器が正常に稼動することを確認した。坑内の最高温度は120.1℃(深度500m)であり、深度0mから200m付近まで直線的に上昇する。深度200mから400m付近までは、ほぼ100℃で一定である。坑内の最高圧力は4.58MPa(深度500m)である。

(iii) 第2回坑内検層 (2003年12月3日)

(図2-4-9)

(1) 検層目的

CJZK3001は深度1,903.93mまで掘削した時点で、2003年度の掘削作業を終了した。坑内温度、圧力及びフィードポイントの測定を目的として、2003年12月3日にPTS検層を実施した。

(2) 検層状況

2003年12月3日の検層の作業状況は、以下の通りである。

検層時の坑内状況は、スタンディングタイムが73時間24分であり、検層深度は0m~1,545m区間である。

10:00~11:00	中国側カウンターパートへの作業手順の説明
11:00~12:46	測定準備、地上装置のセット、シーブセット、深度キャリブレーションを実施。
12:46~13:07	データ取得開始、ツールの組立。
13:07~13:21	ツールの降下開始したが、深度20mでつかえ降下不能となったため、ツールを巻き上げた。
13:21~13:58	掘管の交換を行った。

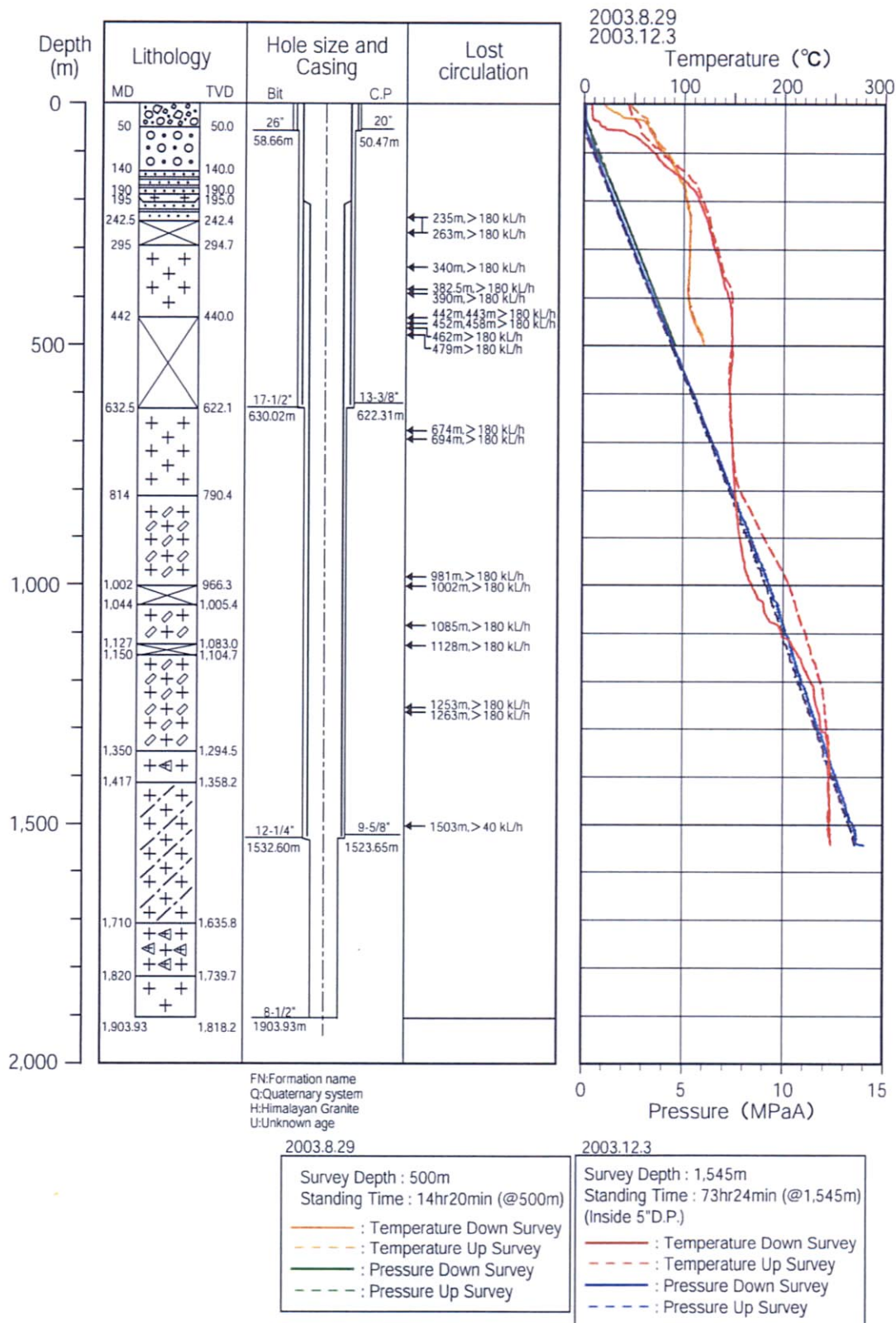


図2-4-9 CJZK3001 PTS検層結果(2003年度)

- 13:58～15:24 ツールを降下し、下げ測定を行った。深度 1,545m で降下不能となった。ツールの上げ下げを行うも、降下不能であった。
- 15:24～16:03 ツールの巻上開始し、上げ測定を実施。
- 16:03～16:25 巻上終了後、ツールを解体した。
- 16:25～16:35 データの吸い上げ
- 16:35～18:00 後片付け

(3) 検層結果

深度 1,545m までの測定を行い、PTS 検層器が正常に稼動することを確認した。坑内の最高温度は 247.8℃ (深度 1,545m) であり、深度 0m から 400m 付近まで直線的に上昇する。深度 400m から 1,000m 付近までは、約 150℃ でほぼ一定である。深度 1000m から 1,250m 付近までは緩やかに温度上昇し、それ以深で再び測定温度値は一定となる (240～250℃ 程度)。坑内の最高圧力は 13.63 MPa (深度 1,545m) である。

(iv) 第 3 回坑内検層 (2004 年 7 月 21 日)

本検層結果を、図 2-4-10～11 に示す。

(1) 検層目的

深度 2,254.50 m まで掘削した時点で 2004 年 7 月 21 日に PTS 検層を実施した。PTS 検層は、サイドトラックの開始に先立ち元坑の地層温度を把握することを目的として行った。

(2) 坑井状況

CJZK3001 は深度 2,254.50 m まで掘削した時点で掘管が切断し、坑内に遺留され採揚することができなかった。遺留した掘管の頭部は深度 1,838 m である。坑井の状況は、以下のとおりである。

- 深度 0～211.2 m : 13-3/8" ケーシング設置
- 深度 211.20～1,523.60 m : 9-5/8" ケーシング設置
- 深度 1,523.60～2,254.50 m : 8-1/2" 裸坑 (遺留物頭部は 1,838 m)

CJZK3001 の最大傾斜は、深度 1,038.52 m における 21.73° である。

(3) 測定状況

検層は、ポンプ循環停止後の温度回復中のスタティックな状態で行った。坑内循環のためのポンプ停止後のスタンディングタイムは 366 時間である。測定項目は、温度 (T)、圧力 (P)、スピナー (S) の 3 項目である。データ取得間隔は 1 秒ごとである。

測定状況は、以下のとおりである。

- 11:00～13:27 測定準備：地上装置セット、シープセット、深度キャリブレーションを実施した。
- 13:27～14:12 データ取得開始：ツール組立 (ケーブルヘッドにシンカーバー及びツール接続)
- 14:12～14:23 深度 0-209 m まで降下
- 14:23～14:32 深度 209 m 付近でウィンチの操作盤内部から煙が発生し、内部計器が過熱した。電氣的にブレーキの開度を調節する

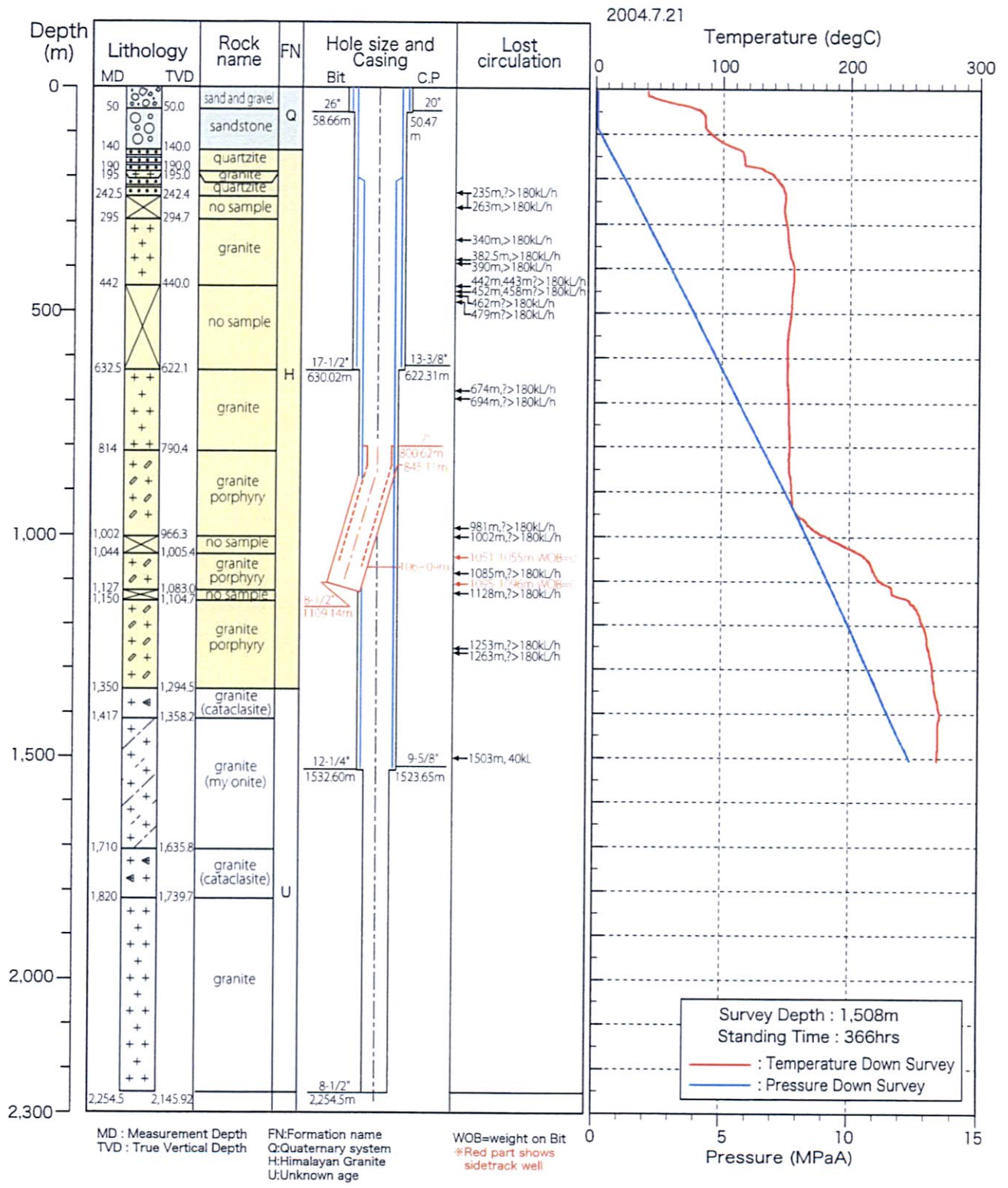


图2-4-10 GJK3001 温度压力测定结果 (2004. 7. 21)

2004.7.21

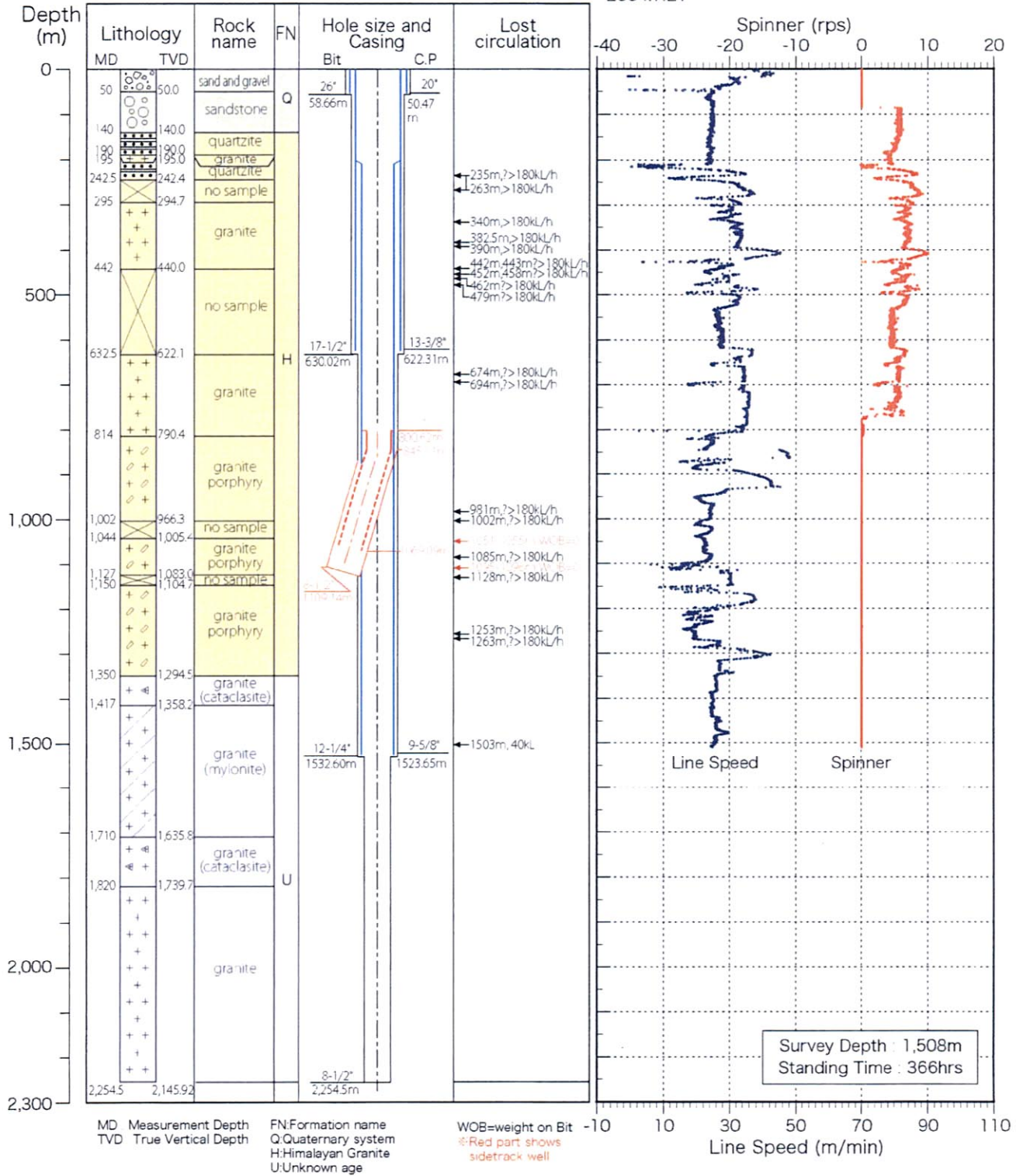


図2-4-11 CJZK3001 スピナー測定結果 (2004. 7. 21)

ための計器が故障し、過熱したことが原因と見られる。このため自動での速度調整ができなくなり、これ以深は人力で速度調整し、検層器を降下した。

- 14:32～16:00 ツール再降下（深度 209～1,700 m）：深度 1,503 m 付近から荷重が減少する傾向がみられた。荷重が減少し降下を停止させると、重量が増すような状況であった。ポンプ停止から長時間経過していることから、ベントナイト泥水が地層温度により悪化し、ゲル化しているものと判断された。ツール降下速度が速くならないように荷重計に注意しながら、検層器を降下させた。深度 1,670 m 付近から特に荷重に異常を感じたため、停止・巻上・降下を繰り返した。巻上時はウィンチマンに腰切りを確認させながら最終的に深度 1,700 m まで降下したが、これ以上の降下は危険と判断し、停止した。
- 16:00～17:35 ツール巻上：深度 1,500 m 付近で、巻上荷重が 1.2 ton で腰切りとなった。巻上時、深度 30 m 付近でウィンチが故障し、巻上ができなくなった。この後、人力で巻上を行った。
- 17:35～18:00 ツール解体
- 18:00～18:30 データ回収
- 18:30～20:00 資材整理

（４）測定結果

下記のように、ワイヤーの深度計深度は 1700m まで降下させたが検層器は 1,508m までしか降下せず、ここまでの測定となった。坑内の最高温度は 270.8℃(深度 1405.2m)であった。深度 0m から 200m 付近までは温度が直線的に急激に上昇する。200m から 950m まではほぼ 150℃で一定である。950m から 1200m までは温度は再び直線的に急激に上昇し、その後は 220～230℃でほぼ一定である。

（５）測定結果からみた坑内状況

巻上後のケーブルは、2ヶ所でキックした状態が見られた。測定結果において、深度 1,508 m 以深は圧力上昇が見られなかった。このことから、ワイヤーは深度 1,700 m まで降下させたが、検層器は深度 1,508 m 以深に降下しなかったものと判断される。8-1/2” 裸坑頭部（深度 1,523.60 m）付近に、なんらかの坑内異常があるものと思われる。降下時において、スピナーの回転が深度 800 m 以浅で停止した。ゲル化した泥がスピナーの羽根に付着して、スピナーの回転が停止したものと考えられる。深度 950～1,150 m 区間で、温度の急激な上昇が認められる。深度 950 m 付近からの温度の急激な上昇と対応して、圧力カーブに変化が認められ、流体密度が変化していることが想定される。

（iv）第 4 回坑内検層（2004 年 9 月）

調査井 CJZK3001 は、9-5/8” ケーシングを深度 877 m から 904.8 m までミリング（窓開け）し、深度 1,109.14 m までサイドトラックを行い、掘削を完了した。その後 9 月 9 日、10 日に噴気誘導を行ったが噴気に至らなかったため、噴気しない原因を調査する

目的で、2004年9月13日、14日、17日にPTS検層を行った。

この第4回検層の結果は、「2-4-3噴気誘導作業」の項に詳述する。

2-4-3 噴気誘導作業

(i) 概要

CJZK3001井は、掘削終了後2004年9月にエアリフト法による噴気誘導を行ったが、噴気に至らなかった。このため噴気しない原因を調査するために、PTS検層を実施した。調査の結果坑内のトラブルが判明したが、エアリフトに使用したコンプレッサーの能力が不足しており、コンプレッサーの能力を大きくすれば噴気する可能性があると考えられたため、その後大能力のコンプレッサーを手配した。11月に大能力のコンプレッサーを使用して噴気誘導を行ったが、噴気に至らなかった。噴気誘導の状況からこれ以上噴気誘導を継続しても噴気に至る可能性がないと判断されたため、噴気を断念した。噴気に至らなかった理由は、浅部熱水の坑内への流入、深部貯留層の亀裂の透水性の不足、坑内の閉塞、深部亀裂の深度での貯留層温度の不足など、多くの原因が考えられる。

(ii) 噴気誘導の原理と方法

(1) 地熱井の噴気の原理

地熱井の中では、高温地熱流体はその温度に応じた圧力を持っているが、掘削終了直後は地熱井の中の浅い部分に低温の水柱が重しとして存在するため自然には噴出してこない。噴気させるためには地熱井の中の浅い部分の低温の水柱を汲みだしてやる必要がある。汲み出すことにより坑井の中の水柱圧が低くなり貯留層の圧力のほうが高くなるため、その差圧により貯留層中の高温地熱流体が坑井の中に流入するとともに、坑井の中で沸騰が起こりさらに坑井内の水柱を吹き飛ばすため、噴気が連続するものである。

(2) 噴気誘導の方法

今回の噴気誘導の方法はエアリフト法といい、最も強力な噴気誘導の方法である。この方法は、地上から坑井内に掘管を挿入し、掘管を通じて地上から高圧空気を送入する。高圧空気は坑井内の浅い部分の低温の水柱を吹き飛ばして汲みだし、噴気を誘導するものである。高圧空気はコンプレッサーから吐出するが、高圧空気の圧力は低温水柱の水柱圧に勝つだけの圧力が必要である。すなわち、300m分の水柱を吹き飛ばして汲み上げるためには水柱の重さに相当する 30kg/cm^2 の高圧空気を送入することが必要である。

(iii) 第1回目噴気誘導作業(2004年9月)

(1) 噴気誘導作業前の状況

CJZK3001井はサイドトラック坑を1,109.14mまで掘削し、その間881mで全量逸泥、1,051~1,055mと1,095~1,096mで無荷重掘削(大規模な亀裂に遭遇)となった。その後2004年9月3日に孔明管をセットして掘削作業を終了した。掘削作業終了から噴気誘導までのスタンディングタイムは6日間であった。噴気誘導前の坑内水位は-108mであった。

(2) 噴気誘導の方法と設備

噴気誘導はエアリフト法により行った。

噴気誘導は、現場に設置されている掘削用のリグを使用し、圧縮空気送気用の管は掘管を使用した。圧縮空気を送り込むためのコンプレッサーは、吐出圧力1MPa(10kg/cm²)のものを3台使用し、容量12m³の空気タンクに一旦圧縮空気を貯蔵してから坑内に送気する方法で実施した。空気タンクを満タンにするには約35分間を要し、約10分間で全てを坑内に送気する。従って坑内への送気は、約10分間送気した後約35分間休みとなるバッチ方式であった。

(3) 噴気誘導作業経過と結果

噴気誘導は、2004年9月9日と10日に行った。

① 9月9日

エアリフト開始前の水位は-108mで、掘管を166mまで挿入して2回のエアリフトを行った。毎回の空気送入は約10分間で、空気送入後約3~5分間で送入空気により井戸上に噴出が起こったが蒸気による噴気には至らなかった。その後掘管挿入深度を175mにして同様のエアリフトを行ったところ、空気と若干の蒸気・熱水の噴出は地面から最大約15mの高さにまで至ったが蒸気・熱水の連続噴出にはいたらなかった。この日のエアリフトは合計9回行った。

② 9月10日

この日は合計5回のエアリフトを行った。掘管深度は166m、空気圧は10.5kg/cm²で、最後の2回は発泡させるため各45kgの粉石鹼を投入した。しかし状況は9日と同様で連続噴出には至らなかった。

(iv) PTS 検層

(1) 検層目的、坑内状況

CJZK3001井は噴気に至らなかったため、噴気しなかった原因を調査することを目的として9月13日、14日、17日にPTS検層を実施した。PTS検層器は「2-4-2坑内検層」に記載のものと同じである。

検層時の坑井の状況は、以下のとおりである。

深度0~211.20 m : 13-3/8" ケーシング

深度211.20~800.62 m : 9-5/8" ケーシング

深度800.62~1,069.09 m : 7" 孔明管

深度1,069.09~1,109.14 m : 8-1/2" 裸坑

(2) 9月13日のPTS検層

(図2-4-12)

① 第1回目測定(スタティック(注水なし)状態)

09:00~11:30 測定準備:地上装置セット,シーブセット,深度キャリブレーションを行った。

11:30~12:20 データ取得開始:ツール組み立て(ケーブルヘッドにシンカーカバーとツールを接続)。8"用セントライザーを3本セットした。

12:20~13:00 深度0~210mまで降下した時点で検層器がつかえ、揚降を数回繰り返したが、降下できなかった。

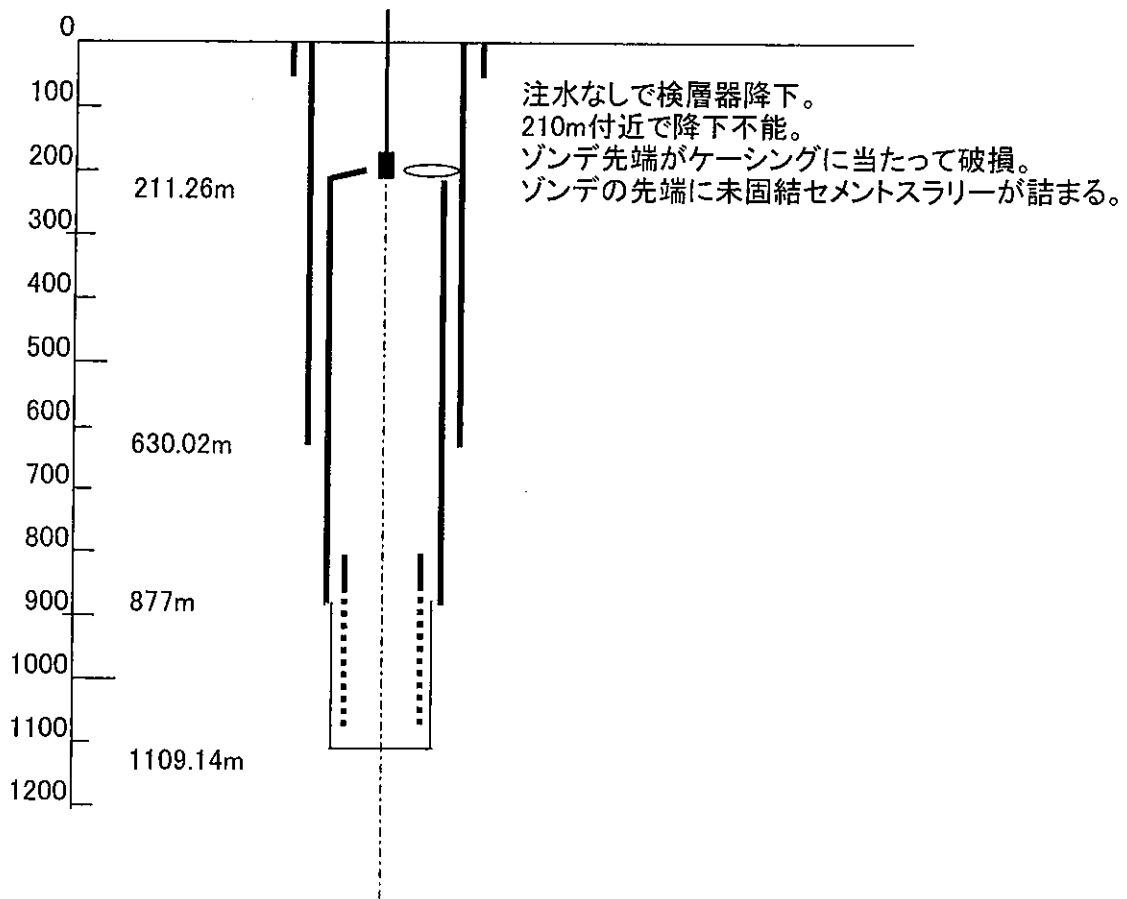


図 2 - 4 - 1 2 検層結果の解釈 (9月13日注水なしで検層)

13:00～13:30 ツール巻上。巻上後、スピナーハウジングが折れ曲がっていることが確認された。ハウジング先端に金当たりの跡があり、9-5/8”ケーシング頭部に当たったものと推定される。スピナー部にセメント様物質が詰まっていた。

注水なしの状態、セントライザーの羽を3枚つけて検層器を降下したが、深度210mでつかえて降下しなかった。ワイヤーを昇降させたが降下できず、検層器を巻上たところ、検層器の先端が破損した状態であった。深度211mの9-5/8”ケーシング頭部に当たって破損したと推測される。

② 第2回目測定（スタティック(注水なし)状態)

13:30～15:00 スピナー部交換：セントライザーブレードを3枚から6枚に変更した。

15:00～15:30 検層器再降下：第1回目測定と同様に、深度210mでつかえた。ツールの揚降を4回繰り返したが、これ以深に降下できなかった。

15:30～16:00 ツール巻上：巻上後、スピナー部にセメント様物質が詰まっていることが確認された。

検層器を交換後、注水なしの状態、セントライザーの羽を6枚にして降下した。深度210mでつかえて、ワイヤーを数回昇降させたが降下できなかった。検層器を巻上たところ、スピナーの先端の鞘の部分に未固結のセメントスラリーがすっぽりと型抜きした状況で詰まっていた。これは深度211mの9-5/8”ケーシングセメンチングのセメントスラリーが未固結のまま、噴気誘導などの圧力変化により押し出されて坑内に出てきたものと推定される。

③ 第3回目測定（さぐり調査）

坑内状況を把握するため、シンカーバーのみで降下を行った。

17:00～17:30 掘管を深度233mまで降下した。ついで、シンカーバーのみにツールの編成替えを行った。

17:30～18:00 検層器降下：深度233mでつかえ、降下不能となった。掘管先端に、深度210mのセメントが詰まったと推測された。

18:00～18:30 ツール巻上

18:30～19:30 資材整理

(3) 9月14日のPTS検層

(図2-4-13, 14)

① 第1回目測定（スタティック状態）

08:30～10:00 検層に先行して、9-5/8”ケーシング頭部のポンプ洗浄を行った。測定準備：地上装置セット、シースセット、深度キャリブレーションを行った。

10:00～10:30 データ取得開始：ツール組立（ケーブルヘッドにシンカーバーとツールを接続）。8”セントライザーを6本セットした。

10:30～11:00 深度0～800mまで降下した。深度800mで検層器がつかえ、

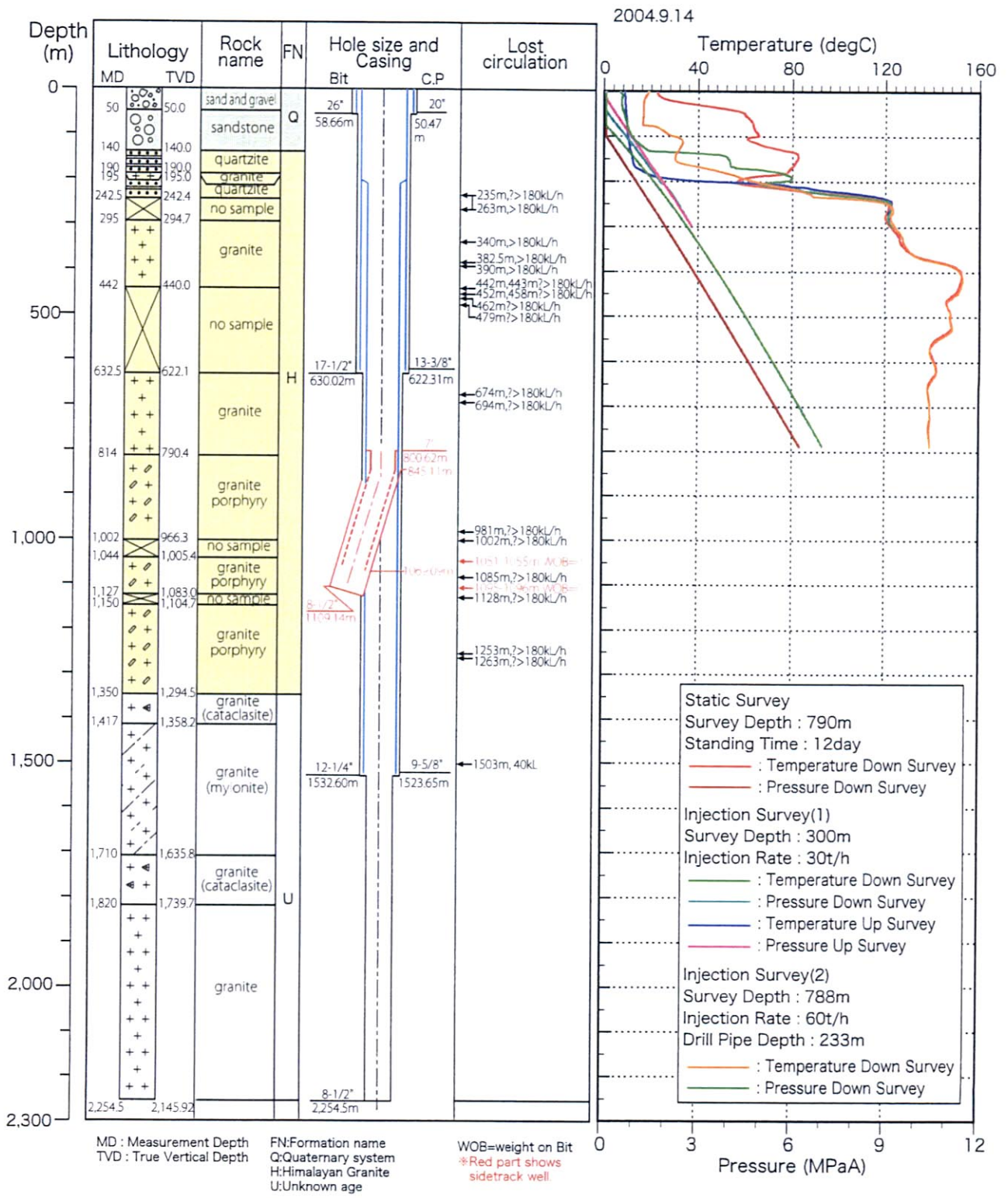


図2-4-13 GJK3001a 温度圧力測定結果 (2004. 9. 14)

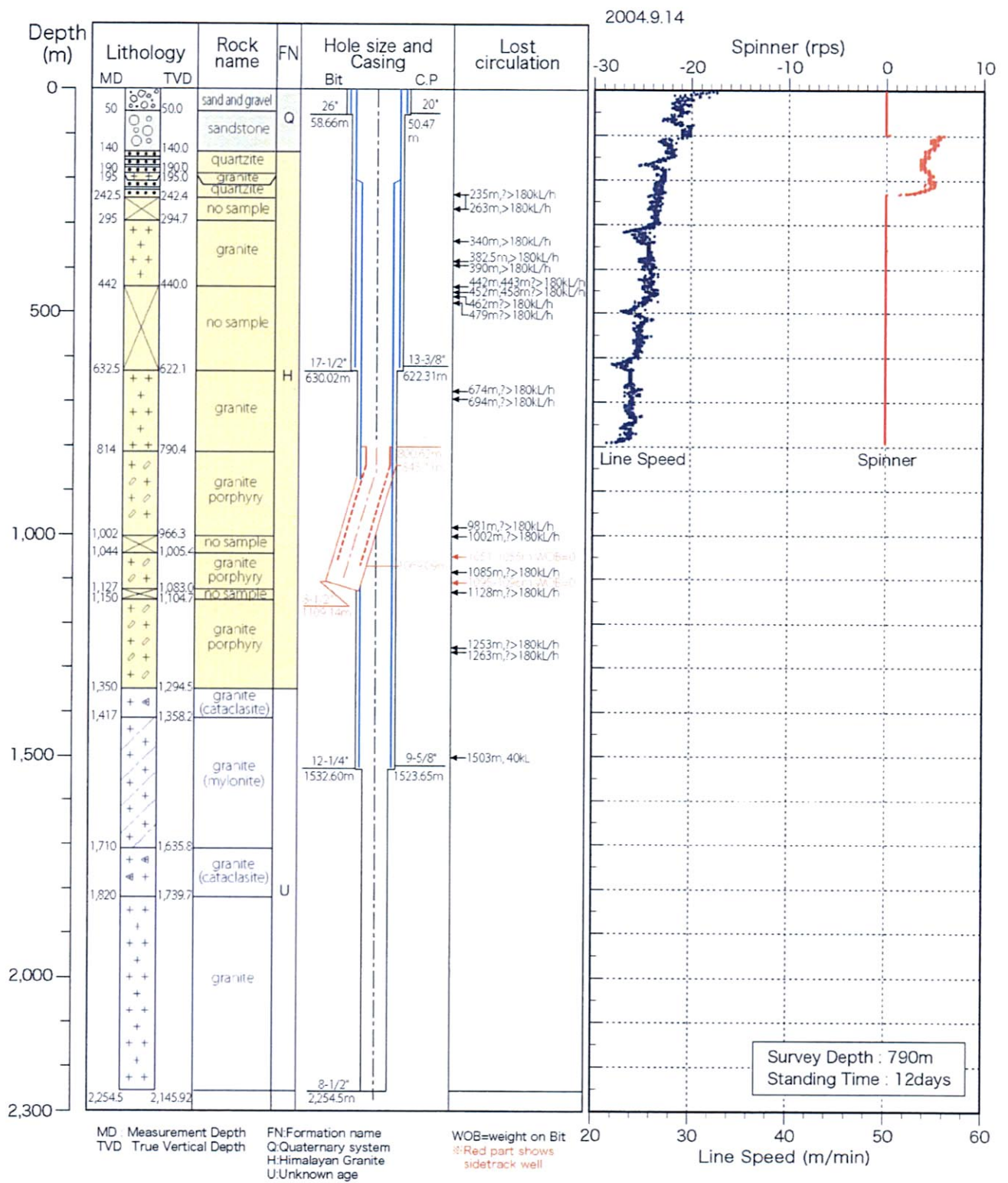


図2-4-14 CJZK3001a 静止中のスピナー測定結果 (2004. 9. 14)

揚降を数回繰り返したが降下できなかった。

11:00～11:40 ツール巻上

検層に先立ち、掘管を深度 210 m まで降下し、未固結セメントを洗い流すため、注水を 10 分間行った。その後、注水なしでセントライザーの羽を 6 枚つけて PTS 検層器を降下した。深度 210 m 付近はスムーズに通過し、検層器は深度 800 m まで降下し、7" 孔明管の頭部に到達した。セントライザーの直径は 7" 孔明管よりも大きいため、これ以深には降下できない。降下時に深度約 235 m 付近からスピナーの回転が停止した。これは未固結セメントがスピナーに詰まったためと推測される。

② 第 2 回目測定 (60 t/h で注水中)

(図 2-4-15)

11:40～12:17 第 1 回目と同じ編成で、深度 0～300 m 区間の検層を実施した。検層途中でストップチェックを実施した。

12:17～12:40 ツール巻上

検層器にセントライザーを装着し、30 t/h で注水しながら深度 300 m まで降下した。降下及び昇降ともスムーズであった。途中、数回ストップチェックを行った。この結果、深度 200 m 前後の箇所において、注水した水がほぼ全量逸水していることが判明した。

③ 第 3 回目測定 (30 t/h で注水中)

(図 2-4-16, 17)

12:40～3:20 掘管を深度 233 m まで降下した。

13:20～14:20 セントライザーを装着しないで検層器を降下した。深度 788 m でつかえ、揚降を数回繰り返したが、降下できなかった。深度 210 m 付近のセメントが落下し、深度 788 m 付近で棚を形成したと推測される。

14:20～15:20 ツール巻上

15:20～17:00 資材整理。

検層器はセントライザーをはずして、60 t/h で注水しながら降下した。深度 210 m 付近の降下及び上昇はスムーズであった。途中、深度 240 m 付近でスピナーの回転が停止したが、これは未固結セメントがスピナーに詰ったものと推定される。また検層器は深度 788 m で降下できなくなったが、深度 800 m の 7" 孔明管頭部で未固結セメントが棚を作っているためと考えられる。

(4) 9 月 17 日の PTS 検層

16 日に 800m の 7" 孔明管頭部まで浚いを行った。また、16 日 21:00～23:00 まで、ポンプで清水を注入した。

① 第 1 回目測定 (スタティック状態)

(図 2-4-18, 19)

12:30～14:00 測定準備：地上装置セット、シープセット、深度キャリブレーションを実施した。

14:00～14:45 データ取得開始：ツール組立 (ケーブルヘッドにシンカーバ

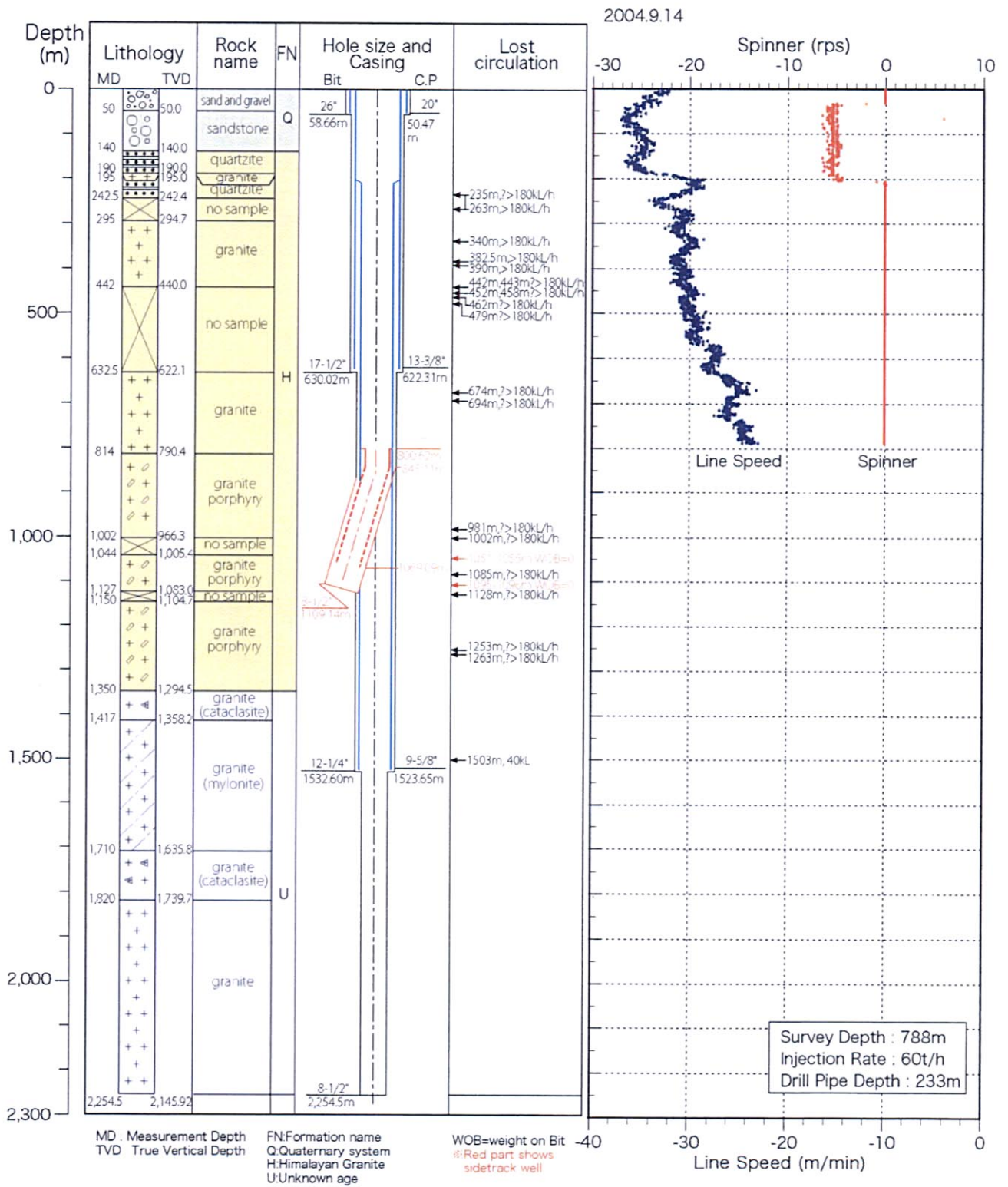


図2-4-15 CJZK3001a 注水中のスピンナー測定結果 (2004. 9. 14、注水流量 : 60t/h)

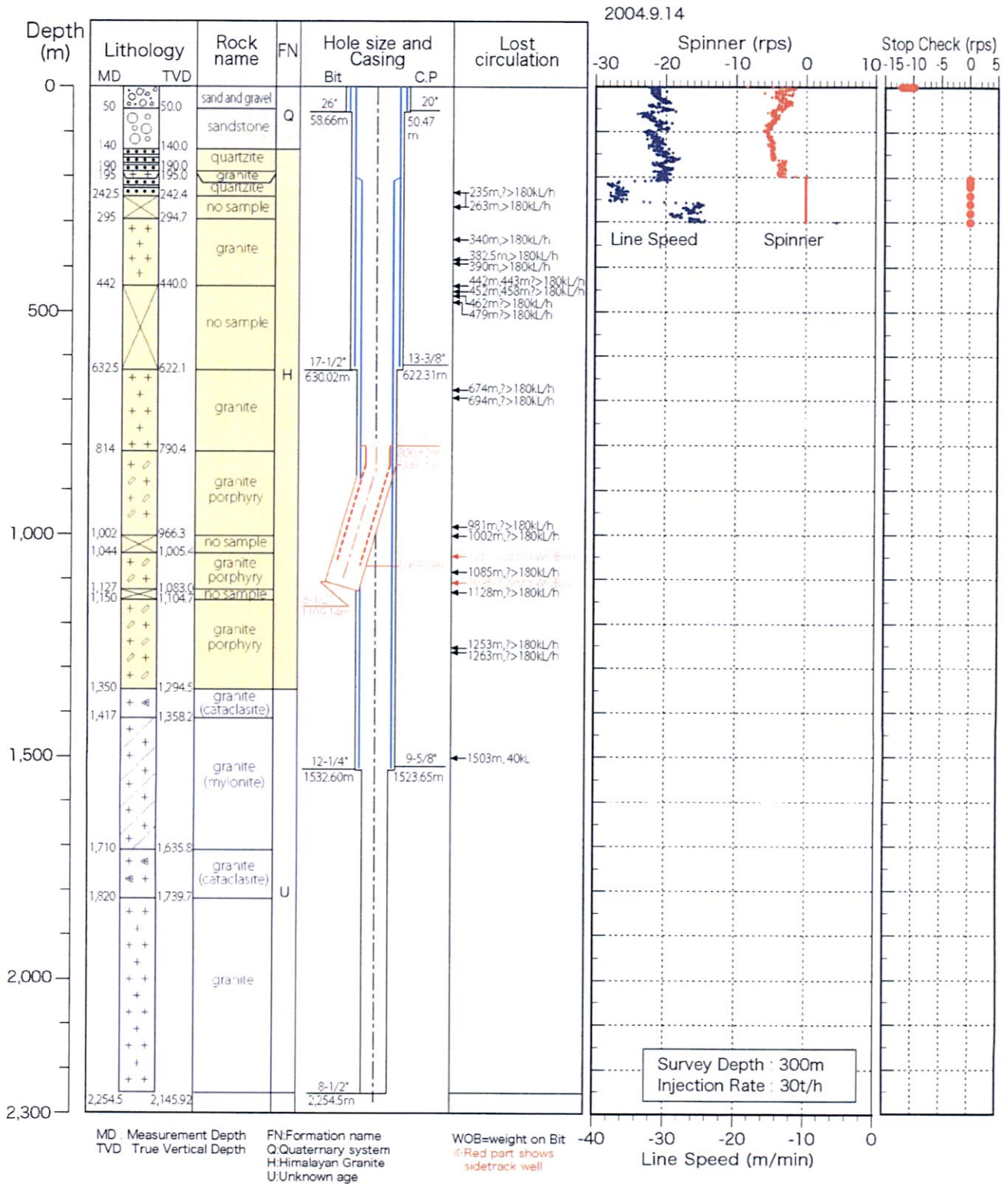


図2-4-16 CJZK3001a 注水中のスピナー測定結果 (2004. 9. 14、注水流量 : 30t/h)