

複数の解析コードを用いた水理試験データの 解析および結果の評価

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2004 年 3 月

株式会社大林組

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村松 4 番地 49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
電話：029-282-1122（代表）
ファックス：029-282-7980
電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2004

複数の解析コードを用いた水理試験データの解析および結果の評価

納多 勝* 安藤賢一* 田中達也*

要 旨

限定されたボーリング孔を用いて効率的に岩盤の水理特性を把握する上で、単孔式水理試験は有効な手法である。得られた水理試験データに基づき水理パラメータを計算する方法として、流れのモデルに応じた理論解に則り圧力変化のタイプカーブにフィッティングさせる方法や数値解析的に求める方法が石油工学や放射性廃棄物の地層処分の分野で発達してきた。

本業務では、上記分野で使用されてきた複数の代表的な水理試験解析コードを用いて、同一のデータを解析した。具体的には、理想的な流れのモデルによる理論解から算定した圧力変化などのタイプカーブに計測データをフィッティングさせて水理パラメータを推定するコード(AQTESOLV)と、数値解析的に水理パラメータを推定するコード(TOUGH2/ITOUGH2、nSights、MULTISIM)の合計4つの解析コードを選定した。さらに、理論計算により作成したデータ1ケースと、原位置試験で得たデータ2ケースの合計3ケースを用いて、選定した複数のコードを適用した解析を実施した。

各解析コードの結果の比較から、解析コードの妥当性の確認、解析コード毎の水理パラメータのばらつき、コード毎の特徴などについて取りまとめ、高品質の水理パラメータを取得する際の指針を構築する素材を取りまとめた。

本報告書は、株式会社大林組が、核燃料サイクル開発機構との契約により実施した成果に関するものである。

機構担当部課室：東濃地科学センター 瑞浪超深地層研究所 超深地層研究グループ

*：株式会社大林組土木技術本部

Evaluation of Multiple Well Test Simulators by applying field measurement data

Masaru NODA* Kenichi ANDO* Tatsuya TANAKA*

Obayashi Corporation

ABSTRACT

The objectives of this study is to evaluate the applicability of several well test simulators using field data.

Single hole well test is effective method to evaluate hydraulic conductivity using a borehole. Recently comprehensive well test and interactive software for computer-aided interpretation of well test have been developed. Especially deep geological condition with low permeability domain requires more effective method.

This study motivates for selecting different interpretation codes like AQTESOLV as a semi-analytical codes, nSights and MULTISIM as a historical matching type graphical inverse code, and TOUGH2/ITOUGH2 as a FDM inverse code. Then all codes apply to three categorized data, that one is theoretical data as a code evaluation, then two data are from real field to demonstrate that not only codes but also processes may affect the result.

Finally evaluation of codes, fluctuation of hydraulic property, and code specific handling are studied and the basis for well test strategy is obtained.

This study has been carried out by Obayashi Corporation under the contract with JNC Tono Geoscience Center in the fiscal year of 2002

Japan Nuclear Cycle Development Institute: Underground research group, Mizunami underground research laboratory

* : Civil Engineering Technology Division, Obayashi Corporation

複数の解析コードを用いた水理試験データの解析および結果の評価

報告書目次

1. 業務概要	1
1.1 件名	1
1.2 目的	1
1.3 作業範囲	1
1.4 発注責任者	1
2. はじめに	2
2.1 検討の進め方	2
3. 水理解析のための試験データの設定	4
3.1 理論解データ	4
3.2 原位置試験データ	5
4. 解析コードの選定と機能の整理	13
4.1 解析コードの選定	13
4.2 AQTESOLV	13
4.3 TOUGH2/ITOUGH2	18
4.4 nSights	19
4.5 MULTISIM	20
5. 理論解データを用いた検討	22
5.1 AQTESOLV	22
5.2 nSights および TOUGH2/ITOUGH2	24
5.3 MULTISIM	28
6. 原位置試験結果を用いた検討（試験 No.9）	32

6.1 AQTESOLV	32
6.2 TOUGH2/ITOUGH2.....	37
6.3 nSights	40
6.4 MULTISIM.....	51
7. 原位置試験結果を用いた検討（試験 No.11）	60
7.1 AQTESOLV	60
7.2 TOUGH2/ITOUGH2.....	68
7.3 nSights	71
7.4 MULTISIM.....	80
8. 検討結果のまとめと考察.....	96
8.1 検討結果のとりまとめ方針	96
8.2 検討結果のとりまとめ.....	100

複数の解析コードを用いた水理試験データの解析および結果の評価

表目次

表 3.2-1	試験 No. 9 水理試験 -概要・試験結果- (受領データ)	6
表 3.2-2	試験 No. 11 水理試験 -概要・試験結果- (受領データ)	9
表 4.5-1	各解析コードの機能と特徴	21
表 6.1-1	AQTESOLV を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値.....	32
表 6.2-1	ITOUGH2 を用いた試験 No. 9 逆解析の解析条件.....	38
表 6.2-2	ITOUGH2 を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果.....	38
表 6.3-1	nSights を用いた試験 No. 9 逆解析の解析条件(1).....	42
表 6.3-2	nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果(1).....	42
表 6.3-3	ITOUGH2 および nSights を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値 ...	45
表 6.3-4	nSights を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値(2).....	48
表 6.3-5	nSights を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値.....	49
表 6.4-1	MULTISIM を用いた試験 No. 9 逆解析の解析条件(1).....	53
表 6.4-2	MULTISIM を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果(1).....	53
表 6.4-3	MULTISIM を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果(2).....	57
表 6.4-4	MULTISIM を用いた試験 No. 9 逆解析の解析条件(2).....	58
表 6.4-5	MULTISIM を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果(3).....	58
表 6.4-6	MULTISIM を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値.....	59
表 7.1-1	AQTESOLV を用いた試験 No. 11 の水理パラメータの推定値.....	60
表 7.2-1	ITOUGH2 を用いた試験 No. 11 逆解析の解析条件.....	69
表 7.2-2	ITOUGH2 を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果.....	69
表 7.3-1	nSights を用いた試験 No. 11 逆解析の解析条件.....	72
表 7.3-2	nSights を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果(1).....	72
表 7.3-3	ITOUGH2 および nSights を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果 ...	73
表 7.3-4	nSights を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値(2).....	76
表 7.3-5	nSights を用いた試験 No. 11 の水理パラメータの推定値.....	78
表 7.4-1	近似直線解法による 3 つの揚水試験過程の透水係数の推定値	83

表 7.4-2	MULTISIM を用いた試験 No. 11 逆解析の解析条件(1).....	86
表 7.4-3	MULTISIM を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果(1).....	86
表 7.4-4	MULTISIM を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果(2).....	91
表 7.4-5	MULTISIM を用いた試験 No. 11 逆解析の解析条件(2).....	92
表 7.4-6	MULTISIM による試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果(3).....	92
表 7.4-7	MULTISIM を用いた試験 No. 11 の水理パラメータの推定値.....	95
表 8.1-1	試錐調査プログラムの流れと本検討で実施した検討項目の対応	99
表 8.2-1	理論解データを用いた各解析コードの検討結果の比較	100
表 8.2-2	複数コードによる解析で実施した技術的判断項目・概要と MIU 試錐プログラ ムへの提言の整理【水理詳細解析(1)段階】	102
表 8.2-3	複数コードによる解析で実施した技術的判断項目・概要と MIU 試錐プログラ ムへの提言の整理【水理詳細解析(2)段階】	105
表 8.2-4	試験 No. 9 における各解析コードによる透水係数の推定値(1)	106
表 8.2-5	試験 No. 9 における各解析コードによる透水係数の推定値(2)	106
表 8.2-6	試験 No. 11 における各解析コードによる透水係数の推定値(1)	107
表 8.2-7	試験 No. 11 における各解析コードによる透水係数の推定値(2)	107

複数の解析コードを用いた水理試験データの解析および結果の評価

図目次

図 2.1-1	検討の進め方	2
図 3.1-1	揚水試験(RW)と揚水回復試験(RWS)を再現した理論解データ(受領データ)	4
図 3.2-1	試験 No. 9 圧力変化図(試験区間(P2)と試験区間下部(P3))(受領データ)	7
図 3.2-2	試験 No. 9 パルス試験(PW1)とスラグ試験(SW)の解析結果(受領データ)	7
図 3.2-3	試験 No. 9 スラグ回復試験(SWS)とパルス試験(PW2)の解析結果(受領データ)	8
図 3.2-4	試験 No. 11 圧力変化図(試験区間(P2)および試験区間下部(P3))(受領データ)	10
図 3.2-5	試験 No. 11 パルス試験(PW1)とスラグ試験(SW)の解析結果(受領データ)	10
図 3.2-6	試験 No. 11 スラグ回復試験(SWS)、揚水試験(RW)、揚水回復試験(RWS)、パルス試験(PW2)の解析結果(受領データ)	11
図 5.1-1	理論解データを用いた AQTESOLV の解析結果(上:揚水試験、下:回復試験)	23
図 5.2-1	理論解データを用いた nSights および ITOUGH2 の解析結果の比較	25
図 5.2-2	nSights, TOUGH2, CBP 解法によるスラグ試験の圧力応答解析結果の比較	26
図 5.2-3	AQTESOLV を用いたスラグ試験解析結果(nSights)のフィッティング結果	27
図 5.3-1	揚水試験(RW)の圧力変化と近似直線解析(no superposition 片対数図)	29
図 5.3-2	揚水回復試験(RWS)の圧力変化と近似直線解析(superposition 片対数図(Horner))	29
図 5.3-3	揚水試験および揚水回復試験における正規化した圧力変化(full superposition 両対数図(RW:青、RWS:赤))	30
図 5.3-4	理論解データを用いた MULTISIM の解析結果の比較	31
図 6.1-1	AQTESOLV を用いた試験 No. 9 パルス試験(PW1)の解析結果(上:CBP,下:BR 解法)	33
図 6.1-2	AQTESOLV を用いた試験 No. 9 スラグ試験(SW)の解析結果(CBP 解法)	35
図 6.1-3	AQTESOLV を用いた試験 No. 9 スラグ回復試験(SWS)の解析結果(Thesis 回復	

解法)	35
図 6.1-4 AQTESOLV を用いた試験 No. 9 パルス試験 (PW2) の解析結果 (上:CBP, 下:BR 解法)	36
図 6.2-1 TOUGH2 を用いた試験 No. 9 全過程の順解析結果 (受領 QLR 中の透水係数を使用)	37
図 6.2-2 ITOUGH2 を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果	39
図 6.3-1 nSights を用いた試験 No. 9 全過程の順解析結果 (受領 QLR 中の透水係数を使用)	40
図 6.3-2 試験 No. 9 全過程の順解析結果の比較 (TOUGH2 と nSights)	41
図 6.3-3 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果 (ヒストリー考慮せず)	42
図 6.3-4 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果 (ヒストリーを考慮)	43
図 6.3-5 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果 (スキン領域考慮)	44
図 6.3-6 試験 No. 9 スラグ試験 (SW1) のダイアゴノスティックプロット (コンポジットモデル)	47
図 6.3-7 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) のダイアゴノスティックプロット (コンポジットモデル)	47
図 6.3-8 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果 (流れの次元考慮)	50
図 6.3-9 試験 No. 9 スラグ試験 (SW1) のダイアゴノスティックプロット (流れの次元考慮)	50
図 6.3-10 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) のダイアゴノスティックプロット (流れの次元考慮)	50
図 6.4-1 試験 No. 9 スラグ試験 (SW) の近似直線解析 (修正片対数図)	51
図 6.4-2 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) 以前の試験過程を考慮しない圧力変化図 (no superposition 両対数図)	52
図 6.4-3 MULTISIM を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果	54
図 6.4-4 逆解析による試験 No. 9 スラグ試験 (SW) の圧力変化図 (修正片対数図)	54
図 6.4-5 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) の圧力変化図 (superposition 両対数図)	55
図 6.4-6 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) の終了時のボーリング孔からの距離とその地点での解析による圧力カーブ	56

図 6.4-7	MULTISIM を用いた試験 No.9 逆解析結果（流体密度増加ケース）	57
図 6.4-8	MULTISIM を用いた試験 No.9 逆解析結果（ダブルポロシティモデル）	59
図 7.1-1	AQTESOLV を用いた試験 No.11 パルス試験（PW1）の解析結果（上:CBP, 下:BC 解法）	61
図 7.1-2	AQTESOLV を用いた試験 No.11 スラグ試験（SW）の解析結果（CBP 解法）	63
図 7.1-3	AQTESOLV を用いた試験 No.11 スラグ回復試験（SWS）の解析結果（Thesis 回復 解法）	63
図 7.1-4	AQTESOLV を用いた試験 No.11 揚水試験（RW1）の解析結果（PC 解法）	64
図 7.1-5	AQTESOLV を用いた試験 No.11 揚水回復試験（RWS）の解析結果（Thesis 回復解 法）	64
図 7.1-6	AQTESOLV を用いた試験 No.11 パルス試験（PW2）の解析結果（上:CBP, 下:BC 解 法）	65
図 7.1-7	AQTESOLV を用いた試験 No.11 段階揚水試験の解析結果（RW1-RW2）	67
図 7.1-8	AQTESOLV を用いた試験 No.11 段階揚水試験の解析結果（RW1-RW3）	67
図 7.2-1	TOUGH2 を用いた試験 No.11 全過程の順解析結果（受領 QLR 中の透水係数を使 用）	68
図 7.2-2	ITOUGH2 を用いた試験 No.11 全試験過程の逆解析結果	70
図 7.3-1	nSights を用いた試験 No.11 全過程の順解析結果（受領 QLR 中の透水係数を使 用）	71
図 7.3-2	nSights を用いた試験 No.11 全試験過程の逆解析結果	72
図 7.3-3	nSights を用いた試験 No.11 全試験過程の逆解析結果（コンポジットモデル）	74
図 7.3-4	試験 No.11 スラグ回復試験（SWS:上）および揚水回復試験（RWS:下）のダイア グノスティックプロット	75
図 7.3-5	nSights を用いた試験 No.11 全試験過程の逆解析結果（流れの次元を考慮）	76
図 7.3-6	試験 No.11 スラグ回復試験（SWS:上）および揚水回復試験（RWS:下）のダイ アグノスティックプロット（流れの次元考慮）	79
図 7.4-1	試験 No.11 の揚水試験中の計測揚水量	80
図 7.4-2	試験 No.11 揚水試験（RW1）の圧力変化図（no superposition 両対数図）	81
図 7.4-3	試験 No.11 第1回揚水試験（RW1）の近似直線解法（no superposition）	82

図 7.4-4	試験 No. 11 第 2 回揚水試験 (RW2) の近似直線解法 (no superposition)	82
図 7.4-5	試験 No. 11 第 3 回揚水試験 (RW3) の近似直線解法 (no superposition)	83
図 7.4-6	試験 No. 11 揚水回復試験 (RWS) の圧力変化図 (full superposition 両対数図)	84
図 7.4-7	試験 No. 11 揚水試験および揚水回復試験の圧力変化図 (full superposition 両対数図)	85
図 7.4-8	MULTISIM を用いた試験 No. 11 の逆解析結果	87
図 7.4-9	逆解析による試験 No. 11 第 1 回揚水試験 (RW1) の圧力変化図 (no superposition 片対数圧力変動図)	87
図 7.4-10	逆解析による試験 No. 11 第 3 回揚水試験 (RW3) の圧力変化図 (no superposition 両対数圧力変動図)	88
図 7.4-11	逆解析による試験 No. 11 揚水回復試験 (RWS) における圧力変化図 (full superposition 両対数圧力図)	88
図 7.4-12	RWS 過程の終了時におけるボーリング孔からの距離とその地点での解析による圧力カーブ	90
図 7.4-13	MULTISIM を用いた試験 No. 11 の逆解析結果 (流体密度増加ケース)	91
図 7.4-14	MULTISIM を用いた試験 No. 11 の逆解析結果 (ダブルポロシティモデル)	93
図 7.4-15	試験 No. 11 第 1 回揚水試験 (RW1) の圧力変化図 (ダブルポロシティモデル) (no superposition 片対数図)	94
図 7.4-16	試験 No. 11 第 3 回揚水試験 (RW3) の圧力変化図 (ダブルポロシティモデル) (no superposition 片対数図)	94
図 8.1-1	水理試験実施から試験結果の評価までの流れ	97
図 8.2-1	試験 No. 9 における各解析コードによる透水係数の推定値 (1)	103
図 8.2-2	試験 No. 11 における各解析コードによる透水係数の推定値 (2)	103
図 8.2-3	試験 No. 9 における各解析コードによる透水係数の推定値	106
図 8.2-4	試験 No. 11 における各解析コードによる透水係数の推定値	107

1. 業務概要

1.1 件名

複数の解析コードを用いた水理試験データの解析および結果の評価

1.2 目的

限定されたボーリング孔を用いて効率的に岩盤の水理特性を把握する上で単孔式水理試験は有効な手法である。得られた水理試験データに基づいて、水理パラメータを計算する方法として、流れのモデルに応じた理論解に則り圧力変化のタイプカーブにフィッティングさせる方法や数値解析的に求める方法が石油工学や放射性廃棄物の地層処分の分野で発達してきた。

本業務では、上記分野で使用されてきた複数の代表的な水理試験解析コードを用いて同一のデータを解析する。これにより、解析コードの妥当性の確認、解析コード毎の水理パラメータのばらつき、コード毎の特徴などについて取りまとめ、高品質の水理パラメータを取得する際の指針を構築する素材とするものとする。

1.3 作業範囲

- 解析コードの選定
- 理論計算の実施
- 原位置データの解析
- 報告書の作成

1.4 発注責任者

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター

瑞浪超深地層研究所 超深地層研究グループリーダー

2. はじめに

2.1 検討の進め方

本検討の進め方を図 2.1-1に示す。

まず、複数の水理試験解析コードで用いる試験データを設定する。試験データは理論計算により作成したデータ（以下、理論解データ）1 ケースと、原位置試験で得たデータ（以下、原位置試験データ）2 ケースの合計 3 ケースとし、サイクル機構殿より受領する。

次に、本検討にて使用する水理試験解析コードを選定する。選定にあたっては、理論解に基づき流れのモデルに応じた圧力変化とデリバティブなどのタイプカーブにフィッティングして水理パラメータを推定するコードおよび数値解析的に水理パラメータを推定するコード、それぞれを含め、合計 3 種類以上の解析コードを選定する。

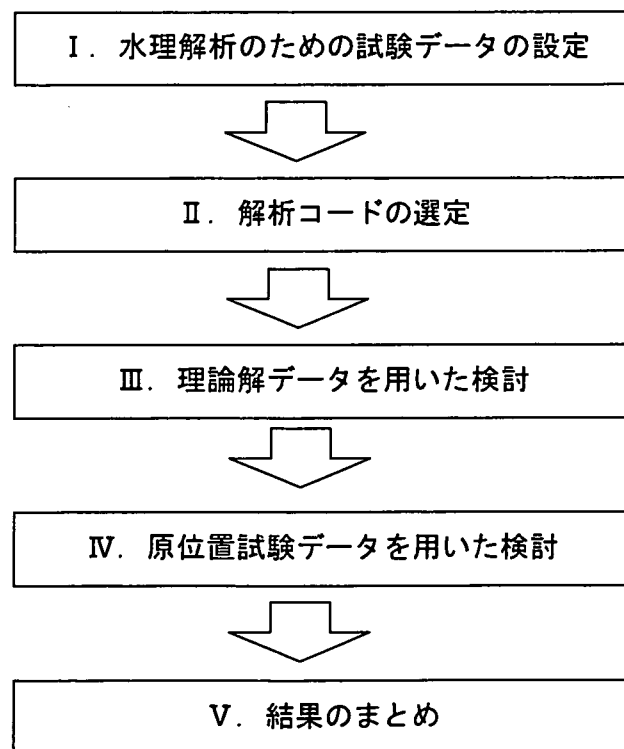


図 2.1-1 検討の進め方

選定した解析コードを用いて理論解データと原位置試験データを解析する。解析結果は、流れのモデル、境界条件、透水量係数、貯留係数などについて解析コード毎に一覧表にしてまとめ、それぞれのコードにおける解析結果の特徴についても整理する。なお、原位置試験データを用いた解析では、解析条件による数値のばらつきをグラフなどにより表示する。さらに、それぞれの解析コードの特徴的な解析オプション（最適解とその信頼区間の導出、圧力の経時変化へのマッチングなど）についても実施する。

最後に選定した複数の解析コードを用いた解析結果をとりまとめる。とりまとめでは、各解析コードの理論的背景、特徴的な機能、解析結果に対する評価、総合評価をとりまとめる。

3. 水理解析のための試験データの設定

3.1 理論解データ

各解析コードの検証に用いる理論解に基づいた圧力応答データ（理論解データ）を図3.1-1に示す。理論解データは揚水試験過程（RW）と閉鎖系(shut-in)の回復過程（RWS）の2つの試験過程を再現している。

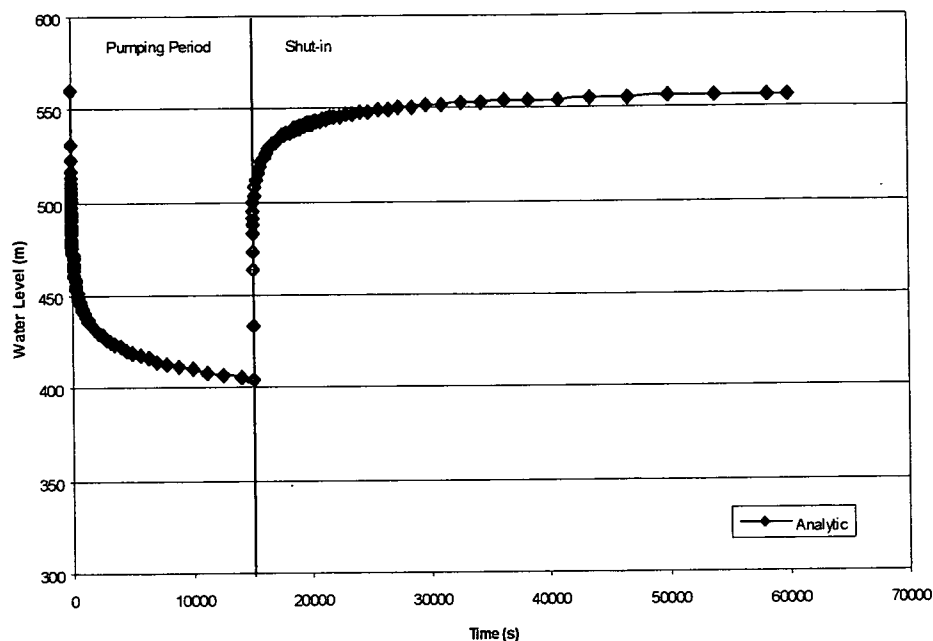


図 3.1-1 揚水試験 (RW) と揚水回復試験 (RWS) を再現した理論解データ（受領データ）

理論解データの設定に用いた修正非平衡方程式（Cooper and Jacob, 1946）は以下のとおりである。

・ 揚水過程

$$s = \frac{2.3 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \times \log \left(\frac{2.25 \cdot T \cdot t}{r^2 \cdot S} \right)$$

・ 回復過程

$$s = \frac{2.3 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \times \log \left(\frac{t}{t_s} \right)$$

ここに S : 水位低下量 (m)、または残留水位 (m)

Q : 揚水量 (m^3/s)

T : 透水量係数 (m^2/s)

r : 揚水井から観測井までの距離 (m)

S : 貯留係数 (無次元)

t : 揚水開始からの時間 (s)

t_s : 揚水停止後からの時間 (s)

また、理論解データの算出で用いた試験条件および解析条件は下記のとおりである。

- フローモデル：無限均質媒体モデル
- 試験孔半径：0.05 m
- 試験区間長：10m
- 揚水量：1 L/min ($1.67\text{E-}5 \text{ m}^3/\text{s}$)
- 初期水頭：5.5MPa (560.6524 m)
- スキンの影響無し、井戸貯留の影響無し
- 透水量係数 $T=1\text{E-}7\text{m}^2/\text{s}$, 貯留係数 $S=1.0\text{E-}5$

なお、透水量係数および貯留係数はブラインドデータである。

3.2 原位置試験データ

原位置試験データは、MIU-4 孔を用いた異なる試験区間における水理試験データである。試験データは低透水性岩盤を対象に実施した試験 No.9 と高透水性岩盤を対象に実施した試験 No.11 の 2 ケースである。

(1) 試験 No. 9 のデータ設定

サイクル機構殿より受領した試験 No. 9 の水理試験・概要・試験結果・を表 3.2-1に示す。また、試験 No.9 の圧力変化図を図 3.2-1に、各試験過程の標準曲線(type curve)へのマッチング結果あるいは直線近似法による解析結果をとりまとめて図 3.2-2および図 3.2-3に示す。試験 No. 9 では、パルス試験 (PW1)、スラグ試験(SW)、スラグ回復試験(SWS)、およびパルス試験(PW2)を一連に行っている。試験 No.9 の試験区間 (区間長 7.5m) は月吉

断層と交差しており、コアおよび BTV 観察記録により断層帯および亀裂が明確に確認できる。

表 3.2-1 試験 No. 9 水理試験 -概要・試験結果- (受領データ)

Summary of Hydraulic Packer Test No.9

Start	August 31 2001		End	September 1 2001	
Test Tool	Modified JFT 1000				
Packer Configuration	Single / Double		Engineer		
Elevation of GL.	216.994	X-coordinates	-68738.087	Y-coordinates	5527.836
Test conditions					
	mabh	mbgl			
Test interval			Angle from vertical (°)	30	
Top	669.50	586.87	Borehole radius (m)	0.06	
Mid	673.25	583.05	Tubing radius (m)	0.0365	
Bottom	677.00	593.29	Rod radius (m)	0.01785	
Transducer depth	662.55	580.91	Interval length (m)	7.5	
Borehole depth	790.10	689.36	Interval volume (m^3)	0.08478	
Test summary					
Sequence	PSR-PW1-SW-SWS-PW2				
Objectives	T,K,S,Ss,H and M of the Tsukiyoshi Fault				
Geology of the test interval					
Fault gouge					
Test results					
Best estimation :SWS					
T (m^2/sec) =		5.30E-08	S (—) =		
k (m/sec) =		7.07E-09	Ss (1/m) =		
			H (mbgl) =		-15.92
Flow Model	Double porosity?		Boundary	Wedge shaped boundary?	
(Horne1995,p223)					
Comments					
The test interval is the core of the Tsukiyoshi fault. Hydraulic conductivity of the test interval is higher than the hydraulic conductivity in the core of the Tsukiyoshi fault where it was intersected by MIU-2 and MIU-3. The strange pressure response is thought to have been observed during the PW1 induced by elastic deformation of the packer. Pressure decrease in the p3 transducer is thought to be caused by the pressure recovery due to a pressure increase from artesian condition of the footwall of the Tsukiyoshi fault.					

No.9-2 669.50~677.00mabh Pressure profile

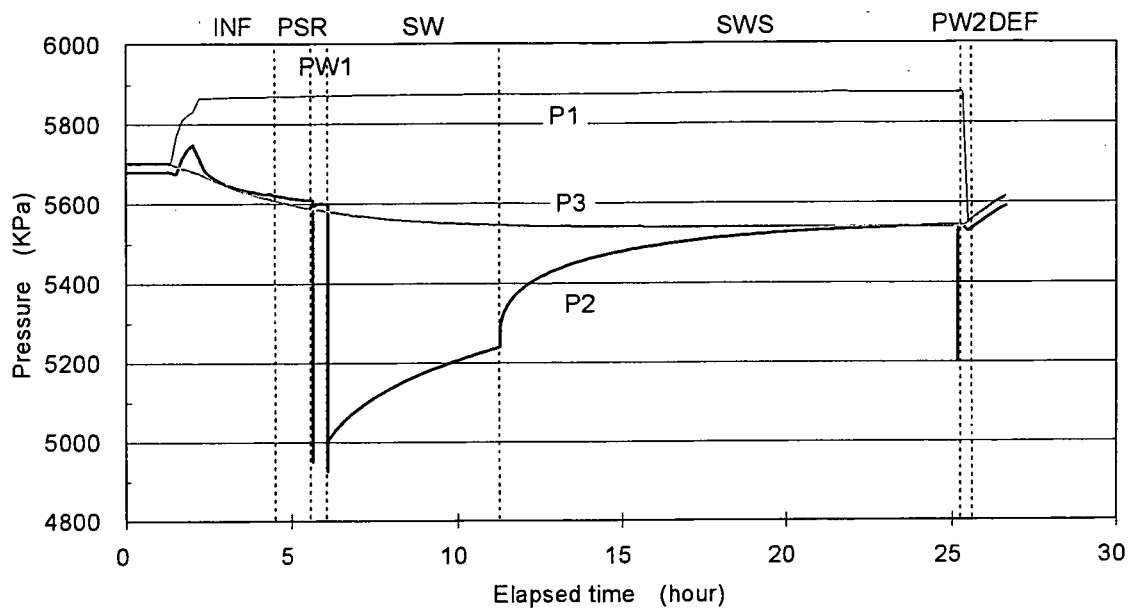


図 3.2-1 試験 No. 9 圧力変化図 (試験区間 (P2) と試験区間下部 (P3)) (受領データ)

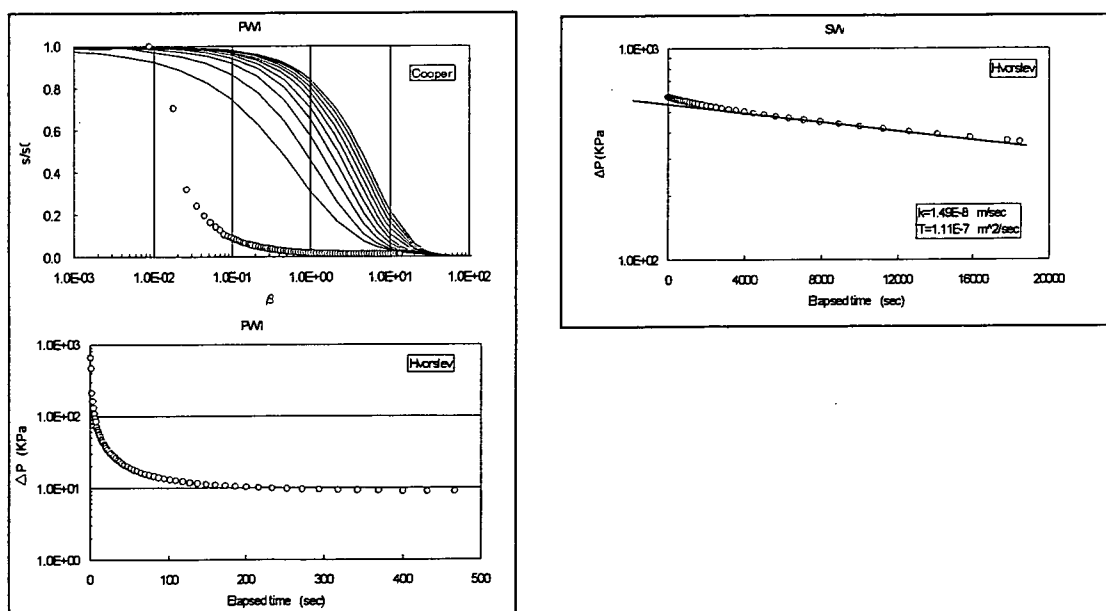


図 3.2-2 試験 No. 9 パルス試験 (PW1) とスラグ試験 (SW) の解析結果 (受領データ)

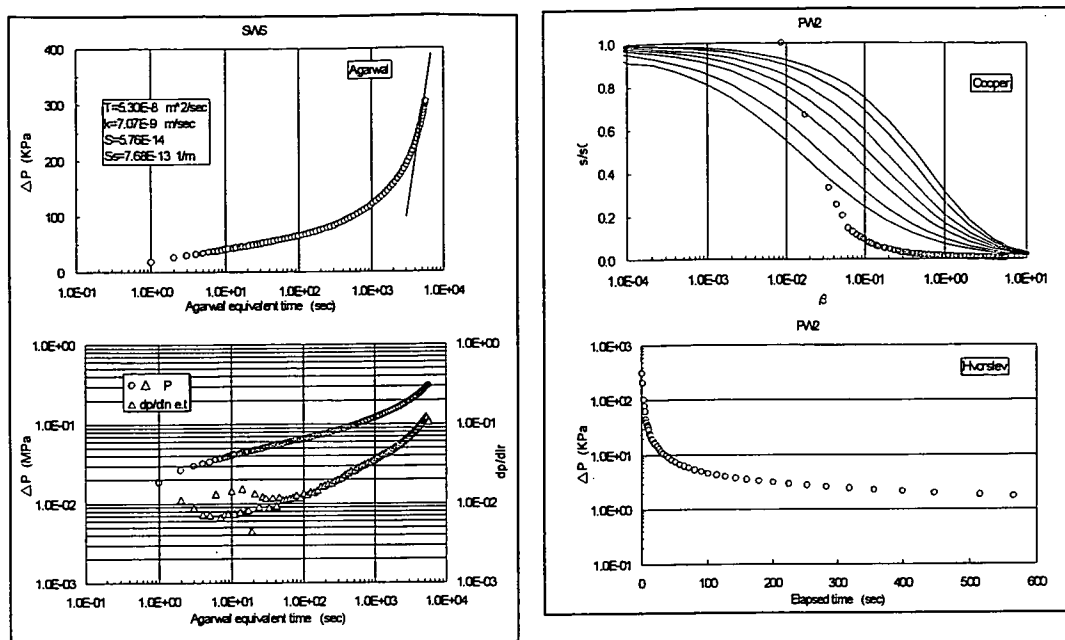


図 3.2-3 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) とパルス試験 (PW2) の解析結果 (受領データ)

さらに、水理解析では以下の情報を利用した (栗原他, 2002)。

- 水理試験時の試験記録
- MIU-4 孔掘削状況記録
- MIU-4 孔コア観察記録
- MIU-4 孔 BTV 観察記録

(2) 試験 No. 11 のデータ設定

サイクル機構殿より受領した試験 No. 11 の水理試験・概要・試験結果・(以下、受領 QLR と示す) を表 3.2-2 に示す。また、試験 No.11 の圧力変化図を図 3.2-4 に、各試験過程の標準曲線(type curve)へのマッチング結果あるいは直線近似法による解析結果をとりまとめて図 3.2-5 および図 3.2-6 に示す。試験 No.11 では、パルス試験(PW1)、スラグ試験(SW)、スラグ回復試験(SWS)、3 段階の定流量揚水試験(RW1-RW3)および回復試験(RWS)、パルス試験(PW2)を一連に行っている。試験 No.11 の試験区間長は 62.5m であり、BTV 観察からは多数の亀裂が確認できる。

表 3.2-2 試験 No. 11 水理試験 -概要・試験結果- (受領データ)

Summary of Hydraulic Packer Test No.11

Start	September 7 2001		End	September 11 2001	
Test Tool	pumping 1000				
Packer Configuration	Single / Double		Engineer		
Elevation of GL.	216.994	X-coordinates	-68738.087	Y-coordinates	5527.836
Test conditions					
	mabh	mbgl			
Test interval			Angle from vertical (°)	30	
Top	500.30	440.02	Borehole radius (m)	0.06	
Mid	695.00	467.37	Tubing radius (m)	0.0365	
Bottom	562.80	494.72	Rod radius (m)	0.01785	
Transducer depth	498.04	483.03	Interval length (m)	62.5	
Borehole depth	790.10	689.36	Interval volume (m^3)	0.7065	
Test summary					
Sequence	PSR-PW1-SW-SWS-RW1-RW2-RW3-RWS-PW2				
Objectives					
T,K,S,Ss,H and M of the sparsely fractured zone in the hanging wall of the Tsukiyoshi Fault					
Geology of the test interval					
Sparsely fractured granite					
Test results					
Test result (Best estimation) :RWS					
T (m^2/sec) =		5.16E-05	S (—) =		
k (m/sec) =		8.26E-07	Ss (1/m) =		
			H (mbgl) = -18.1		
Flow Model	Composite?		Boundary	Constant head	
Comments					
The test finished successfully. Pumping rate was estimated incorrectly during the RW1 phase. The pumping rate was set correctly for the RW2 phase. Pressure drawdown in the p3 is thought to be caused by the pressure recovery due to a pressure increase from an artesian condition of the footwall of the Tsukiyoshi fault.					

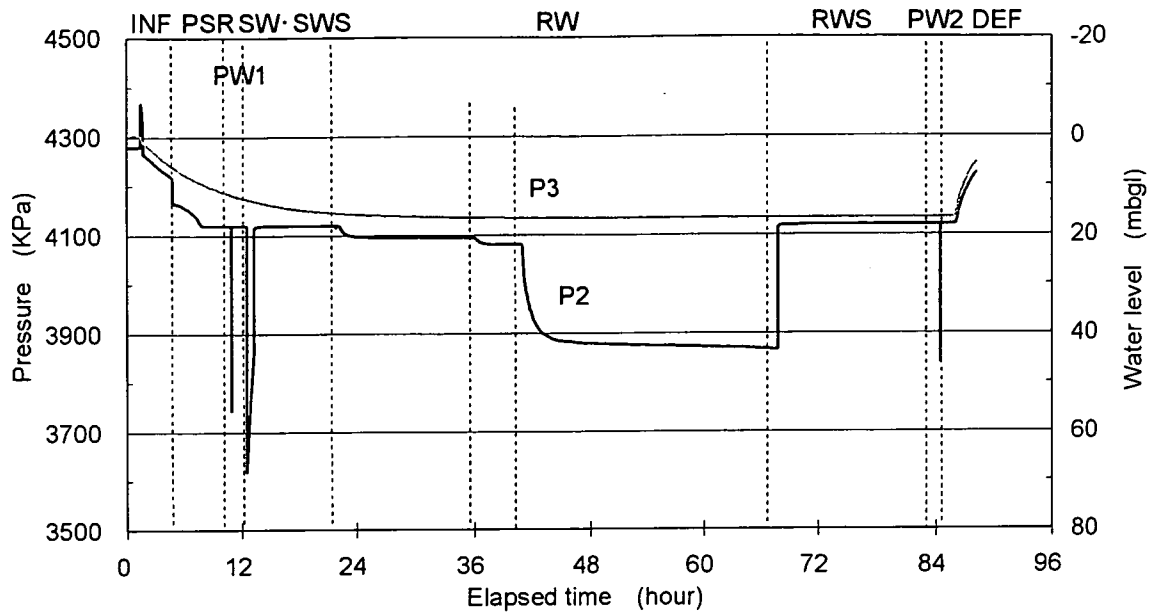


図 3.2-4 試験 No. 11 圧力変化図（試験区間(P2)および試験区間下部(P3)）（受領データ）

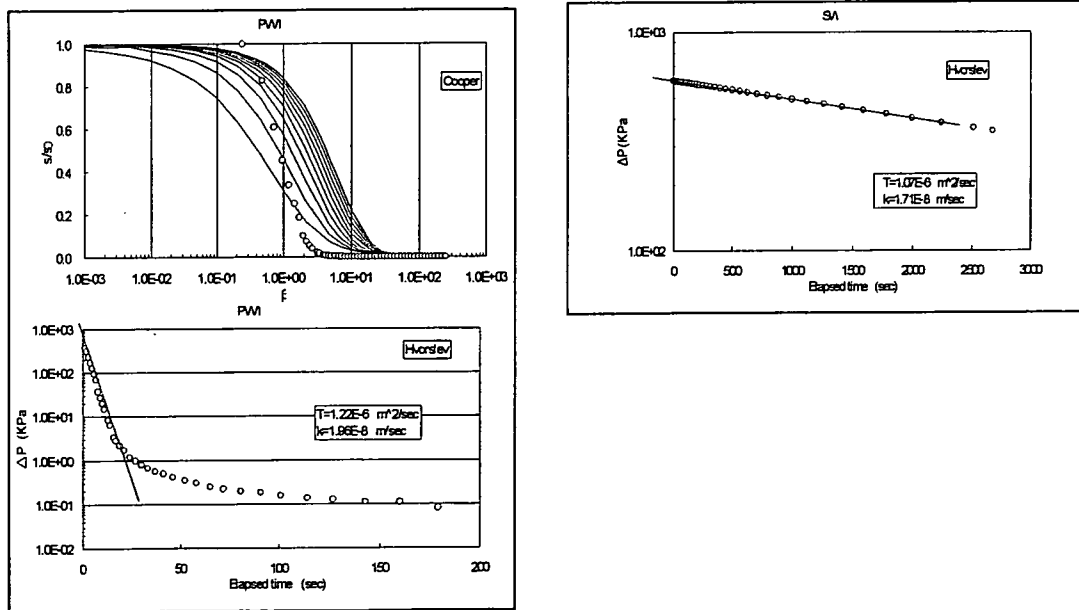


図 3.2-5 試験 No. 11 パルス試験 (PW1) とスラグ試験 (SW) の解析結果（受領データ）

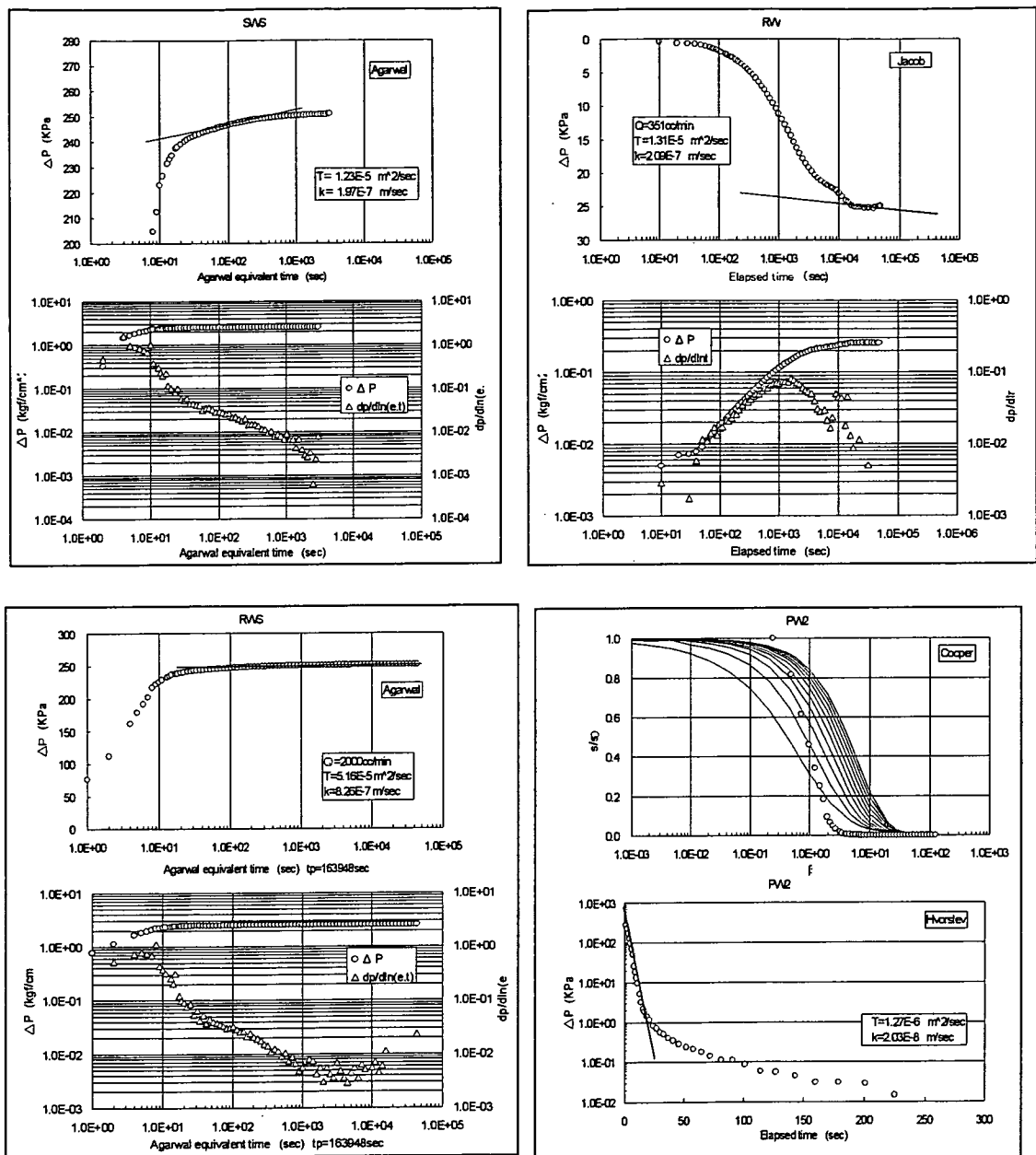


図 3.2-6 試験 No.11 スラグ回復試験 (SWS)、揚水試験 (RW)、揚水回復試験 (RWS)、パルス試験 (PW2) の解析結果 (受領データ)

試験No.11 の水理解析でも、試験No.9 と同様に以下の情報を利用した（栗原他, 2002）。

- 水理試験時の試験記録
- MIU-4 孔掘削状況記録
- MIU-4 孔コア観察記録
- MIU-4 孔BTV 観察記録

4. 解析コードの選定と機能の整理

4.1 解析コードの選定

本検討の目的に示したように、水理試験データに基づいて、理論解を用いた圧力変化のタイプカーブにフィッティングさせる方法や数値解析的な手法を用いて水理パラメータを算出する解析コードには、国内で適用実績がある汎用コードはない。そのため、海外の地層処分事業や研究において実績を有するコードから選定する。

まず、理論解に基づき圧力変化とデリバティブなどの標準曲線(type curve)にフィッティングして水理パラメータを推定する解析コードとして、①AQTESOLV を、数値解析的に水理パラメータを推定する解析コードとして、②ITOUGH2/TOUGH2、③nSights、④MULTISIM の合計4つの解析コードを用いる。

以下に各解析コードの機能や特徴について整理する。

4.2 AQTESOLV

AQTESOLV は、揚水およびスラグなどの水理試験データから、理論解を用いて帯水層の水理特性を算定するためのツールとして HydroSOLVE Inc.により開発されている。被圧、負圧、漏水型および亀裂性の帯水層における可視的 (visual) および自動のカーブマッチング機能を備えている。可視的マッチングは、水理パラメータを求める時に実施する手動の標準曲線フィッティング (manual type curve fitting) や近似直線に依存する既往の図解的 (graphical) 方法と類似な方法である。自動のカーブマッチングでは、非線形最小自乗法を用いて、帯水層における試験データに理論解をフィッティングすることによりパラメータを推定する。

AQTESOLV では、Gauss-Newton linearization 法を用いて非線形加重最小自乗パラメータ推定 (nonlinear weighted least-squares parameter estimation) を行っている。この方法では、未知のパラメータにおける初期の貧しい推測に対する収束過程を改善させる目的で Marquardt 修正因数 (Marquardt correction factor) を用いている。

自動および手動カーブマッチングによる被圧帯水層の水理パラメータの算定には、以下の解法が用いられる。

(1) 被圧帯水層のスラグ試験の Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos 標準曲線解法 (CBP)

被圧帯水層を対象とする井戸での瞬間的な水の注入または回収による水位応答に対する理論解である。ラプラス変換法による以下の式を用いる。

$$\bar{h} = \frac{r_w S s_0 K_0(rq)}{Tq[r_w q K_0(r_w q) + 2\alpha K_1(r_w q)]}$$
$$q = (ps/T)^{1/2}$$
$$\alpha = r_w^2 S / r_c^2$$

スラグ試験の標準曲線とデータを片対数上でマッチングすることで、井戸半径(r_w)が既知な被圧帯水層における透水量係数(T)および貯留係数(S)を求めることができる。

(2) 被圧帯水層のスラグ試験の Bouver-Rice 近似直線解法 (BR)

被圧帯水層を対象とする井戸での瞬間的な水の注入または回収による水位応答に対する経験式として開発されている。

$$\ln(s_0) - \ln(s_t) = \frac{2KLt}{r_{ce}^2 \ln(r_e / r_{we})}$$
$$r_{ce} = \sqrt{r_c^2 + n(r_w^2 - r_c^2)}$$
$$r_{we} = r_w \sqrt{\frac{K_z}{K_r}}$$

帯水層試験データを近似直線にフィッティングすることで透水係数値(K)を求める。帯水層が垂直面において異方性がある場合、有効ボーリング孔内半径(r_{we})が用いられる。有効ボーリング孔内半径は異方性比(anistorpy ratio)を用いて計算される。当然ながら単位異方性比(1.0)の時は井戸半径の修正は必要ない。

(3) 被圧帯水層の大孔径井戸の揚水試験の apadopoulos-Cooper 標準曲線解法 (PC)

被圧帯水層を対象とした大孔径揚水井戸における解法である。次式に対しラプラス変換法を用いる。

$$s = \frac{Q}{4\pi T} F(u, \alpha, \frac{r}{r_w})$$

$$F = \frac{8\alpha}{\pi} \int_0^{\infty} \frac{(1 - e^{-\beta^2 \rho^2 / 4u}) [J_0(\beta \rho) A(\beta) - Y_0(\beta \rho) B(\beta)]}{\{[A(\beta)]^2 - [B(\beta)]^2\} \beta^2} d\beta$$

$$A(\beta) = \beta Y_0(\beta) - 2\alpha Y_1(\beta)$$

$$B(\beta) = \beta J_0(\beta) - 2\alpha J_1(\beta)$$

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

$$\alpha = \frac{r_w^2 S}{r_c^2}$$

$$\rho = \frac{r}{r_w}$$

Papadopoulos-Cooper 井戸関数(well function)の標準直線を両対数上のデータにマッチングすることにより、井戸半径(r_w)が既知な被圧帯水層における透水量係数(T)および貯留係数(S)を求めることができる

(4) 回復段階の残留水頭降下(residual drawdown)における Theis 近似直線解法.

スラグ試験における閉鎖系の回復段階は、この解法による水頭降下回復試験 (drawdown recovery test) として解析することができる。

揚水試験後の回復段階の圧力変化データから、透水量係数および貯留係数を求めるための近似直線解法である。

$$s'' = \frac{Q}{4\pi T} [\ln(t/t'') - \ln(S'')]$$

ここで、 s'' は残留水頭降下、 t'' は揚水停止からの時間、 S'' は揚水時と回復時の貯留係数比である。

本報告書では、これをスラグ試験の閉鎖系の回復段階に用いている。片対数上で s'' を $\log(t/t'')$ の関数として近似直線を描くことにより、透水量係数(T)および貯留係数(S)を求めることができる。

(5) 段階揚水試験(step drawdown test)における Theis 解法

段階揚水試験とは、多様な揚水量を設定して井戸の性能を調査する目的で考案された単孔式揚水試験の一つである。段階揚水試験では、揚水量は段階的に増加していく。また、各段階の井戸の水圧降下は安定する必要がある。

線形および非線形井戸損失(well losses)を考慮するために修正を行った被圧帯水層の揚水井戸における Theis(1935)解は次式である。

$$s = \frac{Q}{4\pi} (W(u) + 2S_w) + CQ^p$$

ここで、Theis 井戸関数 $w(u)$ 、ボーリング孔内のスキnfアクター (skin factor) および CQ^p 項はそれぞれ線形帯水層損失、線形井戸損失および非線形井戸損失を表している。複数揚水量試験においては、帯水層の水頭降下を計算するため重ね合わせの原理(principle of superposition)を用いている。

スキnfアクターは、スキnf半径(r_s)、ボーリング孔内半径(r_w)、スキnf透水係数(k_s)および母岩透水係数(k_f)を用い次式のように定義される(Earlougher, 1977)。

$$s = \left(\frac{k_f}{k_s} - 1 \right) \ln \left(\frac{r_s}{r_w} \right)$$

以上の解説で用いた記号リストを以下に示す。

C = 非線形井戸損失係数(non-linear well loss coefficient)

J_0 = Bessel function of first kind, zero order

J_1 = Bessel function of first kind, first order

s = 水頭(displacement) [L]

s_t = 時間 t における水頭(displacement at time t) [L]

s_0 = 初期井戸水頭(initial displacement in well) [L]

S = 帯水層貯留係数(coefficient of storage of aquifer) [dimensionless]

t = 揚水開始からの時間(time since pumping began) [T]

T = 透水量係数(transmissivity)

Y_0 = Bessel function of second kind, zero order

Y_1 = Bessel function of second kind, first order

K_r = 帯水層半径(水平)方向水理伝導(radial (horizontal) hydraulic conductivity of aquifer)

L = 井戸 screen 長(length of well screen)

p = ラプラス変換変数(Laplace transform variable)

P = 非線形井戸損失次数(order of non-linear well losses)

Q = 揚水量(pumping rate)

r = 半径方向距離(radial distance)

r_c = 井戸 casing 半径(well casing radius)

r_w = 井戸半径(well radius)

S_w = ボーリング孔内スキン(wellbore skin)

なお、AQTESOLV は、開放系(open)ボーリング孔における帯水層試験に主に用いられる。すなわち、理論解は定流量試験およびスラグ試験に適用が可能である。スラグ試験の解法を閉鎖系のパルス試験に用いるためには、パルス試験における井戸貯留係数をスラグ試験の井戸貯留係数を用いて定義し直さなければならない。

スラグ試験において、井戸貯留係数は管内半径(r_i)または井戸ケーシング半径(r_c)および流体密度の関数になる。

$$C_{slug} = \frac{\pi r_i^2}{\rho_w g} \quad \text{式(4.2.1)}$$

パルス試験において、井戸貯留係数は、試験区間体積(V_t)および試験区間圧縮率(c_{tz})より計算される。

$$C_{pulse} = V_t c_{tz} \quad \text{式(4.2.2)}$$

スラグ試験解法をパルス試験に用いるため、有効管内半径または井戸ケーシング半径は次式のように計算される。

$$r_i = \sqrt{\frac{V_t C_{tz} \rho_w g}{\pi}} \quad \text{式(4.2.3)}$$

4.3 TOUGH2/ITOUGH2

TOUGH2 は、3次元多孔質および亀裂性媒体において、多成分、多相流体の非恒温流れを対象とする数値解析コードである (Pruess 1987,1992)。TOUGH2 の主な応用例としては、地熱貯蔵工学、放射性廃棄物の地層処分、環境影響評価および修復、不飽和および飽和帯水理学などがある。ITOUGH2 は、TOUGH2 における逆解析プログラムとして開発されている (Finsterle 1997)。ITOUGH2 では、RESTART オプションを用いて全試験過程を解析することができ、この機能により試験区間を表す解析要素の圧力、飽和度および体積を変化させることが可能である。

TOUGH2 は水とガスの二相流解析に一般的に用いられていて、互いの干渉は相対透水係数および毛管圧力を用いて説明している。水の熱物理学的特性は steam-table 方程式 (International Formulation Committee 1967)により表され、ガスは理想ガスとして扱われる。ガスの水への溶解は Henry の法則を用いてモデル化される。ガスと水間の状態関係式は熱力学的均衡に基づいている。

支配方程式は、時間における 1 次逆方向 (first-order backward) 有限差分および空間における積分有限差分 (Integral Finite Difference, IFD) を用いて離散化される (Narasimhan and Witherspoon 1976)。IFD モデルにおいて、圧力および飽和度などの 1 次変数はモデル要素内中心で計算される。

ITOUGH2/TOUGH2 を用いて井戸試験の解析を行うためには、母岩およびボーリング孔内試験区間の圧縮率をモデルで再現する必要があり、下記に示す修正を行う。

- TOUGH2 における母岩圧縮率 (formation compressibility) の入力は、総体積ではなく、間隙体積に基づいている。間隙率が 0.1 の場合、総圧縮率 (bulk compressibility) $\alpha = 1.E-10 \text{ Pa}^{-1}$ に相当する間隙圧縮率 (pore compressibility) は $C_p = 1.E-9 \text{ Pa}^{-1}$ である。
- ボーリング孔内の解析要素において、間隙圧縮率 (pore compressibility) $C_{wb} = 1.562E-9 \text{ Pa}^{-1}$ は、水の圧縮率 ($C_w : 4.43E-10 \text{ Pa}^{-1}$)、試験区間の圧縮率 ($C_{tz} : 2.E-9 \text{ Pa}^{-1}$)、ボーリング孔内間隙率 ϕ_{wb} (0.99 に設定) に基づき、次式より算出できる。

$$C_{wb} = \left(\frac{C_{tz} - C_w}{\phi_{wb}} \right) \quad \text{式(4.3.1)}$$

モデル上の単純化のため、スラグ試験は極めて大きなボーリング孔内体積を有するパル

ス試験としてモデル化される。パルス試験における井戸貯留係数は次式のように計算される：

$$C_{pulse} = V_i c_{tz} \quad \text{式(4.3.2)}$$

しかし、スラグ試験における井戸貯留係数は管内半径および流体密度のみの関数である：

$$C_{slug} = \frac{\pi r_i^2}{\rho_w g} \quad \text{式(4.3.3)}$$

上式により管内半径 $r_i = 0.0365$ m に基づいた SW の井戸貯留係数は $C_{slug} = 4.27E-7$ m³/Pa である。流体の密度が一定である一相流問題において、 C_{slug} に相当するパルス試験における有効体積は次式のようにある。

$$V_{tz}^* = \frac{C_{slug}}{C_{tz}} \quad \text{式(4.3.4)}$$

試験 No.9 において、 0.0848 m³ の試験区間体積および 0.0365 m の管内半径を用い、典型的なボーリング孔内試験圧縮率 $C_{tz} = 2.E-9$ Pa⁻¹ を用いた場合、スラグ試験を模擬する有効ボーリング孔内体積は 213 m³ である。すなわち、スラグ試験解析では、ボーリング孔内圧縮率は全試験過程で一定で、ボーリング孔内体積は人為的に 213 m³ まで増加させることになる。これは揚水時の管は開放系(open)であると仮定して、試験 No.11 でも用いられている。

4.4 nSights

nSights(n-dimensional Statistical Inverse Graphical Hydraulic Test Simulator)は、Sandia National Laboratory により開発された総合的な井戸試験解析パッケージである。使用者インターフェース(user interface)、多様な井戸試験モデル、現場および解析データ分析用ツールを備えている。

試験錐孔を利用した水理試験（揚水、スラグ、パルス等）により得られた非定常な水圧応答等の試験データから、試験錐孔周辺のスキン効果、透水試験場の不均質性（均質、ダブルポロシティ）や境界条件、流れの次元を考慮したフローモデルを構築し、試験区間の透水量係数、貯留係数、間隙水圧等の水理パラメータを逆解析手法により算定する。

旧モデル version である GTFM は、Pickens ら(1987)によって紹介されている。様々な修正の結果、Windows version に変換され nSights として改名されている。nSights に関するもっと詳しい情報は GTFM 使用者マニュアル(INTERA Inc.)および既往の論文

(Roberts ら、2002)から得られる。SANDIA および NAGRA で使用実績がある。

4.5 MULTISIM

MULTISIM は流体およびガスにおけるパルス、スラグ、圧力回復、変動圧力および変動流量試験を再現することができる。MULTISIM では BARKER(1988)により開発された一般流れ次元モデル(general flow model)を用い、流れの次元を考慮するフローモデルの解析ができる。また、均質媒体、ダブルポロシティおよびコンポジットモデルの地質条件を用いられる。外部境界としてはゼロ流れ境界(radial no flow)または定水頭/圧力境界、井戸貯留またはスキンを表すための線形境界などが用いられる。ボーリング孔内温度変動は試験区間内温度貯留係数を用いて説明している。MULTISIM は特に低透水性母岩および非理想的(non-ideal)試験条件におけるボーリング孔解析ツールとして注目されている。

以上整理した各解析コードの機能や特徴をとりまとめて表 4.5-1に示す。

表 4.5-1 各解析コードの機能と特徴

	AQTESOLV	ITOUGH2/ TOUGH2	nSights	MULTISIM	備考
基本原理	理論解に基づく、標準曲線、直線近似法	有限積分法を用いた逆解析による最適化	逆解析による最適化	逆解析による最適化	
全試験過程解析	×	○	○	○	
ダイアゴノスティック解析	○	×	○	○	デリバティブ解析
フロー	○	○	○	○	
モデル	○	×	○	○	
ダブルポロシティーモデル					
コンボジットモデル	○	○	○	○	スキニング効果
外部境界条	○	○	○	○	
件	○	○	○	○	
ゼロ流れ境界	×	○	○	○	
流れ次元	×	○	○	○	
ボーリング孔ヒストリー	×	○	○	○	
その他	パルス試験はスラッグ試験法を利用	- 多孔質媒体内多相流体解析用として開発 - スラッグ試験はパルスとしてモデル化 - ボーリング管内貯留特性はボーリング孔内解析要素体積を増加させ再現	- パラメータの敏感度解析 - Perturbation解析によるパラメータの信頼性評価	- パラメータの敏感度解析 - 各試験過程で異なるスキニング特性を考慮できる(変動スキニング)	

5. 理論解データを用いた検討

5.1 AQUTESOLV

まず、AQUTESOLV を用いて、理論解データへの標準曲線マッチングを行い、水理パラメータを算定する。算出した水理パラメータと理論解データが再現する水理パラメータ（ブラインドデータ）を比較することにより、解析コードを検証する。

解析条件は以下のとおりである。

- 試錐孔半径：0.05 m
- 揚水量：1 L/min ($1.67\text{E-}5 \text{ m}^3/\text{s}$)
- 初期水頭：5.5MPa (560.6524 m)
- 試験区間長：10m

揚水試験（RW）および揚水回復試験（RWS）のダイアゴノスティックプロットへのフィッティング結果を図 5.1-1に示す。

AQUTESOLV による解析結果は揚水試験（RW）および揚水回復試験（RWS）ともに、理論解データが再現した透水係数 ($K=1.0\text{E-}8\text{m/s}$) および比貯留係数 ($S_s=1.0\text{E-}6 \text{ m}^{-1}$) を適切に算出している。

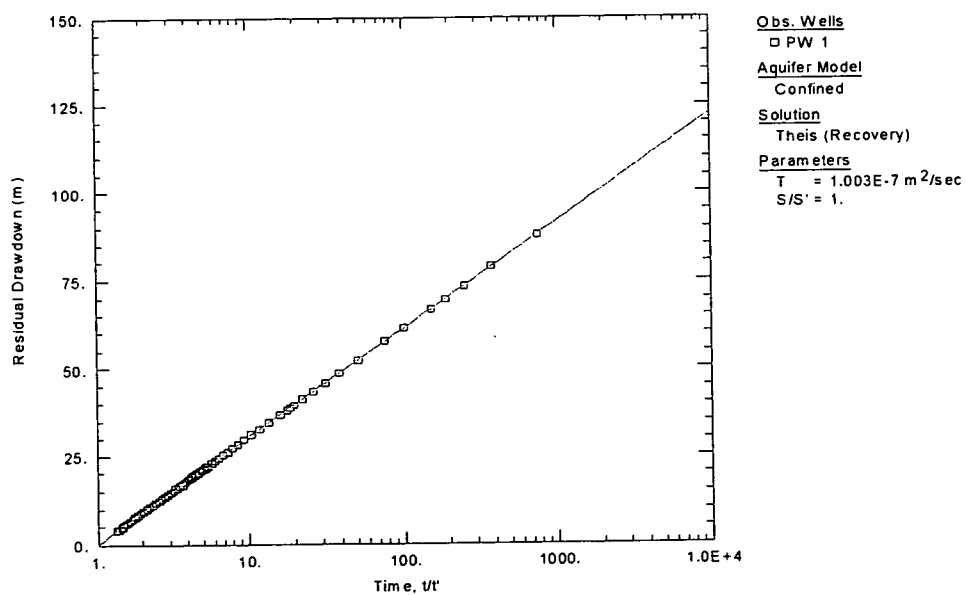
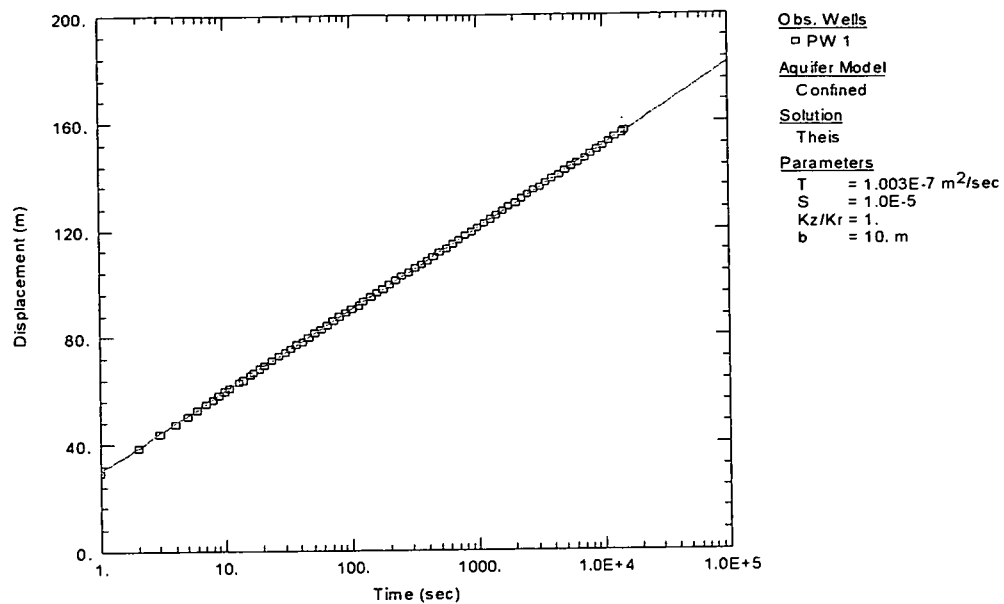


図 5.1-1 理論解データを用いた AQTESOLV の解析結果（上：揚水試験、下：回復試験）
（点：データ、青線：解析）

5.2 nSights および TOUGH2/ITOUGH2

次に nSights および ITOUGH2 の 2 つの解析コードを用いて、理論解データの逆解析を実施し、水理パラメータを算定する。算出した水理パラメータと理論解データが再現する水理パラメータ（ブラインドデータ）を比較することにより、両解析コードを検証する。

解析条件は以下のとおりである。

- 試錐孔半径：0.05 m
- 揚水量：1 L/min ($1.67\text{E}\cdot 5 \text{ m}^3/\text{s}$)
- 初期水頭：5.5MPa (560.6524 m)
- 井戸貯留の取り扱い：nSights では井戸貯留およびスキンともに考慮せず、TOUGH2 では母岩要素の中心部からの揚水をモデル化
- 試験区間長：10m

両解析コードによる逆解析により算定した水理パラメータと、理論解データに両解析コードによる解析結果を加えた圧力応答図を図 5.2-1 に示す。理論解データでは、井戸直径は非常に小さい(すなわち、ボーリング孔内の影響は無視できる)と仮定している。そのため、nSights および TOUGH2 では井戸貯留の影響はないと仮定し、解析を実施している。具体的には nSight では井戸貯留の入力パラメータをゼロとし、TOUGH2 では母岩を表す要素群の中心部要素から揚水を行うことにして再現した。前述したように、水の物理的特性(密度、粘性係数)は解析コード内で計算され、モデルに用いられている。

nSights および ITOUGH2 とともに理論解データが再現した透水係数 ($K=1.0\text{E}\cdot 8\text{m/s}$) および比貯留係数 ($S_s=1.0\text{E}\cdot 6 \text{ m}^{-1}$) を適切に算出している。また、圧力応答曲線についても理論解データと良く一致していることが確認できる。

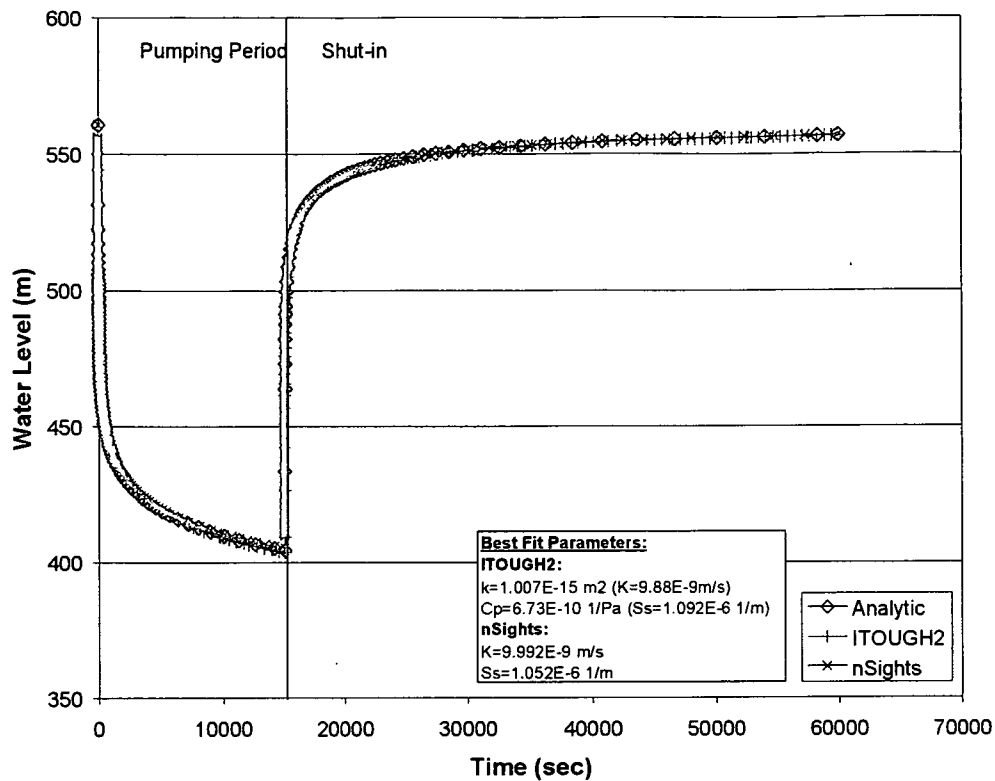


図 5.2-1 理論解データを用いた nSights および ITOUGH2 の解析結果の比較

4 章で記述したように、TOUGH2 ではモデル化の単純化のため、スラグ試験を極めて大きなボーリング孔内体積を有するパルス試験としてモデル化している。上記の理論解データを用いた検証では、井戸貯留の影響は考慮していない。そのため、スラグ試験の順解析を実施し、両解析コードの解析結果を比較することでコードの検証を行う。

nSights および TOUGH2 によるスラグ試験の順解析結果を図 5.2-2 に示す。図中には AQTESOLV の Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos 解法を用いた近似理論解も併せて示している。ここで示す順解析の解析条件は以下のとおりである。

透水量係数 : $T = 1.E-7 \text{ m}^2/\text{sec}$

貯留係数 : $S = 1.E-5$

ボーリング孔内半径 : $r_w = 0.06 \text{ m}$

管内半径 : $r_t = 0.0365 \text{ m}$

井戸貯留係数: $4.266E-7 \text{ m}^3/\text{Pa}$

(TOUGH2 では試験区間の圧縮係数を $2.E-9 \text{ Pa}^{-1}$ 、試錐孔内体積 213.32 m^3)

静水圧 : $h_f = 560 \text{ m}$ (水頭)

スラグ試験 (SW) における初期水頭 : $h_s = 510 \text{ m}$

図 5.2-2では、nSights と TOUGH2 の結果はよく一致しているが、近似理論解とは若干異なっていることが確認できる。nSights と TOUGH2 間の差は、流体の密度と粘性係数の取り扱い (nSights では常に一定であるに対し、TOUGH2 では解析上で計算され若干変動する) に起因すると考えられる。

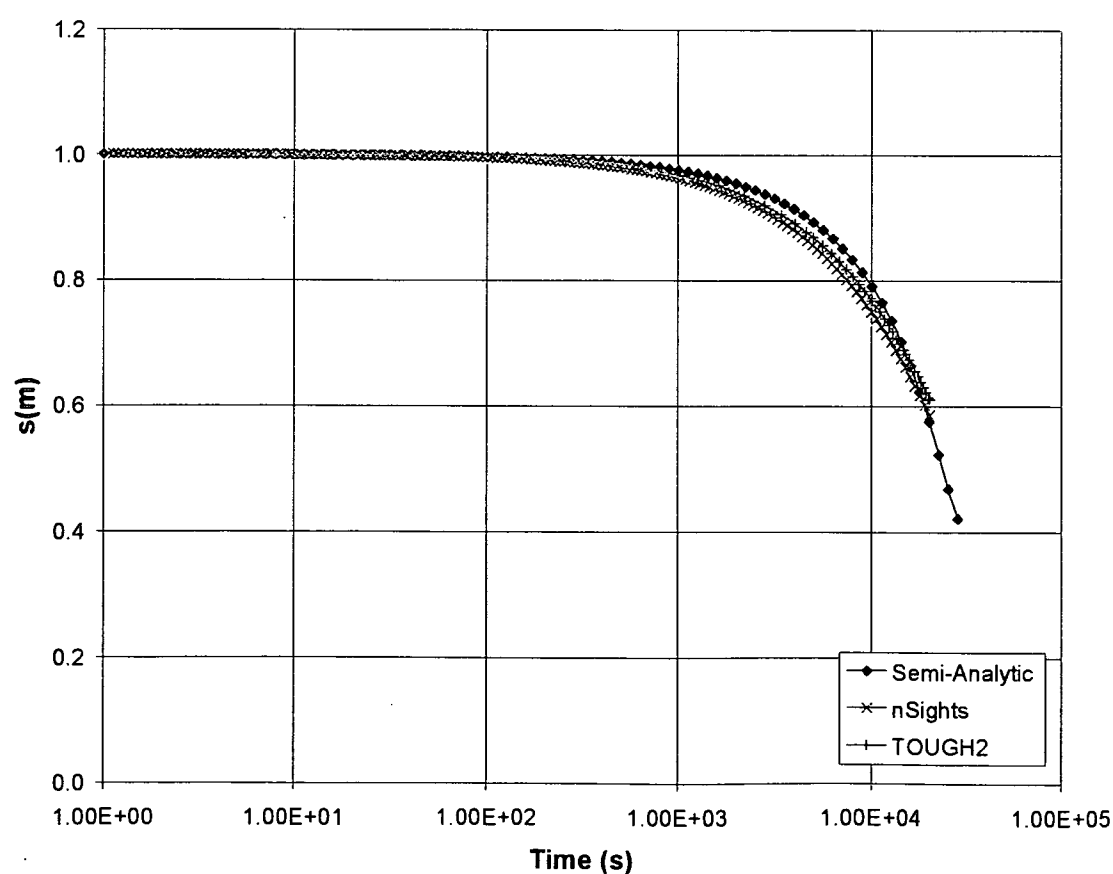


図 5.2-2 nSights, TOUGH2, CBP 解法によるスラグ試験の圧力応答解析結果の比較

nSights の順解析結果を入力データとして、AQTESOLV により水理パラメータ(透水量係数、貯留係数)の算定を実施した(図 5.2-3)。この時、ボーリング孔半径や管内半径、静水圧等の解析条件は順解析と同様である。算定の結果、透水量係数(T)および貯留係数(S)の推定値は完全に一致していることが確認できる。この結果から、近似理論解には若干の誤差があると考えられるが、nSights および TOUGH2 の順解析からは正確な結果が得られていること、すなわち、井戸貯留の影響を考慮した nSights および TOUGH2 の結果が同じであることが確認された。

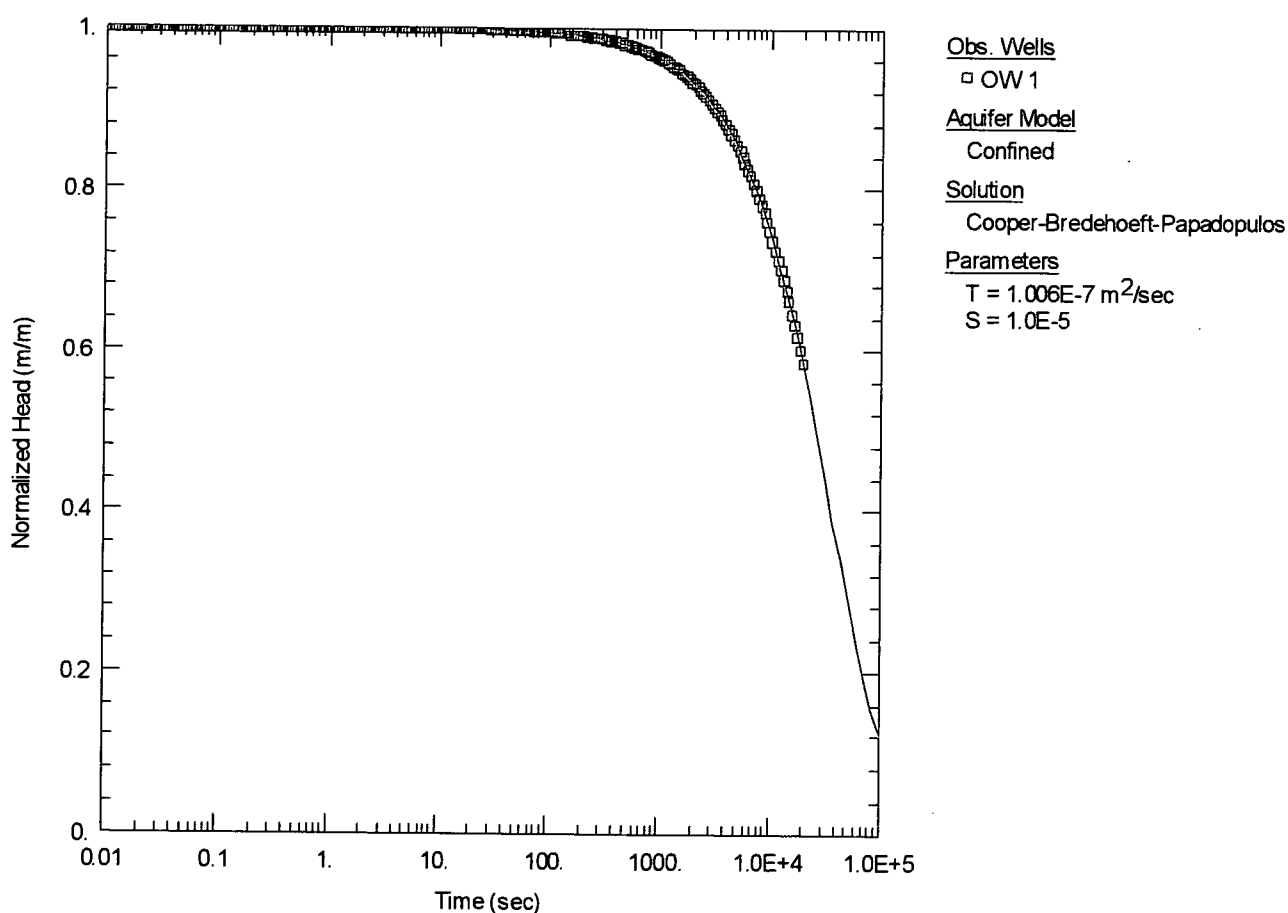


図 5.2-3 AQTESOLV を用いたスラグ試験解析結果 (nSights) のフィッティング結果
(点：データ、青線：解析値)

5.3 MULTISIM

(1) 標準曲線を用いた検討

MULTISIM では、まず 2 つの試験過程(RW および RWS)におけるダイアゴノスティック解析を行う。

揚水試験(RW)のダイアゴノスティック解析においては、以下のダイアゴノスティックプロットを用いる。

- no superposition 片対数(ボーリング孔ヒストリーを考慮しない generic データ) (図 5.3-1参照)

揚水回復試験(RWS)のダイアゴノスティック解析においては、以下のダイアゴノスティックプロットを用いる。

- Horner による片対数 superposition プロット(Semi-log superposition plot by Horner) (図 5.3-2参照)
- Full superposition 両対数プロット(full superposition log-log plot) (図 5.3-3)

上記の 3 種類のダイアゴノスティック解析から求めた透水量係数は $1 \text{ E} \cdot 7 \text{ m}^2/\text{s}$ である。

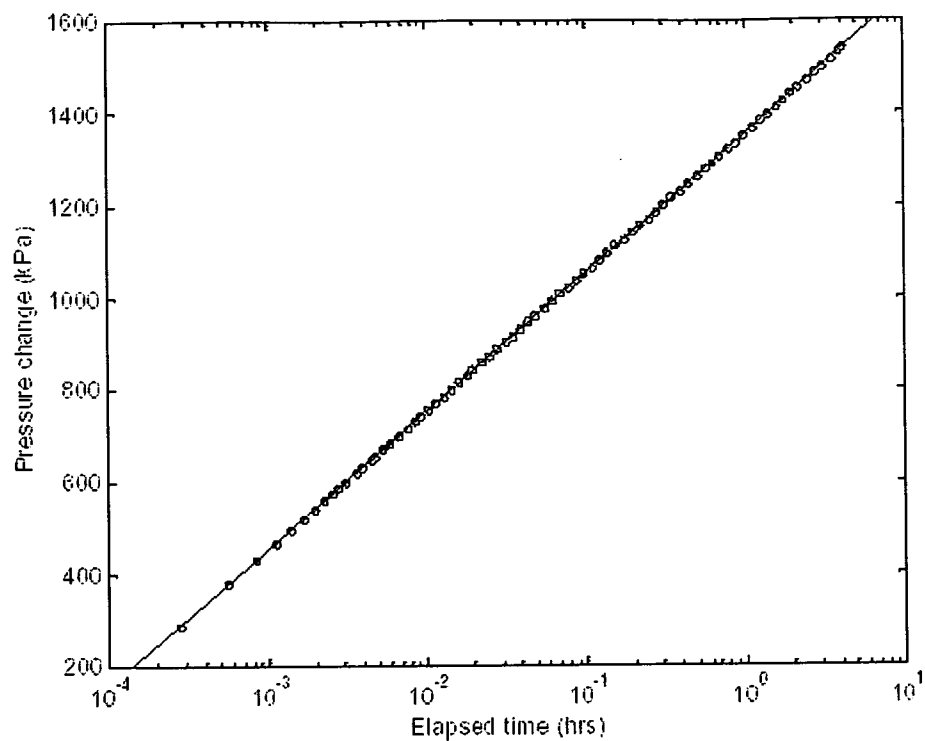


図 5.3-1 揚水試験(RW)の圧力変化と近似直線解析 (no superposition 片対数図)

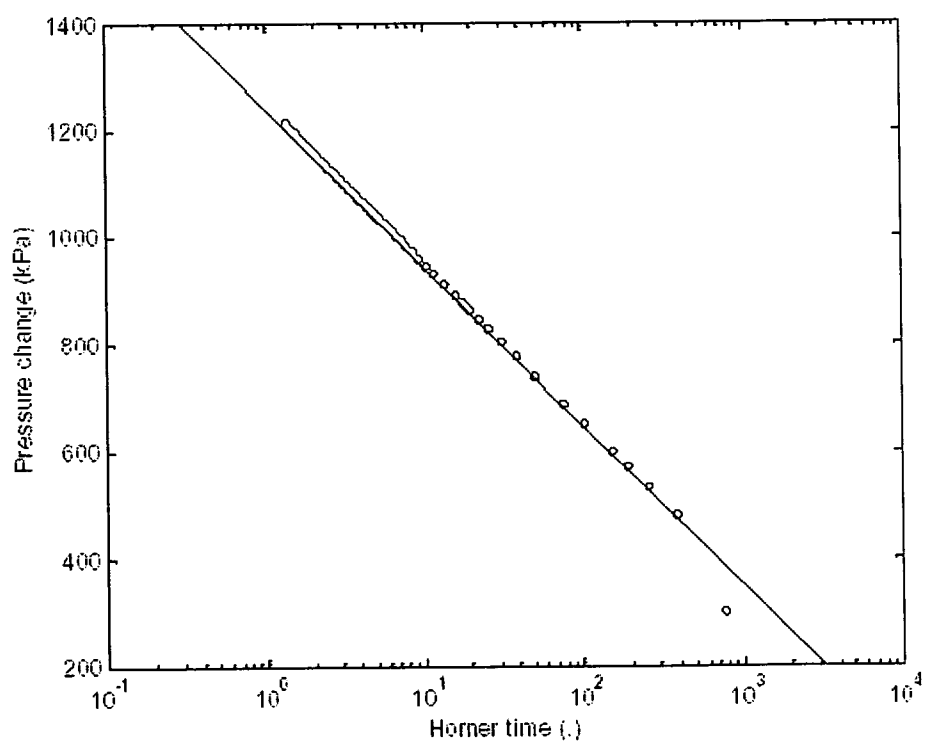


図 5.3-2 揚水回復試験(RWS)の圧力変化と近似直線解析 (superposition 片対数図
(Horner))

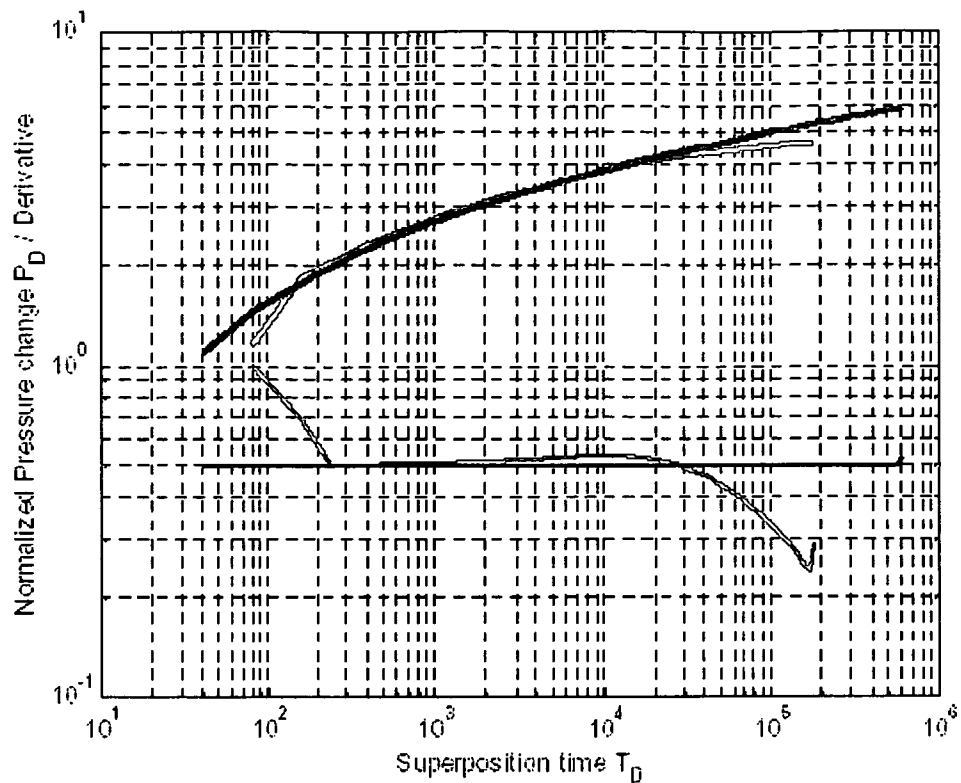


図 5.3-3 揚水試験および揚水回復試験における正規化した圧力変化 (full superposition 両対数図 (RW : 青、RWS : 赤))

(2) 逆解析による検討

次に 2 つの試験過程 (RW および RWS) を対象とした逆解析により、水理パラメータを算定する。解析結果を図 5.3-4 に示す。図より圧力変化は理論解とよく一致していることが確認できる。透水係数 ($K=1.0E-8\text{m/s}$) および比貯留係数 ($S_s=1.0E-6\text{ m}^{-1}$) を適切に算出している。

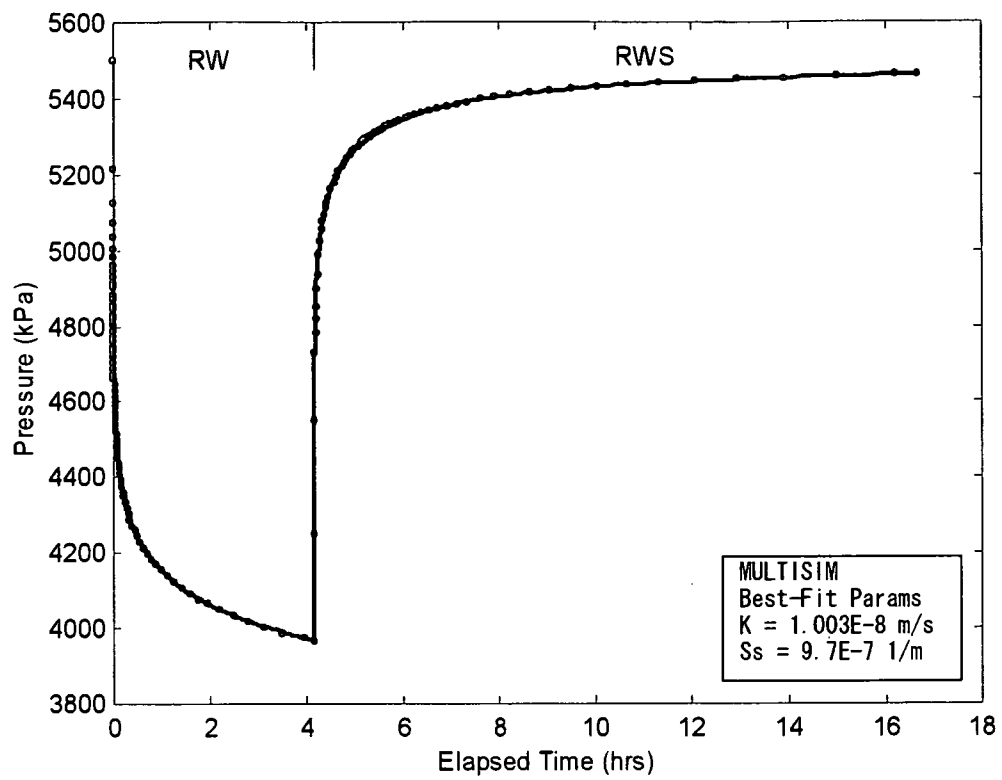


図 5.3-4 理論解データを用いた MULTISIM の解析結果の比較
(赤：理論解、青：解析値)

6. 原位置試験結果を用いた検討（試験 No. 9）

6.1 AQTESOLV

まず、AQTESOLV を用い、各試験過程における解析を行った。前術のように AQTESOLV では理論解および近似理論解に基づいて各試験過程のフィッティングを行っている。各試験における主な理論解の詳細は 4 章に示している。

以下では、各試験過程におけるダイアゴノスティックプロットとフィッティングによる水理パラメータの推定値を示す。表 6.1-1 に水理パラメータの推定値をまとめて示す。

表 6.1-1 AQTESOLV を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値

パラメータ\試験過程	パルス (PW1)	スラグ (SW)	スラグ回復 (SWS)	パルス (PW2)	備考
透水係数 (m/s)	7.51E-8	2.31E-8	3.21E-9	6.99E-8	CBP 解法
	6.04E-8	—	—	3.11E-8	BR 解法
貯留係数 (-)	1.0E-10*	4.68E-8	4.67E-8	1.0E-10*	*非常に小さい
比貯留係数 (1/m)	—	6.24E-9	6.23E-9	—	
QLR:透水係数 (m/s)	—	—	7.07E-9	—	回復 (Agarwal)
QLR:貯留係数 (-)	—	—	5.13E-14*	—	

図 6.1-1 では CBP 解法および BR スラグ試験解法を用いたパルス試験 (PW1) の解析結果を示している。これらの試験解法をパルス試験に用いるための井戸貯留係数は $C_{pulse}=1.7E-10 \text{ m}^3/\text{Pa}$ (前述の式 4.2.2 に $V_t=0.0848 \text{ m}^3$, $C_{tz}=2.E-9 \text{ Pa}^{-1}$ を適用) で、それに相当する管内半径は $r_t = 7.28E-4 \text{ m}$ (前述の式 4.2.3 適用) である。CBP 解法を用いた最適フィッティング (best-fit) 曲線はブルーで示されていて、透水量係数はよいが貯留係数は非常に小さい結果となる。また、BR 解法から計算される透水係数は CBP 解法とよく一致している。

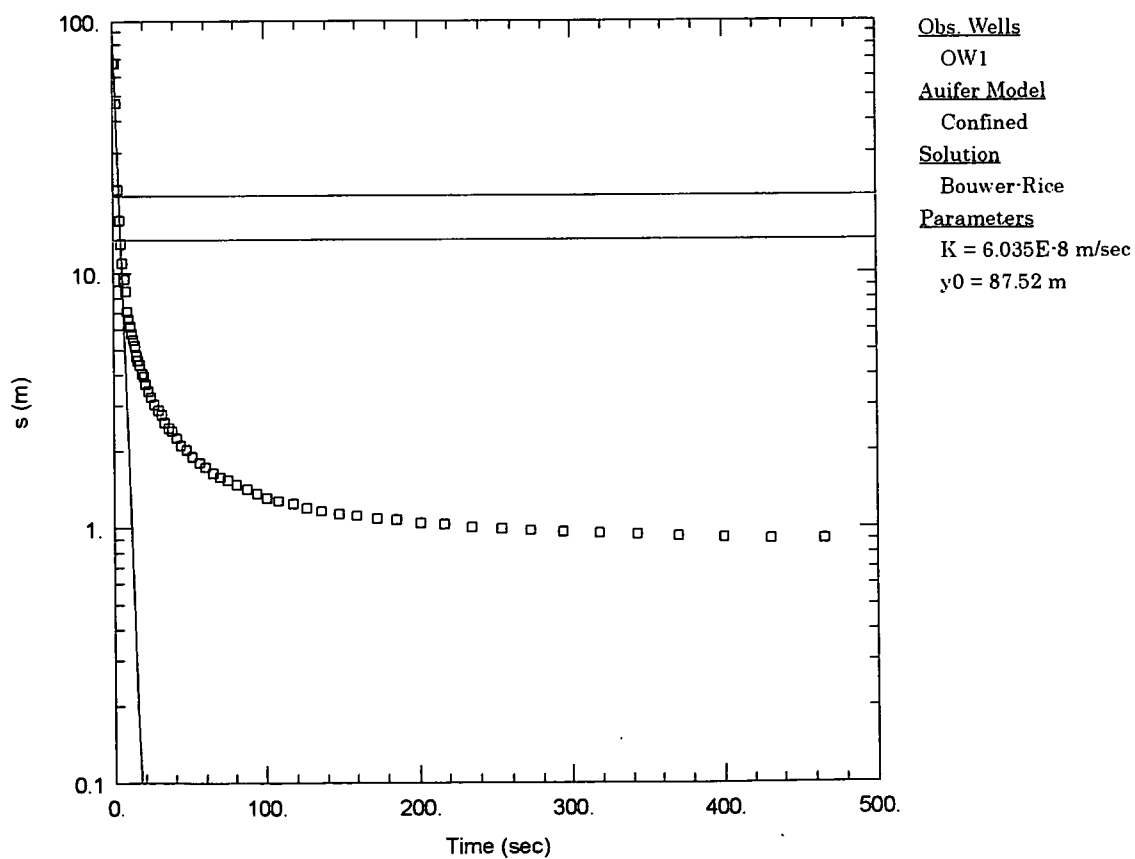
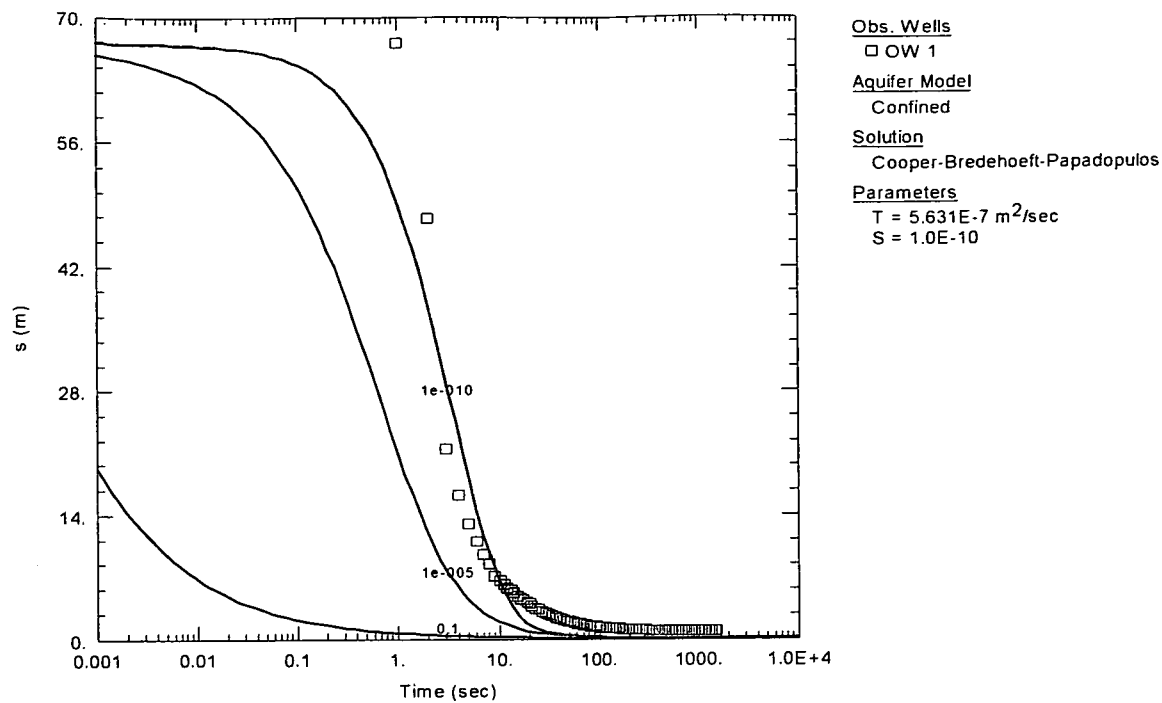


図 6.1-1 AQTESOLV を用いた試験 No. 9 パルス試験 (PW1) の解析結果 (上:CBP, 下:BR 解法)
 (点:計測値、青線:解析値)

AQTESOLV を用いたスラグ試験 (SW) の解析結果を図 6.1-3に示す。AQTESOLV ではスラグ試験後の閉鎖系 (shut-in) の回復試験 (SWS) は揚水回復試験として再現している。S/S'はスラグ試験 (SW) とスラグ回復試験 (SWS) における貯留係数の比である。境界の影響がない場合、 $\log(t/t')$ 軸と近似直線の交差点である S/S'は理論的に 1 になる。

スラグ試験 (SW) の解析において、異なる 3 つの貯留係数値における CBP スラグ試験解法による圧力変化が点線で表されている。青線は AQTESOLV の自動マッチングを用いた場合の最適標準曲線 (best fit type curve) であり、この時の貯留係数は $S=4.679E-8$ 、透水係数は $T=1.73E-7 \text{ m}^2/\text{sec}$ である。スラグ回復試験 (SWS) の解析において、直線近似を行った結果、貯留係数はスラグ試験 (SW) と同じ程度であったのに対し、透水量係数は $T=2.41E-8 \text{ m}^2/\text{sec}$ であり低い結果となった。

パルス試験 (PW2) における結果を図 6.1-4に示している。CBP 解法を用いた自動フィッティングの結果、透水量係数はパルス試験 (PW1) の場合と同じく、BR 解法(表)を用いた結果は若干低かった。また、貯留係数の推定値は非常に小さい結果となった。

SW

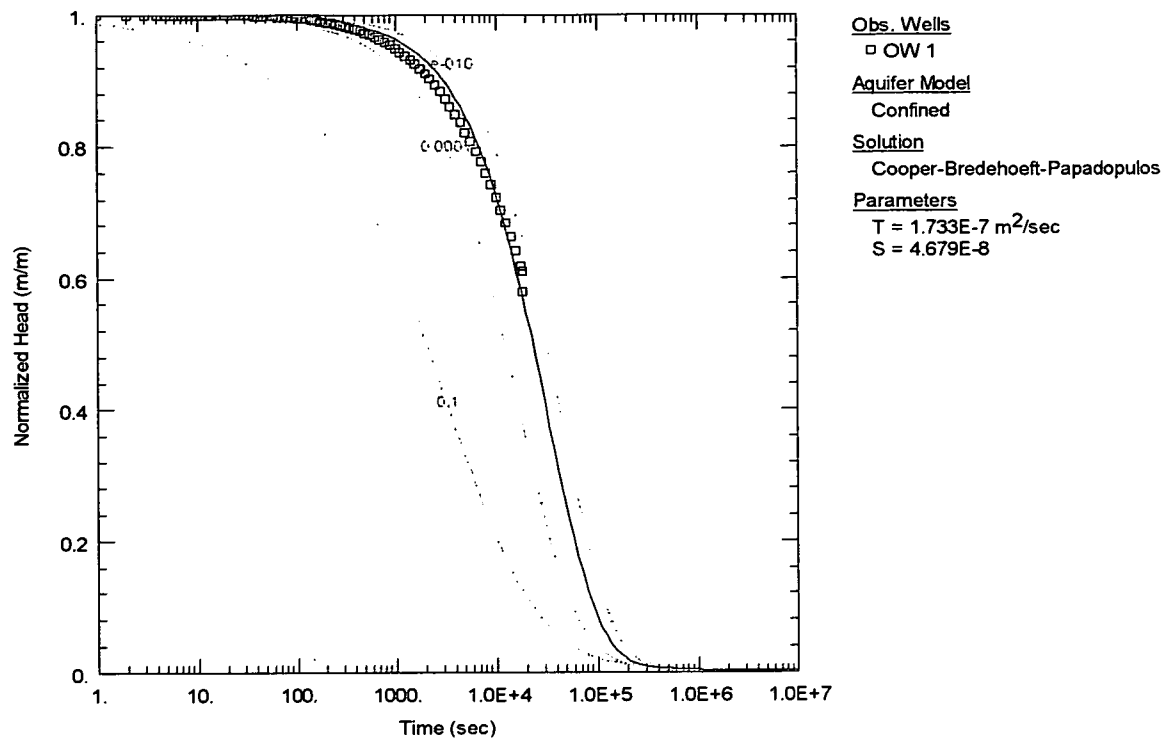


図 6.1-2 AQTESOLV を用いた試験 No. 9 スラグ試験 (SW) の解析結果 (CBP 解法)
(点 : 計測値、青線 : 解析値)

SWS

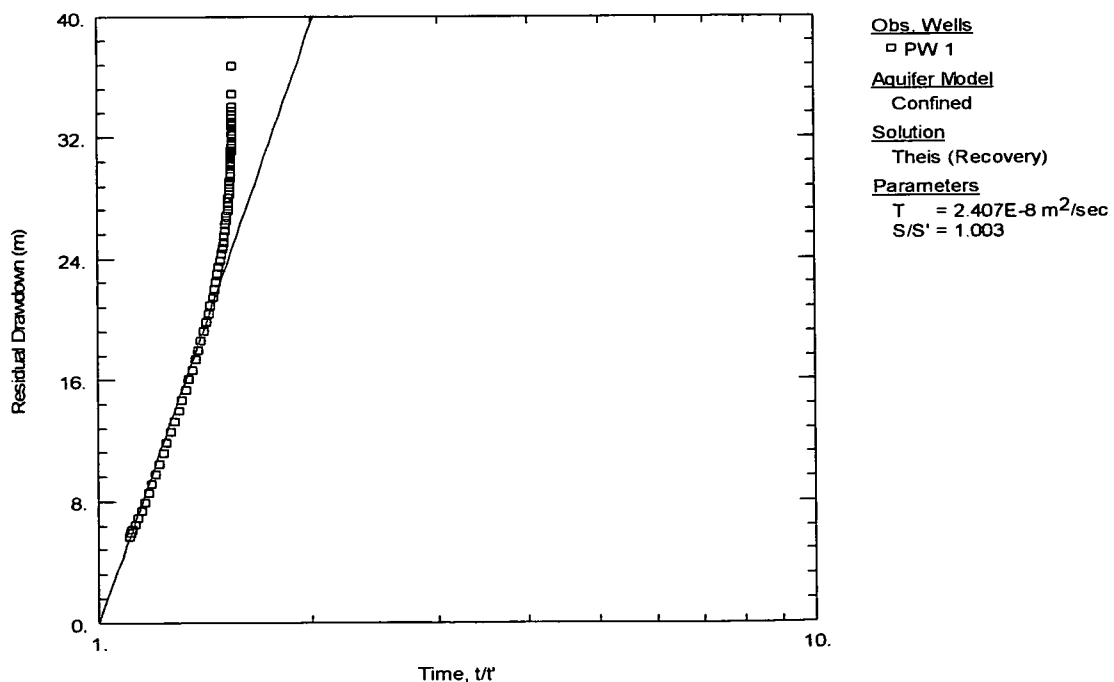


図 6.1-3 AQTESOLV を用いた試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) の解析結果 (Theis 回復解法)
(点 : 計測値、青線 : 解析値)

PW2

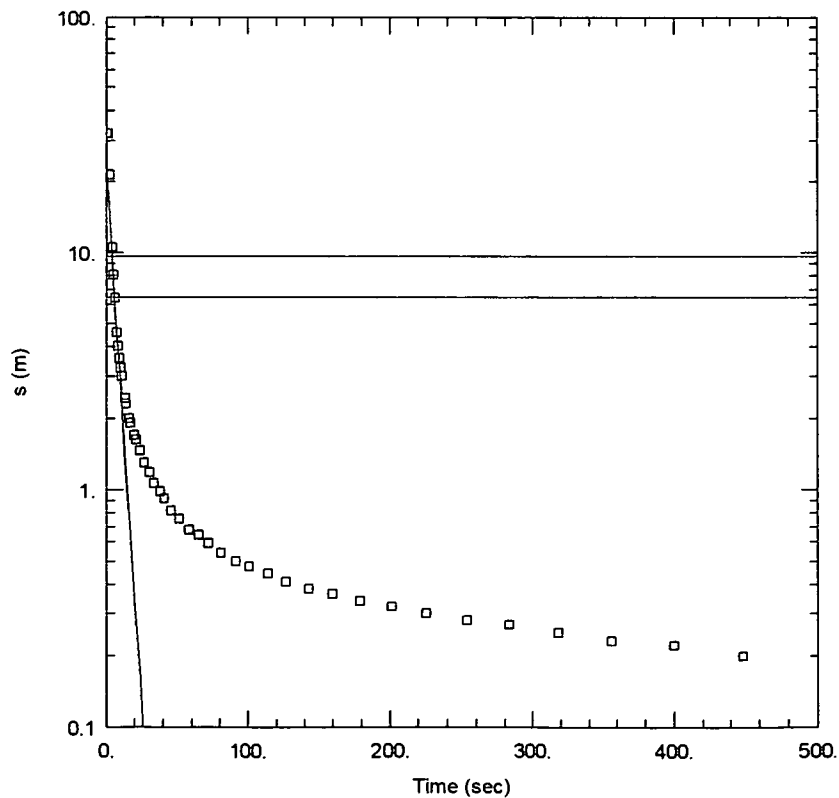
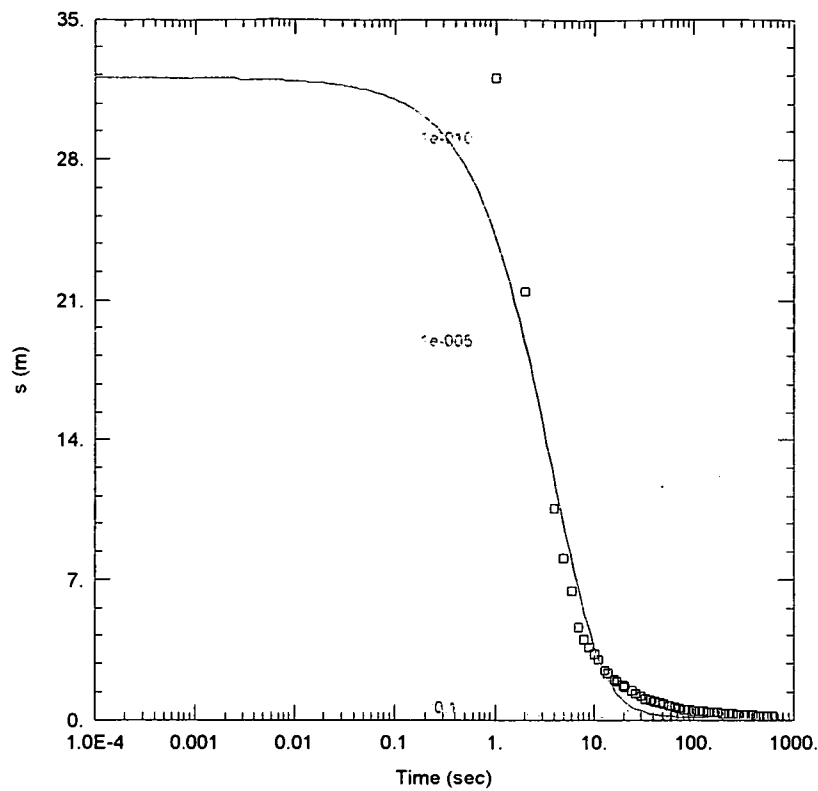


図 6.1-4 AQTESOLV を用いた試験 No. 9 パルス試験 (PW2) の解析結果 (上:CBP, 下:BR 解法)
(点:計測値、青線:解析値)

6.2 TOUGH2/1TOUGH2

(1) データの整理と順解析による検討

まず、受領 QLR (表 3.2-1 参照) に示される透水係数 $7.07\text{E-}9 \text{ m/s}$ (すなわち、透過係数 (permeability), $k = 7.21\text{E-}16 \text{ m}^2$) を用いた、全試験過程の順解析を TOUGH2 により行った。順解析結果を図 6.2-1 に示す。表 6.1-1 に示したように、AQUTESOLV による貯留係数の推定値は非常に小さい。貯留係数は一般的には観測井戸の応答より得られる。貯留係数の推定が単孔井戸から行われる場合、得られた推定値は大きな不確定性を含むことになる。そのため、比貯留係数を典型的な値である $1\text{E-}6 \text{ 1/m}$ 、間隙率を 0.1 と仮定して、次式より岩盤の間隙圧縮率を算定した ($C_p = 5.79\text{E-}10 \text{ 1/Pa}$)。

岩盤の総圧縮率 $\alpha = S_s / (\rho_w g) \cdot \phi \beta$, ここで β は水の圧縮率

岩盤の間隙圧縮率 $C_p = \alpha / \phi$

また、計測データより静水圧は 5.6 MPa に、試験区間の圧縮係数を典型的な値である $C_{tz} = 2\text{E-}9 \text{ 1/Pa}$ と仮定して、試験区間の間隙圧縮率 (C_{wb}) を算定した ($C_{wb} = 1.57\text{E-}9 \text{ Pa}^{-1}$, 前述の式 4.3.1 を適用)。

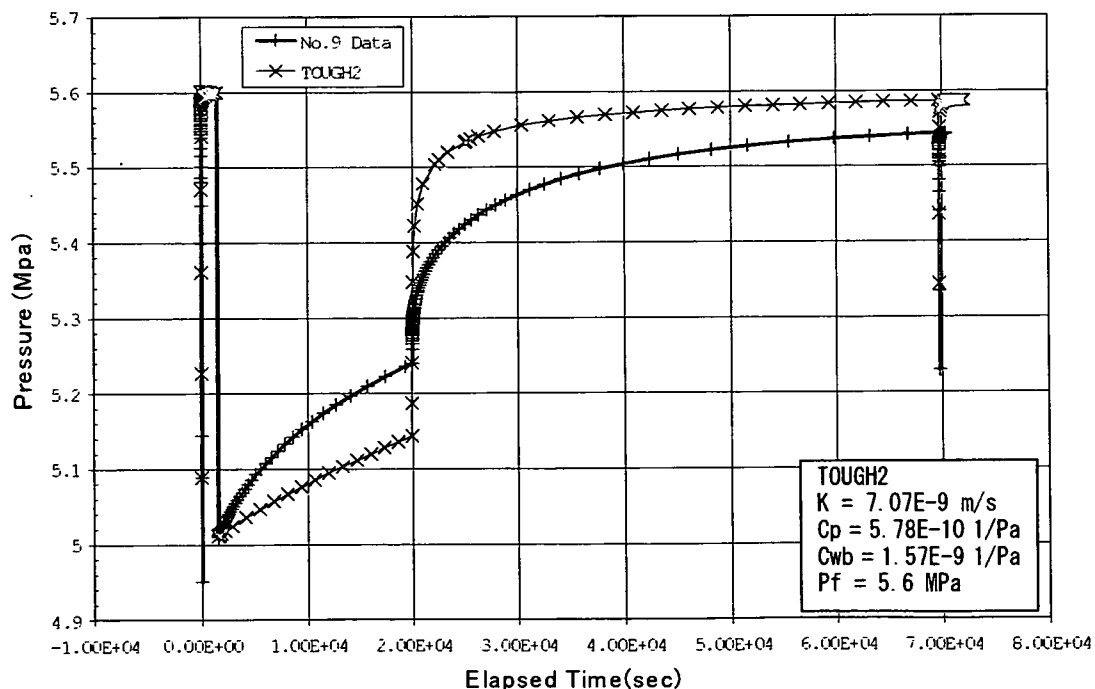


図 6.2-1 TOUGH2 を用いた試験 No. 9 全過程の順解析結果 (受領 QLR 中の透水係数を使用)
(青：計測値、赤：解析値)

図 6.2-1に示した解析結果より、スラグ試験 (SW) 過程の圧力上昇は過小評価され、スラグ回復試験 (SWS) の圧力回復は過大評価されていることが分かる。また、パルス試験 (PW1) の圧力回復に基づき 5.6 MPa として設定した静水圧は、スラグ回復試験 (SWS) およびパルス試験 (PW2) の計測値よりも大きな値として再現されている。

(2) 逆解析による検討

次に、計測値へのフィッティングを改善するため、逆解析コードである ITOUGH2 を用いて、全試験過程を対象とした逆解析を行った。解析条件を表 6.2-1に、逆解析結果を表 6.2-2および図 6.2-2に示す。

表 6.2-1 ITOUGH2 を用いた試験 No. 9 逆解析の解析条件

パラメータ	設定値	備考
試験区間の間隙圧縮率 (Pa^{-1})	1.57E-9	
間隙率 (-)	0.1	
流れの次元 (-)	2	
試験区間長 (m)	7.5	

表 6.2-2 ITOUGH2 を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果

パラメータ	逆解析結果	備考
透水係数 (m/s)	1.30E-9	透過係数 $1.33\text{E-}16 \text{ m}^2$
岩盤の間隙圧縮率 (Pa^{-1})	5.78E-7	
比貯留係数 (1/m)	5.63E-5	
静水圧 (MPa)	5.579	

ITOUGH2 による逆解析では、各試験過程の初期段階のデータに特に注目するため、各試験過程の計測圧力データに対して対数時間スケールでのサンプリングを行った。最適フィッティングによるパラメータの推定値は図 6.2-1で適用した値と比べて、透水係数は小さく ($K=1.30\text{E-}9\text{m/s}$)、岩盤の間隙圧縮率は大きい ($C_p=5.78\text{E-}7 \text{ Pa}^{-1}$) 結果となった。また、推定された静水圧 $P_f=5.58 \text{ MPa}$ は、パルス試験 (PW1) では若干過小の評価であるが、スラグ回復試験 (SWS) の後半部およびパルス試験 (PW2) ではかなり良いフィッティング結果になっていることが分かる。これらの結果は、掘削段階に生じる静水圧より高い圧力に起因する初期のボーリング孔ヒストリーの影響と考えられる。この影響については次

節にて詳細に検討する。

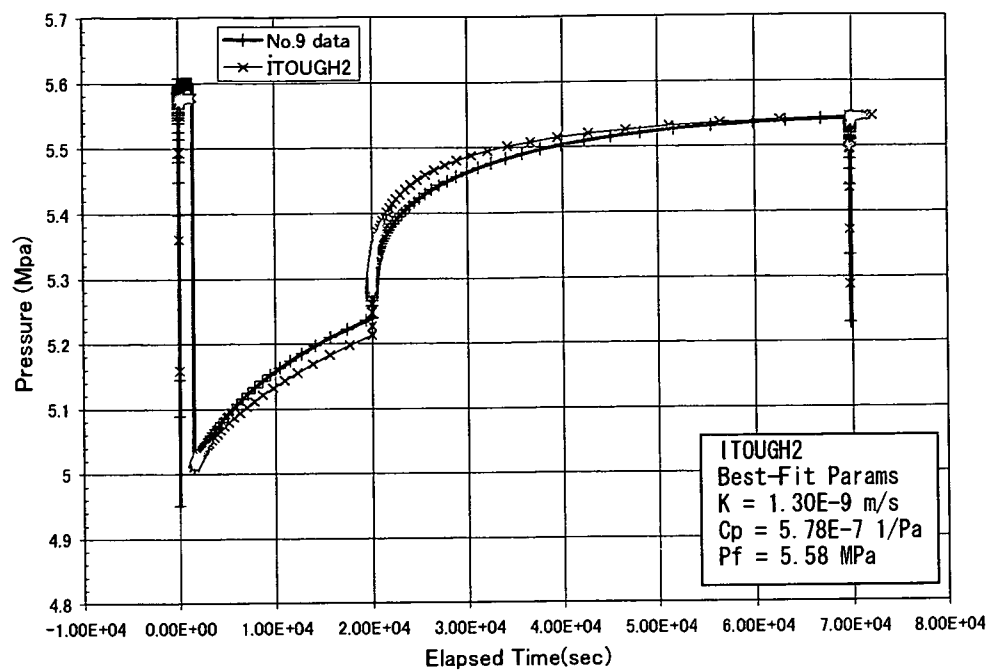


図 6.2-2 ITOUGH2 を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果
(青：計測値、赤：解析値)

6.3 nSights

(1) 順解析による検討

全試験過程を対象とした解析を nSights により実施する。まず、受領 QLR に示される透水係数を用いて順解析を行った。その他の設定パラメータは、前述の TOUGH2 の順解析で適用したものと同じである。解析結果を図 6.3-1 と図 6.3-2 に示す。図 6.3-2 では TOUGH2 と nSights の結果を比較して示している。nSights による解析結果と TOUGH2 の結果は同じ結果となっている。

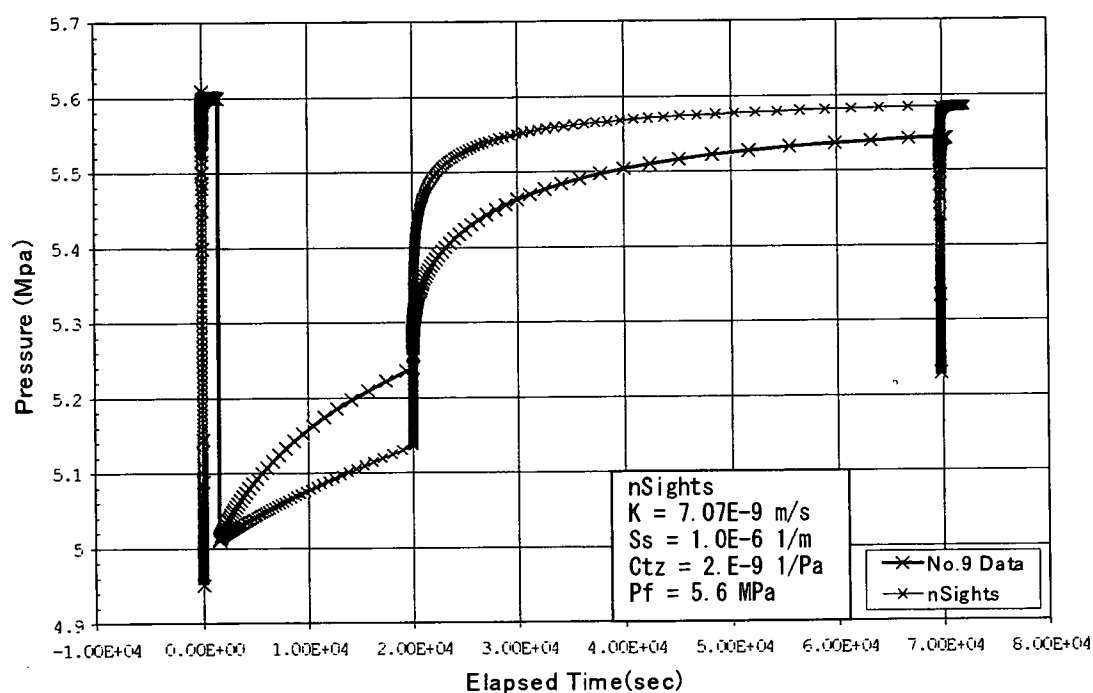


図 6.3-1 nSights を用いた試験 No. 9 全過程の順解析結果(受領 QLR 中の透水係数を使用)
(青：計測値、緑：解析値)

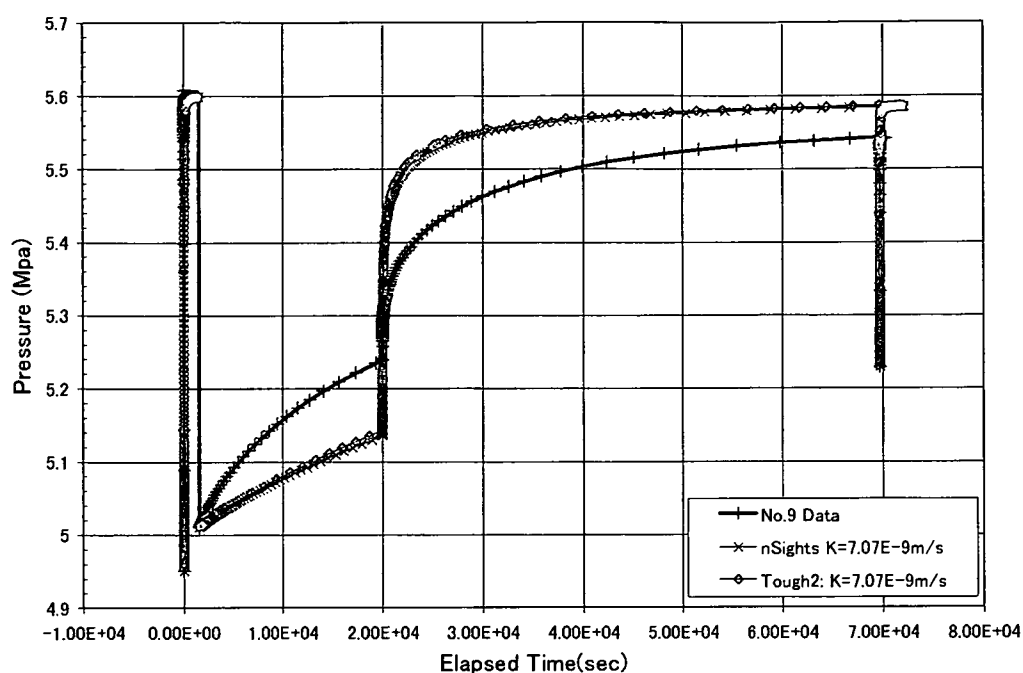


図 6.3-2 試験 No. 9 全過程の順解析結果の比較 (TOUGH2 と nSights)

(2) 逆解析による検討

フィッティングを改善するため、透水係数、貯留係数、静水圧の3つのを最適化の対象パラメータとして、計測から得た全試験過程の圧力変化データの逆解析を行った。サンプリングルールにより決められたキャリブレーション点のみでキャリブレーションを行う ITOUGH2 による逆解析に対し、nSights では様々な時間帯の全計測値を対象にしてキャリブレーションを実施することができる。解析条件を表 6.3-1 に、逆解析結果を表 6.3-2 および図 6.3-3 に示す。

表 6.3-1 nSights を用いた試験 No. 9 逆解析の解析条件(1)

パラメータ	設定値
試験区間の圧縮係数 (Pa^{-1})	$2.E-9$
流れの次元 (-)	2
試験区間長 (m)	7.5

表 6.3-2 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果(1)

パラメータ	逆解析結果
透水係数 (m/s)	$5.07E-9$
比貯留係数 (1/m)	$5.05E-5$
静水圧 (MPa)	5.56

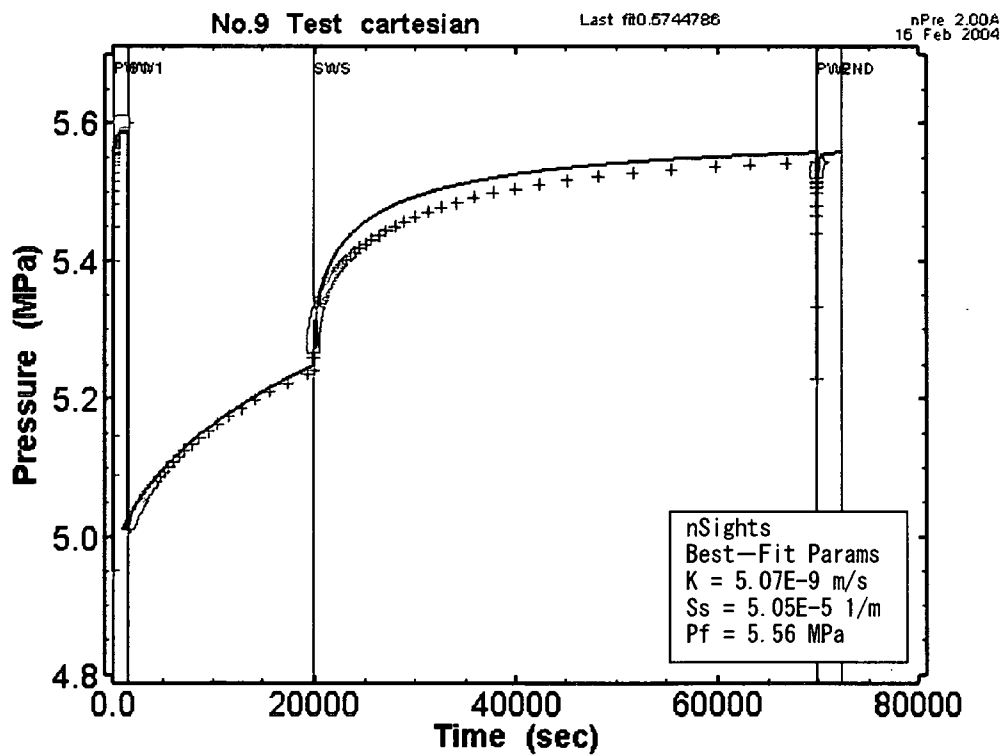


図 6.3-3 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果（ヒストリー考慮せず）
（+赤：計測値、実線青：解析値）

(3) 逆解析の追加検討

(i) ボーリング孔履歴の影響

前述のとおり、試験No.9の計測結果からはボーリング孔履歴の影響が確認できる。そのため、逆解析の追加検討として、ボーリング孔履歴の影響を考慮した最適化を実施した。ボーリング孔履歴の影響は、パッカー拡張（INF）以前の試験過程を、定圧注入試験過程で再現し、その注入圧はボーリング孔で計測した圧力とした。最適化の結果を図 6.3-4に示す。ボーリング孔履歴を考慮していない最適化解析の結果（図 6.3-3参照）と比較して、スラグ試験（SW）ではよいフィッティングが確認できるが、パルス試験（PW1）ではやや低い、スラグ回復試験（SWS）およびパルス試験（PW2）では高い圧力が得られていることが分かる。ボーリング孔履歴を考慮した解析では、特にパルス試験（PW1）、スラグ回復試験（SWS）およびパルス試験（PW2）においてのフィッティングの改善は確認できるが、水理パラメータの解析結果はそれほど変動しない結果となった。

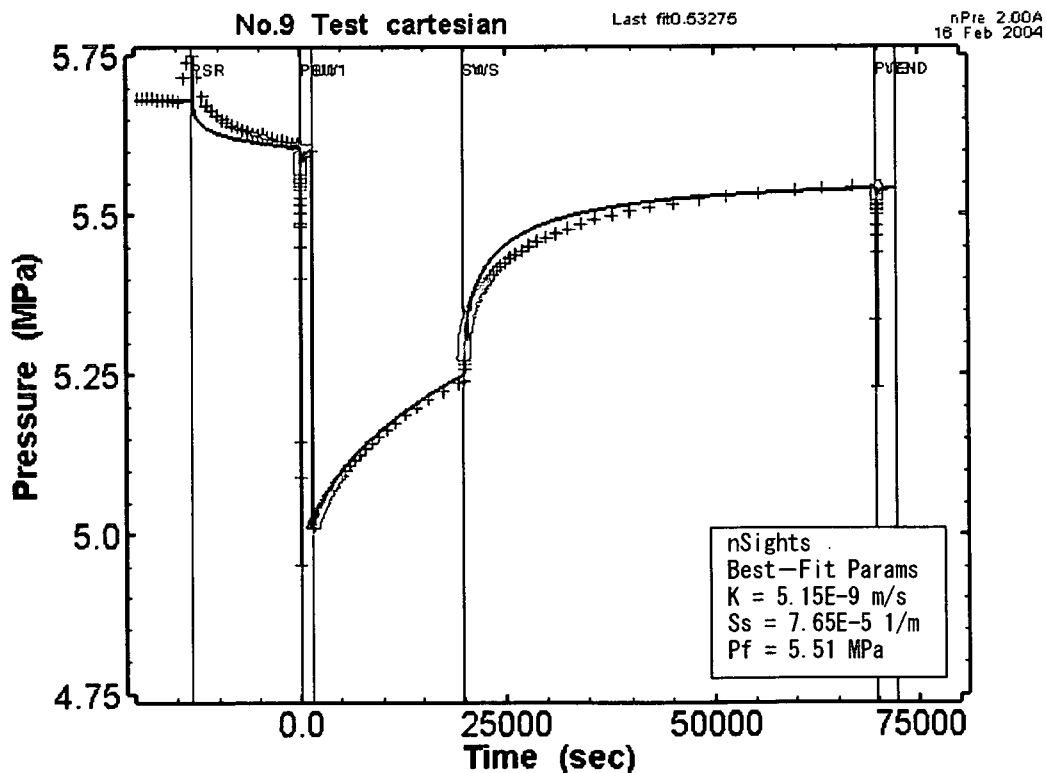


図 6.3-4 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果（履歴を考慮）
（+赤：計測値、実線青：解析値）

(ii) スキン領域の影響

次に、スキン領域の影響について検討した。解析ではスキン領域の範囲をボーリング孔の外側 5cm とし、スキン領域の透水係数と貯留係数を最適化の対象パラメータに加えた。最適化解析の結果を図 6.3-5 に示す。結果より、母岩の透水係数よりスキンにおける透水係数の方が大きい、負(negative)のスキン効果が確認された。しかし、コンポジットモデルによる静水圧の推定値 (5.476 MPa) は均質媒体モデルの 5.506 MPa より低い結果となった。コンポジットモデルより、スラグ試験 (SW) ではより優れたフィッティングが得られたが、スラグ回復試験 (SWS) では発散し、スラグ回復試験 (SWS) の後半部およびパルス試験 (PW2) では低い圧力が得られた。

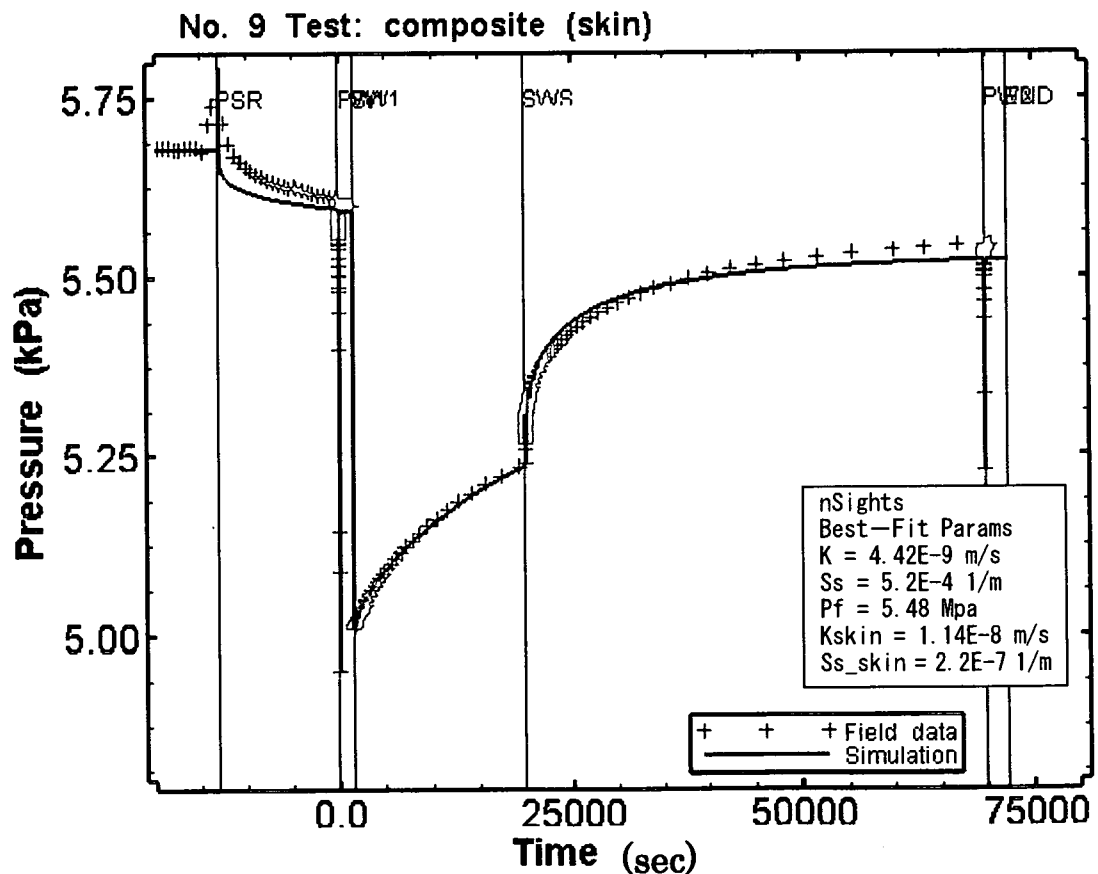


図 6.3-5 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果 (スキン領域考慮)
(+赤 : 計測値、実線青 : 解析値)

解析コード nSights により解析した結果を ITOUGH2 により解析した結果と比較して表 6.3-3 に示す。nSights による透水係数は ITOUGH2 による結果より大きいが、静水圧は低い結果となった。これらの差は、計測値に対する加重値の付け方の違いに起因していると考えられる。TOUGH2 では絶対透水係数(m²)、間隙圧縮率(Pa⁻¹)および圧力(Pa)を用いているのに対し、nSights では透水係数(m/s)、比貯留係数(m⁻¹)および圧力(MPa)が用いられている。Pa 単位の広い範囲の圧力は、他パラメータに比べその値が大きく敏感度が高い。これにより、nSights による透水係数は ITOUGH2 より高く、静水圧の評価結果は低くなっていると思われる。つまり、高い透水係数によってスラグ回復試験 (SWS) における回復は速く、低い静水圧によってスラグ回復試験 (SWS) 後半部の回復は低くなっていると考えられる。

表 6.3-3 ITOUGH2 および nSights を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値

パラメータ\コード	ITOUGH2	n Sights	n Sights
解析条件	均質媒体モデル	均質媒体モデル	コンポジットモデル
透水係数 (m/s)	1.30E-9	5.15E-9	4.42E-9
比貯留係数 (1/m)	5.63E-5	7.65E-5	5.20E-4
静水圧 (MPa)	5.58	5.51	5.51
スキン透水係数 (m/s)	—	—	1.14E-8
スキン比貯留係数 (1/m)	—	—	2.22E-7

(4) フローモデルの考察

井戸試験詳細解析における重要な側面は、帯水層を表現するフローモデルの特定である。試験 No.9 の解析では、均質媒体モデルとコンポジットモデルを適用した。それらフローモデルの特定のための情報は、ダイアゴノスティック解析(diagnostic analysis)および試験区間の母岩の地質構造あるいは水理地質的な特性調査結果から得られる。

AQTESOLV および nSights では、各試験過程におけるダイアゴノスティックプロットおよび標準曲線フィッティングにより、水理パラメータの推定値を求めることができる。AQTESOLV では多様な帯水層および試験仕様における近似理論解のみが得られるのに対して、nSights では圧力変化のみならずダイアゴノスティックプロットのフィッティングも可能である。ITOUGH2 では複雑な試験過程を対象とした連続的な解析が可能であるが、TOUGH2 および ITOUGH2 は井戸試験解析を目的にしたものではない。そのため、パラ

メータの推定は圧力変化のみが可能で、ダイアゴノスティックプロットを用いた推定はできない。一方、均質なフローモデルに加え、数値モデルをさらに離散化することによってより複雑なフローモデルの解析を行うこともできる。それらのモデルとしては、コンポジットモデル、亀裂性モデルおよび2.0以外の流れ次元モデルなどがあげられる。

Barker(1988)は、非放射状流における定流量揚水試験の解析方法を提案し、流れの次元を用いた理論解を提示している。一般的に、流れの次元とは、半径方向距離に対する流れ面積の増加を表している。流れ面積は次式のように定義される。

$$A(r) = b^{3-n} \frac{2\pi^{\frac{n}{2}}}{\Gamma(\frac{n}{2})} r^{n-1}$$

ここで、 b は流れ場の範囲、 Γ はガンマ(gamma)関数、 n は流れ次元である。流れ次元が $n=2$ の標準的な半径方向システムにおいては、流れ面積と半径方向距離間の関係は以下のようになる。

$$A(r) = 2\pi r b$$

流れ次元の概念は主に亀裂性岩盤における井戸試験で注目を集めていて、MIU-4 孔における水理試験にも関連していると考えられる。なぜならば、均質またはコンポジットのフローモデルを用いて試験 No. 9 におけるフィッティングは可能ではあったものの、特にスラグ回復試験 (SWS) などでは整合しない結果が確認されたからである (図 6.2-2 および 図 6.3-4 参照)。

以下では各試験過程におけるダイアゴノスティックプロットを利用して、nSights を用いたフローモデルの設定について考察する。

前述のコンポジットモデルを用いた全試験過程の逆解析結果から、試験 No. 9 のスラグ試験 (SW1) およびスラグ回復試験 (SWS) のダイアゴノスティックプロットを整理して図 6.3-8 に示す。スラグ試験 (SW1) ではよい結果が得られているが、スラグ回復試験 (SWS) では全般的な特徴は再現できていない。

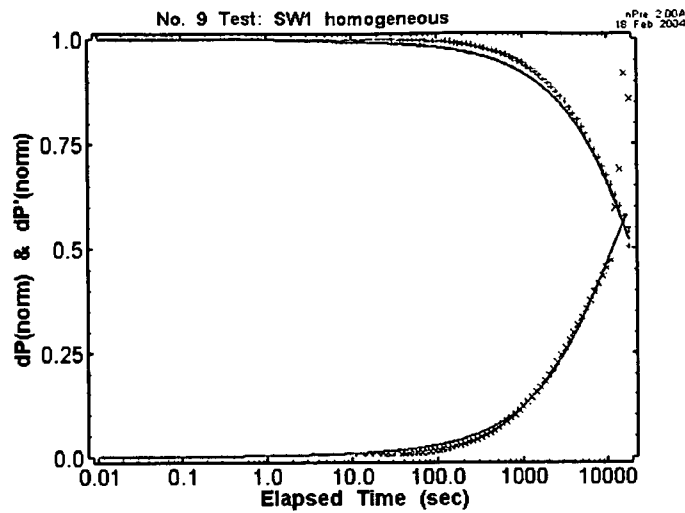


図 6.3-6 試験 No. 9 スラグ試験 (SW1) のダイアゴスティックプロット (コンポジットモデル) (点 : 計測値、実線 : 解析値)

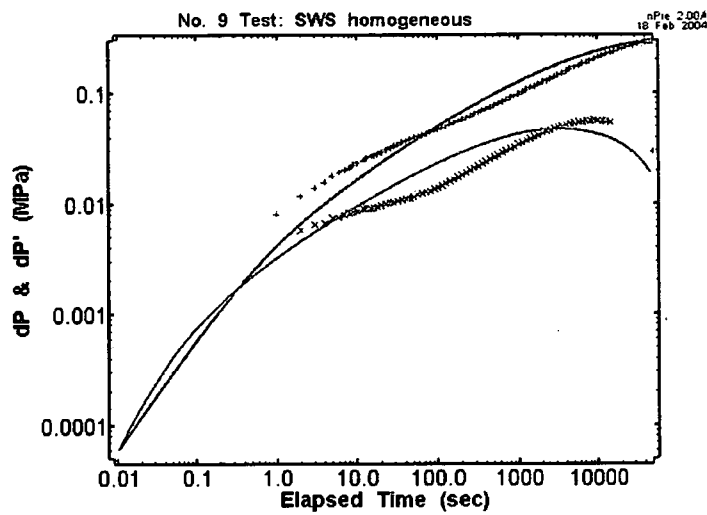


図 6.3-7 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) のダイアゴスティックプロット (コンポジットモデル) (点 : 計測値、実線 : 解析値)

そこで、フローモデルとして、流れの次元を考慮した逆解析を実施した。解析ではスラグ試験 (SW1) およびスラグ回復試験 (SWS) のみを対象とし、スキン領域は考慮せず、透水係数、貯留係数、比貯留係数の 3 つを最適化のパラメータとして設定した。解析結果を図 6.3-8～図 6.3-10に示す。流れの次元をキャリブレーションした解析の結果では、良好なフィッティングが得られている。流れの次元は 1.4 であり、透水係数は均質媒体モデルやコンポジットモデルにより求めた値より大きい値となる。

表 6.3-4 nSights を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値 (2)

パラメータ\コード	n Sights	n Sights	n Sights
解析条件	均質媒体モデル	コンポジットモデル	流れの次元考慮
透水係数 (m/s)	5.15E-9	4.42E-9	9.23E-8
比貯留係数 (1/m)	7.65E-5	5.20E-4	1.00E-8
静水圧 (MPa)	5.51	5.51	—
スキン透水係数 (m/s)	—	1.14E-8	—
スキン比貯留係数 (1/m)	—	2.22E-7	—
流れの次元 (-)	(2.0 固定)	(2.0 固定)	1.4

流れの次元が 1.4 となることは、本試験区間が断層帯に位置していることを考慮することで妥当性を説明することが可能となる。具体的には、本試験区間が傾斜するボーリング孔 (傾斜 30 度) にほぼ鉛直な断層帯が交差する部位に位置し、井戸からの水の流れが完全な放射状流れの方向ではなく、傾斜している断層帯に沿って生じているとの判断を行う場合である。

(5) nSights による結果のまとめ

幾つかのフローモデルを用いた水理パラメータの推定結果から、フローモデルとしては、コンポジットの放射状流のフローモデルで、負のスキン (物理的な損傷領域のような) を考慮したモデルが最も適切と考えられる。

nSights による Perturbation 解析による水理パラメータの信頼性評価結果を表 6.3-5にまとめる。

表 6.3-5 nSights を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値

パラメータ	最適推定値	信頼区間
フローモデル	負のスキンを用いた無限水平半径コンポジットモデル	
スキン透水係数 [m/s]	9.2E-9	—
スキン半径 [m]	0.05	—
透水係数 [m/s]	3.5 E-9	2.5 E-9 ~ 4.9 E-9
透水量係数 [m ² /sec]	2.6 E-8	1.9 E-8 ~ 3.7 E-8
比貯留係数 [1/m]	1.0E-3	3.9 E-4 ~ 2.6 E-3
静水圧 [MPa]	5.51	—

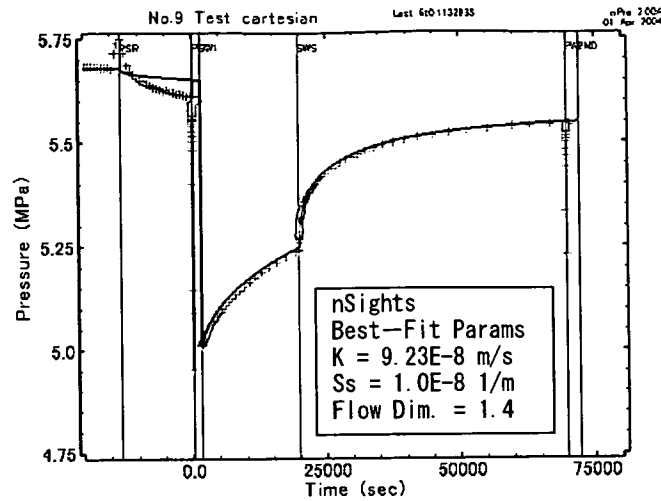


図 6.3-8 nSights を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果（流れの次元考慮）
（点：計測値、実線：解析値）

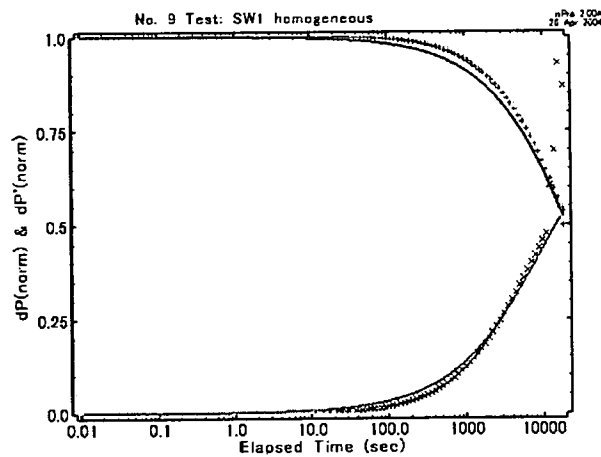


図 6.3-9 試験 No. 9 スラグ試験 (SW1) のダイアゴスティックプロット（流れの次元考慮）
（点：計測値、実線：解析値）

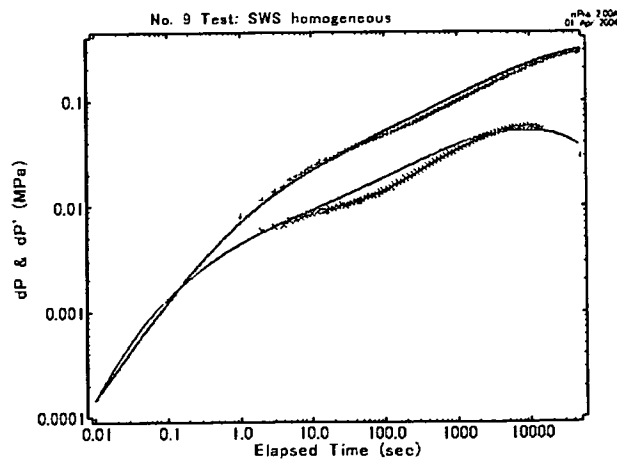


図 6.3-10 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) のダイアゴスティックプロット（流れの次元考慮）
（点：計測値、実線：解析値）

6.4 MULTISIM

(1) 標準曲線を用いた検討

MULTISIM による解析では、スラグ試験(SW)およびそのスラグ回復試験(SWS)のデータが母岩の特徴を最もよく表していると想定する。ボーリング孔履歴の影響は初期の圧力回復過程(PSR)にてもっとも大きく、2回のパルス試験(PW1 および PW2)はボーリング孔から離れた乱されていない母岩の特徴を得るにはその時間が短すぎる。

まず、ダイアゴノスティック解析を行い、フローモデルの検討を行う。

スラグ試験 (SW) データを用いたダイアゴノスティック解析を行い、修正片対数プロットおよび近似直線解析結果を実施した結果を図 6.4-1に示す。この解析から得られた試験区間の透水係数は $6.2\text{E-}9$ m/s である。

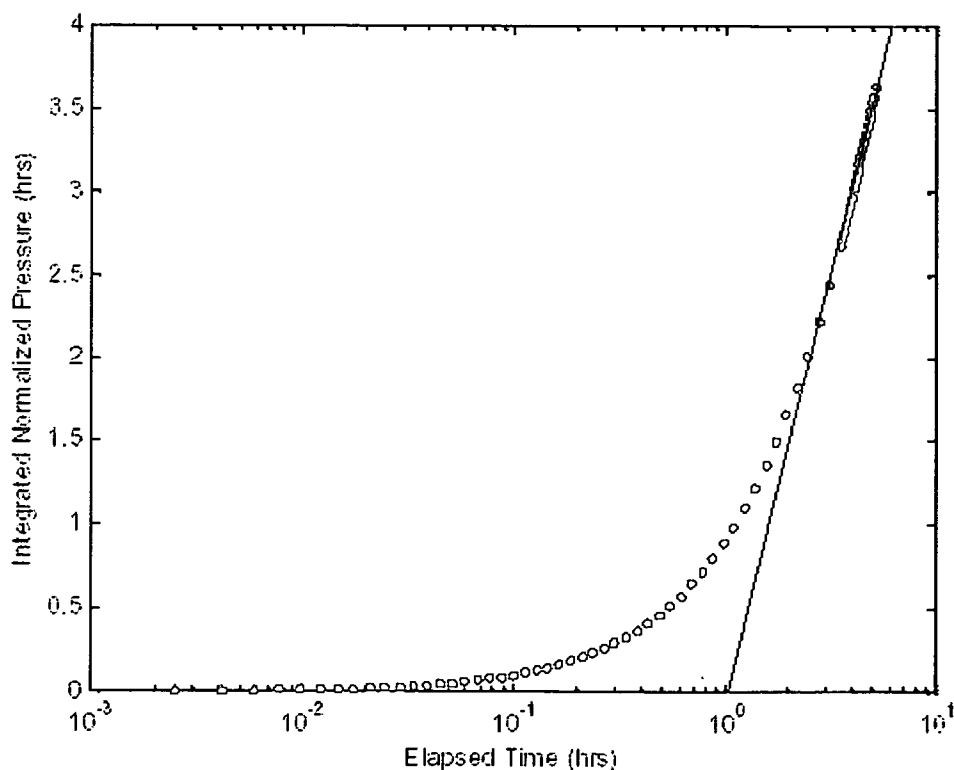


図 6.4-1 試験 No. 9 スラグ試験 (SW) の近似直線解析 (修正片対数図)

フローモデルの検討を目的にするダイアゴノスティック解析のため、スラグ回復試験 (SWS) の圧力変化の両対数図を用いる。図 6.4-2にスラグ回復試験(SWS)以前の試験過程を考慮しない(no superposition) 両対数図を示している(SWS 過程以前の試験過程を考慮する(superposition) 解析はフローモデルのダイアゴノスティックには適していない)。

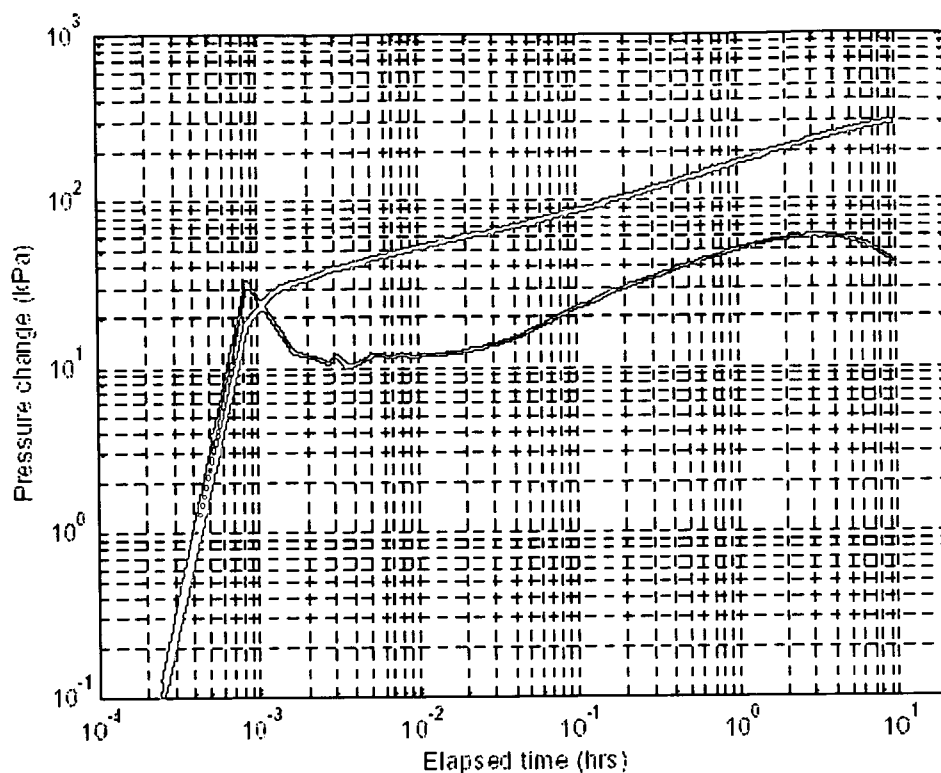


図 6.4-2 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) 以前の試験過程を考慮しない圧力変化図 (no superposition 両対数図)

スラグ回復試験 (SWS) のダイアゴノスティックプロットにおいて、圧力デリバティブは中央付近と後尾の 2 箇所で安定している。2 回目の安定は試験終了前に想定されるデリバティブの落ち込みと重なっている。2 箇所で安定していることはコンポジットの放射状の流れのフローモデルが適していることを表す。

(2) 逆解析による検討

標準曲線による解析の結果から、フローモデルを設定し、最適化解析を行う。試験 No.9 では、負(negative)のスキン効果を考慮したコンポジットの放射状の流れのフローモデルを用い、最適化解析を行う。すなわち、スキンに相対的に高い透水係数を用いる。

水理試験記録からボーリング孔内の条件(つまり、開放系の井戸貯留係数)を求めることができる。パルス試験 (PW1) より得られた試験区間の圧縮係数は $1.5\text{E-}8$ 1/Pa で、パルス試験 (PW2) を用いた場合は $9.5\text{E-}9$ 1/Pa である。この結果から、本解析ではボーリング

井戸比貯留係数を $1\text{E}\cdot 8\text{ 1/Pa}$ として、一定なスキnfアクターを適用した。水理パラメータの逆解析は、全試験過程のうち最も広い領域の母岩の特性を表すスラグ試験(SW)およびスラグ回復試験(SWS)の2つの試験過程におけるデータのフィッティングにより求める。

逆解析の解析条件を表 6.4-1に整理して示す。なお、試験区間の比貯留係数は一般的な特性値として $1\text{E}\cdot 5\sim 1\text{E}\cdot 7\text{ m}^{-1}$ となること、他のパラメータと比較して、圧力変動に対する感度が小さいことから、本検討（初期の解析段階）では固定条件で設定している。

パルス試験 (PW) を含む全試験過程の解析や比貯留係数を最適化パラメータとした解析は、次段階の詳細解析（本検討の対象外）で実施する。

表 6.4-1 MULTISIM を用いた試験 No. 9 逆解析の解析条件 (1)

パラメータ	設定値
試験区間の圧縮係数 (Pa^{-1})	$1\text{E}\cdot 8$
流れの次元 (-)	2
比貯留係数 ($1/\text{m}$)	$1.0\text{E}\cdot 6$
試験区間長 (m)	7.5
外部境界条件 定水頭境界(m)	5000

逆解析の結果を表 6.4-2および図 6.4-3に示す。図 6.4-4および図 6.4-5は、フィッティング対象区間のうち、スラグ試験 (SW) およびスラグ回復試験 (SWS) の計測データと解析結果を片対数および両対数図に示している。図 6.4-4において、初期の立ち上がり付近の優れたマッチングは井戸状況が既知であることによるものである。すなわち、井戸貯留特性は管内半径のみに依存しているからである。図 6.4-4および図 6.4-5から、試験後半部のマッチングがよく一致しており、母岩のパラメータがよく評価されていることが分かる。図 6.4-5の試験前半部のマッチングが悪いことは、井戸貯留をフィッティングパラメータに設定していないことによる。

表 6.4-2 MULTISIM を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果 (1)

パラメータ	逆解析結果
透水係数 (m/s)	$3.28\text{E}\cdot 9$
静水圧 (MPa)	5.52
スキン係数	1.955
スキン透水係数 (m/s)	$1.48\text{E}\cdot 8$
スキン領域範囲 (半径 m)	5.869

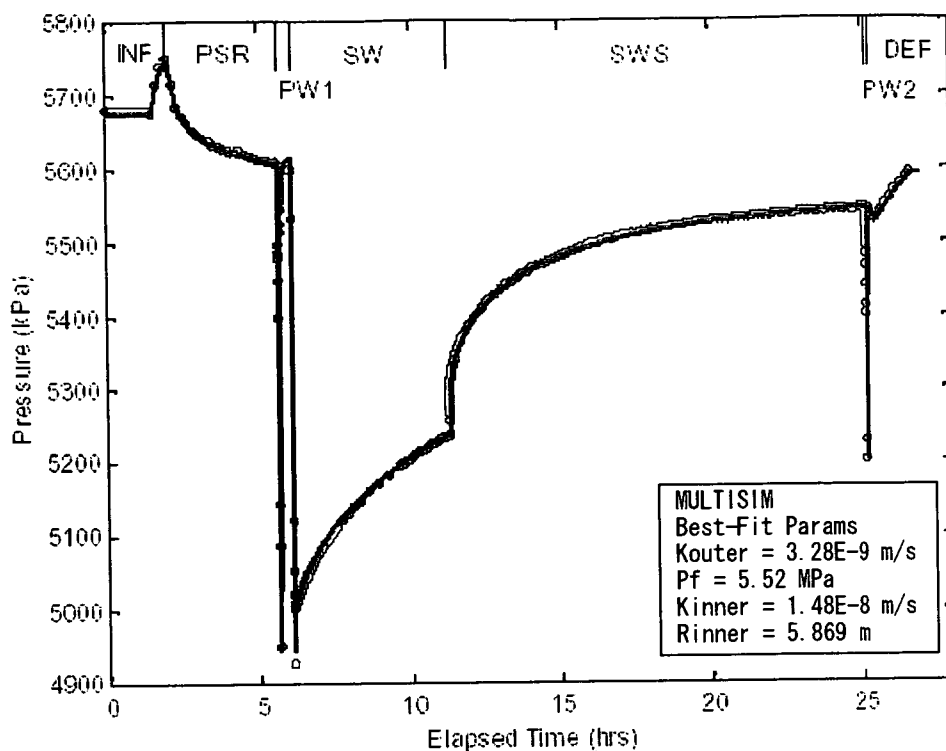


図 6.4-3 MULTISIM を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果
(赤点：計測値、青実線：解析値)

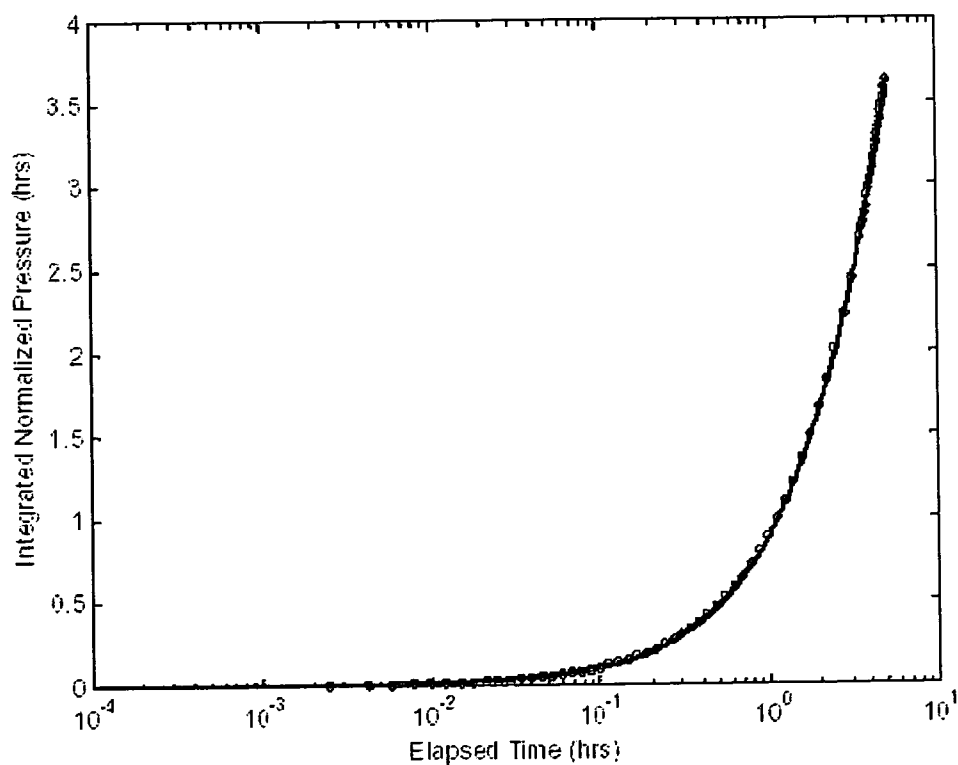


図 6.4-4 逆解析による試験 No. 9 スラグ試験 (SW) の圧力変化図 (修正片対数図)
(赤点：計測値、青実線：解析値)

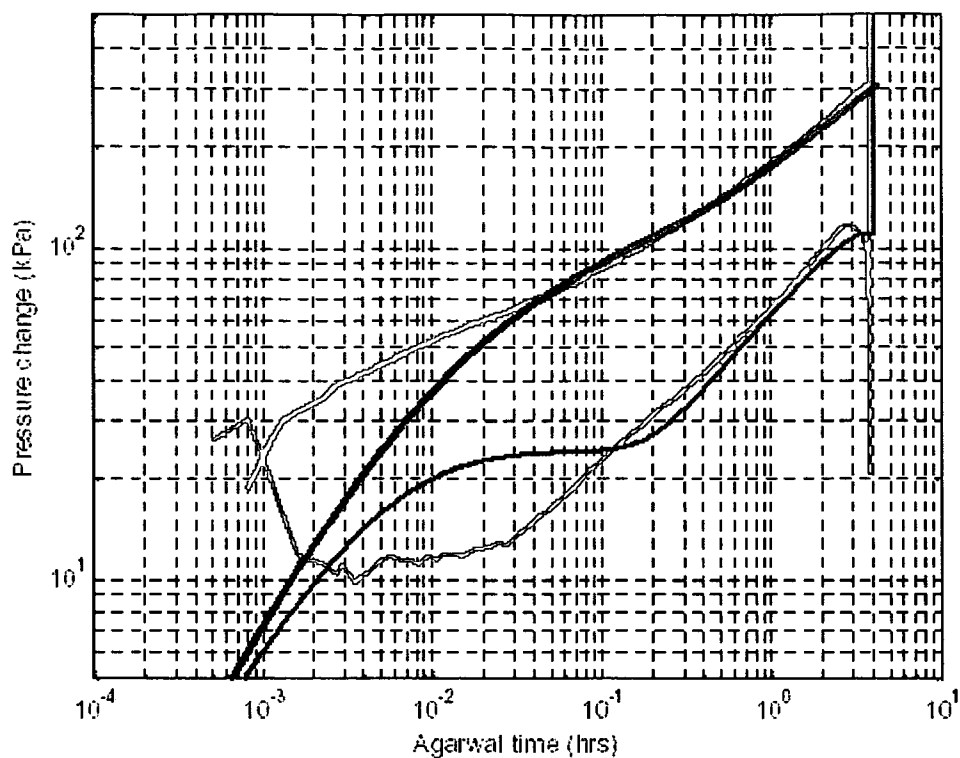


図 6.4-5 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) の圧力変化図 (superposition 両対数図)
(赤点 : 計測値、青実線 : 解析値)

ここで、圧力変化図(図 6.4-3参照)に示すスラグ試験 (SW) およびスラグ回復試験 (SWS) の解析結果は計測値と同じ値を用いている。解析結果より、透水係数は $3.3\text{E-}9 \text{ m/s}$ 、透水量係数は $2.5\text{E-}8 \text{ m}^2/\text{s}$ である。静水圧のフィッティング結果は $5,520 \text{ kPa}$ で、水頭としては 28.4 m bGL に相当する。スラグ試験 (SW) およびスラグ回復試験 (SWS) におけるスキンファクターは 1.95 である。半径 5.87m のスキンにおける透水係数は $1.5\text{E-}8 \text{ m/s}$ である。

影響半径(radius of investigation)を決定するためには、ボーリング孔周辺における試験以前の圧力ヒストリーとその後の試験過程の圧力ヒストリーの2つを考慮した解析が必要である。2つの状態におけるボーリング孔からの距離とその地点の圧力の解析結果を図 6.4-6に示す。これはスラグ回復試験(SWS)の終了時を対象にしている。図より、2つのカーブが交差する地点が影響半径となり、ここでは 13m である。

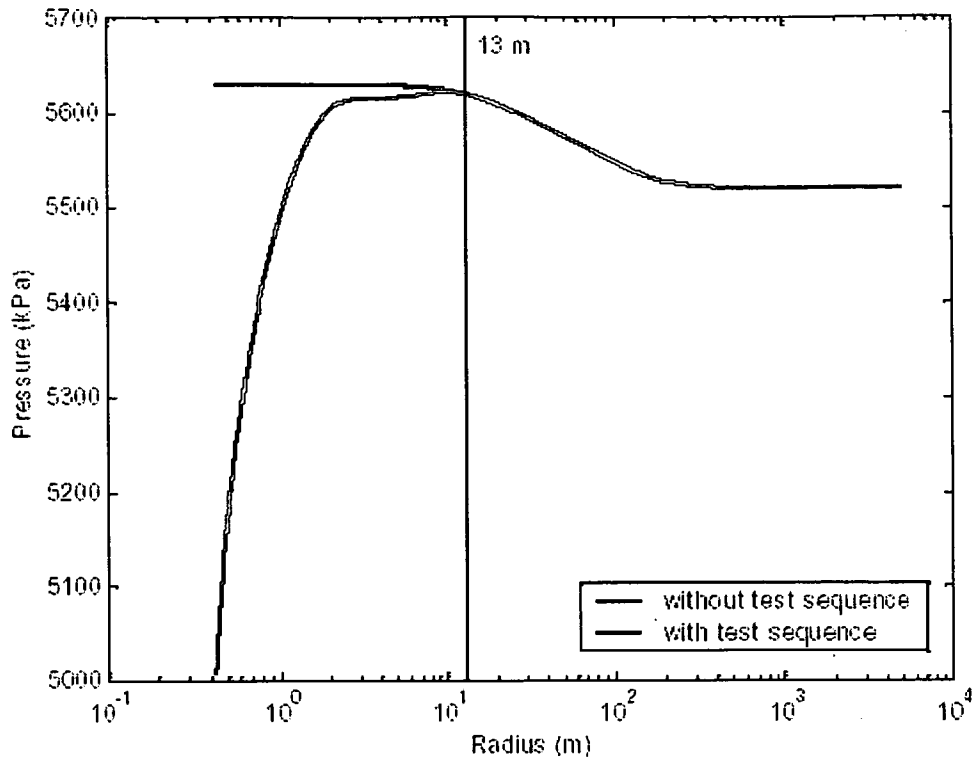


図 6.4-6 試験 No. 9 スラグ回復試験 (SWS) の終了時のボーリング孔からの距離とその地
点での解析による圧力カーブ
(青：試験過程を考慮せず、赤：試験過程を考慮)

(3) 逆解析の追加検討

母岩の水理パラメータに対する信頼区間の評価を目的として、2 ケースの解析を追加的に行った。最初のケースがヒストリーの影響を考慮した検討であり、2 つ目のケースがダブルポロシティのフローモデルを適用した検討である。

(i) ボーリング孔ヒストリーの影響

まず、ボーリング孔ヒストリーが解析結果に与える影響について検討する。ヒストリーの影響は、泥水の密度を水の密度($1,000 \text{ kg/m}^3$)に対して 5 %増加させることにより検討する。これは泥水の密度が本検討にて与えられていないこと、一般に泥水の密度は水の密度よりも大きくなることから経験的に設定した値である。

最適化パラメータは、前述の逆解析と同じく、スラグ試験 (SW) およびスラグ回復試験 (SWS) におけるスキンファクター、スキンおよび母岩の透水係数、ボーリング孔中心からのスキンの範囲、静水圧などである。フィッティングの結果を表 6.4-3 および図 6.4-7

に示す。

表 6.4-3 MULTISIM を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果 (2)

パラメータ	逆解析結果 (基本ケース)	逆解析結果 (追加：泥水密度考慮)
透水係数 (m/s)	3.28E-9	2.57E-9
静水圧 (MPa)	5.52	5.27
スキン係数	-1.955	-0.708
スキン透水係数 (m/s)	1.48E-8	2.31E-8
スキン領域範囲 (半径 m)	5.869	5.416

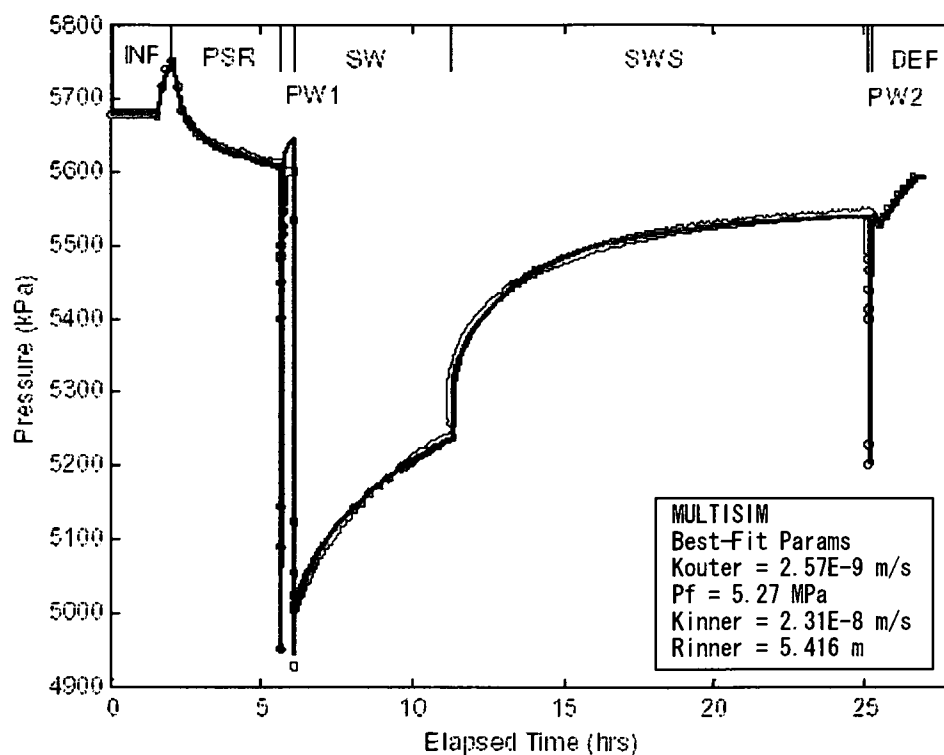


図 6.4-7 MULTISIM を用いた試験 No. 9 逆解析結果 (流体密度増加ケース)
(赤点：計測値、青実線：解析値)

流体密度を増加させた解析結果は、母岩の水理パラメータ値の変化が確認できるとともに、圧力変動が計測値とよく一致していることも確認できる。この結果はボーリング孔ヒストリーの影響が明確であることを意味している。

(ii) ダブルポロシティモデルの適用

次に、断層粘土の特性が不確定であるため、ダブルポロシティモデルによる解析を行う。ダブルポロシティモデルの解析では、まずスラグ試験 (SW) における手動フィッティングを行い、そこで得られたパラメータを用いて逆解析を行う。その際、スラグ試験 (SW) およびスラグ回復試験 (SWS) をフィッティングの対象にする。これらの解析において、スキnfactorはゼロに設定した。フィッティングパラメータとしては、静水圧、亀裂およびマトリックスの透水係数、母岩マトリックス体積比(formation matrix volume ファクター)などがある。

ダブルポロシティモデルを用いた解析条件を表 6.4-1に、解析結果を表 6.4-5および図 6.4-8に示す。解析結果より、計測値とよく一致しているとは言い難い。これは亀裂中に断層粘土があったとしてもその影響は無視することができ、ダブルポロシティモデルはあまり適していないことを表していると考えられる。

表 6.4-4 MULTISIM を用いた試験 No. 9 逆解析の解析条件 (2)

パラメータ	設定値 (ダブルポロシティ)
試験区間の圧縮係数 (Pa^{-1})	1.E-8
流れの次元 (-)	2
割れ目比貯留係数 (1/m)	1.0E-6
マトリックス比貯留係数 (1/m)	
幾何学係数 ($1/\text{m}^2$)	1
試験区間長 (m)	7.5
外部境界条件 定水頭境界(m)	5000

表 6.4-5 MULTISIM を用いた試験 No. 9 全試験過程の逆解析結果 (3)

パラメータ	逆解析結果 (基本ケース)	逆解析結果 (追加①: 泥水密度考慮)	逆解析結果 (追加②: ダブル ポロティモデル)
透水係数 (m/s)	3.28E-9	2.57E-9	割れ目:3.18E-7 基質部:8.57E-13
静水圧 (MPa)	5.52	5.27	5.50
スキン係数	-1.955	-0.708	—
スキン透水係数 (m/s)	1.48E-8	2.31E-8	—
スキン領域範囲 (半径 m)	5.869	5.416	—
割れ目マトリックス体積比	—	—	0.933

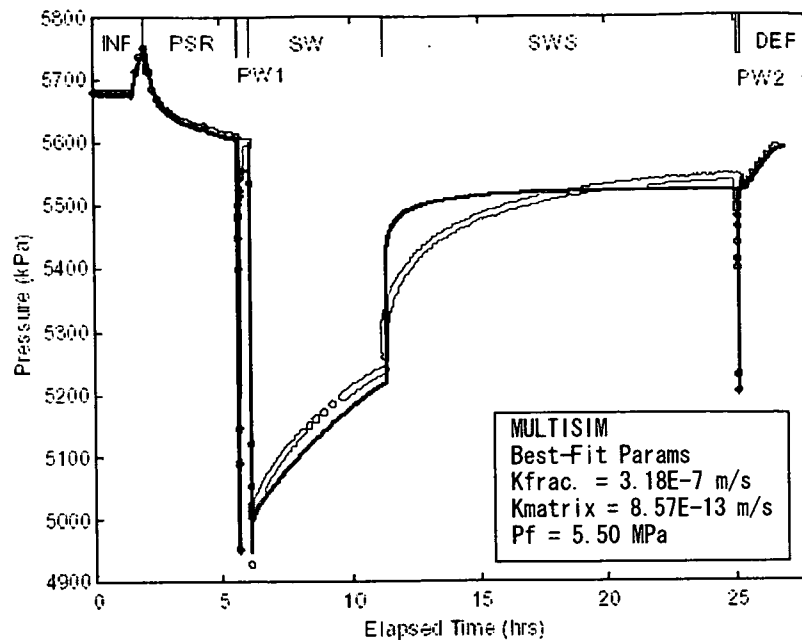


図 6.4-8 MULTISIM を用いた試験 No. 9 逆解析結果（ダブルポロシティモデル）
（赤点：計測値、青実線：解析値）

（4） MULTISIMによる結果のまとめ

幾つかのフローモデルを用いた水理パラメータの推定結果から、フローモデルとしては、コンポジットの放射状流のフローモデルで、負のスキン（物理的な損傷領域のような）を考慮したモデルが最も適切と考えられる。また、外側の境界条件の影響は確認できない。

これらの MULTISIM による解析結果を表 6.4-6 にまとめる。なお、表中の信頼区間の設定は上記の逆解析の追加検討結果や逆解析的手法の数学的な不確実性を考慮した技術的判断により設定している。

表 6.4-6 MULTISIM を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値

パラメータ	最適推定値	信頼区間
フローモデル	負のスキンを用いた無限水平半径コンポジットモデル	
固定スキンファクター	-2.0	1)
スキン透水係数 [m/s]	1.5E-8	1)
スキン半径 [m]	6	1)
透水係数 [m/s]	3.3 E-9	1.0 E-9 ~ 5.0 E-9
透水量係数 [m ² /sec]	2.5 E-8	7.5 E-9 ~ 3.8 E-8
静水圧 [MPa]	5.520	5.250 ~ 5.700
水頭 [m bGL]	28.4	56 ~ 10
1)さらなる詳細解析（本検討範囲外）により検討可能		

7. 原位置試験結果を用いた検討（試験 No. 11）

7.1 AQTESOLV

試験 No.9 と同様に、AQTESOLV を用い、各試験過程における解析を行った。試験 No.11 では、スラグおよびパルス試験に加えて、段階揚水試験(step drawdown test)も行っている。段階揚水試験には、4 章で示す Thesis 解法を用いる。なお、段階揚水試験はスキンの影響を把握する時によく用いられる。

以下では各試験過程におけるダイアゴノスティックプロットとフィッティングによる水理パラメータの推定値を示す。水理パラメータの推定値を表 7.1-1にまとめて示す。

表 7.1-1 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 の水理パラメータの推定値

パラメータ ＼試験過程	パルス (PW1)	スラグ (SW)	スラグ回 復 (SWS)	揚水 (RW1)	揚水 (RW1-2)	揚水 (RW2-3)	揚水回復 (RWS)	パルス (PW2)
透水係数 (m/s) ^{注)}	8.93E-8	2.41E-8	7.31E-7	8.0E-8	3.76E-8	3.9E-8	9.39E-7	7.28E-8
	6.8E-8	1.29E-8	—	—	—	—	—	6.33E-8
貯留係数 (-)	1.0E-10*	1.0E-10*	—	1.0E-10*	2.0E-4	6.7E-5	—	1.0E-10*
比貯留係数 (1/m)	—	—	—	—	3.2E-6	1.1E-6	—	—
スキン係数	—	—	—	—	0.42	0.30	—	—
QLR: 透水 係数 (m/s)	1.98E-8	1.71E-8	1.97E-7	2.10E-7	—	—	8.26E-7	2.03E-8
QLR: 貯留 係数 (-)	—	—	—	—	—	—	—	—

注) 透水係数上段は CBP 解法、下段は BR 解法による

CBP 解法および BR スラグ試験解法を用いたパルス試験 (PW1) における解析結果を図 7.1-3に示している。これらの試験解法を、井戸貯留係数 $C_{pulse}=1.41E-9 \text{ m}^3/\text{sec}$ で、それに相当する管内半径は $r_t = 2.1E-3 \text{ m}$ である。CBP 解法を用いた最適フィッティング曲線はブルーで示されていて、透水量係数はよいが貯留係数は非常に小さい結果となる。BR 解法から計算される透水係数は CBP 解法とよく一致している (表 7.1-1参照)。

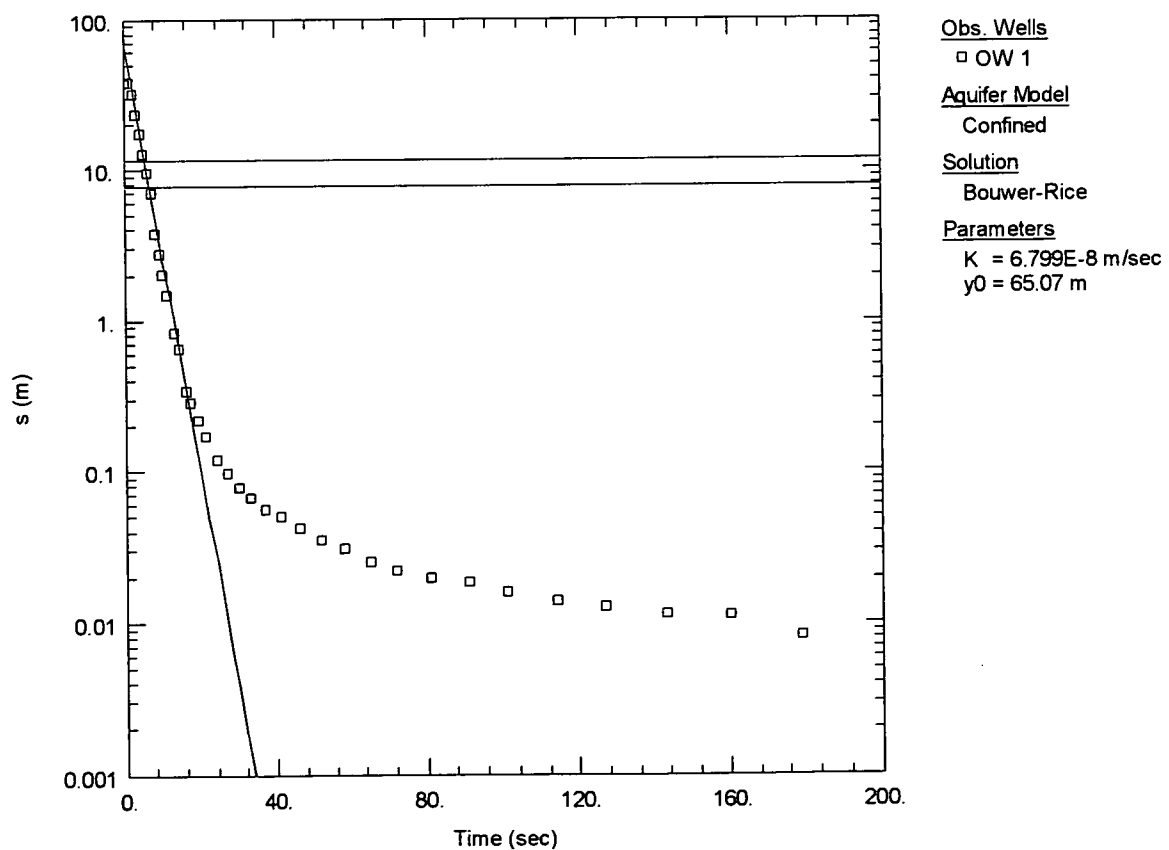
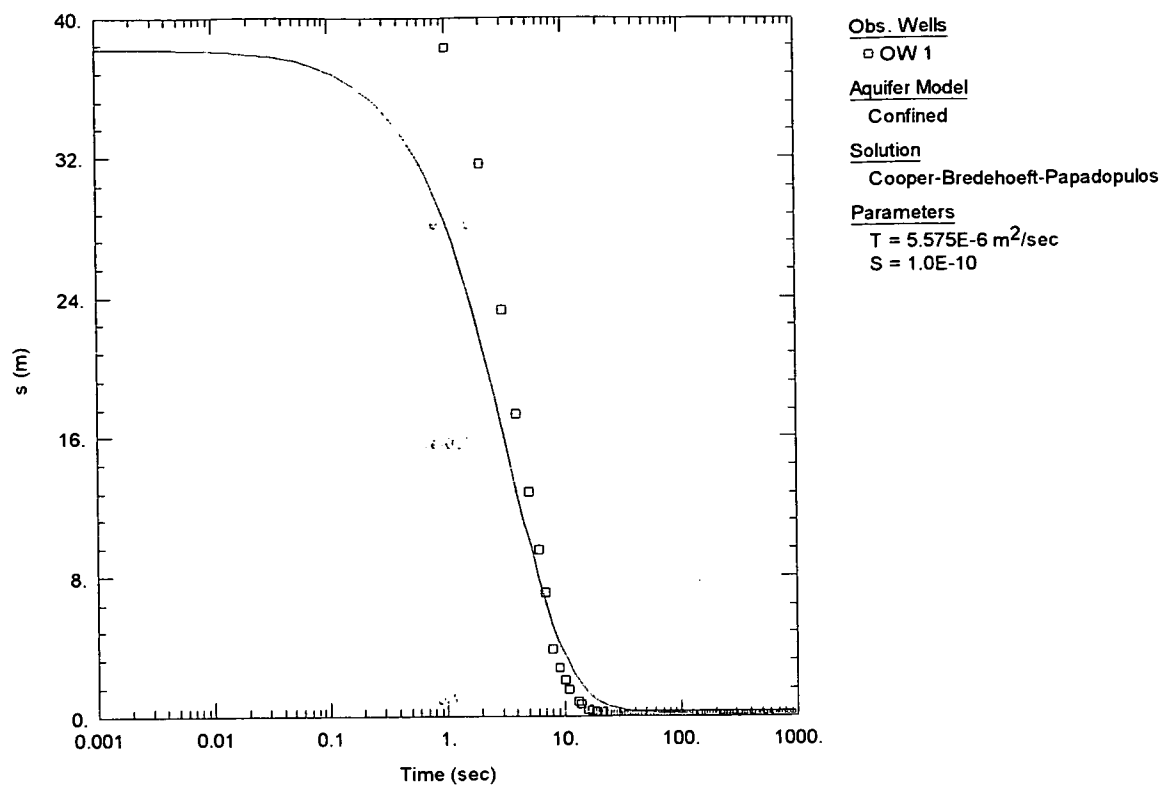


図 7.1-1 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 パルス試験 (PW1) の解析結果 (上:GBP, 下:BC 解法)
(点:計測値、青線:解析値)

AQTESOLV を用いたスラグ試験 (SW) の解析結果を図 7.1-3に示す。AQTESOLV ではスラグ試験後の閉鎖系(shut-in)の回復試験(SWS)は揚水回復試験として解析できる。 S/S' はスラグ試験 (SW) とスラグ回復試験 (SWS) における貯留係数の比である。境界の影響がない場合、 $\log(t/t')$ 軸と近似直線の交差点である S/S' は理論上 1 になる。

スラグ試験 (SW) の解析において、異なる 3 つの貯留係数における CBP スラグ試験解法による圧力変化が点線で表されている。青線は AQTESOLV の自動マッチング機能を用いた場合の最適標準曲線であり、この時の貯留係数は $S=1.E-10$ 、透水量係数は $T=1.51E-6 \text{ m}^2/\text{sec}$ である。

スラグ回復試験 (SWS) の解析結果 (図 7.1-3参照) では、計測データにおける近似直線により求めた透水量係数は $T=4.57E-5 \text{ m}^2/\text{sec}$ とスラグ試験 (SW) と比較して大きく、貯留係数もスラグ試験 (SW) とは非常に異なっていることが分かる。ここで、貯留係数は S/S' 比として表されている。

揚水試験 (RW1) および揚水回復試験 (RWS) では、それぞれ PC 解法および Thesis 回復解法を用いて解析を行っている。解析結果を図 7.1-4および図 7.1-5に示す。揚水試験過程 (RW1) のフィッティングがよく一致していることが分かる。この時、透水量係数は $T=5.0E-6 \text{ m}^2/\text{sec}$ である。パルス試験 (PW1) の結果と同じく、貯留係数の推定値は非常に小さい。一方、ここで注意すべきことは、複数回の水頭低下を行う段階揚水試験では、 S/S' 比は特別な意味を持たないことである。

パルス試験 (PW2) における解析結果を図 7.1-6に示す。CBP および BR 解法を用いて自動マッチングを行った結果、パルス試験 (PW1) と同様な結果となった。ここでも貯留係数の推定値は非常に小さい結果となった。

SW

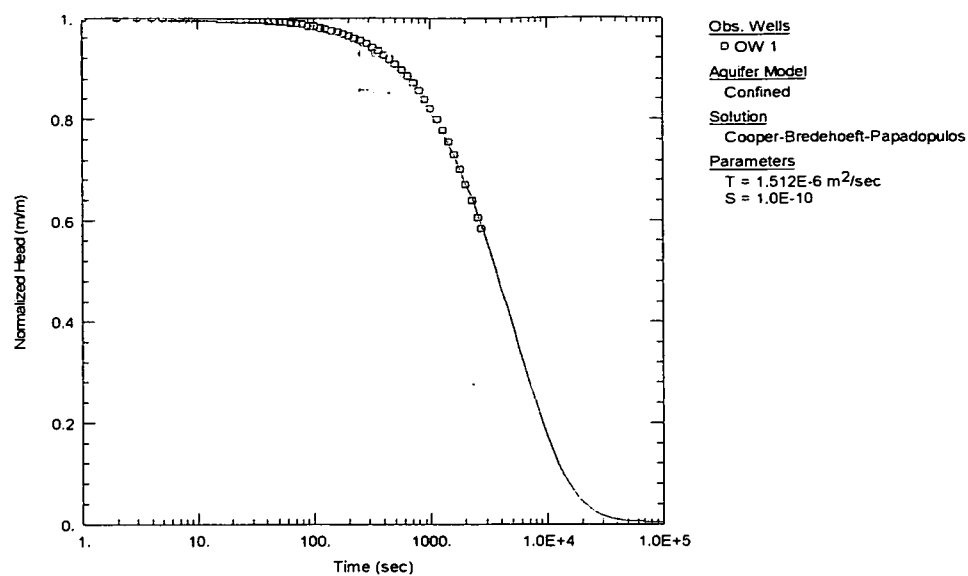


図 7.1-2 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 スラグ試験 (SW) の解析結果 (CBP 解法)
(点 : 計測値、青線 : 解析値)

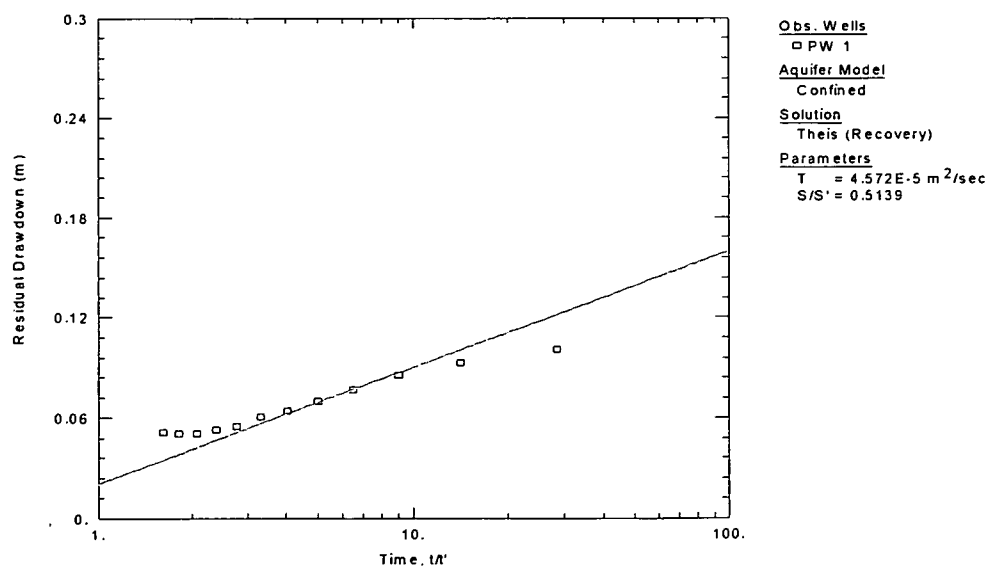


図 7.1-3 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 スラグ回復試験 (SWS) の解析結果 (Theis 回復解
法) (点 : 計測値、青線 : 解析値)

RW

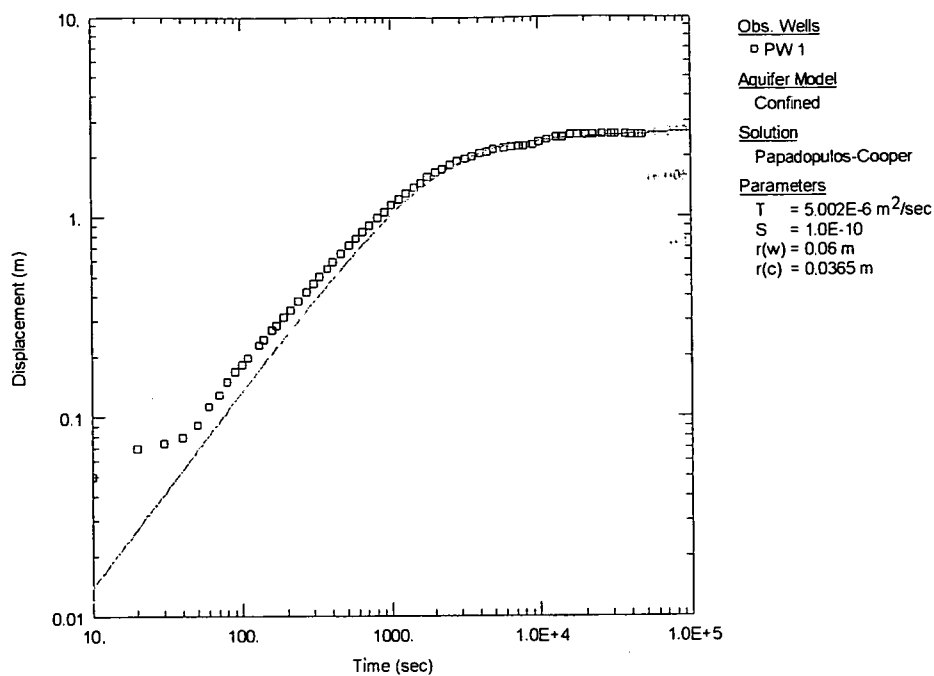


図 7.1-4 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 揚水試験 (RW1) の解析結果 (PC 解法)
(点 : 計測値、青線 : 解析値)

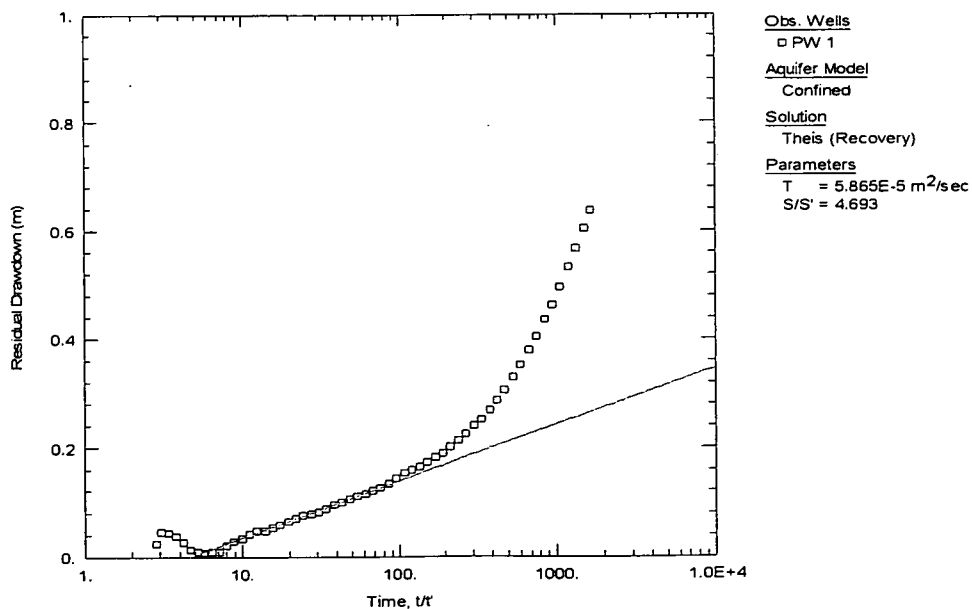


図 7.1-5 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 揚水回復試験 (RWS) の解析結果 (Theis 回復解法)
(点 : 計測値、青線 : 解析値)

PW2

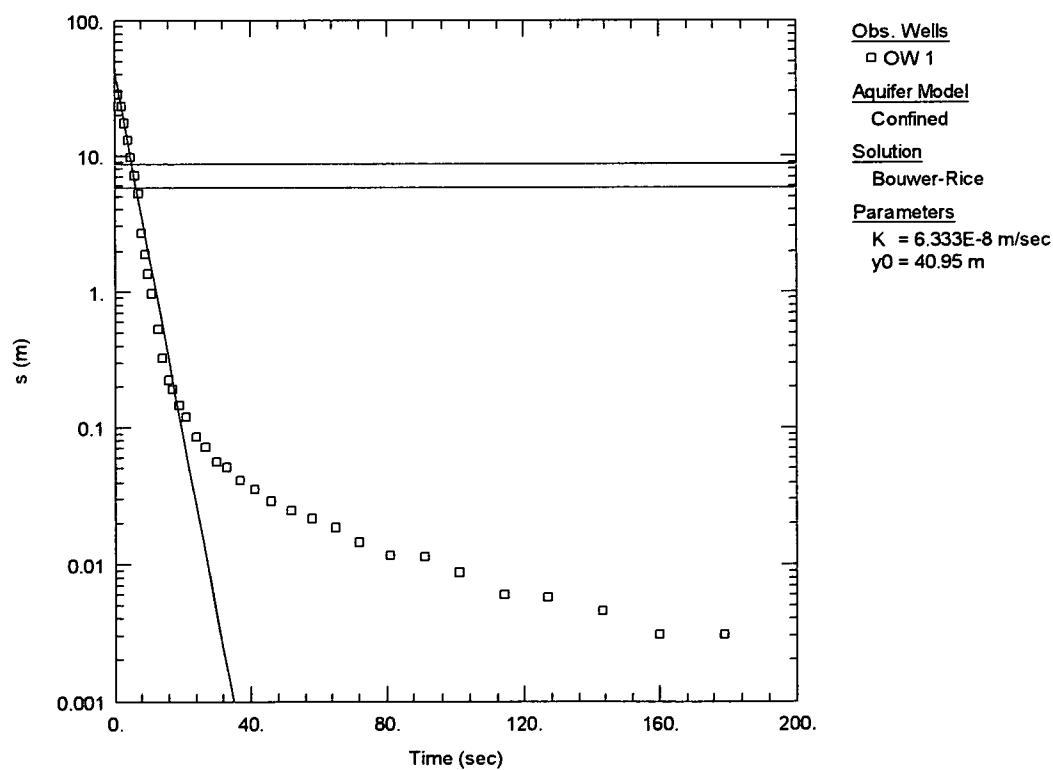
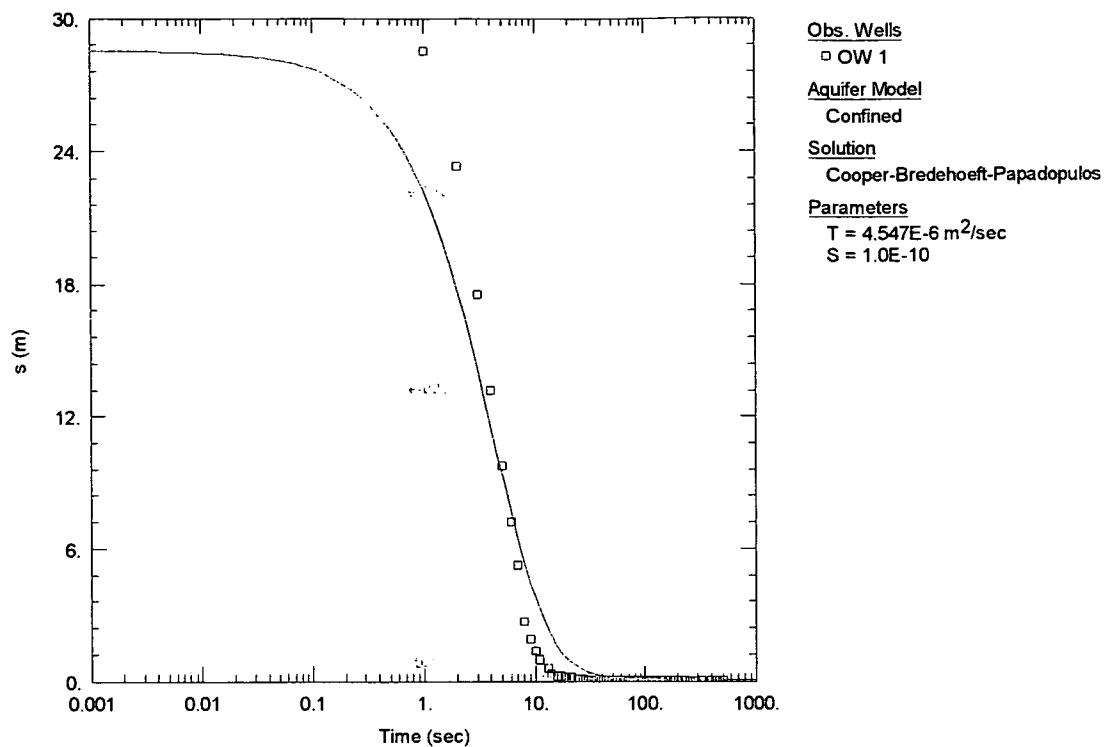


図 7.1-6 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 パルス試験 (PW2) の解析結果 (上:CBP, 下:BC 解法)
(点:計測値、青線:解析値)

Thesis 段階揚水解析法を用い、一連の揚水段階における透水量係数(T)、貯留係数(S)およびボーリング孔内スキン(S_w)を推定する。まず、第3回揚水試験(RW3)の応答は若干異質であるため、第1回揚水試験(RW1)および第2回揚水試験(RW2)のみを考慮した解析を行う。解析結果を図 7.1-7に示す。解析結果より、第1回揚水試験(RW1)では良好なフィッティング結果が得られているのに比べ、第2回揚水試験(RW2)では計測と解析値が異なっている。一方、第3回揚水試験(RW3)も考慮した場合(図 7.1-8参照)では、図 7.1-7と比較して、第1回揚水試験(RW1)は類似な結果、第2回揚水試験(RW2)は改善された結果が得られるものの、第3回揚水試験(RW3)の水頭降下が非常に過小評価されている(図中では正の変位)として表わされている。そこで、第3回揚水試験(RW3)過程のずれを考慮するため、手動でカーブフィッティングを行う。

第3回揚水試験(RW3)を考慮する段階揚水試験、および考慮しない段階揚水試験の解析から、透水量係数は $2.35E-6 \text{ m}^2/\text{sec}$ および $2.42E-6 \text{ m}^2/\text{sec}$ と貯留係数は $2.0E-4$ および $6.7E-5$ の結果が得られている。また、母岩の透水量係数に対してスキン透水量係数が 1.7 および 1.5 倍ほど大きい、0.42 および 0.30 の負の(negative)スキン効果も確認できる。

第3回揚水試験(RW3)においては、第1回揚水試験(RW1)および第2回揚水試験(RW2)と比べ、揚水量の増加に基づいた推定値よりも、かなり大きな水頭降下が確認できる。受領QLRより、第1回揚水試験(RW1)の揚水量には誤りがあり、第2回揚水試験(RW2)で修正を行ったという報告はあるものの、第3回揚水試験(RW3)の応答は異常であるように見える。また、第3回揚水試験(RW3)の始点付近における圧力データは、5.5mに瞬間的に変化していて、これは揚水量の増加では説明できないと思われる。

RW1 – RW2 Step Drawdown test

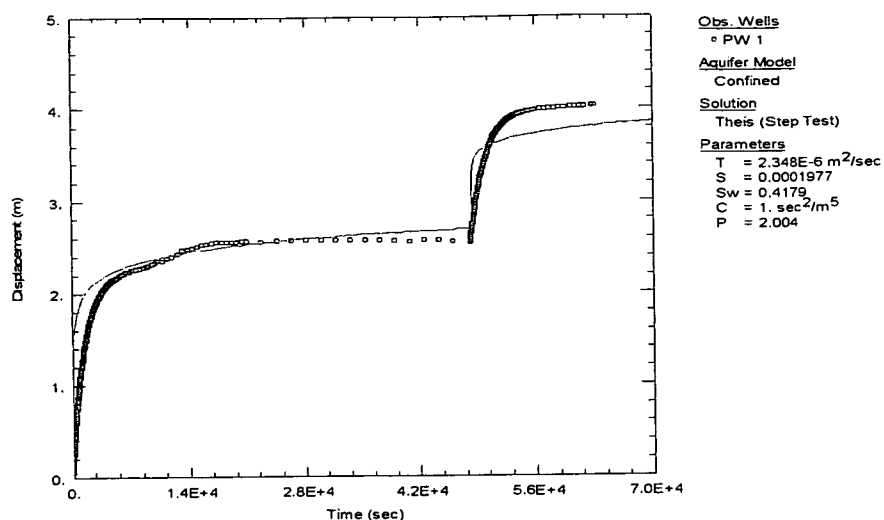


図 7.1-7 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 段階揚水試験の解析結果 (RW1-RW2)
 (点 : 計測値、青線 : 解析値)

RW1 – RW2 – RW3 Step Drawdown test

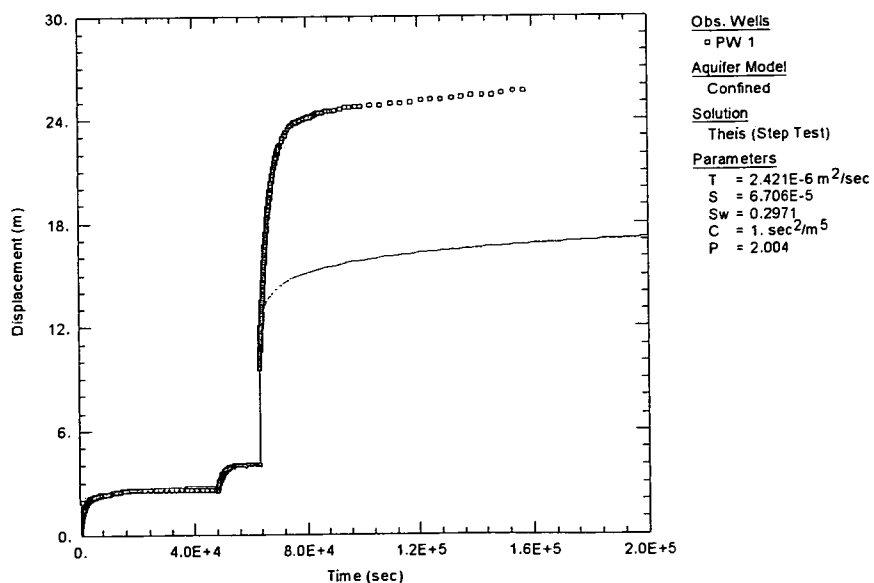


図 7.1-8 AQTESOLV を用いた試験 No. 11 段階揚水試験の解析結果 (RW1-RW3)
 (点 : 計測値、青線 : 解析値)

7.2 TOUGH2/I TOUGH2

(1) 順解析による検討

まず、受領 QLR（表 3.2・2参照）に示される透水係数を参考に、全試験過程の順解析を TOUGH2 により行った。順解析結果を図 7.2-1に示す。ここで、受領 QLR に示される透水係数値の $K=8.27\text{E-}7 \text{ m/s}$ （揚水回復試験（RWS）データに基づく）では大きすぎると判断し、AQTESOLV による解析結果から、透水係数を 1 桁落とした条件（ $K=8.27\text{E-}8 \text{ m/s}$ ）での順解析結果を示している。また、受領 QLR に示された透水係数値のうち、最も小さい値となるスラグ試験（SW）データに基づく透水係数値（ $1.70\text{E-}8 \text{ m/s}$ ）を用いた解析結果も図中に示している。岩盤の比貯留係数および間隙率を、試験 No.9 と同様にそれぞれ $1\text{E-}6 \text{ m}^{-1}$ 、0.1 と仮定し、岩盤の間隙圧縮率（ $C_p=5.79\text{E-}10 \text{ Pa}^{-1}$ ）および試験区間の間隙圧縮率（ $C_{wb}=1.57\text{E-}9 \text{ Pa}^{-1}$ ）を算定した。

順解析結果より、揚水試験（RW1-RW3）の計測により得た圧力変化曲線が、設定した 2 つの透水係数値の圧力変化曲線の間に挟まれていることが確認できる。また、試験初期（PW1、SWS）と末期（PWS、PW2）の静水圧の変動がないことから、ボーリング孔ヒストリーの影響はないと考えられる。

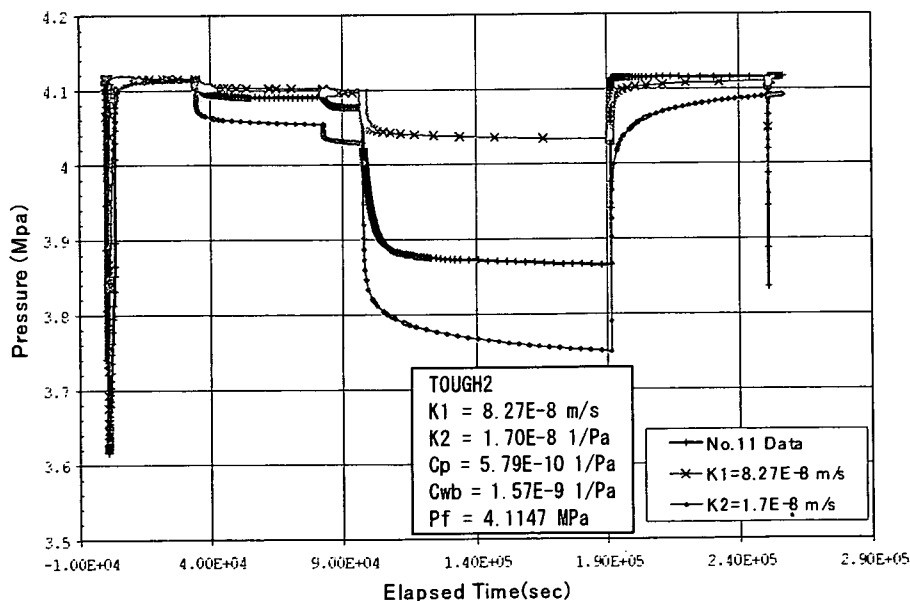


図 7.2-1 TOUGH2 を用いた試験 No. 11 全過程の順解析結果(受領 QLR 中の透水係数を使用)
 (青：計測値、赤：解析値)

(2) 逆解析による検討

次に、計測値へのフィッティングを改善するため、逆解析コードである ITOUGH2 を用いて、全試験過程を対象とした逆解析を行った。解析条件を表 7.2-1 に、逆解析結果を表 7.2-2 および図 7.2-2 に示す。

表 7.2-1 ITOUGH2 を用いた試験 No. 11 逆解析の解析条件

パラメータ	設定値	備考
試験区間の間隙圧縮率 (Pa^{-1})	1.57E-9	
間隙率 (-)	0.1	
流れの次元 (-)	2	
試験区間長 (m)	62.5	
静水圧 (MPa)	5.579	

表 7.2-2 ITOUGH2 を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果

パラメータ	逆解析結果	備考
透水係数 (m/s)	3.21E-8	透過係数 $3.09\text{E-}15\text{m}^2$
岩盤の間隙圧縮率 (Pa^{-1})	1.E-11(l.b.)	
比貯留係数 (1/m)	4.4E-7	

ITOUGH2 による逆解析では、各試験過程の初期段階のデータに特に注目するため、各試験過程の計測圧力データに対して対数時間スケールでのサンプリングを行った。最適フィッティングによるパラメータの推定値は図 7.2-1 で適用した 2 つの透水係数値と比べて、中間的な値 ($K=3.21\text{E-}8\text{m/s}$) となった。また、岩盤の間隙圧縮率は非常に小さい ($C_p=1.\text{E-}11\text{Pa}^{-1}$) 結果となった。

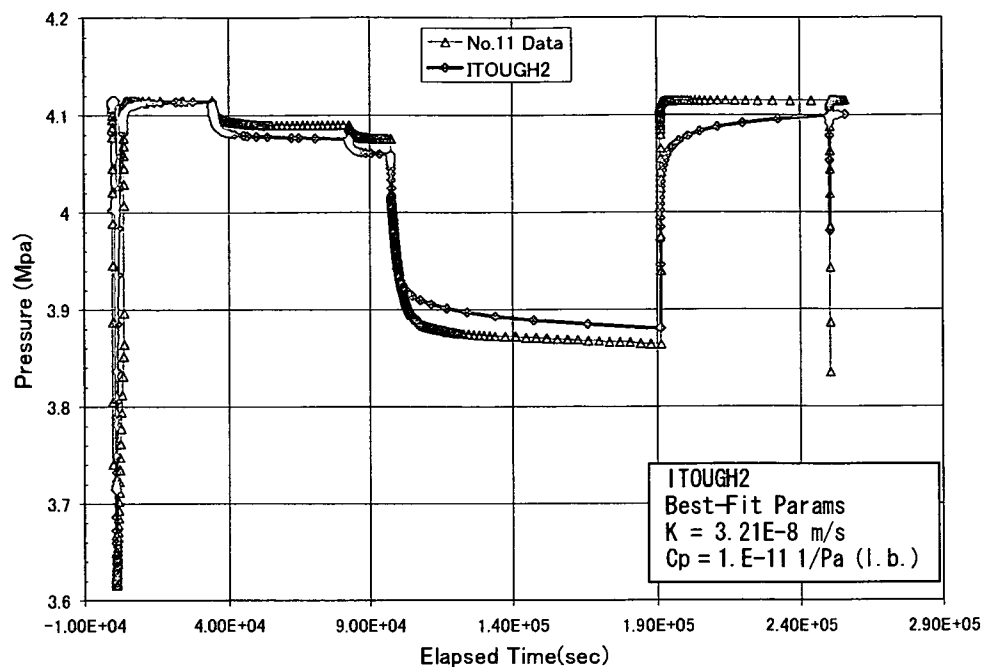


図 7.2-2 ITOUGH2 を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果
(青：計測値、赤：解析値)

7.3 nSights

(1) 順解析による検討

全試験過程を対象とした解析を nSights により実施する。まず、受領 QLR に示される透水係数を参照に順解析を行った。設定パラメータは、前述の TOUGH2 の順解析で適用したのと同じであり、透水係数値は $K=8.27E-8$ m/s である。解析結果を図 7.3-1 に示す。nSights による解析結果と TOUGH2 の結果は同じ結果となっている。

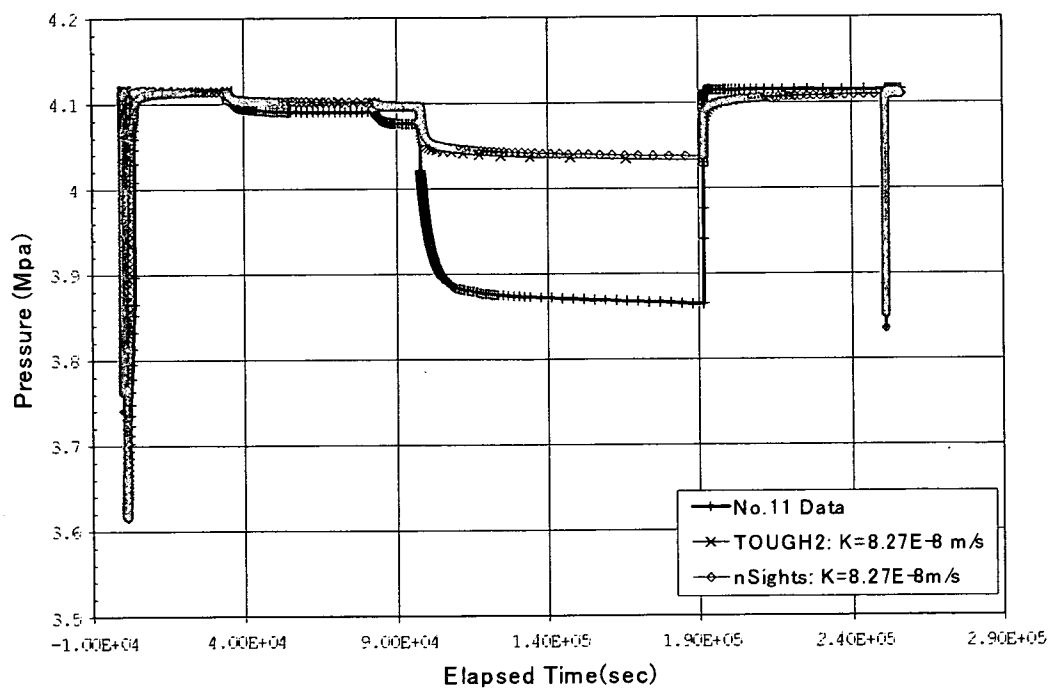


図 7.3-1 nSights を用いた試験 No. 11 全過程の順解析結果(受領 QLR 中の透水係数を使用)
(濃青：計測値、赤：TOUGH2 による解析値、薄青：nSights による解析値)

(2) 逆解析による検討

フィッティングを改善するため、透水係数、貯留係数の 2 つを最適化の対象パラメータとして、計測から得た全試験過程の圧力変化データの逆解析を行った。解析条件を表 7.3-1 に、逆解析結果を表 7.3-2 および図 7.3-2 に示す。

表 7.3-1 nSights を用いた試験 No. 11 逆解析の解析条件

パラメータ	設定値
試験区間の圧縮係数 (Pa^{-1})	2.E-9
流れの次元 (-)	2
試験区間長 (m)	62.5
静水圧 (MPa)	4.11

表 7.3-2 nSights を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果 (1)

パラメータ	逆解析結果
透水係数 (m/s)	4.20E-8
比貯留係数 (1/m)	1.E-8(l.b.)*

*l.b. (lower boundary) : 逆解析時の許容範囲の下限界値

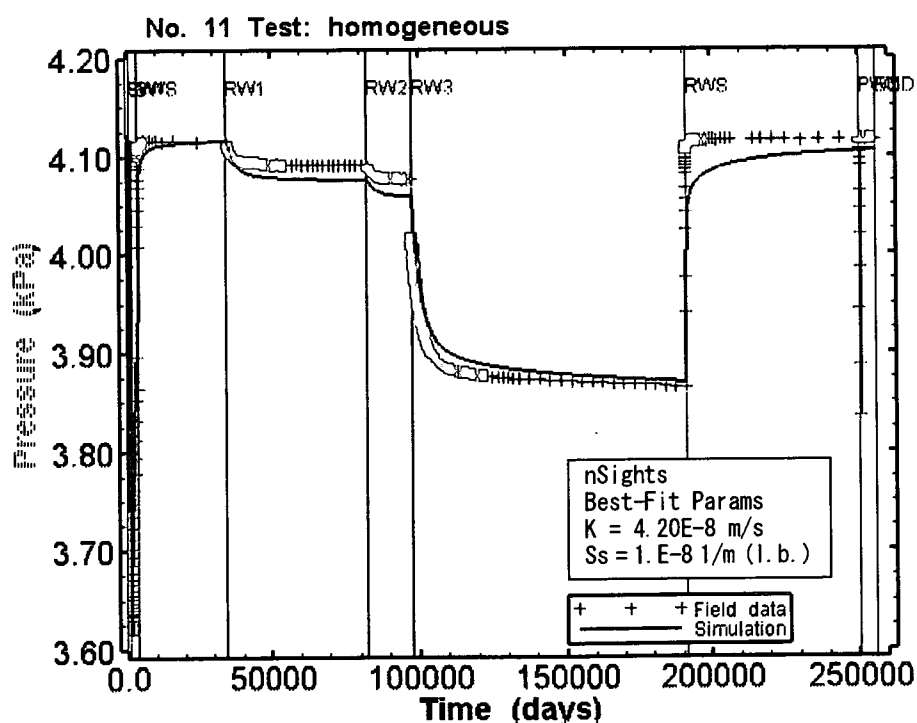


図 7.3-2 nSights を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果
(赤：計測値、青：解析値)

均質媒体の放射状流れのフローモデルを仮定した逆解析による透水係数の推定値

($K=4.20E-8m/s$) は、ITOUGH2 による結果 ($K=3.21E-8m/s$) と比べ若干大きい値であり、比貯留係数は非常に小さい値（設定範囲の下限值）となった。

(3) 逆解析の追加検討

(i) スキン領域の影響

均質媒体のフローモデルに加えて、スキン領域を考慮したコンポジットのフローモデルによる検討を実施した。解析ではスキン領域の範囲をボーリング孔の外側 5cm とし、スキン領域の透水係数と貯留係数を最適化の対象パラメータに加えた。逆解析の結果を表 7.3-2 および図 7.3-3 に示す。

表 7.3-3 ITOUGH2 および nSights を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果

パラメータ\コード	ITOUGH2	nSights	nSights
解析条件	均質媒体モデル	均質媒体モデル	コンポジットモデル
透水係数 (m/s)	3.21E-8	4.20E-8	3.51E-7
比貯留係数 (1/m)	4.4E-7	1.E-8(l.b.)	1.18E-6
スキン透水係数 (m/s)	—	—	2.38E-9
スキン比貯留係数 (1/m)	—	—	1.E-8 (l.b.)

コンポジットのフローモデルを用いた場合は、スキン領域の比貯留係数が設定範囲の下限となるが、母岩の比貯留係数は、均質媒体のフローモデルとは異なり、現実的にありうる値となった。また、スキン透水係数は母岩の透水係数より 1 桁以上小さく、陽の(positive)スキンが確認できる(表 7.3-2 参照)。

ITOUGH2 による解析 (図 7.2-2 参照) および nSights による解析 (図 7.3-2 および図 7.3-3 参照) では、第 3 回揚水試験 (RW3) における大きな水頭降下を再現しようとしているため、第 1 回揚水試験 (RW1) および第 2 回揚水試験 (RW2) の水頭降下が過大に評価されている。このため、均質媒体モデルでは、母岩の比貯留係数がパラメータの設定下限値となっていることが考えられる。コンポジットモデルの場合は、揚水回復試験 (RWS) におけるフィッティングの向上は確認できるが、均質媒体モデルでは第 3 回揚水試験 (RW3) の圧力水準が徐々に減少するのに対し、一定になっている。

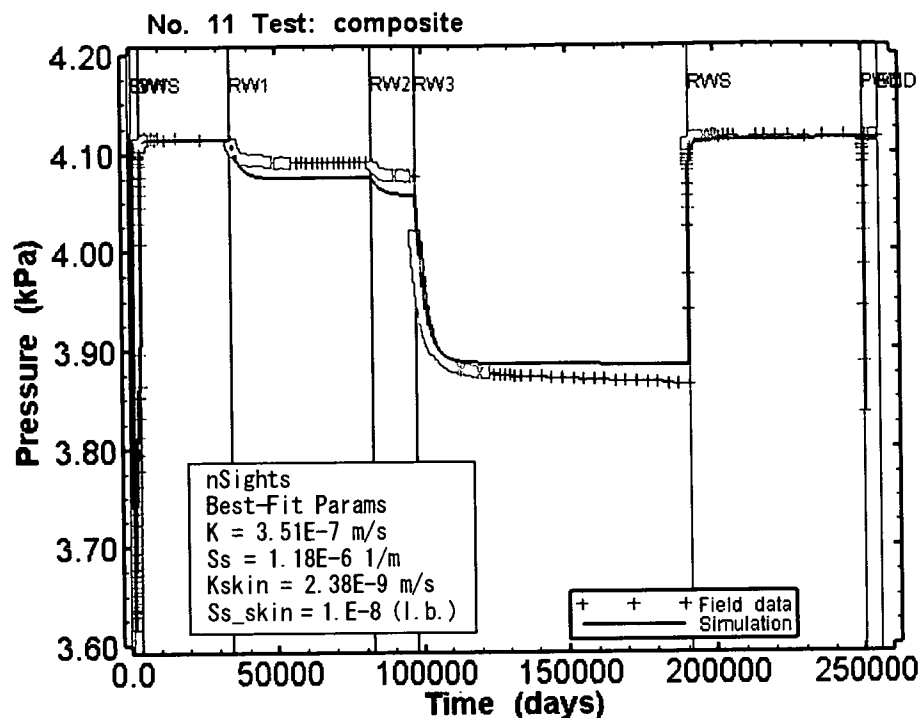


図 7.3-3 nSights を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果（コンポジットモデル）
 （赤：計測値、青：解析値）

(4) フローモデルの考察

試験 No.9 と同様に、フローモデルについて考察する。試験 No. 11 では、第 3 回揚水試験（RW3）における圧力応答は第 1 回揚水試験（RW1）および第 2 回揚水試験（RW2）との整合性が欠けているように見える。AQTESLOV を用いた段階揚水試験におけるダイアグノスティック解析では、母岩の透水係数よりスキン透水係数のほうが若干大きい、負のスキン効果が見られている。しかし、nSights による最適化では母岩の透水係数より非常に小さいスキン領域の透水係数が得られている。試験 No.11 の問題点としては、ITOUGH および nSights の解析結果に比べ、水頭降下が非常に大きいことがあげられる。また、前述したように、計測データは第 3 回揚水試験（RW3）の初期段階で非常に瞬間的に変動している。

試験 No.9 と同様に各試験過程のダイアゴスティックプロットを利用して、nSights を用いたフローモデルの設定について考察する。

前述のコンポジットモデルを用いた全試験過程の逆解析結果から、試験 No.11 のスラグ回復試験 (SWS) および揚水回復試験 (RWS) のダイアゴスティックプロットを整理して図 7.3-4 に示す。図より、試験 No. 9 とは異なる本試験区間の特徴が確認できる。両図に示された計測データのプロットより、下向傾斜のデリバティブが確認できる (Agarwal 時間スケールを用いた場合、後半部のデリバティブのみ有効であると思われる)。コンポジットモデルによる解析結果は計測値のデリバティブをよく再現できていない (均質媒体モデルでも同様である)。下向傾斜のデリバティブは半径方向距離の増加に伴って流れ面積が増加することを表していると考えられる (Horne 1995)。

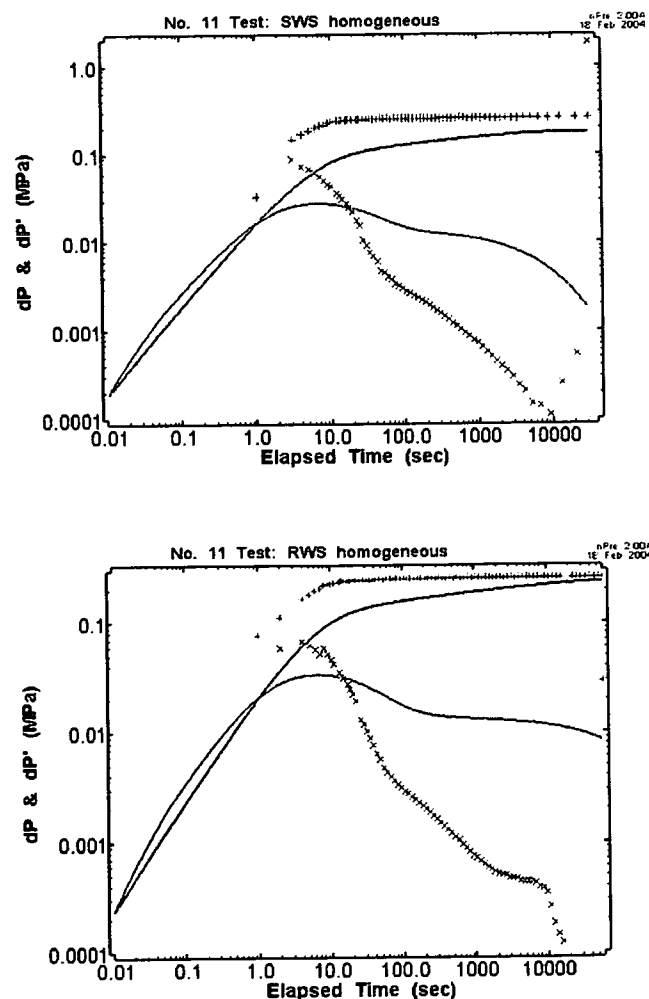


図 7.3-4 試験 No.11 スラグ回復試験 (SWS:上)および揚水回復試験 (RWS:下)のダイアゴ
ノスティックプロット (コンポジットモデル、点:計測値、実線:解析値)

そこで、フローモデルとして流れの次元を考慮した逆解析を実施した。解析では全試験過程を対象とし、母岩の透水係数および比貯留係数に加え、流れの次元を最適化パラメータとして設定した。解析結果を表 7.3-4および図 7.3-5に示す。流れの次元をキャリブレーションした解析の結果では、第3回揚水試験(RW3)の圧力は早く一定になり、揚水回復試験(RWS)では瞬時的な回復が確認できる。これはコンポジットモデルの結果(図 7.3-3参照)と同様である。

表 7.3-4 nSights を用いた試験 No. 9 の水理パラメータの推定値(2)

パラメータ\コード	n Sights	n Sights	n Sights
解析条件	均質媒体モデル	コンポジットモデル	流れの次元考慮
透水係数 (m/s)	4.20E-8	3.51E-7	3.61E-9
比貯留係数 (1/m)	1.E-8(l.b.)	1.18E-6	6.13E-7
スキン透水係数 (m/s)	—	2.38E-9	—
スキン比貯留係数 (1/m)	—	1.E-8 (l.b.)	—
流れの次元 (-)	(2.0 で固定)	(2.0 で固定)	2.9

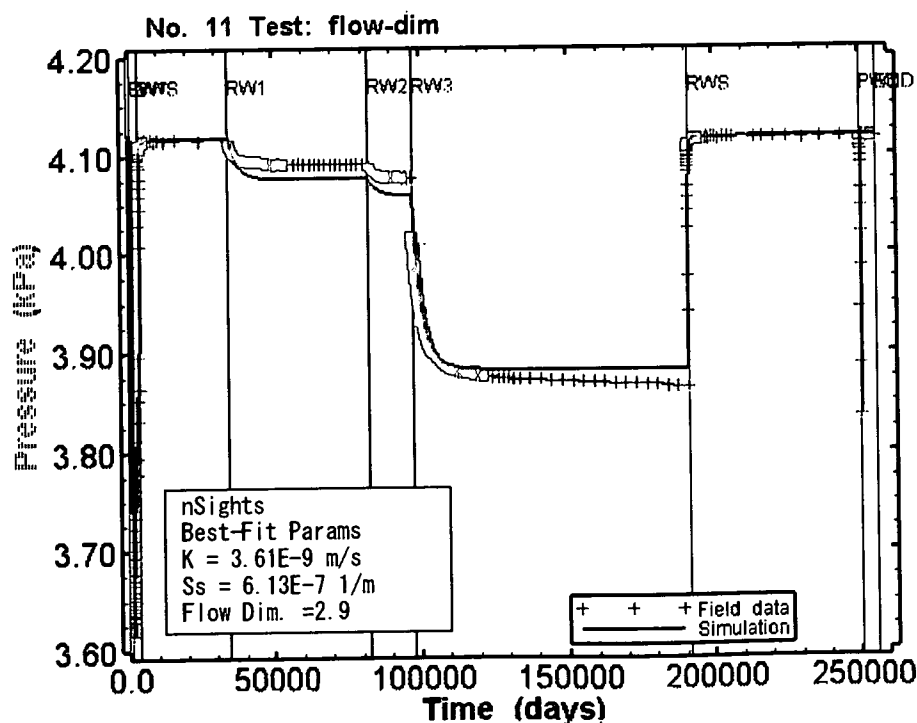


図 7.3-5 nSights を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果 (流れの次元を考慮)
(赤 : 計測値、青 : 解析値)

母岩の透水係数の推定値は、流れの次元が 2.0 で均質媒体モデルを用いた場合の $4.20\text{E}\cdot 8$ m/s に対し、流れ次元が 2.9 になり $3.6\text{E}\cdot 9$ m/s となる。比貯留係数の推定値は均質モデルの結果より大きい $6.13\text{E}\cdot 7$ 1/m と現実的な範囲である。

スラグ回復試験 (SWS) および揚水回復試験 (RWS) のダイアゴノスティックプロットを示す。両プロットから、デリバティブ曲線の全般的な減少傾向がより精度よく再現されていることが確認できる。曲線は右にシフトしているが、これは想定した試験区間圧縮率 $c_{t2}=2\cdot\text{E}\cdot 9$ 1/Pa および試験区間体積 706.5 Liters が大きすぎることに起因していると思われる。

これらの結果から、本試験区間の流れの場の次元が 2.0 より大きいことが推察される。

試験 No.9 に対し、試験 No.11 における試験区間は月吉断層帯の上盤におけるまばらな割れ目帯 (sparsely fractured zone) に位置している。そのような亀裂性母岩では、岩盤体積の増加に伴い、亀裂の連結性も増加すると考えられる。この場合、ボーリング孔内半径方向距離の増加に比例して有効流れ面積が増加することとなり、次元の大きな場と整合する情報として判断できる。

(5) nSights による結果のまとめ

幾つかのフローモデルを用いた水理パラメータの推定結果から、フローモデルとしては、コンポジットの放射状流のフローモデルで、陽のスキン (positive skin) を考慮したモデルが最も適切と考えられる。

nSights による Perturbation 解析による水理パラメータの信頼性評価結果を表 7.3-5 にまとめる。

表 7.3-5 nSights を用いた試験 No. 11 の水理パラメータの推定値

パラメータ	最適推定値	信頼区間
フローモデル	陽のスキンを用いた無限水平半径コンポジットモデル	
スキン透水係数 [m/s]	2.6E-9	—
スキン半径 [m]	0.05	—
透水係数 [m/s]	2.3 E-7	1.2 E-7 ~ 4.4 E-7
透水量係数 [m ² /sec]	1.5 E-5	7.8 E-5 ~ 2.9 E-8
比貯留係数 [1/m]	1.5E-8	—

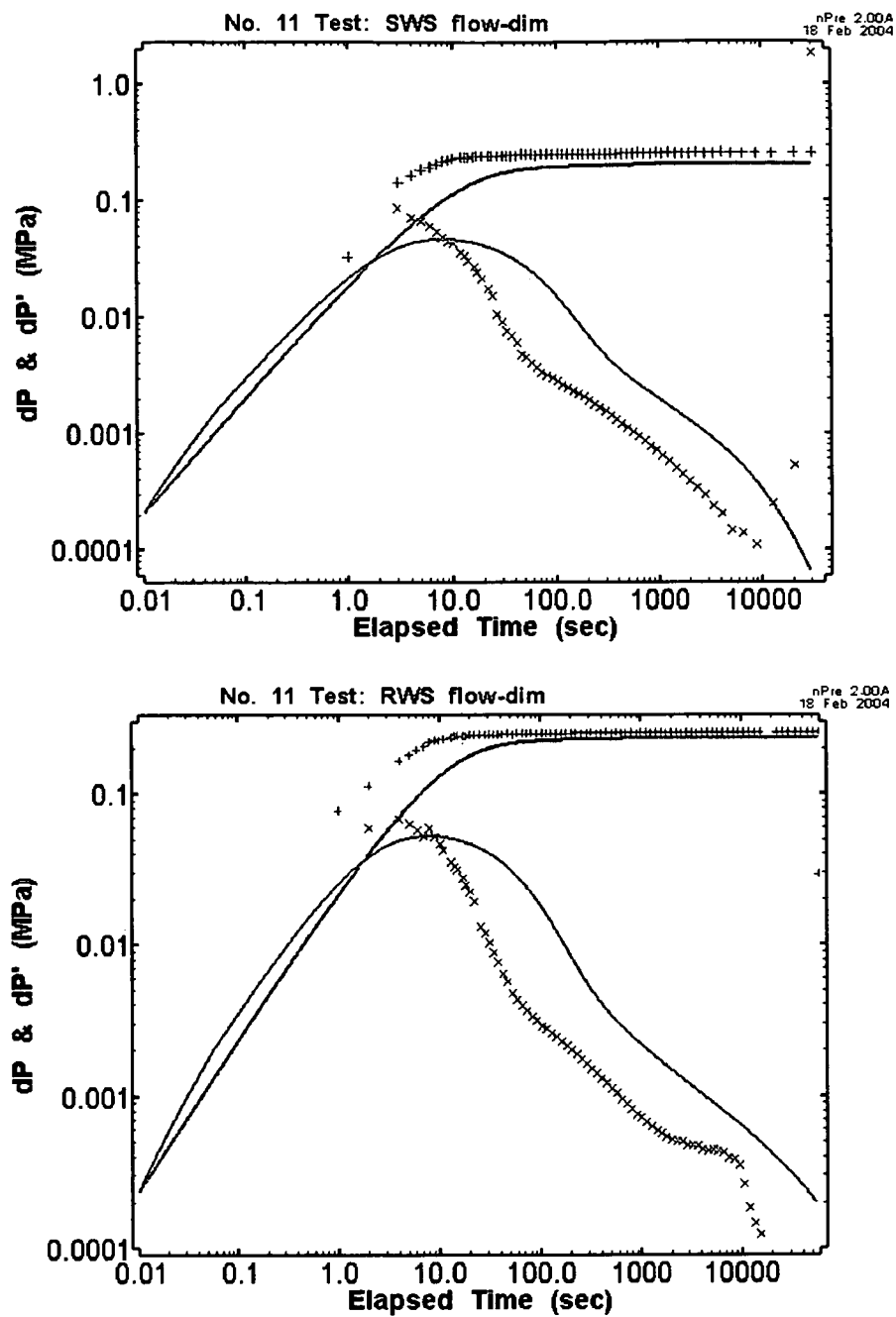


図 7.3-6 試験 No. 11 スラグ回復試験 (SWS : 上)および揚水回復試験 (RWS : 下)のダイアゴ

ノスティックプロット (流れの次元考慮)
(点 : 計測値、実線 : 解析値)

7.4 MULTISIM

(1) 標準曲線を用いた検討

MULTISIM では、試験 No. 11 の全試験過程のうち、揚水試験 (RW1、RW2、RW3) および揚水回復試験 (RWS) に着目した解析を行う。その理由は、それらの試験では影響半径が広く、母岩の特性をより正確に表すことができるからである。試験 No. 11 の揚水試験過程における計測揚水量を図 7.4-1 に示す。

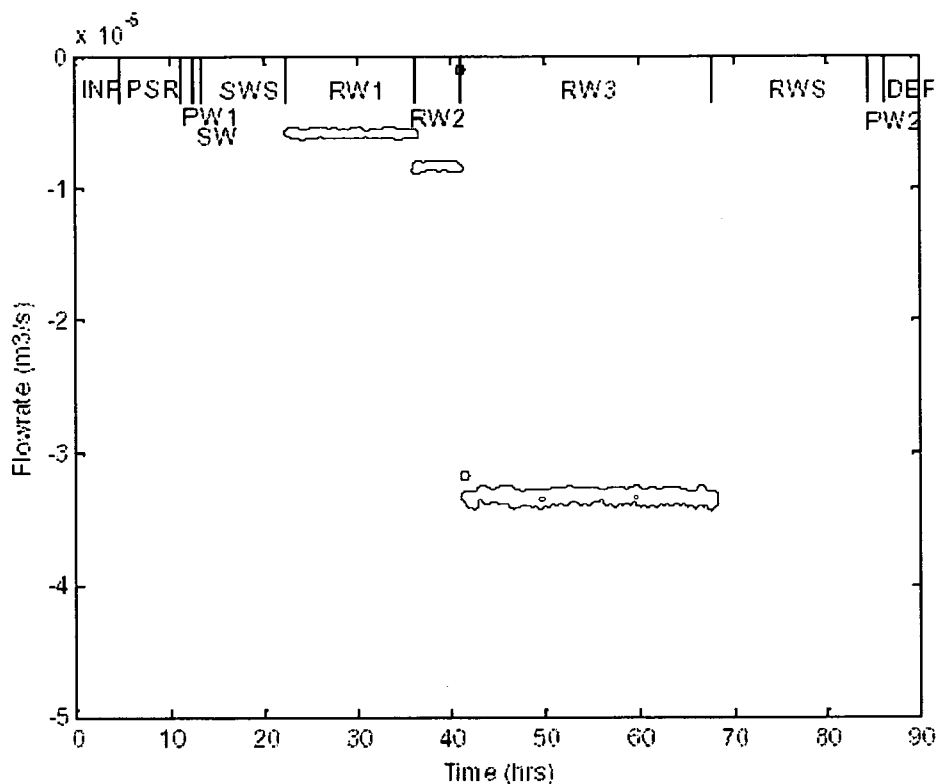


図 7.4-1 試験 No. 11 の揚水試験中の計測揚水量

試験 No. 9 における解析と同様に、まずはダイアゴノスティック解析を行う。ダイアゴノスティック解析では、フローモデルの評価と superposition の有・無によるパラメータの推定を行う。

図 7.4-2 に第 1 回揚水試験 (RW1) における no superposition 両対数ダイアゴノスティックプロットを示す。複雑なカーブになっていて、コンポジットおよびダブルポロシティモデルの可能性を示している。

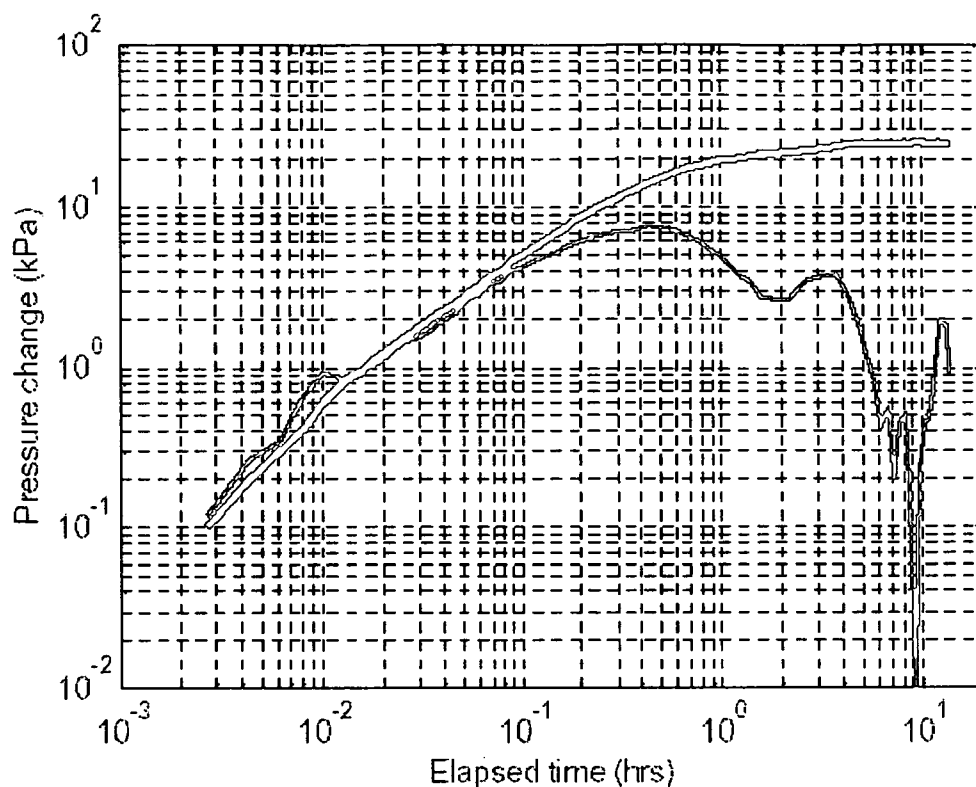


図 7.4-2 試験 No. 11 揚水試験 (RW1) の圧力変化図 (no superposition 両対数図)

図 7.4-3、図 7.4-4および図 7.4-5は、揚水試験 (RW1、RW2、RW3) における no superposition 片対数近似直線解法の結果を示している。図中の圧力変化は、コンポジットの放射状流れのフローモデルにおける典型的な挙動の2本の直線 (double straight line) を示し、試験の初期段階 (ボーリング孔付近) から後期段階 (ボーリング孔から離れた地域) までに、透水係数が変化していることが確認できる。これらの結果は表 7.4-1にまとめている。

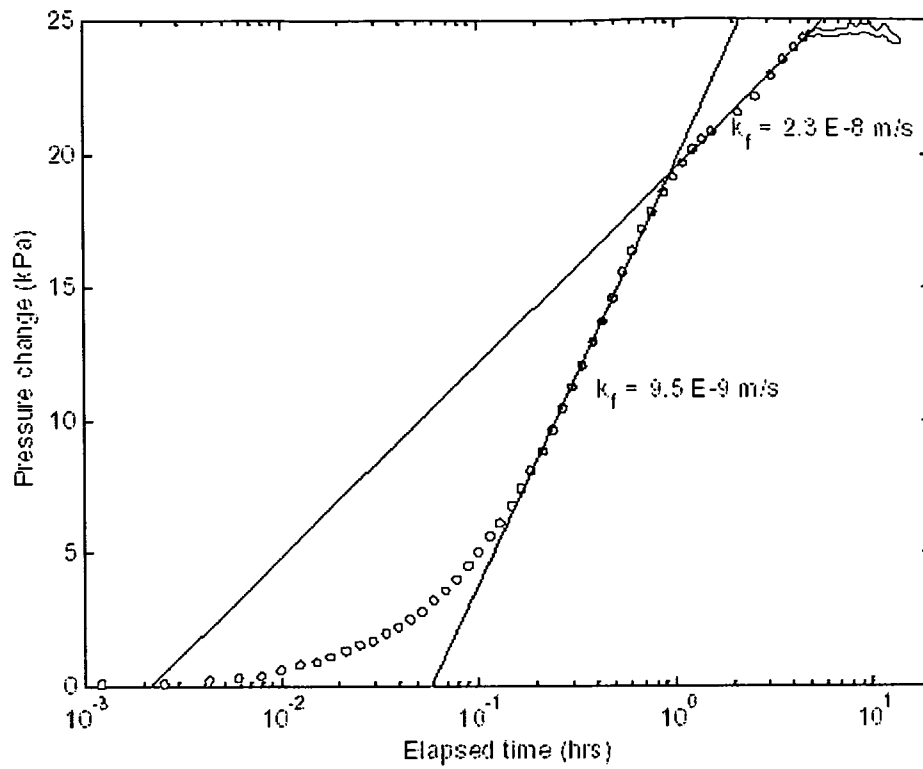


図 7.4-3 試験 No. 11 第 1 回揚水試験 (RW1) の近似直線解法 (no superposition)

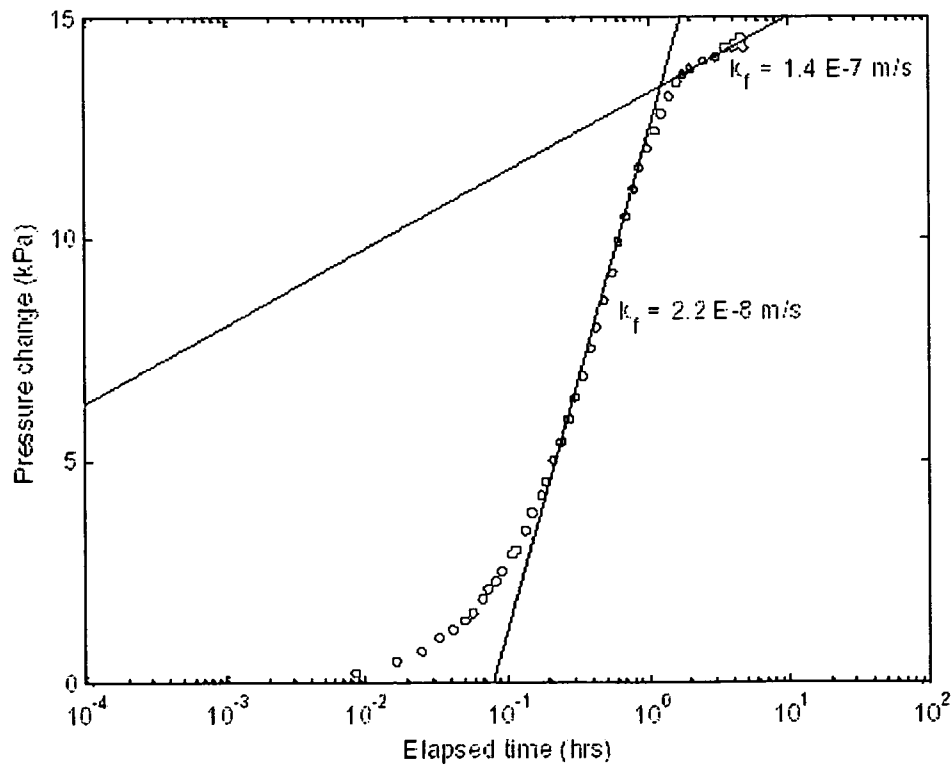


図 7.4-4 試験 No. 11 第 2 回揚水試験 (RW2) の近似直線解法 (no superposition)

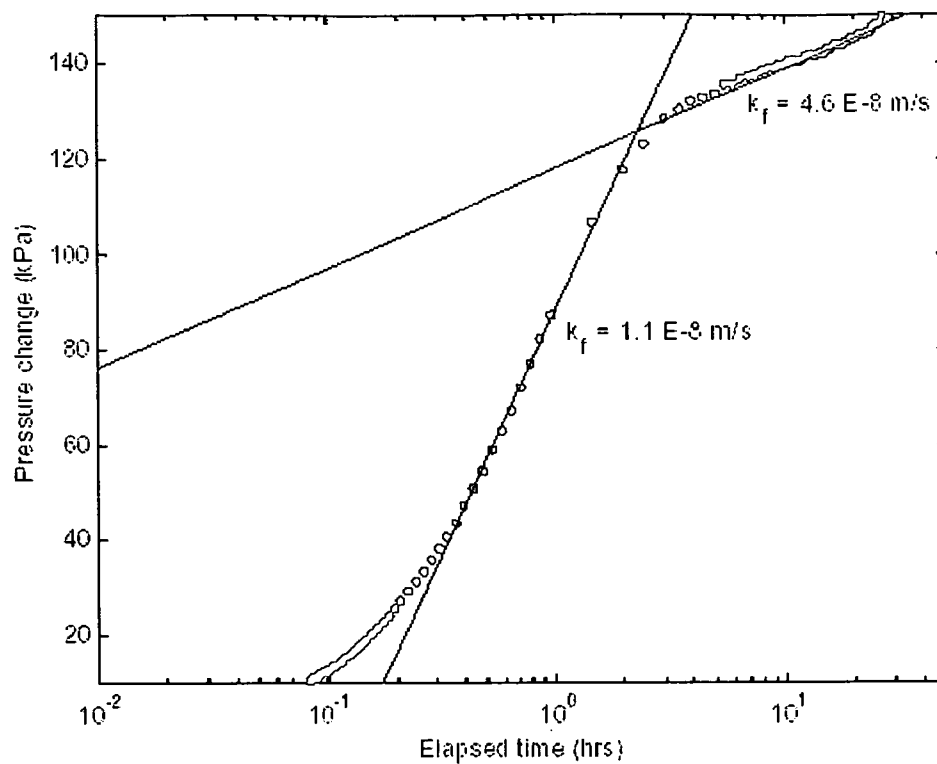


図 7.4-5 試験 No. 11 第 3 回揚水試験 (RW3) の近似直線解法 (no superposition)

表 7.4-1 近似直線解法による 3 つの揚水試験過程の透水係数の推定値

試験過程	中央部近似直線による透水係数(m/s)	後半部近似直線による透水係数(m/s)
RW1	9.5E-9	2.3E-8
RW2	2.2E-8	1.4E-7
RW3	1.1E-8	4.6E-8

次に、揚水回復試験(RWS)における full superposition 両対数図を用いて、フローモデルおよび母岩のパラメータにおける評価を行う(図 7.4-6参照)。

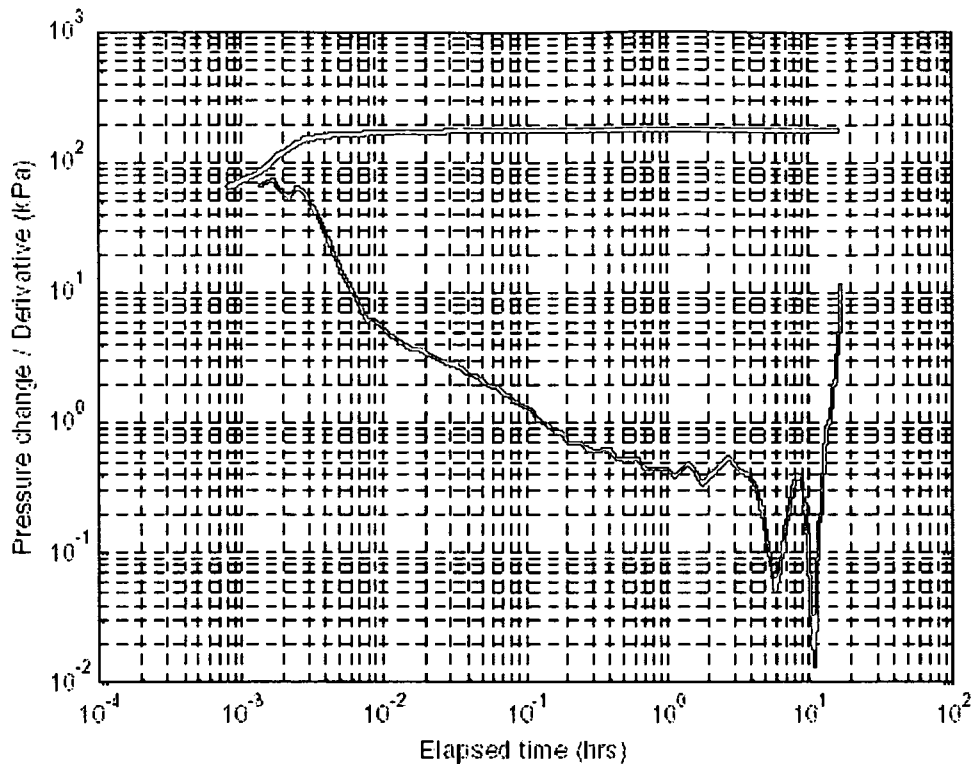


図 7.4-6 試験 No. 11 揚水回復試験 (RWS) の圧力変化図 (full superposition 両対数図)

放射状の流れが生じている圧力デリバティブは、試験の途中（ボーリング孔内の影響以後、境界の影響が生じる以前）に安定し、変動しなくなることによって特徴付けられる。しかしながら、図 7.4-6 の圧力デリバティブでは、安定した部分が確認できない。長時間のデリバティブの負(negative)の傾きは球状の (spherical) 流れ（場合によっては partial penetration 効果）を表している。

ボーリング孔内および母岩において、揚水試験 (RW) および揚水回復試験 (RWS) の試験データの整合性を確認するため、図 7.4-7 に両試験データの圧力変化図 (full superposition 両対数図) を示す。

揚水試験 (RW) よりも揚水回復試験時 (RWS) の圧力変動が早いことは、井戸貯留の影響が極めて低いことを表す。これはおそらく試験装置の技術的特徴によることであると思われる。これについては具体的な情報がなく、もっと詳しい調査が必要である。

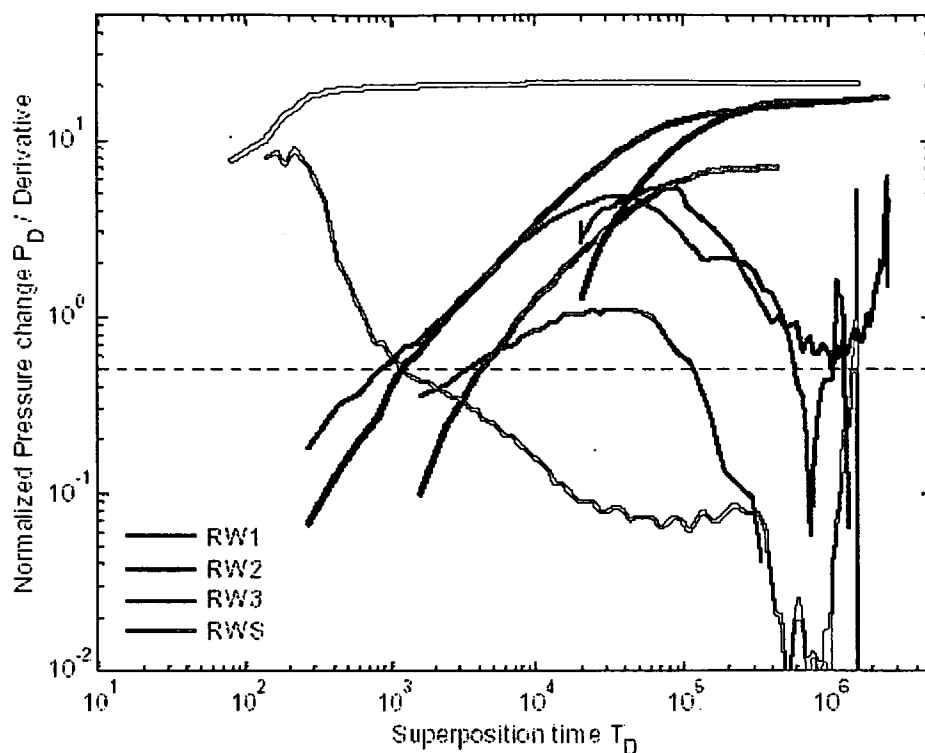


図 7.4-7 試験 No. 11 揚水試験および揚水回復試験の圧力変化図（full superposition 両対数図）

第 1 回揚水試験（RW1）および第 3 回揚水試験（RW3）の後半部における圧力デリバティブの安定がほぼ同一の時間に確認できることから、これらの試験過程において母岩の特徴は変化していないと考えられる。しかし、第 2 回揚水試験（RW2）および揚水回復試験（RWS）では異なる特徴が確認できる。

（2）逆解析による検討

次に、ダイアゴノスティック解析の結果から、フローモデルを設定し、最適化解析を行う。試験 No.11 では、以下の特徴を持つコンポジットの放射状流のフローモデルを用いた解析を行う。

- ・ 球状（spherical）流れのスキン領域（長時間の負の圧力デリバティブ）
- ・ 放射状流れの母岩（両対数図における安定化）
- ・ 変動スキン（多様なスキン境界条件を考慮するため）

なお、井戸貯留条件の変動は関連情報がないため考慮しない。井戸貯留係数は揚水試験過程のみでフィッティングし、他の試験過程では固定する。パルス試験（PW2）における井戸貯留の推定値は $8.7\text{E}\cdot 9\text{ 1/Pa}$ 、パルス試験（PW1）では $8.5\text{E}\cdot 9\text{ 1/Pa}$ である。水理パラメータの逆解析は、前述のとおり、揚水試験（RW1、RW2、RW3）および揚水回復試験（RWS）を対象として実施する。

逆解析の解析条件を表 7.4-2に整理して示す。なお、試験区間の比貯留係数は一般的な特性値として $1\cdot\text{E}\cdot 5\sim 1\cdot\text{E}\cdot 7\text{ m}^{-1}$ となること、他のパラメータと比較して、圧力変動に対する感度が小さいことから、本検討（初期の解析段階）では固定条件で設定している。

パルス試験（PW）を含む全試験過程の解析や比貯留係数を最適化パラメータとした解析は、次段階の詳細解析（本検討の対象外）で実施する。

表 7.4-2 MULTISIM を用いた試験 No. 11 逆解析の解析条件 (1)

パラメータ	設定値
試験区間の圧縮係数 (Pa^{-1})	$1\cdot\text{E}\cdot 8$
流れの次元 (-)	2
スキン領域流れの次元 (-)	3
比貯留係数 ($1/\text{m}$)	$1\cdot 0\text{E}\cdot 6$
スキン領域比貯留係数 ($1/\text{m}$)	$1\cdot 0\text{E}\cdot 6$
試験区間長 (m)	62.5
外部境界条件 定水頭境界(m)	5000

逆解析の結果を表 7.4-3および図 7.4-8に示す。図 7.4-9および図 7.4-10は、第1回揚水試験（RW1）および第3回揚水試験（RW3）のダイアゴノスティックプロットである。図 7.4-11は揚水回復試験（RWS）における圧力変化の計測および解析結果を full superposition 両対数図に示している。これらの図は最適フィッティングから求めた水理パラメータを用いて示している。

表 7.4-3 MULTISIM を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果 (1)

パラメータ	逆解析結果
透水係数 (m/s)	$1\cdot 33\text{E}\cdot 8$
静水圧 (MPa)	4.08
スキン係数 (RW1,RW2,RW3,RW4)	-0.642, -0.727, -0.792, -4.405
スキン透水係数 (m/s)	$7\cdot 63\text{E}\cdot 7$
スキン領域範囲 (半径 m)	60.184

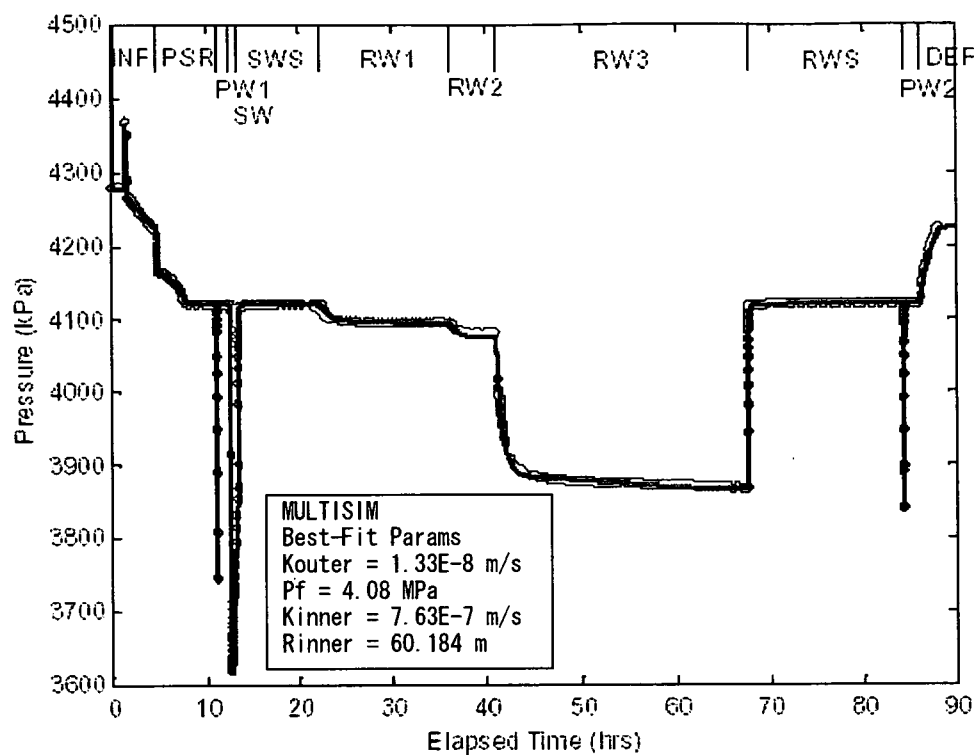


図 7.4-8 MULTISIM を用いた試験 No. 11 の逆解析結果
(赤点：計測値、青実線：解析値)

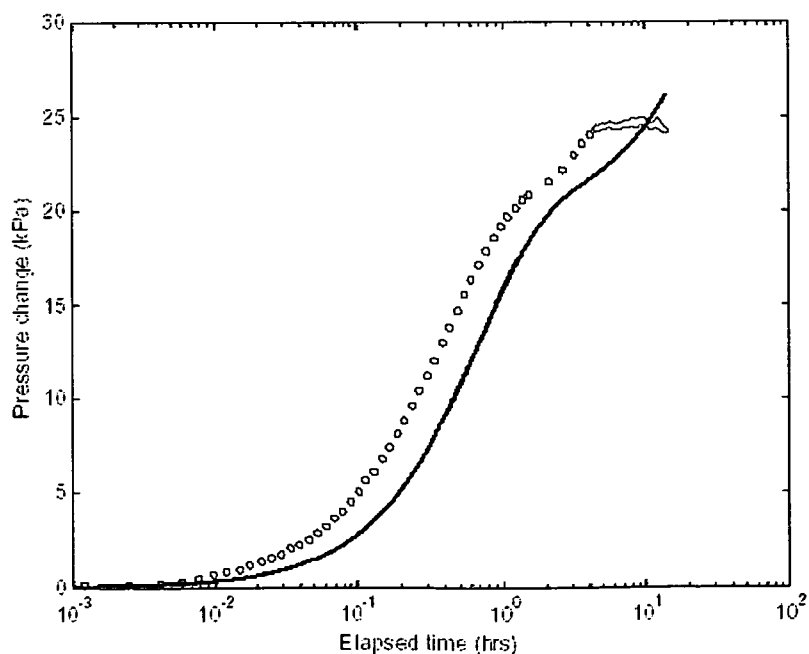


図 7.4-9 逆解析による試験 No. 11 第 1 回揚水試験 (RW1) の圧力変化図 (no superposition
片対数圧力変動図) (赤点：計測値、青実線：解析値)

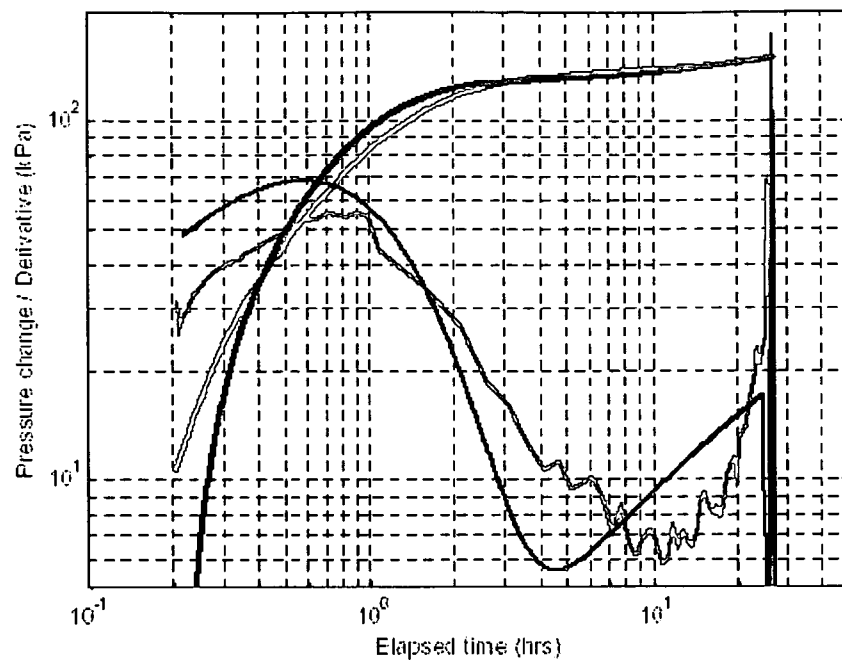


図 7.4-10 逆解析による試験 No. 11 第3回揚水試験(RW3)の圧力変化図(no superposition
両対数圧力変動図) (赤点：計測値、青実線：解析値)

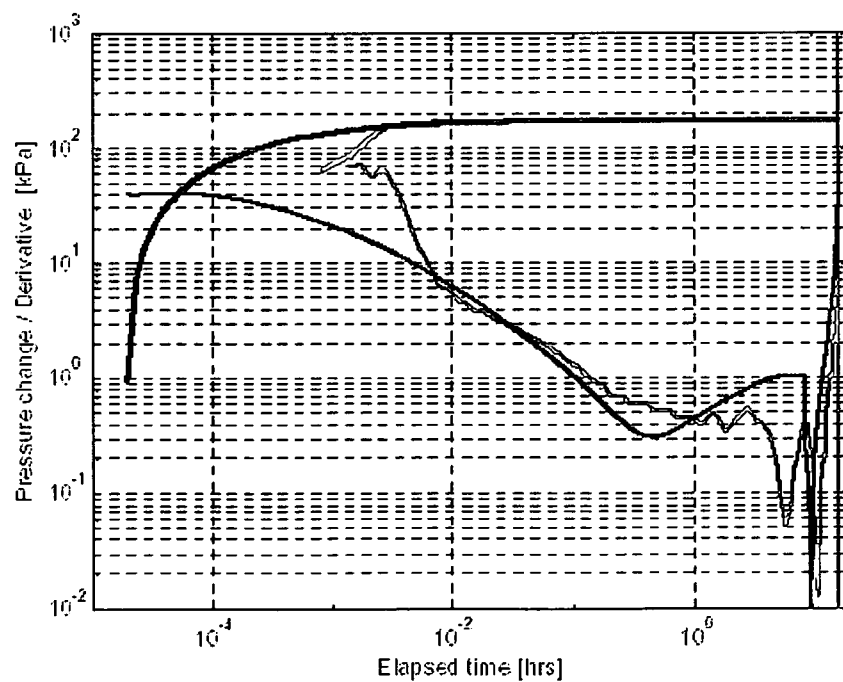


図 7.4-11 逆解析による試験 No. 11 揚水回復試験 (RWS) における圧力変化図 (full
superposition 両対数圧力図)
(赤点：計測値、青実線：解析値)

第1回揚水試験(RW1)における計測データと解析結果の初期のシフト(図 7.4・9参照)は、ボーリング孔パラメータを考慮していないことに起因すると考えられる。しかしながら、初期のシフトはあるものの、計測値と解析値の圧力は平行に変化していることから、用いたフローモデルおよびパラメータは母岩の特性をよく再現していると考えられる。

第3回揚水試験(RW3)および揚水回復試験(RWS)において、計測値と解析値による圧力変動が後半部でよく一致している(図 7.4・10および図 7.4・11参照)。このことから、母岩のパラメータは精度よく求められていると考えられる。特に図 7.4・11では、真中付近で計測値と解析値の非常に良好な一致が確認できる。これは球状(spherical)の流れのスキンをを用いて求めた母岩のパラメータの推定値が、高い信頼性を有することを表している。図 7.4・10および図 7.4・11において初期のマッチングが不良であるのは、井戸貯留特性の不確定性に起因していると考えられる。

コンポジットモデルでは、ボーリング孔付近の領域を特性の異なる内部領域として表現している。内部のスキン領域は球状(spherical)流れのフローモデルとして特徴付けられ、透水係数は $7.6\text{E}\cdot 7\text{ m/s}$ 、その範囲はボーリング孔から 60m 付近までである。母岩は半径方向モデルを用い、透水係数は $1.3\text{E}\cdot 8\text{ m/s}$ で、透水量係数は $8.1\text{E}\cdot 7\text{ m/s}$ である。

変動スキンにより求めた各試験過程のスキン係数は、揚水試験(RW1:0.64、RW2:0.73、RW3:0.79)では変動が小さく、揚水回復試験(RWS:4.4)では大きくなっている。

また、静水圧の推定値は 4,076 kPa、これは水頭として 77.7 m bGL に相当する。

影響半径(radius of investigation)を決定するためには、ボーリング孔周辺における試験以前の圧力ヒストリーとその後の試験過程の圧力ヒストリーの2つを考慮した解析が必要である。2つの状態におけるボーリング孔からの距離とその地点の圧力の解析結果を図 7.4・12に示す。これは最後の揚水試験(RW3)の終了時において行った。図より、二つのカーブが交差するところが影響半径であり、ここでは 170m である。

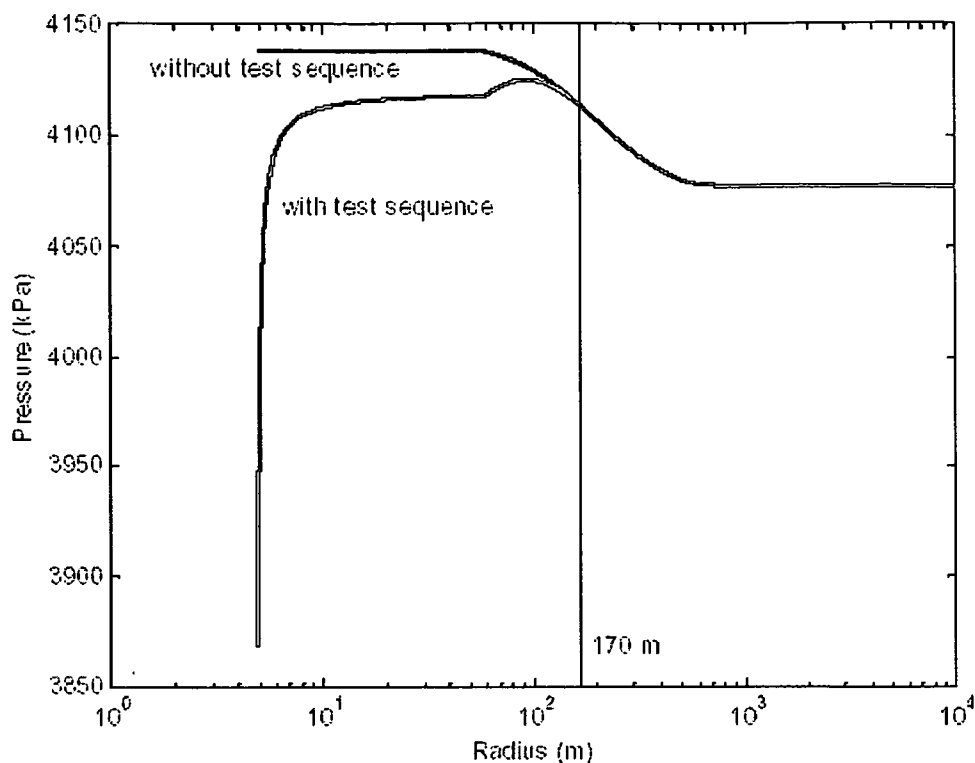


図 7.4-12 RWS 過程の終了時におけるボーリング孔からの距離とその地点での解析による
圧力カーブ
(青：試験過程を考慮せず、赤：試験過程を考慮)

(3) 追加の逆解析による検討

母岩の水理パラメータの信頼区間を推定することを目的として、2 ケースの追加的な解析を行った。最初のケースがヒストリーの影響を考慮した検討であり、2 つ目のケースがダブルポロシティのフローモデルを適用した検討である。

(i) ボーリング孔ヒストリーの影響

まず、ボーリング孔ヒストリーが解析結果に与える影響について検討する。ヒストリーの影響は、泥水の密度を水の密度($1,000 \text{ kg/m}^3$)に対して 5 %増加させることにより検討する。これは泥水の密度が本検討にて与えられていないこと、一般に泥水の密度は水の密度よりも大きくなることから経験的に設定した値である。

最適化パラメータは、前述の逆解析と同じく、揚水試験 (RW1、RW2、RW3) および揚水回復試験 (RWS) におけるスキnfアクター、スキンおよび母岩の透水係数、ボーリング孔中心からのスキンの範囲、静水圧などである。フィッティングの結果をおよび図

7.4-13に示している。

表 7.4-4 MULTISIM を用いた試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果 (2)

パラメータ	逆解析結果 (基本ケース)	逆解析結果 (追加：泥水密度考慮)
透水係数 (m/s)	1.33E-8	2.30E-8
静水圧 (MPa)	4.08	4.08
スキン係数(順に RW1,RW2, RW3,RW4)	-0.642, -0.727, -0.792, -4.405	-0.738, -0.857, -0.849, -4.312
スキン透水係数 (m/s)	7.63E-7	7.27E-7
スキン領域範囲 (半径 m)	60.184	59.639

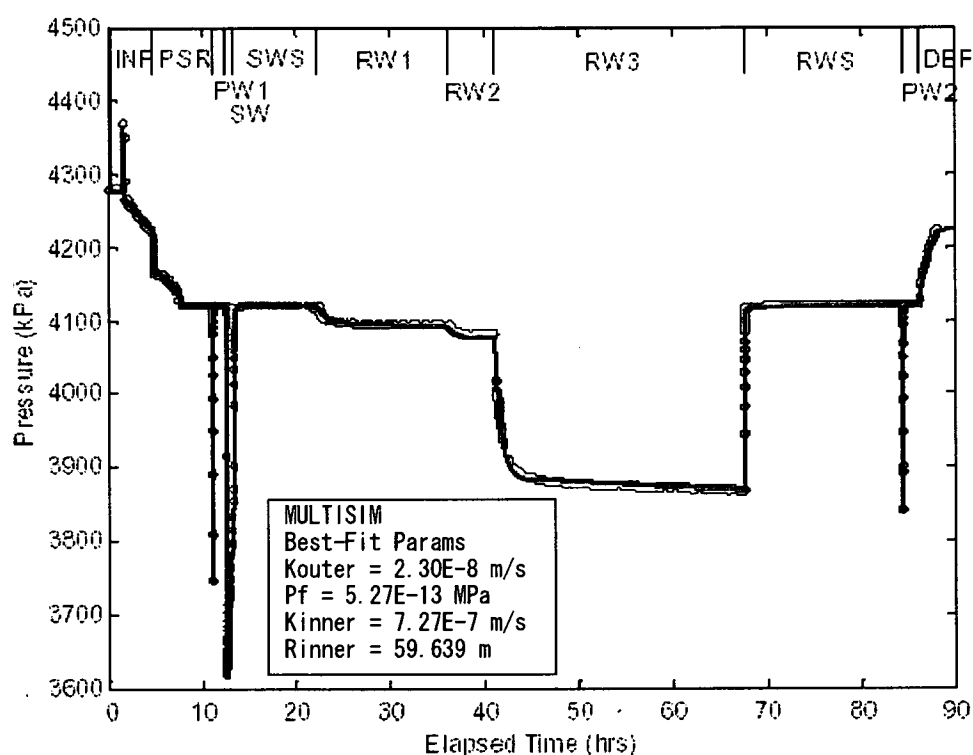


図 7.4-13 MULTISIM を用いた試験 No. 11 の逆解析結果 (流体密度増加ケース)
(赤点：計測値、青実線：解析値)

流体密度を増加させた解析の結果から、母岩のパラメータにおける推定値に変化はあるものの、解析による圧力値と計測値がよく一致していることが確認できる。これはボーリング孔ヒストリーの影響が明確であることを表している。しかし、その影響の程度は試験 No.9 に比べて小さい。

(ii) ダブルポロシティモデルの適用

次に、母岩にダブルポロシティを用いたコンポジットモデル解析を行う。このモデルは“亀裂性花崗岩”という地質特性およびダイアゴノスティックプロットに基づいている。コンポジットダブルポロシティモデル解析は自動と手動マッチングステップで構成されている。

ダブルポロシティモデルを用いた解析条件を表 7.4-5に、解析結果を表 7.4-6および図 7.4-14に示す。

表 7.4-5 MULTISIM を用いた試験 No. 11 逆解析の解析条件(2)

パラメータ	設定値 (ダブルポロシティ)
試験区間の圧縮係数 (Pa^{-1})	3.34.E-7
流れの次元 (-)	全領域 2
割れ目比貯留係数 (1/m)	1.0E-6
マトリクス比貯留係数 (1/m)	1.0E-7
スキン比貯留係数(1/m)	1.0E-6
幾何学係数 ($1/\text{m}^2$)	1
試験区間長 (m)	62.5
外部境界条件 定水頭境界(m)	5000

表 7.4-6 MULTISIM による試験 No. 11 全試験過程の逆解析結果(3)

パラメータ	逆解析結果 (基本ケース)	逆解析結果 (追加①： 泥水密度考慮)	逆解析結果 (追加②：ダブル ポロティモデル)
透水係数 (m/s)	1.33E-8	2.30E-8	割れ目:6.19E-6 基質部:4.01E-11
静水圧 (MPa)	4.08	4.08	4.06
スキン係数(順に RW1,RW2, RW3,RW4)	-0.642, -0.727, -0.792, -4.405	-0.738, -0.857, -0.849, -4.312	0, 0, 0, 0
スキン透水係数 (m/s)	7.63E-7	7.27E-7	6.02E-6
スキン領域範囲 (半径 m)	60.184	59.639	0.071
割れ目マトリックス体積比	—	—	0.996

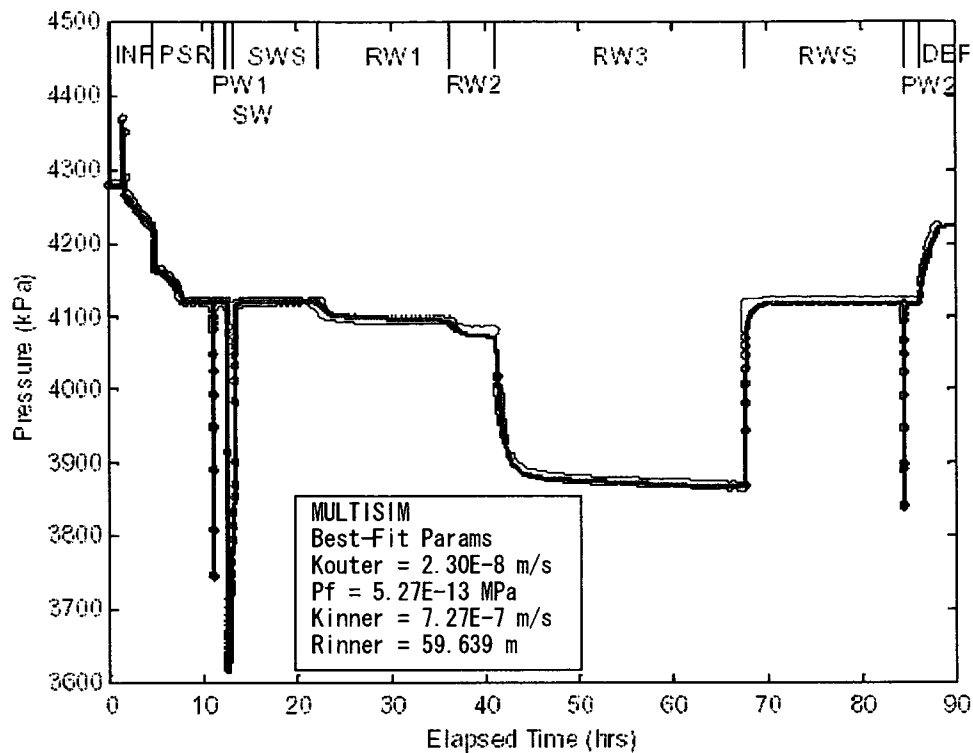


図 7.4-14 MULTISIM を用いた試験 No. 11 の逆解析結果（ダブルポロシティモデル）
（赤点：計測値、青実線：解析値）

割れ目の透水係数は $6.2\text{E-}6$ m/s、スキン透水係数は若干異なり $6.0\text{E-}6$ m/s でその境界半径は 0.07m である。マトリクスの透水係数は $4\text{E-}11$ m/s である。静水圧の推定値は 4,056 kPa で、これは水頭 79.8 m bGL に相当する。

第 1 回揚水試験（RW1）および第 3 回揚水試験（RW3）におけるダイアゴノスティックプロットを図 7.4-15 および図 7.4-16 にそれぞれ示す。スキンを変数とすることでコンポジットの放射状の流れのフローモデルと比べて、良いマッチングが得られることが分かる。

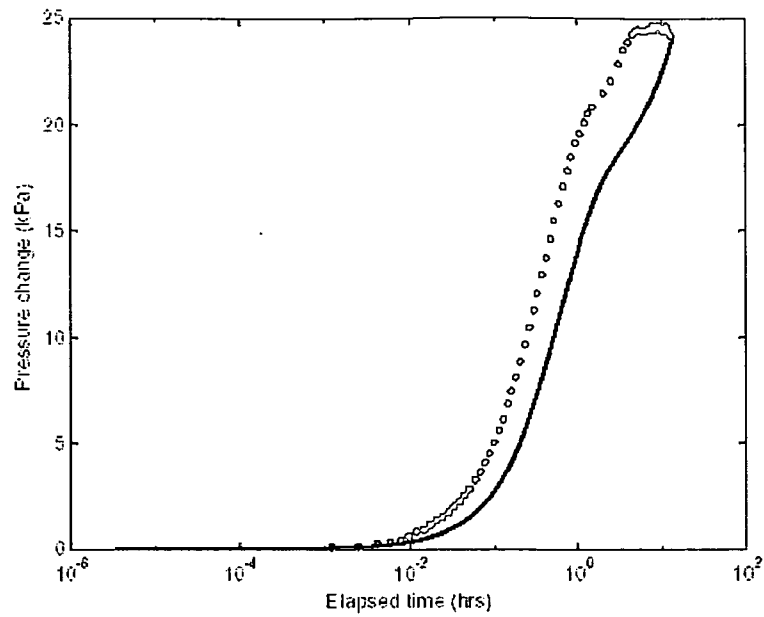


図 7.4-15 試験 No. 11 第 1 回揚水試験 (RW1) の圧力変化図 (ダブルポロシティモデル) (no
superposition 片対数図) (赤点 : 計測値、青実線 : 解析値)

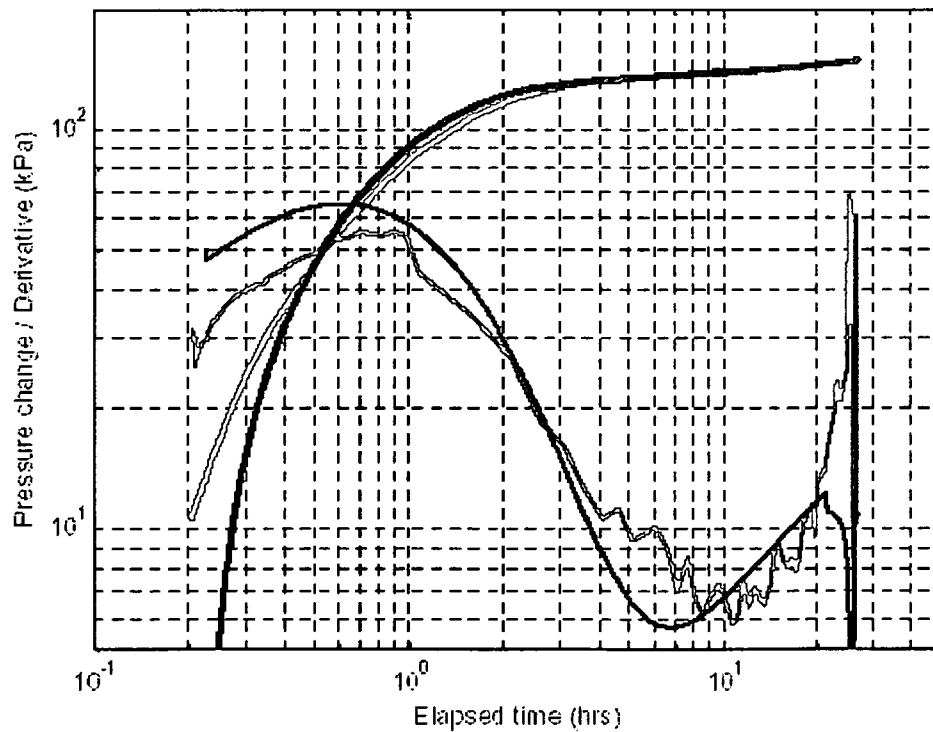


図 7.4-16 試験 No. 11 第 3 回揚水試験 (RW3) の圧力変化図 (ダブルポロシティモデル) (no
superposition 片対数図) (赤点 : 計測値、青実線 : 解析値)

(4) MULTISIMによる結果のまとめ

幾つかのフローモデルを用いた水理パラメータの推定結果から、フローモデルとしては、コンポジットの放射状流のフローモデルで、スキンを変数とするモデルが最も適切と考えられる。また、外側の境界条件の影響は確認できない。

これらの MULTISIM による解析結果を表 7.4-7に示す。なお、表中の信頼区間の設定は上記の逆解析の追加検討結果や逆解析的手法の数学的な不確実性を考慮した技術的判断により設定している。

表 7.4-7 MULTISIM を用いた試験 No. 11 の水理パラメータの推定値

パラメータ	最適推定値	信頼区間
フローモデル	変動スキンを用いたコンポジットモデル	
スキnfアクター	-1.0(RW1, RW2, RW3) および -4.0(RWS)	
スキン透水係数 [m/s]	7.6E-7	1)
スキン半径 [m]	60	1)
透水係数	1.3E-8	5.0E-9 ~ 3.0E-8
透水量係数 [m ² /s]	8.1E-7	3.0E-7 ~ 2.0E-6
静水圧 [MPa]	4.076	4.050 ~ 4.100
水頭 [m bGL]	77.7	80.4 ~ 75.3
1)さらなる詳細解析（本検討範囲外）により検討可能		

8. 検討結果のまとめと考察

8.1 検討結果のとりまとめ方針

本検討の主要な目的は、複数の水理試験解析コード（AQTESOLV、ITOUGH2、nSights、MULTISIM）により同一のデータ（理論解データ、原位置試験データ）を用いた解析を実施し、解析コードの妥当性を確認すること、また、検討結果より深部地質環境を対象とする高品質の水理パラメータを取得する際の課題について考察することである。

そのため、以下の2つの視点から、これまでに示してきた複数の解析コードによる検討結果をとりまとめる。

- 水理パラメータ（透水量係数、貯留係数）を評価する解析コードの検証
- 高品質な水理パラメータ取得のための課題

(1) 水理パラメータを評価する解析コードの検証

本検討で適用した複数の水理試験解析コードは、解析の基本原理や機能が異なるものの（前述表 4.5-1参照）、透水試験により得たデータ（主に圧力変化）から、水理パラメータ（透水量係数および貯留係数）を算定することを目的として開発されたものである。

そこで、同一のデータ（理論解データ）を用いた解析結果を比較することにより、解析コードの基本的な機能の検証結果を整理する。

(2) 高品質な水理パラメータ取得のための課題

サイクル機構殿は、超深地層研究所の基本計画にて MIZ-1 号孔を用いた深部地質環境の試錐調査プログラムを別途実施、展開中である。試錐調査プログラムでは、以下の目的の達成に向けて水理試験を実施している。

- 試錐孔で出現が予想される断層などの大規模な不連続構造および水みちとなる透水性割れ目（帯）等の透水量係数、貯留係数および間隙水圧、フローモデル等の水理パラメータの取得
- 透水性割れ目（帯）の検出方法の確立

水理試験および評価結果の評価までの流れを図 8.1-1に示す。図では、「Ⅰ. 水理試験の実施」し、取得したデータを「Ⅱ. 現場解析」および「Ⅲ. 水理詳細解析」の2つのプロセ

スで評価し、評価結果をとりまとめる手順を示している。

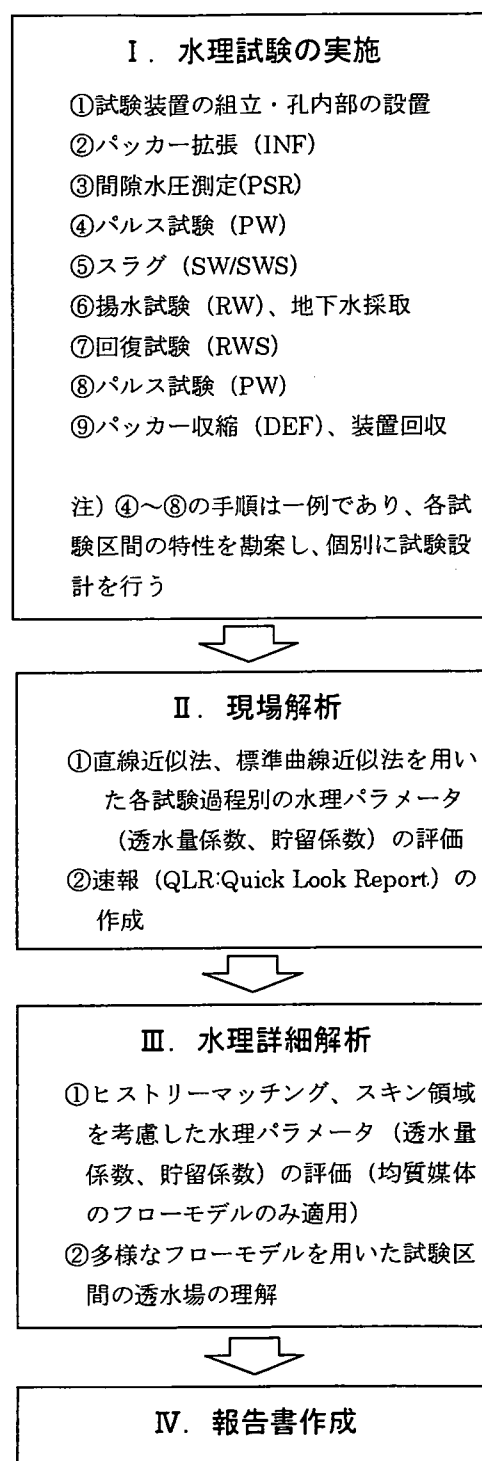


図 8.1-1 水理試験実施から試験結果の評価までの流れ

図中に示したように「Ⅰ. 水理試験」はパルス、スラグ、揚水等のマルチイベント（複数の試験過程）の試験であり、試験区間の水理特性を勘案して、個別に試験設計を実施する。また、「Ⅱ. 現場解析」では直線近似、あるいは標準曲線を用いて、個々の試験過程の水理パラメータ（透水量係数、貯留係数）を算定する。そして、「Ⅲ. 水理詳細解析」では、ヒストリーマッチングを用いて、マルチイベントの試験で得られたデータを統合した評価や、スキン領域や境界条件、ボアホールヒストリーなど、より複雑な場の特性や試験条件を考慮した条件下での水理パラメータの解析を実施する。なお、この段階で適用するフローモデルは、均質媒体モデルのフローモデルとする。その理由は、評価した水理パラメータ（透水量係数、貯留係数）が、当該サイトの地下水流動を評価する均質多孔質媒体の数値解析モデルに反映されることにある。

図中の「Ⅲ. 水理詳細解析」の枠内には、更なる検討事項として、多様なフローモデルを用いた試験区間の場の理解をあげている。具体的には、検討の範囲を均質媒体とは異なるフローモデルの適用（ダブルポロシティモデル、コンポジットモデル、流れの次元を考慮したモデル）まで広げることにより、水理パラメータの評価に加えて、試験区間周辺の岩体の水理地質構造や地下水流動特性を評価することである。これらの情報は、評価のスケールに対応した地下水流動解析モデルの適切な概念化に資する。

以上のような試錐調査プログラムでの実施の流れと、本検討で実施した AQTESOLV、ITUGH2、nSights、MULTISIM の 4 つのコードによる検討事項との対応を整理すると、表 8.1-1 のとおりとなる。

以下に示す検討結果のとりまとめでは、試錐調査プログラムへの上記のような対応を勘案して、特に水理詳細解析(1)および(2)の実施において、高品質な水理パラメータを取得するための解析の方針や解析に内在する不確実性について考察する。

表 8.1-1 試錐調査プログラムの流れと本検討で実施した検討項目の対応

試錐調査プログラム	AQTESOLV	ITOUGH2	nSights	MULTISIM
Ⅱ. 現場解析 ①直線近似法、標準曲線近似法を用いた各試験過程別の水理パラメータ（透水量係数、貯留係数）の評価 ②速報（QLR:Quick Look Report）の作成	○:No.9およびNo.11の解析は、現場解析に相当する	×: AQTESOLVの結果を利用	×: AQTESOLVの結果を利用	○: No.9 および No.11 のダイアゴノスティック解析は、現場解析に相当する
Ⅲ. 水理詳細解析(1) ①ヒストリーマッチング、スキン領域を考慮した水理パラメータ（透水量係数、貯留係数）の評価	×: 適用不可	○: No.9 および No.11 の均質媒体モデルの検討が相当する	○: No.9 および No.11 のスキン+均質媒体モデルの検討が相当する	○: No.9 のスキン+均質媒体モデルの検討が相当する
Ⅲ. 水理詳細解析(2) ②多様なフローモデルを用いた試験区間の透水場の理解	×: 適用不可	×: 実施せず	○: No.9 および No.11 の流れの次元を考慮したモデルでの検討が相当する	○: No.11 のコンポジットモデル（流れの次元考慮）、No.9およびNo.11のダブルポロシティモデル検討が相当する

8.2 検討結果のとりまとめ

(1) 水理パラメータを評価する解析コードの検証

理論解データを用いた各解析コードの検討結果をとりまとめて表 8.2-1に示す。理論解データで設定した透水係数、比貯留係数を汎用帯水層評価コード AQTESOLV、多成分流れ解析コードの TOUGH2、井戸試験解析コードの nSights、MULTISIM の全てが妥当に再現している。

岩盤を均質媒体として、放射状流れ場を仮定した揚水および揚水回復試験の理想的なデータに対して、全てのコードが適用できることを確認した。これにより、全てのコードの基本的な検証がなされた。

表 8.2-1 理論解データを用いた各解析コードの検討結果の比較

	理論解データ	AQTESOLV*		ITOUGH2	nSights	MULTISIM
透水係数	1.0E-8	1.003E-8	1.003E-8	9.88E-9	9.992E-9	1.003E-8
比貯留係数	1.0E-5	1.0E-5	1.0E-5	1.092E-5	1.052E-6	9.7E-7

*AQTESOLV は揚水試験と揚水回復試験の両過程を個別に解析、他のコードは両過程のヒストリーマッチング結果

(2) 高品質な水理パラメータ取得のための課題

上述のとおり、岩盤を均質媒体として、放射状の流れ場を仮定した水理試験データの解析では、全ての解析コードで適切な水理パラメータが得られる。しかしながら、実際の水理試験では、岩盤の不均質性、流れの異方性、孔壁周辺の生じるスキン領域などの影響が含まれた水理試験データ（主に試験中の圧力変化データ）を取得し、水理解析を実施することになる。

検討事例で示したとおり、原位置試験データを用いた解析では、水理試験により取得したデータから、ボーリングヒストリーの影響、スキンの影響の考慮の必要性などについて、技術的判断を行う。水理解析により求めた水理パラメータの不確実性は、逆解析を実施する際の数値解析コードの数学的な誤差だけではなく、解析条件を設定する技術的判断に伴ったものとなる。

そこで、試験 No.9 および試験 No.11 の原位置試験データを用いた解析における解析条件の設定方法について、複数の解析コードあるいは複数の解析者別の技術的判断を整理、比較する。また、それらの技術的判断の差異を、高品質な水理パラメータ取得のための課

題とし、超深地層研究所における水理試験および水理解析実施時の対応について考察する。

(i) 水理パラメータ評価のための水理詳細解析(1)

試錐調査プログラムの水理詳細解析(1)では、マルチイベントの試験データを利用したヒストリーマッチングをボーリングヒストリーやスキン領域の影響を考慮して実施する。なお、この段階では、均質媒体のフローモデルの適用を想定する。

前述の表 8.1-1に示したとおり、ITOUGH2、nSights および MULTISIM による以下の検討がこの段階の検討に相当する。

- ITOUGH2 : No.9 および No.11 の均質媒体モデルの検討
- nSights : No.9 および No.11 のスキン+均質媒体モデルの検討
- MULTISIM : No.9 のスキン+均質媒体モデルの検討

解析条件の設定や解析の実施に関して、上記の検討でなされた技術的判断は以下のとおりとなる。また、上記の検討により算定した透水係数を図 8.2-1および図 8.2-2にとりまとめる。

- ① 解析パラメータのうち、貯留係数の設定
- ② 解析パラメータのうち、圧縮係数の設定
- ③ 解析パラメータのうち、静水圧の設定
- ④ 解析パラメータのうち、スキン領域の設定
- ⑤ ボーリングヒストリーの影響の設定
- ⑥ 解析対象データするイベントの選定

上記の検討事例でなされた nSights および MULTISIM の解析における技術的判断の内容と、それらを参考とした超深地層研究所における今後の水理詳細解析実施への提言をとりまとめて表 8.2-2に示す。

技術的判断として重要な項目は、スキン領域の取り扱いと考えられる。nSights および MULTISIM のいずれにおいてもコンポジットモデルの内部領域をスキン領域としてモデル化することになる。その際、内部領域の取り扱いにより、スキン領域としての判断が明確にできない場合がある。具体的には、MULTISIM で試験 No.11 を解析した事例のよう

に、内部領域の範囲が 60m 以上の場合は、スキン領域をモデル化しているのか、内側の岩盤（地盤）をモデル化しているのか、明確に判断できない。そのため、MIU 試錐プログラムへの提言では、nSights での事例で示したスキン半径 5cm での固定を推奨している。

表 8.2-2 複数コードによる解析で実施した技術的判断項目・概要と MIU 試錐プログラムへの提言の整理【水理詳細解析(1)段階】

判断項目	技術的判断の概要		MIU 試錐プログラムへの提言
	nSights	MULTISIM	
①貯留係数の設定	最適化パラメータとして扱う	典型的な値 $1.E-6$ (1/m) として決定的に取り扱う	最適化パラメータとして扱う
②圧縮係数の設定	典型的な値 $2.E-9$ (1/Pa) として決定的に取り扱う	パルス試験による算定値を確認した後に、典型的な値 $1.E-8$ (1/Pa) として決定的に取り扱う	パルス試験による算定値を記録した後に、典型的な値 $1.E-8$ (1/Pa) として決定的に取り扱う
③静水圧の設定	圧力変化図から静水圧の安定性が確認できた際（試験 No.11）には決定的に、ヒストリー等の影響が想定される場合（試験 No.9）は、最適化パラメータとして扱う	最適化パラメータとして扱う	圧力変化図から静水圧の安定性が確認できた際には決定的に、ヒストリー等の影響が想定される場合は、最適化パラメータとして扱う
④スキン領域の設定	スキンの範囲を孔壁から 5cm（半径）と決定的に取り扱い、スキン透水係数を最適化パラメータとする	コンポジットモデルを用いて、内部領域の範囲（半径）、内部領域の透水係数の 2 つを最適化パラメータとする（内部領域をスキンとするのか、フローモデルとするのかは明確でない）	水理詳細解析（1）では、スキンの範囲を孔壁から 5cm（半径）と決定的に取り扱い、スキン透水係数を最適化パラメータとする
⑤ボーリングヒストリーの影響の設定	圧力変化図から定圧の注入試験として模擬する	泥水の影響を水の密度を増加させることで模擬（5%）する	圧力変化図から定圧の注入試験など、仮想の試験を設定して圧力変化を模擬する
⑥データとするイベントの選定	試験過程別のデータの品質（人為的なノイズの有無など）を確認した後に、全試験過程を用いる	試験による影響範囲が大きい試験過程を用いる（試験 No.9：SW,SWS、試験 No.11：RW1, RW2, RW3,RWS を利用）	試験過程別のデータの品質（人為的なノイズの有無など）を確認した後に、全試験過程を用いる

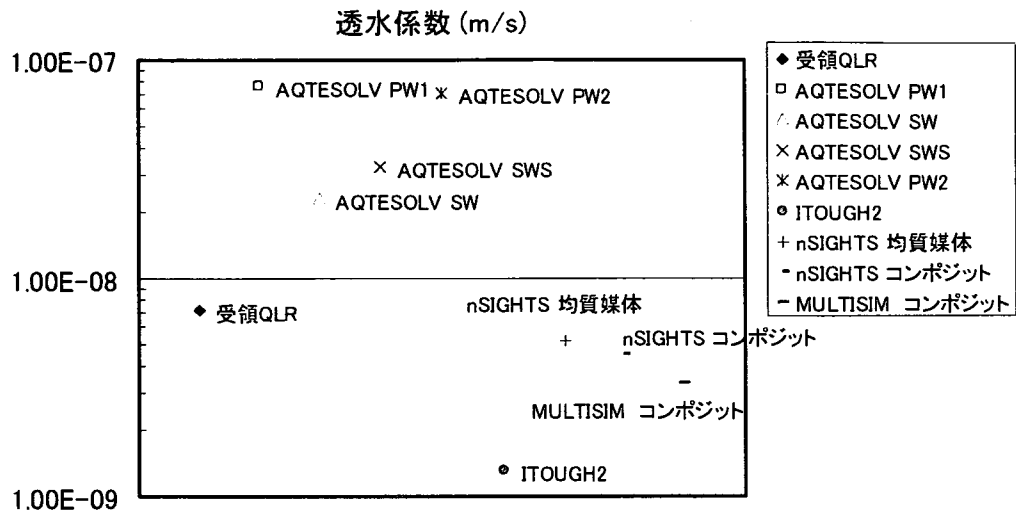


図 8.2-1 試験 No. 9 における各解析コードによる透水係数の推定値(1)

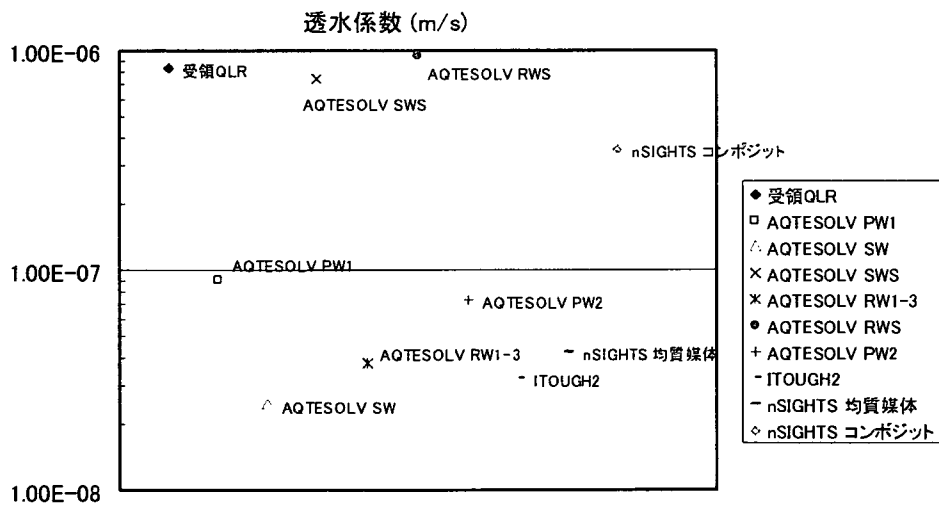


図 8.2-2 試験 No. 11 における各解析コードによる透水係数の推定値(2)

(ii) 試験区間の透水場理解のための水理詳細解析(2)

試錐調査プログラムの水理詳細解析(2)では、多様なフローモデルを用いて試験データを解析することにより、フィッティングの更新と、試験区間周辺の透水場の理解を行う。

前述の表 8.1-1に示したとおり、ITOUGH2、nSights および MULTISIM による以下の検討がこの段階の検討に相当する。

- nSights : No.9 および No.11 の流れの次元を考慮したモデルでの検討
- MULTISIM : No.11 のコンポジットモデル (流れの次元考慮)、No.9 および No.11 のダブルポロシティモデル検討

解析条件の設定や解析の実施に関して、上記の検討でなされた技術的判断は以下のとおりとなる。また、上記の検討により算定した透水係数を図 8.2-3、表 8.2-4、表 8.2-5および図 8.2-4、表 8.2-6、表 8.2-7にとりまとめる。

- ① 試験 No.9 における多様なフローモデルの設定
- ② 試験 No.11 における多様なフローモデルの設定

上記の検討事例でなされた nSights および MULTISIM の解析における技術的判断の内容と、それらを参考とした超深地層研究所における今後の水理詳細解析実施への提言をとりまとめて表 8.2-3に示す。

表 8.2-3 複数コードによる解析で実施した技術的判断項目・概要と MIU 試錐プログラム

への提言の整理【水理詳細解析(2)段階】

判断項目	技術的判断の概要		MIU 試錐プログラム への提言
	nSihgts	MULTISIM	
①試験 No.9にお ける多様なフ ローモデルの 設定	本試験区間が断層破碎帯 に位置し、試錐孔へ傾斜 した断層が交差する構造 モデルを勘案して、流れ の次元を考慮した検討を 実施	本試験区間が断層破碎帯 に位置するため、ダブル ポロシティモデルを用い た検討を実施	○試験区間の地質/地質 構造とデリバティブプロ ット等の試験データか ら、流れの次元あるいは ダブルポロシティのフロ ーモデルを適用する。
②試験 No.11 に おける多様な フローモデル の設定	本試験区間が断層帯上部 の割れ目帯に位置し、回 復試験から得られたデリ バティブプロットから、 次元の大きな流れ場 (spherical) が想定され たことから、流れの次元 を考慮した検討を実施	3 回の揚水回復試験、揚 水回復試験の挙動の整合 性が確認できないため、 変動スキンを考慮できる モデルの検討を実施 揚水回復試験のデリバ ティブから次元の大きな 流れ場 (spherical) を想 定し、内部領域の流れの 次元を 3 に、外部領域の 流れの次元を 2 として決 定論的に取り扱う 本試験区間が断層帯上 部の割れ目帯に位置す るため、ダブルポロシ ティモデルを用いた検討 を実施	○均質多孔質媒体のフロ ーモデルと比較して、フ ィッティングの向上が確 認できた場合は、場の理 解のための情報として報 告書に記録する。 ○透水試験から得られ る場の特性の情報を地下 水流動の概念化や数値解 析モデルの構築にどのよ うに反映するかは今後の 研究課題である。

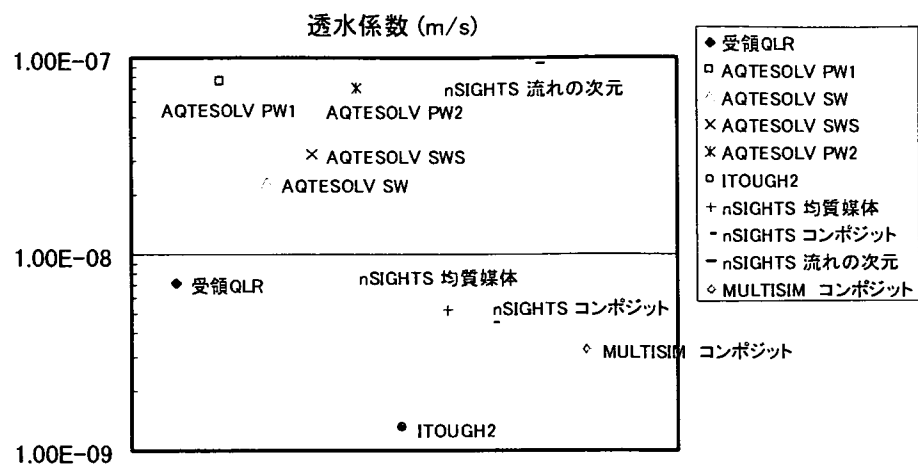


図 8.2-3 試験 No. 9 における各解析コードによる透水係数の推定値

表 8.2-4 試験 No. 9 における各解析コードによる透水係数の推定値 (1)

解析コード	受領 QLR	AQTESOLV			
試験過程	SWS	PW1	SW	SWS	PW2
透水係数 (m/s)	7.07E-09	7.51E-08	2.31E-08	3.21E-08	6.99E-08

表 8.2-5 試験 No. 9 における各解析コードによる透水係数の推定値 (2)

解析コード	ITOUGH2	nSights			MULTISIM
フローモデル	均質媒体	均質媒体	コンポジット	流れの次元	コンポジット
透水係数 (m/s)	1.30E-09	5.15E-09	4.42E-09	9.23E-8	3.30E-09

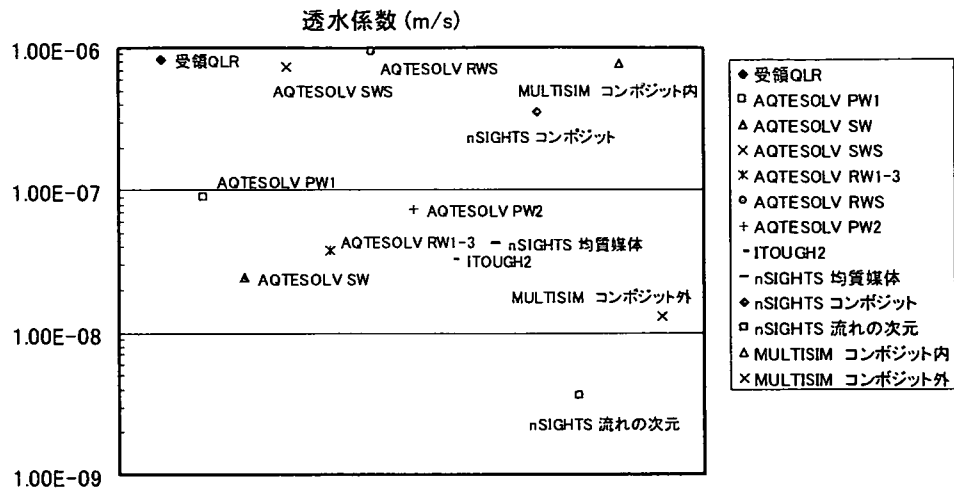


図 8.2-4 試験 No. 11 における各解析コードによる透水係数の推定値

表 8.2-6 試験 No. 11 における各解析コードによる透水係数の推定値 (1)

解析コード	受領 QLR	AQTESOLV					
試験過程	RWS	PW1	SW	SWS	RW1-3	RWS	PW2
透水係数 (m/s)	8.26E-07	8.93E-08	2.41E-08	7.31E-08	3.76E-08	9.39E-07	7.28E-08

表 8.2-7 試験 No. 11 における各解析コードによる透水係数の推定値 (2)

解析コード	ITOUGH2	nSights			MULTISIM	
フローモデル	均質媒体	均質媒体	コンポジット	流れの次元	コンポジット内	コンポジット外
透水係数 (m/s)	3.21E-08	4.20E-08	3.51E-07	3.61E-09	7.63E-7	1.30E-08

(3) 今後の課題

本検討では、複数の水理試験解析コード(AQTESOLV、ITOUGH2、nSights、MULTISIM)により同一のデータ(理論解データ、原位置試験データ)を用いた解析を実施し、解析コードの妥当性について確認した。また、検討結果より、深部地質環境を対象とする高品質の水理パラメータを取得する際の課題についてとりまとめた。

検討により明らかとなった今後の課題について以下に示す。

- マルチイベントの水理試験から得られたデータを利用して、水理パラメータを評価する際に、ヒストリーマッチングやスキン領域を考慮した水理詳細解析(nSights、MULTISIMを適用)を実施することで、高品質な水理パラメータの取得が可能となる。しかしながら、試験期間やコストなど試験条件が制限される場合には、マルチイベントによる水理試験ができず、データの取得が限定される。その際、試験区間の場の特性を推定し、合理的な試験設計を実施する手法の開発が課題となる。課題解決の方策として、調査対象とする透水性の範囲(例 $1.E-6 \text{ m/s} < K < 1.E-10 \text{ m/s}$)で、スキン領域、岩盤の不均質性、流れの次元など、実際の試験環境で生じる事象を考慮した地盤モデルを利用して、どのようなイベントの水理試験を適用すれば良いかの模擬検討を実施することが考えられる。
- さらに、水理詳細解析では多様なフローモデルを用いた検討も可能であり、試験区間周辺の流れの場の特性の理解が可能となる。それらの場の特性の情報は、限定されたボーリング孔の調査結果から、地下水の流動解析モデルを構築する際に、モデルの概念化や数値解析モデルの構築に反映可能と考えられる。これらの水理詳細解析より得られる情報の具体的な反映方策の検討が今後の課題である。課題解決の方策として、連続体および不連続体の数値解析モデルを用いた数値解析手法による水理試験のシミュレートを行い、流れの次元や岩盤の不均質性、流れの異方性が水理試験データに与える影響を考察することが考えられる。

参考文献

【受領データ】

栗原正治, 山口昌司他 (2002): 正馬様用地における試錐調査 (MIU-4 号孔), サイクル機構技術資料 (契約業務報告書; 日鉱探開株式会社), J7440 2002-008

【TOUGH2/ITOUGH2, nSights】

Barker, J.A. 1988, A generalized radial-flow model for hydraulic tests in fractured rock, *Water Resources Research*, 24(10), 1796-1804.

Beauheim, R.L., Roberts, R.M., and Avis, J.D., 2003, Well testing in fractured Media: Flow Dimensions and REVS, IAHR Convergence.

Cooper, H.H., J.D. Bredehoeft and S.S. Papadopoulos, 1967. Response of a finite-diameter well to an instantaneous charge of water, *Water Resources Research*, vol. 3, no. 1, pp. 263-269.

Earlougher, R.C., 1977, Advances in well test analysis. Monograph Vol. 5, Soc. Petrol. Engrs. Of Am. Inst. Mining Met. Engrs., Dallas, 264pp.

Finsterle, S., 1997, ITOUGH2 user's guide, Version 3.1, Report LBNL-40400, Lawrence Laboratory Report LBL 40400, Berkeley, CA

HydroSOLVE Inc., 2003, AQTESOLV for Windows, User's Guide, Reston, VA.

INTERA Inc., 1996, GTFM – User Documentation: Final Description, Theoretical Development, and Software Architecture: Internal Report.

International Formulation Committee, A Formulation of the Thermodynamic Properties of Ordinary Water Substance, IFC Secretariat, Düsseldorf, Germany, 1967.

Papadopoulos, I.S. and H.H. Cooper, 1973. Drawdown in a well of large diameter, *Water Resources Research*, vol. 3, pp. 241-244.

Pickens, J. F., G. E. Grisak, J. D. Avis, D. W. Belanger, and M. Thury, 1987. Analysis and interpretation of borehole hydraulic tests in deep boreholes: Principles, model development, and applications. *Water Resources Research*, Vol. 23, No. 7, p. 1341-1375.

Pruess, K., 1987, TOUGH User's Guide, Lawrence Laboratory Report LBL-29400, Berkeley, CA.

Pruess, K., 1991, TOUGH2 – A general Purpose Numerical Simulator for Multiphase

Fluid and Head Flow, Lawrence Laboratory Report LBL-31114, Berkeley, CA.

Roberts, R.M., R.L. Beauheim, and J.D. Avis, 2002. Quantifying parameter uncertainty in well-test analysis. Proceedings volume of International Groundwater Symposium – Bridging the Gap between Measurements and Modeling in Heterogeneous Media. March 25 - 29, 2002. Berkeley, California.

Theis, C.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, Am. Geophys. Union Trans., vol. 16, pp. 519-524.

【MULTISIM】

AGARWAL, R. G., 1980: A new method to account for producing time effects when drawdown type curves are used to analyze pressure buildup and other test data. – paper SPE 9289 presented at the 55th SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Dallas, TX, Sept. 21-24

BARKER, J. A., 1988: A generalized radial flow model for hydraulic tests in fractured rock. –Water Resour. Res., 24(10), 1796-1804.

BOURDET, D., WHITTLE, T. M., DOUGLAS, A. A. & PIRARD, Y. M. (1983): A new set of type curves simplifies well test analysis. - World Oil 5, 95-106.

HORNE, R.N. (1995): Modern Well Test Analysis – Petroway, Inc., Palo Alto US.

HORNER, D. R. (1951): Pressure Build-up in Wells. - In Proc. Third World Petroleum Congress, Bd. 2, The Hague, 503-521.

JOHNS, R. T. (1998): Pressure solution for sequential hydraulic tests in low-transmissivity fractured and nonfractured media. - Water Resour. Res, 34(4), 889-895.

LAVANCHY, J. M., MISHRA S., JOHNS R.T., DOMSKI, P. (1993): A systematic methodology for analyzing packer test data from low-conductivity formations. - Paper presented at XXIV Congress Int.Assoc. of Hydrogeol., Oslo, Norway, June 28-July 2 1993.

PERES, A.M.M., ONUR, M., REYNOLDS, A.C. (1989): A New Analysis Procedure for Determining Aquifer Properties From Slug Test Data. - Water Resour.Res., Vol. 25, No.

7, pp. 1591 – 1602.

PICKENS, J. F., GRISAK, G. E., AVIS, J. D., BELANGER, D. W. & THURY, M.
(1987): Analysis and Interpretation of Borehole Hydraulic Tests in Deep boreholes:
Principles, Model Development, and Applications. - Water Resources Research, Vol. 23,
No. 7, pp. 1341-1375.

RAMEY, H. J. JR., AGARWAL, R. G. & MARTIN, R. G. I. (1975): Analysis of "Slug
Test" or DST flow period data. - Journal of Canadian Petroleum Technology 3, 37-47.

TAUZIN E. (1997): MULTISIM Users Guide. - Colenco Internal Report.

WINESTOCK, A. G. & COLPITTS, G. P. (1965): Advances in estimating gas well
deliverability. - Journal of Canadian Petroleum Technology (July – Sept): 111-119

参考資料

MIU-4号孔 掘削状況記録

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (1/9)

DEPTH	DRILLING				PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE		備 考
	TOTAL	ROP	WOB	RPM	TORQUE AVE	SPP	SPP	FLOW IN	FLOW OUT	CIRC. LOSS	TEMP IN	TEMP OUT	pH	COND IN	COND OUT	SAMP RATE			
mabh	m/hr	tons	rpm	amp	ksc	MPa	l/min	l/min	l/min	℃	℃		mS/cm	mS/m	%				
①	③								④								0~5.47mabhユニボ掘削		
②																	"		
5.47	0.2	1.3	31.3	62.5	0.0	0.00	602.5	602.5	0.0	31.6	17.8	12.0	1.37	137			φ14-3/4"トリコン掘削		
6.00	0.2	1.2	42.1	60.1	0.0	0.00	617.8	617.8	0.0	21.5	21.2	12.1	1.18	118			"		
7.00	0.5	0.4	39.4	62.2	0.0	0.00	667.0	667.0	0.0	23.3	25.0	10.8	0.31	31			"		
8.00	0.5	1.5	38.9	62.9	0.0	0.00	679.4	679.4	0.0	26.5	32.6	9.7	0.21	21			"		
9.00	0.5	2.3	39.1	53.6	0.0	0.00	696.8	696.8	0.0	27.7	34.3	9.6	0.26	26			"		
10.00	0.2	2.3	40.4	54.5	0.0	0.00	704.7	704.7	0.0	30.2	33.9	9.3	0.27	27			第1段掘削終了(10.20 mabh)		
11.00	0.4	0.9	19.6	67.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	21.6	22.0	11.0	0.27	27	20.0		無水掘削(10.40~11.80mabh)		
12.00	0.9	0.2	29.2	53.7	0.0	0.00	65.0	65.0	0.0	21.9	22.3	11.0	0.27	27	100.0		PQ-WL工法		
13.00	0.9	1.1	96.9	50.4	2.1	0.20	65.1	65.1	0.0	22.6	22.6	9.4	0.13	13	100.0		"		
14.00	2.0	1.0	187.5	57.3	1.9	0.18	59.9	59.9	0.0	23.5	23.6	9.5	0.15	15	100.0		"		
15.00	1.5	0.6	187.5	56.2	1.6	0.15	57.8	57.8	0.0	23.9	23.7	9.5	0.17	17	100.0		"		
16.00	2.7	0.7	180.0	51.4	3.5	0.35	67.4	67.4	0.0	23.9	24.4	9.8	0.22	22	100.0		"		
17.00	2.7	0.7	180.0	50.7	2.2	0.22	67.3	67.3	0.0	24.1	24.3	9.7	0.23	23	100.0		"		
18.00	2.7	0.6	180.0	50.6	1.2	0.12	67.6	67.6	0.0	24.4	24.6	9.6	0.23	23	100.0		"		
19.00	2.0	0.8	178.6	50.7	1.2	0.12	62.9	62.9	0.0	24.4	24.4	9.3	0.25	25	100.0		"		
20.00	2.3	0.7	178.6	50.4	0.9	0.09	62.9	62.9	0.0	24.6	24.8	9.4	0.25	25	100.0		"		
21.00	2.3	0.7	179.1	51.1	1.8	0.18	62.9	62.9	0.0	24.6	24.8	9.4	0.25	25	100.0		"		
22.00	2.3	1.1	178.0	50.9	0.9	0.09	70.7	70.7	0.0	25.1	25.6	9.1	0.29	29	100.0		"		
23.00	1.9	0.7	81.0	50.3	4.7	0.46	73.5	73.5	0.0	25.7	25.8	9.0	0.32	32	100.0		"		
24.00	2.0	0.2	139.2	51.0	4.4	0.43	73.5	73.5	0.0	26.0	26.2	9.0	0.33	33	100.0		"		
25.00	2.0	0.6	148.5	51.7	3.6	0.36	79.1	79.1	0.0	26.2	26.3	8.9	0.34	34	100.0		"		
26.00	1.7	0.4	96.6	49.8	3.4	0.34	79.3	79.3	0.0	26.5	26.7	8.9	0.34	34	100.0		"		
27.00	1.7	0.4	96.8	50.8	3.8	0.37	79.8	79.8	0.0	26.2	26.2	8.9	0.36	36	100.0				

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (2/9)

DEPTH	DRILLING PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE		備 考	
TOTAL	ROP	WOB	RPM	TORQUE AVE	SPP	SPP	FLOW IN	OUT	CIRC. LOSS	TEMP IN	OUT	pH	COND IN	COND IN		SAMP RATE
mabh	m/hr	tons	rpm	amp	ksc	MPa	l/min	l/min	l/min	℃	℃		mS/cm	mS/m		%
81.00	2.4	0.3	85.7	53.9	3.4	0.33	56.2	56.2	0.0	25.7	25.4	9.1	0.22	22	100.0	PQ-WL工法
82.00	2.4	0.4	71.0	53.3	2.4	0.24	55.2	55.2	0.0	25.8	25.5	9.1	0.23	23	100.0	"
83.00	3.0	0.3	65.7	53.7	2.3	0.23	57.1	57.1	0.0	25.9	25.3	9.1	0.24	24	62.0	"
84.00	3.0	0.4	55.0	53.7	1.3	0.13	57.3	57.3	0.0	25.9	25.4	9.2	0.24	24	0.0	"
85.00	1.8	0.1	89.7	54.2	1.4	0.14	55.2	55.2	0.0	25.6	25.0	9.1	0.26	26	100.0	"
86.00	1.8	0.5	105.1	57.7	1.6	0.16	55.1	55.1	0.0	25.7	25.4	9.1	0.26	26	100.0	"
87.00	3.0	0.2	108.5	95.7	1.8	0.18	57.3	57.3	0.0	25.1	24.7	9.2	0.27	27	100.0	"
88.00	3.0	0.4	108.9	86.4	2.4	0.24	52.8	52.8	0.0	25.8	24.8	9.3	0.27	27	100.0	"
89.00	1.9	0.3	117.9	88.3	2.5	0.25	60.8	60.8	0.0			9.1	0.09	9	100.0	"
90.00	1.9	0.6	118.3	75.0	2.1	0.21	61.0	61.0	0.0			9.3	0.11	11	100.0	"
91.00	1.9	0.3	123.2	60.0	2.1	0.21	73.9	73.9	0.0			7.8	0.10	10	77.0	"
92.00	2.4	0.3	131.6	60.8	1.6	0.16	67.1	67.1	0.0			8.5	0.10	10	100.0	"
93.00	2.4	0.4	121.5	61.5	1.5	0.15	67.1	67.1	0.0			9.0	0.12	12	100.0	"
94.00	1.4	0.7	100.3	59.3	1.9	0.19	63.6	63.6	0.0			8.8	0.11	11	100.0	"
95.00	1.9	1.1	120.0	104.7	1.8	0.18	63.5	63.5	0.0			8.7	0.12	12	100.0	"
96.00	1.9	0.3	119.3	107.5	1.6	0.16	63.6	63.6	0.0			8.8	0.12	12	100.0	"
97.00	1.0	0.6	121.7	91.1	1.7	0.17	65.3	65.3	0.0	温度セン	温度セン	8.8	0.14	14	100.0	"
98.00	1.0	1.1	121.7	96.2	1.6	0.16	65.2	65.2	0.0	サノイズ	サノイズ	8.9	0.15	15	100.0	"
99.00	1.0	0.3	110.9	56.3	1.5	0.15	63.8	63.8	0.0			8.7	0.17	17	100.0	"
100.00	1.2	0.8	118.3	59.3	2.1	0.21	73.5	73.5	0.0			8.8	0.17	17	100.0	"
101.00	1.3	0.3	106.6	58.8	1.5	0.15	61.2	61.2	0.0			8.8	0.17	17	100.0	"
102.00	1.0	0.8	104.5	57.1	1.6	0.16	63.5	63.5	0.0			8.8	0.18	18	100.0	"
103.00	0.5	0.4	120.5	89.3	1.9	0.19	64.4	64.4	0.0			8.8	0.20	20	100.0	"
104.00	0.8	1.1	120.5	87.1	1.7	0.17	64.3	64.3	0.0			8.8	0.20	20	74.0	"
105.00	0.7	0.5	120.2	89.1	2.1	0.21	69.4	69.4	0.0			8.8	0.22	22	100.0	"
106.00	1.0	2.1	100.5	57.8	1.8	0.18	62.6	62.6	0.0			8.8	0.23	23	48.0	"
107.00	1.2	1.7	100.3	62.1	1.9	0.19	72.8	72.8	0.0			8.8	0.23	23	33.0	"
108.00	3.0	2.2	62.3	97.2	1.7	0.17	56.7	56.7	0.0			8.9	0.24	24	54.0	"
109.00	2.0	1.0	110.0	100.0	2.0	0.20	62.0	62.0	0.0			9.0	0.25	25	42.0	"
110.00	0.8	0.1	106.2	45.0	2.8	0.27	134.2	134.2	0.0			8.9	0.25	25	30.0	"
111.00	1.1	0.4	109.3	166.9	1.7	0.17	65.7	65.7	0.0			9.2	0.28	28	0.0	"
112.00	1.4	0.8	95.0	70.0	2.0	0.20	64.0	64.0	0.0			9.2	0.30	30	79.0	"
113.00	0.7	0.2	100.5	69.7	1.7	0.17	75.1	75.1	0.0			9.1	0.32	32	50.0	"
114.00	1.4	0.3	100.3	65.6	1.6	0.16	75.1	75.1	0.0			9.2	0.33	33	76.0	"
115.00	0.6	0.9	100.8	68.3	2.0	0.20	72.0	72.0	0.0			9.2	0.34	34	23.0	"
116.00	1.1	0.3	97.7	75.6	1.5	0.15	61.1	61.1	0.0			9.2	0.30	30	64.0	"
117.00	1.7	0.2	91.6	120.4	1.8	0.18	61.2	61.2	0.0			9.1	0.32	32	74.0	"
118.00	1.1	0.9	95.4	105.3	1.6	0.16	61.9	61.9	0.0			9.3	0.33	33	44.0	"
119.00	1.4	0.8	90.4	103.2	1.7	0.17	64.1	64.1	0.0			9.3	0.34	34	45.0	"
120.00	0.8	0.3	96.5	116.6	1.6	0.16	63.8	63.8	0.0			9.2	0.34	34	40.0	"
121.00	0.8	0.5	92.4	107.2	1.3	0.13	63.9	63.9	0.0			9.3	0.35	35	81.0	"
122.00	0.3	0.8	93.0	70.0	2.0	0.20	64.0	64.0	0.0			9.0	0.38	38	68.0	"
123.00	1.2	0.5	73.6	69.7	1.5	0.15	64.3	64.3	0.0			9.0	0.39	39	78.0	"
124.00	0.9	0.5	81.1	91.0	1.5	0.15	63.0	63.0	0.0			9.0	0.40	40	68.0	"
125.00	1.1	1.1	78.9	75.9	1.6	0.16	64.5	64.5	0.0			9.1	0.40	40	100.0	"
126.00	0.5	0.5	74.4	57.9	1.5	0.15	68.1	68.1	0.0			9.0	0.41	41	53.0	"
127.00	0.7	0.1	75.9	58.0	1.2	0.12	63.8	63.8	0.0			9.0	0.42	42	96.0	"
128.00	0.6	0.8	80.1	60.2	1.5	0.15	65.8	65.8	0.0			9.0	0.42	42	100.0	"
129.00	0.4	0.8	86.5	60.4	1.5	0.15	74.9	74.9	0.0			9.0	0.43	43	100.0	"
130.00	0.5	0.4	85.5	61.6	1.9	0.19	70.3	70.3	0.0			8.8	0.36	36	100.0	"
131.00	0.7	0.8	77.7	60.4	1.6	0.16	71.9	71.9	0.0			8.9	0.36	36	100.0	"
132.00	0.7	0.3	75.6	59.2	1.9	0.19	72.2	72.2	0.0			8.7	0.38	38	100.0	"
133.00	0.6	0.4	83.7	61.2	1.7	0.17	70.7	70.7	0.0			8.8	0.38	38	58.0	"
134.00	0.5	0.8	81.6	70.0	1.8	0.18	64.0	64.0	0.0			8.9	0.39	39	90.0	第2段掘削終了(134.47 mabh)
135.00	0.6	0.4	100.8	60.7	2.7	0.26	75.5	75.5	0.0	20.3	22.1	10.1	0.11	11	100.0	"
136.00	1.3	1.1	101.0	62.0	2.4	0.24	75.4	75.4	0.0	21.0	22.0	10.3	0.11	11	100.0	"
137.00	1.0	0.9	149.3	102.7	2.9	0.28	84.0	84.0	0.0	22.0	22.6	10.4	0.12	12	84.0	"
138.00	1.2	0.8	99.8	51.1	1.8	0.18	85.0	85.0	0.0	22.3	22.4	10.5	0.13	13	100.0	"
139.00	0.8	0.5	92.3	86.9	1.8	0.18	64.6	64.6	0.0	21.8	22.1	10.3	0.12	12	80.0	"
140.00	0.6	0.3	97.9	89.6	6.0	0.59	62.8	62.8	0.0	22.0	21.9	10.9	0.17	17	100.0	"
141.00	1.0	0.5	99.3	110.0	2.4	0.24	90.3	90.3	0.0	18.9	21.0	10.9	0.19	19	100.0	"
142.00	0.9	1.0	90.4	63.5	2.5	0.25	93.3	93.3	0.0	19.9	20.8	10.9	0.19	19	100.0	"
143.00	0.7	0.8	79.1	65.2	2.8	0.27	98.9	98.9	0.0	20.1	21.2	10.8	0.19	19	100.0	"
144.00	0.7	2.1	77.5	63.2	3.0	0.29	99.1	99.1	0.0	20.7	21.5	10.7	0.18	18	100.0	"
145.00	0.1	2.9	80.9	61.7	3.6	0.35	101.0	101.0	0.0	22.3	23.0	10.1	0.14	14	100.0	"
146.00	0.3	1.1	104.9	63.9	3.6	0.35	100.7	100.7	0.0	22.7	23.2	10.4	0.13	13	100.0	"
147.00	0.4	1.1	99.5	66.1	3.6	0.35	106.0	106.0	0.0	23.5	23.8	10.2	0.13	13	85.0	"
148.00	1.0	0.5	100.2	63.4	3.6	0.35	100.6	100.6	0.0	23.7	24.1	10.1	0.13	13	82.0	"
149.00	1.0	1.3	91.9	63.1	3.6	0.35	103.4	103.4	0.0	22.8	23.6	10.0	0.13	13	100.0	"
150.00	0.5	1.4	85.7	64.6	3.5	0.34	101.0	101.0	0.0	23.3	23.7	10.0	0.13	13	100.0	"
151.00	0.5	2.6	85.8	62.4	3.5	0.34	101.1	101.1	0.0	23.4	23.7	9.9	0.13	13	100.0	"
152.00	0.7	1.4	90.0	67.4	4.2	0.41	107.7	107.7	0.0	23.2	23.7	9.7				

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (3/9)

DEPTH TOTAL	DRILLING PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE		備考	
	ROP	WOB	RPM	TORQUE AVE	SPP	SPP	FLOW IN	FLOW OUT	CIRC. LOSS	TEMP IN	TEMP OUT	pH	COND IN	COND IN	SAMP RATE	
mabh	m/hr	tons	rpm	amp	ksc	MPa	l/min	l/min	l/min	°C	°C		mS/cm	mS/m	%	
161.00	1.0	0.7	91.6	65.5	4.0	0.39	102.2	102.2	0.0	22.1	23.0	9.3	0.13	13	36.0	PQ-WL工法
162.00	1.0	1.0	91.3	66.5	4.0	0.39	102.2	102.2	0.0	22.3	23.1	9.1	0.13	13	100.0	"
163.00	0.9	1.0	90.6	63.4	4.1	0.40	102.8	102.8	0.0	23.3	23.8	9.1	0.14	14	100.0	"
164.00	0.9	1.0	91.9	64.8	4.3	0.42	102.5	102.5	0.0	24.4	24.5	9.0	0.13	13	100.0	"
165.00	1.3	0.4	89.8	62.4	3.9	0.38	101.9	101.9	0.0	23.8	24.3	8.9	0.13	13	100.0	"
166.00	0.7	1.6	90.4	63.4	4.0	0.39	104.5	104.5	0.0	24.0	24.4	8.9	0.13	13	100.0	"
167.00	0.7	1.4	88.6	69.0	2.4	0.24	73.1	73.1	0.0	23.8	24.4	8.8	0.14	14	100.0	"
168.00	0.7	1.5	89.4	66.7	2.2	0.22	73.1	73.1	0.0	23.8	24.4	8.8	0.14	14	100.0	"
169.00	0.8	1.3	90.5	68.7	3.2	0.31	88.0	88.0	0.0	23.6	24.3	8.7	0.15	15	100.0	"
170.00	0.5	1.4	90.1	67.2	2.9	0.28	87.8	87.8	0.0	23.8	24.3	8.8	0.15	15	100.0	"
171.00	0.2	1.5	62.0	65.4	3.8	0.37	101.2	101.2	0.0	24.1	24.5	8.6	0.15	15	100.0	"
172.00	0.3	1.5	70.2	57.6	3.9	0.38	102.7	102.7	0.0	23.0	23.4	8.5	0.15	15	100.0	"
173.00	0.6	1.4	69.0	57.6	4.4	0.43	111.6	111.6	0.0	23.2	23.6	8.5	0.15	15	100.0	"
174.00	0.3	1.5	46.6	64.4	5.2	0.51	113.6	113.6	0.0	23.1	23.6	8.5	0.15	15	100.0	"
175.00	0.1	1.4	79.1	71.5	4.3	0.42	102.8	102.8	0.0	22.7	23.3	8.6	0.15	15	100.0	"
176.00	0.4	1.8	55.6	66.6	4.5	0.44	106.8	106.8	0.0	22.5	23.1	8.5	0.15	15	100.0	"
177.00	0.5	1.5	54.7	70.4	3.9	0.38	101.3	101.3	0.0	22.8	23.4	8.5	0.15	15	100.0	"
178.00	0.5	1.3	54.8	73.3	4.0	0.39	102.4	102.4	0.0	23.0	23.6	8.6	0.16	16	100.0	"
179.00	0.5	1.0	54.8	64.6	3.8	0.37	102.5	102.5	0.0	23.3	23.8	8.6	0.16	16	100.0	"
180.00	0.4	1.4	28.6	73.7	4.3	0.42	104.8	104.8	0.0	23.5	23.8	8.5	0.16	16	100.0	"
181.00	0.6	1.6	32.6	87.7	3.9	0.38	104.5	104.5	0.0	23.0	23.2	8.4	0.16	16	100.0	"
182.00	0.6	1.8	32.5	89.3	3.8	0.37	104.5	104.5	0.0	23.3	23.4	8.5	0.16	16	100.0	"
183.00	0.7	1.7	32.5	92.6	3.9	0.38	100.0	100.0	0.0	23.6	23.6	8.4	0.16	16	100.0	"
184.00	0.6	1.8	50.1	76.3	8.8	0.86	119.0	119.0	0.0	23.8	23.8	8.5	0.16	16	100.0	"
185.00	0.5	1.8	50.0	74.6	12.1	1.19	110.7	110.7	0.0	23.9	24.1	8.5	0.16	16	87.0	"
186.00	0.5	1.8	50.1	69.3	13.0	1.27	107.5	107.5	0.0	24.1	24.2	8.7	0.17	17	100.0	"
187.00	0.7	1.8	40.0	70.0	7.0	0.69	101.0	101.0	0.0	20.2	20.9	9.0	0.16	16	100.0	"
188.00	0.6	1.8	40.0	70.0	7.0	0.69	101.0	101.0	0.0	20.4	21.1	9.0	0.16	16	48.0	"
189.00	0.7	1.5	70.3	111.4	5.5	0.54	101.0	101.0	0.0	18.2	19.8	9.0	0.16	16	100.0	"
190.00	0.7	1.2	69.7	124.6	4.5	0.44	101.2	101.2	0.0	19.0	20.1	9.1	0.16	16	100.0	"
191.00	0.7	1.6	69.6	118.1	4.2	0.41	101.3	101.3	0.0	19.3	20.4	9.0	0.17	17	100.0	"
192.00	0.7	1.3	60.0	80.0	7.0	0.69	101.0	101.0	0.0	18.8	19.5	9.0	0.15	15	100.0	"
193.00	0.4	1.9	51.1	87.4	4.2	0.41	100.5	100.5	0.0	19.0	19.8	8.9	0.15	15	100.0	"
194.00	0.4	1.0	51.0	93.2	4.3	0.42	98.8	98.8	0.0	20.4	20.9	8.8	0.15	15	10.0	"
195.00	0.6	1.4	50.3	92.1	3.9	0.38	101.6	101.6	0.0	21.1	21.5	8.8	0.16	16	100.0	"
196.00	0.6	1.0	50.9	63.0	3.1	0.30	101.8	101.8	0.0	21.6	22.0	8.8	0.16	16	100.0	"
197.00	0.8	1.4	50.3	92.4	4.3	0.42	106.6	106.6	0.0	22.5	22.6	8.6	0.17	17	29.0	"
198.00	1.1	1.2	50.3	89.5	3.7	0.36	100.3	100.3	0.0	22.7	22.8	8.6	0.17	17	100.0	"
199.00	1.1	1.3	50.6	89.2	3.7	0.36	100.3	100.3	0.0	22.8	23.0	8.8	0.17	17	100.0	"
200.00	0.9	1.2	50.3	67.8	3.4	0.33	100.2	100.2	0.0	23.3	23.2	8.6	0.18	18	100.0	"
201.00	1.0	1.3	51.3	94.5	4.0	0.39	98.0	98.0	0.0	23.3	23.3	8.5	0.17	17	100.0	"
202.00	1.0	1.5	51.1	102.1	3.8	0.37	98.0	98.0	0.0	23.6	23.7	8.6	0.17	17	78.0	"
203.00	0.5	0.3	50.5	71.7	3.4	0.33	102.1	102.1	0.0	24.3	24.2	8.6	0.18	18	100.0	"
204.00	0.5	1.1	50.3	89.6	4.2	0.41	102.2	102.2	0.0	24.6	24.6	8.6	0.18	18	100.0	"
205.00	0.5	1.3	49.8	100.2	4.2	0.41	102.0	102.0	0.0	24.2	24.4	8.5	0.17	17	100.0	"
206.00	0.6	1.5	51.0	88.4	3.8	0.37	102.1	99.1	3.0	24.4	24.4	8.6	0.18	18	100.0	"
207.00	1.0	1.5	49.9	104.9	4.2	0.41	102.1	100.1	2.0	23.6	23.9	8.4	0.17	17	83.0	"
208.00	0.7	1.3	51.2	100.2	4.5	0.44	104.6	102.6	2.0	23.6	24.0	8.5	0.17	17	100.0	"
209.00	0.5	0.6	48.3	91.7	4.5	0.44	104.2	102.2	2.0	21.5	22.1	8.5	0.17	17	100.0	"
210.00	0.5	0.4	49.8	52.5	4.0	0.39	104.4	102.4	2.0	21.9	22.4	8.5	0.17	17	100.0	"
211.00	1.2	1.1	46.7	57.9	3.9	0.38	100.2	100.2	0.0	21.8	22.2	8.6	0.16	16	100.0	"
212.00	0.8	1.4	47.5	59.3	4.2	0.41	102.1	102.1	0.0	21.9	22.3	8.4	0.16	16	100.0	"
213.00	0.8	1.2	47.0	60.5	4.5	0.44	99.3	99.3	0.0	21.9	22.4	8.5	0.17	17	100.0	"
214.00	0.5	1.3	45.4	60.0	3.9	0.38	99.4	99.4	0.0	21.9	22.4	8.5	0.17	17	100.0	"
215.00	0.5	1.1	45.2	71.3	4.4	0.43	99.3	99.3	0.0	21.7	22.2	8.5	0.17	17	100.0	"
216.00	0.7	1.1	42.6	97.7	4.0	0.39	99.3	99.3	0.0	20.5	21.4	8.5	0.17	17	100.0	"
217.00	0.7	1.6	44.9	77.1	3.7	0.36	99.3	99.3	0.0	21.4	21.9	8.3	0.17	17	100.0	"
218.00	0.7	1.4	45.6	107.9	4.2	0.41	98.9	98.9	0.0	22.7	22.9	8.5	0.17	17	100.0	"
219.00	0.7	1.3	45.6	113.6	4.5	0.44	104.1	104.1	0.0	22.4	22.9	8.3	0.16	16	100.0	"
220.00	0.7	1.4	46.3	74.5	4.1	0.40	104.2	104.2	0.0	22.6	23.0	8.4	0.17	17	100.0	"
221.00	0.7	1.6	45.4	110.6	4.5	0.44	104.3	104.3	0.0	22.5	23.0	8.4	0.17	17	100.0	"
222.00	0.7	1.5	46.3	83.0	4.4	0.43	99.5	99.5	0.0	22.0	22.6	8.4	0.17	17	100.0	"
223.00	0.7	1.4	46.4	77.4	4.1	0.40	99.7	99.7	0.0	22.0	22.6	8.5	0.18	18	100.0	"
224.00	0.7	1.7	80.4	72.5	6.5	0.64	102.7	102.7	0.0	17.0	19.2	8.6	0.17	17	100.0	"
225.00	0.8	1.7	45.4	107.1	5.2	0.51	102.7	102.7	0.0	19.0	20.0	8.7	0.17	17	100.0	"
226.00	0.5	1.9	46.4	73.4	6.2	0.61	101.1	101.1	0.0	21.1	21.5	8.7	0.17	17	100.0	"
227.00	0.5	1.3	45.1	144.3	6.2	0.61	101.1	101.1	0.0	21.4	21.9	8.8	0.17	17	100.0	"
228.00	0.5	1.2	47.3	138.2	5.7	0.56	101.3	101.3	0.0	21.5	22.1	8.9	0.18	18	100.0	"
229.00	0.5	1.8	45.0	93.9	8.2	0.80	99.8	99.8	0.0	20.6	21.4	8.8	0.17	17	100.0	"
230.00	0.7	1.4	45.6	145.3	6.3	0.62	109.0	109.0	0.0	19.3	20.3	8.7	0.17	17	100.0	"
231.00	0.7	1.5	45.2	144.6	6.9	0.68	109.0	109.0	0.0	20.0	20.8	8.7	0.17	17	100.0	"
232.00	0.8	1.4	45.7	142.2	6.1	0.60	102.7	102.7	0.0	20.9	21.6	8.7	0.16	16	100.0	"
233.00	0.8	1.8	45.2	149.4	6.1	0.60	102.6	102.6	0.0	21.7	22.3	8.7	0.17	17	100.0	"
234.00	0.8	1.6	45.1	145.9	6.0	0.59	102.4	102.4	0.0	22.5	22.9	8.7	0.17	17	100.0	"
235.00	0.4	1.6	45.5	151.1	6.2	0.61	101.8	101.8	0.0	22.1	22.7	8.7	0.17	17	100.0	"
236.00	0.4	1.6	45.6	152.8	6.0	0.59	101.7	101.7	0.0	21.8	22.5	8.8	0.18	18	100.0	"
237.00	0.4	1.1	45.9	139.6	5.7	0.56	101.9	101.9	0.0	21.7	22.5	8.8	0.19	19	100.0	"
238.00	0.4	0.9	46.2	149.0	6.3	0.62	101.6	101.6	0.0	20.3	21.6	8.7	0.17	17	100.0	"
239.00	0.															

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (4/9)

DEPTH	DRILLING PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE		備考	
	ROP	WOB	RPM	TORQUE	SPP	SPP	FLOW	CIRC.	TEMP	pH	COND	COND	SAMP			
	m/hr	tons	rpm	AVE	amp	ksc MPa	IN OUT	LOSS	IN °C	OUT °C	IN	IN	RATE			
mabb													%			
241.00	0.6	1.8	45.9	163.6	7.0	0.69	104.3	104.3	0.0	21.1	21.9	8.8	0.17	17	100.0	PQ-WLT法
242.00	0.3	1.5	45.9	161.4	7.6	0.75	80.4	80.4	0.0	21.9	22.5	8.8	0.17	17	100.0	"
243.00	0.3	2.0	42.7	156.4	6.5	0.64	102.6	102.6	0.0	20.9	21.9	8.9	0.17	17	100.0	"
244.00	0.2	1.4	44.8	148.4	8.1	0.79	102.4	102.4	0.0	20.8	21.8	8.9	0.18	18	100.0	"
245.00	0.2	1.6	44.6	154.4	6.3	0.62	102.7	102.7	0.0	20.6	21.7	8.9	0.19	19	100.0	"
246.00	0.2	2.3	46.8	175.9	7.4	0.73	102.7	102.7	0.0	20.8	21.8	8.9	0.20	20	100.0	"
247.00	0.5	0.9	45.5	152.3	5.8	0.57	103.4	103.4	0.0	17.5	18.8	8.7	0.18	18	100.0	"
248.00	0.4	1.6	44.6	165.8	6.6	0.65	103.3	103.3	0.0	18.1	19.2	8.8	0.18	18	100.0	"
249.00	0.4	1.5	45.3	162.2	6.4	0.63	103.4	103.4	0.0	18.6	19.7	8.8	0.18	18	100.0	"
250.00	0.4	1.3	45.1	151.3	6.2	0.61	103.4	103.4	0.0	19.2	20.1	8.9	0.18	18	100.0	"
251.00	0.4	1.7	44.7	146.8	8.3	0.81	120.8	120.8	0.0	18.9	19.9	8.8	0.17	17	100.0	"
252.00	0.4	1.9	44.0	144.4	8.9	0.87	120.6	120.6	0.0	20.3	21.0	8.8	0.17	17	100.0	"
253.00	0.4	2.1	45.9	146.3	8.4	0.82	120.3	120.3	0.0	21.3	21.9	8.9	0.17	17	100.0	"
254.00	0.5	1.5	44.7	155.4	6.6	0.65	102.0	102.0	0.0	18.0	19.3	8.6	0.18	18	100.0	"
255.00	0.5	1.7	44.2	167.3	6.9	0.68	102.3	102.3	0.0	18.7	19.6	8.7	0.19	19	100.0	"
256.00	0.5	1.8	43.8	163.9	7.0	0.69	102.3	102.3	0.0	19.2	20.1	8.7	0.20	20	100.0	"
257.00	0.5	1.0	45.0	167.0	6.2	0.61	102.6	102.6	0.0	18.4	19.5	8.6	0.19	19	100.0	"
258.00	0.6	1.4	41.6	156.2	5.8	0.57	102.8	102.8	0.0	19.6	20.3	8.6	0.19	19	100.0	"
259.00	0.6	1.6	41.4	158.7	5.4	0.53	102.8	102.8	0.0	20.1	20.7	8.6	0.19	19	100.0	"
260.00	0.6	1.5	40.5	150.3	5.4	0.53	101.0	101.0	0.0	19.4	20.3	8.6	0.18	18	100.0	"
261.00	0.7	2.0	40.3	163.0	5.5	0.54	101.0	101.0	0.0	20.0	20.6	8.6	0.18	18	100.0	"
262.00	0.7	1.7	40.3	155.7	5.6	0.55	101.0	101.0	0.0	20.1	20.8	8.6	0.19	19	100.0	"
263.00	0.5	1.3	42.2	154.3	5.8	0.57	104.3	104.3	0.0	19.9	20.6	8.6	0.19	19	100.0	"
264.00	0.5	1.4	43.3	169.7	5.9	0.58	104.3	104.3	0.0	20.2	20.9	8.7	0.19	19	100.0	"
265.00	0.5	1.4	42.4	159.6	5.9	0.58	104.3	104.3	0.0	21.0	21.5	8.7	0.19	19	100.0	"
266.00	0.5	1.4	42.5	164.3	5.7	0.56	103.1	103.1	0.0	21.2	21.7	8.6	0.20	20	100.0	"
267.00	0.6	1.6	43.7	152.8	5.6	0.55	103.2	103.2	0.0	21.4	21.9	8.5	0.20	20	100.0	"
268.00	0.6	1.7	43.3	162.1	6.7	0.66	102.3	102.3	0.0	21.0	21.6	8.5	0.20	20	100.0	"
269.00	0.7	2.2	43.3	163.3	6.5	0.64	102.6	102.6	0.0	20.9	21.6	8.6	0.20	20	100.0	"
270.00	0.7	1.5	43.9	137.5	5.6	0.55	99.5	99.5	0.0	19.4	20.5	8.7	0.19	19	14.0	"
271.00	0.7	1.0	42.9	110.2	4.7	0.46	100.0	100.0	0.0	19.7	20.7	8.7	0.20	20	88.0	"
272.00	0.7	1.7	42.3	155.0	5.4	0.53	100.0	100.0	0.0	19.9	20.7	8.7	0.20	20	100.0	"
273.00	0.7	1.7	42.9	139.6	5.5	0.54	105.3	105.3	0.0	19.8	20.7	8.6	0.20	20	100.0	"
274.00	0.5	1.0	42.2	130.9	5.9	0.58	102.3	101.3	1.0	19.9	20.8	8.6	0.20	20	100.0	"
275.00	0.5	1.4	43.5	161.0	6.5	0.64	103.8	102.8	1.0	19.7	20.8	8.6	0.19	19	100.0	"
276.00	0.5	2.2	43.1	160.4	11.3	1.11	103.2	102.2	1.0	21.5	21.9	8.5	0.20	20	100.0	"
277.00	0.6	1.8	43.9	126.7	6.6	0.65	100.9	99.9	1.0	20.4	21.1	8.5	0.20	20	100.0	"
278.00	0.6	2.0	42.8	143.0	5.5	0.54	101.0	100.0	1.0	20.7	21.3	8.5	0.20	20	100.0	"
279.00	0.6	1.9	42.2	152.6	6.0	0.59	100.6	99.6	1.0	20.4	21.1	8.5	0.19	19	100.0	"
280.00	0.6	2.0	42.2	139.4	5.4	0.53	100.6	99.6	1.0	20.8	21.4	8.6	0.20	20	100.0	"
281.00	0.5	1.6	45.4	150.1	6.2	0.61	106.6	105.6	1.0	21.2	21.8	8.4	0.20	20	100.0	"
282.00	0.5	1.9	44.2	166.6	6.4	0.63	106.6	105.6	1.0	21.5	22.0	8.4	0.20	20	100.0	"
283.00	0.6	1.2	43.4	50.6	4.8	0.47	103.4	102.4	1.0	21.5	21.9	8.5	0.20	20	100.0	"
284.00	0.6	1.3	42.9	166.0	6.3	0.62	103.2	102.2	1.0	21.6	22.2	8.5	0.20	20	100.0	"
285.00	0.6	1.8	43.2	167.0	6.0	0.59	103.6	102.6	1.0	21.9	22.3	8.5	0.20	20	100.0	"
286.00	0.7	1.9	43.1	154.7	7.0	0.69	101.3	100.3	1.0	21.7	22.2	8.5	0.20	20	100.0	"
287.00	0.7	1.3	42.6	170.2	6.2	0.61	101.2	100.2	1.0	21.7	22.3	8.5	0.20	20	100.0	"
288.00	0.7	1.2	43.0	149.6	6.0	0.59	101.2	100.2	1.0	21.6	22.2	8.5	0.20	20	100.0	"
289.00	0.5	1.6	43.6	157.6	6.7	0.66	104.3	103.3	1.0	20.7	21.5	8.6	0.20	20	100.0	"
290.00	0.5	1.2	42.4	170.2	6.3	0.62	104.3	103.3	1.0	20.8	21.6	8.6	0.20	20	88.0	"
291.00	0.5	1.4	43.6	170.0	6.3	0.62	104.6	103.6	1.0	20.8	21.6	8.5	0.20	20	100.0	"
292.00	0.6	1.5	43.1	143.7	6.9	0.68	104.1	103.1	1.0	21.0	21.7	8.5	0.20	20	100.0	"
293.00	0.6	1.9	42.6	167.0	6.3	0.62	104.3	103.3	1.0	21.2	21.8	8.5	0.20	20	100.0	"
294.00	0.5	1.8	42.5	163.9	6.7	0.66	105.9	104.9	1.0	20.8	21.5	8.4	0.20	20	100.0	"
295.00	0.5	1.0	31.7	82.8	5.4	0.53	101.4	100.4	1.0	18.3	19.5	8.5	0.20	20	96.0	"
296.00	0.4	0.9	31.0	81.3	5.1	0.50	103.4	102.4	1.0	19.5	20.2	8.4	0.20	20	100.0	"
297.00	0.5	1.3	43.6	137.0	6.4	0.63	101.5	100.5	1.0	19.8	20.4	8.4	0.20	20	100.0	"
298.00	0.4	1.0	43.3	145.9	6.0	0.59	101.5	100.5	1.0	19.8	20.4	8.4	0.20	20	100.0	"
299.00	0.5	1.4	40.9	143.9	6.0	0.59	103.2	102.2	1.0	18.9	19.9	8.4	0.20	20	100.0	"
300.00	0.4	1.9	40.3	149.0	6.9	0.68	103.1	102.1	1.0	19.9	20.6	8.6	0.20	20	100.0	"
301.00	0.4	0.9	43.1	133.6	6.6	0.65	103.8	101.8	2.0	19.3	20.2	8.7	0.20	20	100.0	"
302.00	0.3	1.6	41.9	167.3	6.1	0.60	103.8	101.8	2.0	19.0	20.0	8.8	0.20	20	100.0	"
303.00	0.3	1.0	38.8	161.1	6.0	0.59	99.1	97.1	2.0	18.3	19.4	8.7	0.21	21	100.0	"
304.00	0.3	1.2	44.6	102.9	5.8	0.57	98.9	96.9	2.0	17.8	18.9	8.8	0.22	22	100.0	"
305.00	0.6	1.1	40.3	92.1	6.1	0.60	103.7	102.7	1.0	17.1	18.2	8.8	0.20	20	100.0	"
306.00	0.4	0.8	40.3	161.3	7.0	0.69	101.7	100.7	1.0	17.9	18.9	8.6	0.20	20	100.0	"
307.00	0.3	0.1	43.5	132.7	6.1	0.60	101.9	100.9	1.0	18.0	19.1	8.6	0.20	20	67.0	"
308.00	0.5	0.7	46.7	124.9	6.2	0.61	104.2	103.2	1.0	19.2	20.1	8.7	0.20	20	78.0	"
309.00	0.5	1.1	45.7	130.5	5.7	0.56	104.1	103.1	1.0	19.7	20.4	8.6	0.20	20	24.0	"
310.00	0.8	0.1	47.7	79.6	4.4	0.43	102.8	101.8	1.0	20.3	20.9	8.7	0.21	21	48.0	"
311.00	0.8	0.8	50.5	85.2	5.2	0.51	102.7	101.7	1.0	20.5	21.0	8.7	0.21	21	100.0	"
312.00	0.6	0.5	45.7	124.6	4.9	0.48	81.5	80.5	1.0	19.6	20.5	8.5	0.19	19	100.0	"
313.00	0.6	0.9	44.2	157.3	5.0	0.49	81.3	80.3	1.0	20.3	20.9	8.6	0.20	20	100.0	"
314.00	0.3	0.9	44.8	148.5	6.7	0.66	104.5	103.5	1.0	21.7	21.9	8.6	0.20	20	100.0	"
315.00	0.3	1.0	43.8	167.3	6.6	0.65	104.7	103.7	1.0	22.2	22.5	8.7	0.20	20	100.0	"
316.00	0.3	1.5	42.2	162.4	5.9	0.58	104.7	91.7	13.0	22.5	22.8	8.7	0.22	22	90.0	"
317.00	0.4	1.7	43.2	82.1	4.7	0.46	103.1	93.1	10.0	6.5	13.2	8.8	0.21	21	100.0	"
318.00	0.4	1.5	41.0	149.0	5.3	0.52										

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (5/9)

DEPTH	DRILLING				PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE	備考
	TOTAL	ROP	WOB	RPM	TORQUE	SPP	SPP	FLOW	CIRC.	TEMP	pH	COND	COND	SAMP				
	mabh	m/hr	tons	rpm	ave amp	ksc	MPa	l/min	l/min	l/min	°C	°C	IN	IN	IN	IN	IN	
321.00		0.2	1.3	41.6	174.6	8.1	0.79	103.8	96.8	7.0	14.6	15.8	8.5	0.16	16	100.0		PQ-WL工法
322.00		0.2	2.2	38.8	158.1	6.0	0.59	106.1	102.1	4.0	16.0	16.9	8.5	0.15	15	100.0		"
323.00		0.5	0.7	50.3	158.4	6.0	0.59	101.2	86.2	15.0	6.2	10.0	7.5	0.06	6	100.0		"
324.00		0.5	0.7	49.0	182.2	5.6	0.55	100.9	85.9	15.0	10.2	11.9	8.3	0.06	6	100.0		"
325.00		0.4	0.9	45.7	148.9	9.3	0.91	101.0	96.0	5.0	11.6	13.2	8.4	0.07	7	100.0		"
326.00		0.4	0.9	44.7	158.2	12.1	1.19	101.4	96.4	5.0	13.5	14.6	8.6	0.07	7	100.0		"
327.00		0.4	1.4	44.4	169.3	11.6	1.14	101.1	96.1	5.0	14.7	15.6	8.7	0.08	8	100.0		"
328.00		0.5	1.5	43.3	159.0	10.4	1.02	102.8	96.8	6.0	13.2	14.9	8.5	0.08	8	100.0		"
329.00		0.5	0.9	42.9	164.0	9.7	0.95	102.9	96.9	6.0	14.9	15.8	8.6	0.08	8	100.0		"
330.00		0.4	1.1	43.0	158.4	9.8	0.96	103.2	97.2	6.0	12.7	14.8	8.4	0.08	8	100.0		"
331.00		0.4	1.3	42.8	158.5	9.3	0.91	103.2	97.2	6.0	15.4	16.2	8.5	0.09	9	100.0		"
332.00		0.4	2.1	41.0	158.6	9.1	0.89	103.0	97.0	6.0	16.1	16.9	8.4	0.09	9	70.0		"
333.00		0.1	1.3	42.4	161.1	8.2	0.80	101.4	95.4	6.0	16.1	17.0	8.3	0.09	9	100.0		"
334.00		0.4	1.1	40.9	167.9	9.2	0.90	101.9	97.9	4.0	15.1	16.3	8.2	0.09	9	100.0		"
335.00		0.4	1.0	40.5	161.5	7.8	0.76	102.2	98.2	4.0	15.4	16.5	8.3	0.10	10	100.0		"
336.00		0.4	1.7	35.1	154.5	7.1	0.70	102.2	98.2	4.0	15.6	16.6	8.4	0.10	10	100.0		"
337.00		0.2	1.8	36.8	195.0	9.0	0.88	101.0	96.0	5.0	13.5	15.0	8.1	0.10	10	100.0		"
338.00		0.2	1.8	36.9	165.6	7.5	0.74	102.7	97.7	5.0	16.8	17.4	8.3	0.10	10	100.0		"
339.00		0.2	0.7	37.1	158.6	6.5	0.64	102.4	98.4	4.0	14.0	15.0	8.8	0.09	9	100.0		"
340.00		0.5	1.6	40.1	149.2	5.3	0.52	103.2	100.2	3.0	6.3	9.1	7.5	0.07	7	100.0		"
341.00		0.5	1.4	39.4	149.9	5.2	0.51	103.4	100.4	3.0	8.9	10.7	8.1	0.07	7	100.0		"
342.00		0.5	1.0	38.6	178.2	5.2	0.51	103.4	100.4	3.0	11.2	12.6	8.6	0.07	7	100.0		"
343.00		0.3	1.2	39.8	157.0	5.2	0.51	103.2	99.2	4.0	11.7	13.1	8.6	0.08	8	100.0		"
344.00		0.3	1.3	39.3	164.6	4.6	0.45	103.2	99.2	4.0	12.5	13.6	8.8	0.08	8	100.0		"
345.00		0.6	2.0	47.5	160.0	7.5	0.74	102.0	97.0	5.0	8.2	10.7	8.0	0.10	10	100.0		"
346.00		0.6	1.0	46.1	158.4	6.1	0.60	102.2	97.2	5.0	9.2	11.2	8.1	0.10	10	100.0		"
347.00		0.6	0.7	45.6	153.1	6.0	0.59	102.4	97.4	5.0	10.9	12.3	8.3	0.10	10	100.0		"
348.00		1.0	2.0	47.5	170.0	8.0	0.78	102.2	98.2	4.0	9.7	12.0	8.3	0.10	10	100.0		"
349.00		1.0	2.0	47.5	170.0	8.0	0.78	102.2	98.2	4.0	10.8	12.4	8.4	0.11	11	14.0		"
350.00		1.1	1.2	49.5	155.0	7.0	0.69	102.2	97.2	5.0	8.2	11.5	8.5	0.11	11	54.0		"
351.00		1.1	1.3	49.5	145.0	7.0	0.69	102.2	97.2	5.0	10.2	11.8	8.7	0.12	12	100.0		"
352.00		1.1	1.3	49.5	145.0	7.0	0.69	102.2	97.2	5.0	11.7	12.9	8.7	0.12	12	100.0		"
353.00		0.7	1.3	49.5	145.0	9.0	0.88	102.2	97.2	5.0	12.3	13.5	8.7	0.12	12	100.0		"
354.00		0.8	1.3	49.5	145.0	9.0	0.88	102.2	97.2	5.0	12.3	13.7	8.7	0.12	12	100.0		"
355.00		0.8	1.3	49.5	145.0	9.0	0.88	102.2	97.2	5.0	13.2	14.4	8.8	0.12	12	100.0		"
356.00		0.5	2.0	50.0	180.0	9.0	0.88	102.2	97.2	5.0	13.9	14.8	8.9	0.13	13	100.0		"
357.00		0.4	2.0	50.0	180.0	9.0	0.88	102.2	98.2	4.0	11.5	13.7	8.9	0.12	12	100.0		"
358.00		0.4	2.0	50.0	180.0	9.0	0.88	102.2	98.2	4.0	12.9	14.1	8.9	0.13	13	100.0		"
359.00		0.5	1.7	48.5	180.0	9.0	0.88	102.2	99.2	3.0	10.7	12.9	8.8	0.13	13	100.0		"
360.00		0.4	1.7	48.5	180.0	8.0	0.78	102.2	99.2	3.0	13.3	14.5	8.7	0.13	13	100.0		"
361.00		0.4	1.9	46.5	135.0	8.5	0.83	109.5	105.5	4.0	12.4	13.6	8.6	0.13	13	100.0		"
362.00		0.4	1.9	43.0	165.0	8.5	0.83	109.5	105.5	4.0	13.7	14.7	8.7	0.13	13	100.0		"
363.00		0.2	1.7	40.0	155.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	12.2	13.6	8.8	0.13	13	100.0		"
364.00		0.2	1.7	40.0	155.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	14.5	15.2	8.7	0.13	13	100.0		"
365.00		1.0	1.9	44.0	155.0	8.5	0.83	109.5	105.5	4.0	10.9	13.2	8.3	0.13	13	100.0		"
366.00		0.7	1.9	44.0	155.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	11.6	13.3	8.4	0.13	13	100.0		"
367.00		0.7	1.9	44.0	155.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	13.4	14.5	8.7	0.13	13	100.0		"
368.00		0.6	1.8	43.0	160.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	12.2	13.8	8.7	0.13	13	100.0		"
369.00		0.6	1.8	43.0	160.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	13.3	14.4	8.8	0.13	13	100.0		"
370.00		0.6	1.8	43.0	160.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	14.3	15.1	8.8	0.14	14	100.0		"
371.00		0.9	1.8	43.0	160.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	16.4	16.8	8.6	0.14	14	80.0		"
372.00		0.9	1.8	43.0	160.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	16.8	17.1	8.6	0.14	14	13.0		"
373.00		0.9	1.9	42.0	170.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	12.3	13.7	8.7	0.13	13	100.0		"
374.00		0.9	1.9	42.0	170.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	13.1	14.2	8.7	0.13	13	100.0		"
375.00		0.9	1.9	42.0	170.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	13.6	14.7	8.6	0.14	14	100.0		"
376.00		0.7	1.9	42.0	170.0	10.5	1.03	109.5	105.5	4.0	13.8	14.8	8.6	0.14	14	100.0		"
377.00		0.7	1.9	42.0	170.0	10.5	1.03	109.5	105.5	4.0	14.1	15.0	8.7	0.14	14	100.0	0.7	"
378.00		0.8	1.9	42.0	170.0	10.5	1.03	109.5	105.5	4.0	13.1	14.4	8.7	0.14	14	100.0		"
379.00		0.6	1.8	42.0	170.0	10.5	1.03	109.5	105.5	4.0	13.7	14.8	8.7	0.14	14	100.0		"
380.00		0.6	1.8	42.0	170.0	10.5	1.03	109.5	105.5	4.0	14.8	15.6	8.7	0.14	14	100.0		"
381.00		0.6	1.8	42.0	170.0	10.5	1.03	109.5	105.5	4.0	15.3	16.1	8.7	0.14	14	100.0		"
382.00		0.5	1.8	42.0	160.0	10.5	1.03	109.5	105.5	4.0	13.5	14.6	8.5	0.14	14	100.0		"
383.00		0.5	1.8	42.0	160.0	10.5	1.03	109.5	105.5	4.0	15.0	15.7	8.6	0.14	14	100.0		"
384.00		0.3	1.7	42.0	170.0	9.0	0.88	109.5	105.5	4.0	15.7	16.3	8.5	0.14	14	100.0		"
385.00		0.4	1.8	39.0	160.0	9.5	0.93	109.5	105.5	4.0	14.3	15.5	8.5	0.13	13	100.0		"
386.00		0.4	1.8	39.0	160.0	9.5	0.93	109.5	105.5	4.0	15.8	16.5	8.6	0.14	14	100.0		"
387.00		0.5	1.9	36.9	159.8	8.6	0.84	109.5	105.5	4.0	15.1	16.2	8.6	0.14	14	100.0		"
388.00		0.5	1.6	37.0	144.7	7.4	0.73	109.6	105.6	4.0	16.2	16.8	8.6	0.14	14	100.0		"
389.00		0.3	1.9	36.8	146.7	7.9	0.77	110.7	106.7	4.0	15.6	16.4	8.7	0.13	13	100.0		"
390.00		0.3	1.8	37.4	163.2	8.0	0.78	110.4	106.4	4.0	17.0	17.4	8.7	0.14	14	100.0		"
391.00		0.5	1.6	37.7	149.9	7.5	0.74	109.2	105.2	4.0	15.7	16.7	8.6	0.13	13	100.0		"
392.00		0.5	0.9	38.7	161.1	10.1	0.99	109.1	105.1	4.0	16.6	17.2	8.7	0.13	13	60.0		"
393.00		0.4	1.4	38.6	174.2	4.4	0.43	85.7	81.7	4.0	16.3	17.2	8.7	0.13	13	100.0		"
394.00		0.4	1.4	38.1	166.7	7.6												

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (6/9)

DEPTH	DRILLING				PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE	
	ROP	WOB	RPM	TORQUE	SPP	SPP	FLOW	FLOW	CIRC.	TEMP	pH	COND	COND	SAMP				
TOTAL				AVE			IN	OUT	LOSS	IN	OUT	IN	IN	IN	RATE	備考		
mabh	m/hr	tons	rpm	amp	ksc	MPa	l/min	l/min	l/min	℃	℃	IN	mS/cm	mS/m	%			
401.00	0.3	1.3	34.9	167.9	7.6	0.75	109.2	105.2	4.0	14.9	16.0	8.7	0.13	13	100.0	PQ-WL工法		
402.00	0.3	1.1	36.0	162.8	7.1	0.70	109.4	105.4	4.0	15.8	16.6	8.6	0.13	13	100.0	"		
403.00	0.4	1.5	36.0	148.2	7.0	0.69	111.1	107.1	4.0	14.8	15.8	8.7	0.13	13	100.0	"		
404.00	0.4	1.4	35.0	165.9	6.2	0.61	109.4	105.4	4.0	13.6	15.2	8.7	0.13	13	100.0	"		
405.00	0.4	1.7	34.3	164.0	6.6	0.65	111.6	107.6	4.0	15.3	16.1	8.7	0.13	13	100.0	"		
406.00	0.4	2.3	34.3	157.8	6.9	0.68	111.5	107.5	4.0	16.4	17.1	8.7	0.13	13	100.0	"		
407.00	0.3	1.5	34.7	173.0	6.6	0.65	109.4	105.4	4.0	16.2	16.9	8.7	0.13	13	100.0	"		
408.00	0.3	1.7	35.2	169.9	6.2	0.61	111.7	107.7	4.0	14.9	16.0	8.7	0.13	13	100.0	"		
409.00	0.3	2.3	36.3	163.6	6.9	0.68	111.5	107.5	4.0	15.8	16.5	8.7	0.13	13	100.0	"		
410.00	0.8	1.7	40.7	141.2	9.3	0.91	111.2	107.2	4.0	12.8	13.9	8.9	0.12	12	100.0	"		
411.00	0.6	1.4	41.0	139.8	8.8	0.86	110.8	106.8	4.0	13.3	14.7	8.6	0.12	12	100.0	"		
412.00	0.6	2.0	41.2	120.9	8.4	0.82	110.8	106.8	4.0	14.6	15.4	8.7	0.12	12	100.0	"		
413.00	0.3	1.5	41.3	125.6	13.8	1.35	110.0	106.0	4.0	14.8	15.6	8.7	0.12	12	100.0	"		
414.00	0.3	1.5	40.7	136.3	8.9	0.87	110.6	106.6	4.0	15.4	16.2	8.8	0.13	13	100.0	"		
415.00	0.3	2.6	42.0	141.4	8.8	0.86	110.5	106.5	4.0	15.6	16.4	8.8	0.13	13	100.0	"		
416.00	0.2	2.5	42.0	141.0	9.6	0.94	112.1	108.1	4.0	14.2	15.2	8.7	0.13	13	100.0	"		
417.00	0.3	1.9	41.9	166.0	10.1	0.99	111.4	107.4	4.0	14.8	15.7	8.8	0.13	13	100.0	"		
418.00	0.4	2.0	41.7	166.4	8.0	0.78	109.2	105.2	4.0	14.9	16.2	8.7	0.13	13	100.0	"		
419.00	0.4	1.7	42.0	133.4	8.1	0.79	109.3	105.3	4.0	15.9	16.6	8.8	0.13	13	100.0	"		
420.00	0.3	1.2	39.8	162.5	8.3	0.81	112.5	108.5	4.0	15.4	16.3	8.7	0.13	13	100.0	"		
421.00	0.3	2.0	41.2	159.8	8.3	0.81	111.2	107.2	4.0	16.9	17.5	8.7	0.13	13	100.0	"		
422.00	0.4	1.9	40.5	172.9	9.3	0.91	110.8	106.8	4.0	16.4	17.1	8.7	0.13	13	100.0	"		
423.00	0.6	1.8	39.6	157.3	7.8	0.76	110.1	106.1	4.0	15.8	16.7	8.7	0.13	13	100.0	"		
424.00	0.5	1.8	40.1	152.7	8.0	0.78	110.9	106.9	4.0	15.6	16.5	8.8	0.13	13	100.0	"		
425.00	0.5	2.0	39.0	147.1	7.8	0.76	110.9	106.9	4.0	16.4	17.0	8.8	0.13	13	100.0	"		
426.00	0.5	2.1	38.4	164.4	8.3	0.81	110.9	106.9	4.0	15.0	16.1	8.7	0.13	13	100.0	"		
427.00	0.5	1.7	38.9	170.0	10.5	1.03	110.0	106.0	4.0	15.6	16.5	8.7	0.13	13	100.0	"		
428.00	0.3	1.7	42.1	158.5	9.8	0.96	122.9	118.9	4.0	15.1	16.2	8.7	0.13	13	100.0	"		
429.00	0.3	1.6	38.2	175.2	10.1	0.99	122.7	118.7	4.0	16.2	17.0	8.7	0.13	13	100.0	"		
430.00	0.7	2.2	42.9	165.1	10.1	0.99	111.0	107.0	4.0	13.5	14.6	8.4	0.14	14	100.0	"		
431.00	0.7	1.5	40.0	158.5	9.5	0.93	111.1	107.1	4.0	14.1	15.1	8.5	0.14	14	100.0	"		
432.00	0.7	1.8	39.7	159.5	9.5	0.93	111.3	107.3	4.0	14.6	15.5	8.6	0.14	14	100.0	"		
433.00	0.6	1.7	39.9	153.2	10.0	0.98	112.4	108.4	4.0	13.0	14.3	8.6	0.13	13	100.0	"		
434.00	0.6	1.7	38.8	184.2	10.6	1.04	112.2	108.2	4.0	13.8	14.9	8.6	0.13	13	100.0	"		
435.00	0.6	2.0	38.8	171.7	10.4	1.02	112.1	108.1	4.0	14.9	15.8	8.6	0.13	13	100.0	"		
436.00	0.5	2.2	39.3	160.9	10.9	1.07	120.0	116.0	4.0	15.7	16.4	8.6	0.13	13	100.0	"		
437.00	0.5	1.4	38.3	160.0	11.5	1.13	120.1	116.1	4.0	16.5	17.1	8.6	0.13	13	100.0	"		
438.00	0.6	2.4	37.8	160.0	11.1	1.09	120.2	116.2	4.0	14.9	15.9	8.7	0.12	12	100.0	"		
439.00	0.6	2.4	38.2	150.2	11.0	1.08	120.5	116.5	4.0	15.6	16.4	8.6	0.13	13	100.0	"		
440.00	0.6	2.2	35.6	152.1	11.0	1.08	120.1	116.1	4.0	16.0	16.7	8.7	0.13	13	100.0	"		
441.00	0.6	2.4	35.6	166.1	11.0	1.08	117.3	113.3	4.0	15.4	16.3	8.7	0.13	13	100.0	"		
442.00	0.6	2.4	36.0	158.0	10.8	1.06	117.9	113.9	4.0	15.9	16.7	8.7	0.13	13	100.0	"		
443.00	0.6	2.3	35.5	155.8	10.7	1.05	117.9	113.9	4.0	16.3	17.0	8.7	0.13	13	100.0	"		
444.00	0.3	1.8	36.3	167.5	11.0	1.08	112.8	108.8	4.0	15.8	16.5	8.6	0.12	12	100.0	"		
445.00	0.4	1.3	38.0	170.0	13.0	1.27	120.2	116.2	4.0	16.8	17.3	8.6	0.12	12	100.0	"		
446.00	0.2	1.9	35.6	171.8	12.1	1.19	120.2	116.2	4.0	17.4	18.0	8.7	0.12	12	100.0	"		
447.00	0.4	2.0	35.7	170.1	11.4	1.12	123.0	119.0	4.0	17.0	17.7	8.6	0.12	12	100.0	"		
448.00	0.4	1.9	33.6	135.4	11.3	1.11	123.0	119.0	4.0	17.3	17.9	8.7	0.12	12	100.0	"		
449.00	0.5	1.8	35.1	172.0	10.9	1.07	119.5	115.5	4.0	16.4	17.2	8.7	0.12	12	100.0	"		
450.00	0.5	2.1	33.6	143.4	10.5	1.03	119.8	115.8	4.0	17.0	17.7	8.7	0.12	12	100.0	"		
451.00	0.5	2.2	34.4	132.5	9.9	0.97	120.1	116.1	4.0	17.4	18.0	8.8	0.12	12	100.0	"		
452.00	0.4	2.2	36.7	183.4	10.9	1.07	116.8	112.8	4.0	16.1	17.0	8.7	0.12	12	100.0	"		
453.00	0.7	2.0	38.9	169.9	12.0	1.18	120.7	116.7	4.0	15.8	17.2	8.7	0.11	11	100.0	"		
454.00	0.7	1.2	38.4	136.8	9.6	0.94	121.1	117.1	4.0	17.1	17.8	8.7	0.12	12	100.0	"		
455.00	0.5	1.1	36.8	164.2	9.6	0.94	121.1	117.1	4.0	16.8	17.6	8.8	0.12	12	100.0	"		
456.00	0.5	1.5	34.7	149.7	9.2	0.90	122.7	118.7	4.0	16.1	17.0	8.8	0.12	12	100.0	"		
457.00	0.5	2.0	34.1	166.5	9.5	0.93	122.5	118.5	4.0	16.5	17.3	8.8	0.12	12	100.0	"		
458.00	0.4	1.7	32.6	147.1	8.5	0.83	122.5	113.5	9.0	15.9	16.8	8.9	0.12	12	100.0	"		
459.00	0.4	2.0	31.6	158.8	9.0	0.88	122.5	113.5	9.0	16.6	17.4	8.8	0.12	12	100.0	"		
460.00	0.5	2.0	33.4	159.8	7.9	0.77	120.1	111.1	9.0	16.9	17.5	8.7	0.12	12	100.0	"		
461.00	0.5	2.0	33.6	165.2	8.3	0.81	120.5	111.5	9.0	17.8	18.3	8.8	0.12	12	100.0	"		
462.00	0.5	1.5	32.8	170.6	7.9	0.77	120.3	111.3	9.0	18.4	18.7	8.8	0.12	12	100.0	"		
463.00	0.5	1.3	38.9	156.2	9.1	0.89	122.4	118.4	4.0	13.5	14.8	8.7	0.13	13	100.0	"		
464.00	0.5	1.9	37.6	173.4	9.5	0.93	122.5	118.5	4.0	14.5	15.5	8.7	0.13	13	100.0	"		
465.00	0.4	1.4	34.9	168.8	8.5	0.83	125.1	121.1	4.0	12.7	14.4	8.6	0.12	12	100.0	"		
466.00	0.4	1.1	33.6	149.8	8.5	0.83	121.1	117.1	4.0	13.1	14.6	8.7	0.12	12	100.0	"		
467.00	0.4	1.1	33.2	162.4	8.7	0.85	121.5	117.5	4.0	14.4	15.4	8.8	0.12	12	100.0	"		
468.00	0.3	0.3	34.2	9														

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (7/9)

DEPTH	DRILLING				PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE	備考
	TOTAL	ROP	WOB	RPM	TORQUE	SPP	SPP	FLOW	CIRC.	TEMP	pH	COND	COND	SAMP				
mbh	m/hr	tons	rpm	ave	ksc	MPa	l/min	l/min	l/min	°C	°C	IN	IN	IN	IN	IN	IN	IN
481.00	1.1	1.0	41.8	134.6	8.3	0.81	123.5	119.5	4.0	14.5	15.7	8.8	0.12	12	63.0		PQ-WL工法	
482.00	0.6	0.8	41.9	148.6	7.7	0.75	121.1	117.1	4.0	13.6	15.2	8.8	0.12	12	100.0		"	
483.00	0.6	1.9	41.9	150.1	8.9	0.87	121.1	117.1	4.0	14.3	15.6	8.8	0.12	12	100.0		"	
484.00	0.6	1.8	40.2	163.4	8.0	0.78	121.3	117.3	4.0	15.0	16.0	8.8	0.12	12	100.0		"	
485.00	0.5	1.3	39.3	156.4	8.4	0.82	124.5	120.5	4.0	15.3	16.2	8.8	0.12	12	100.0		"	
486.00	0.5	0.9	37.1	159.9	7.5	0.74	124.5	120.5	4.0	16.3	17.0	8.8	0.12	12	100.0		"	
487.00	0.5	1.3	38.5	144.9	7.0	0.69	124.3	120.3	4.0	16.8	17.5	8.7	0.12	12	100.0		"	
488.00	0.6	1.5	38.8	147.1	7.5	0.74	130.5	126.5	4.0	15.1	16.2	8.7	0.12	12	100.0		"	
489.00	0.3	1.1	40.7	117.9	7.8	0.76	120.7	115.7	5.0	19.4	19.1	10.3	0.12	12	100.0		"	
490.00	0.7	0.1	40.9	109.0	7.7	0.75	120.7	115.7	5.0	19.4	19.1	10.6	0.14	14	100.0		"	
491.00	0.7	1.0	41.9	120.6	5.1	0.50	83.7	78.7	5.0	19.3	19.1	12.0	0.38	38	100.0		"	
492.00	0.7	0.7	40.7	152.9	5.0	0.49	83.7	78.7	5.0	20.6	19.2	12.3	0.59	59	100.0		"	
493.00	0.2	1.7	41.0	144.5	11.3	1.11	120.1	113.1	7.0	20.4	20.8	11.1	0.18	18	100.0		"	
494.00	0.2	1.3	38.3	150.1	11.3	1.11	120.3	113.3	7.0	18.5	19.5	11.6	0.27	27	100.0		"	
495.00	0.5	1.4	43.5	170.0	11.5	1.13	130.0	123.0	7.0	20.2	20.0	12.1	0.43	43	100.0		"	
496.00	0.5	1.1	43.2	166.9	14.3	1.40	134.6	127.6	7.0	21.0	20.8	12.2	0.55	55	100.0		"	
497.00	0.5	0.9	37.3	181.0	11.1	1.09	130.5	123.5	7.0	20.3	20.5	12.0	0.40	40	100.0		"	
498.00	0.8	1.7	38.0	149.4	12.0	1.18	129.8	122.8	7.0	20.9	20.8	12.3	0.57	57	100.0		"	
499.00	0.7	1.6	37.8	182.5	12.4	1.22	128.5	121.5	7.0	20.6	20.5	12.1	0.47	47	100.0		"	
500.00	0.7	1.8	36.1	184.1	12.5	1.23	128.5	121.5	7.0	20.2	20.2	12.2	0.48	48	100.0		"	
501.00	0.7	1.6	35.7	142.5	12.7	1.25	128.0	120.0	8.0	20.3	20.1	12.3	0.52	52	100.0		"	
502.00	0.7	1.3	36.2	147.9	12.1	1.19	128.1	120.1	8.0	20.9	20.5	12.3	0.56	56	100.0		"	
503.00	0.3	0.7	35.2	170.2	13.0	1.27	128.6	120.6	8.0	20.7	20.8	11.8	0.34	34	100.0		"	
504.00	0.9	1.4	37.1	166.3	13.1	1.28	130.3	123.3	7.0	22.8	21.7	12.0	0.48	48	100.0		"	
505.00	0.9	1.5	40.9	192.1	12.9	1.26	130.3	123.3	7.0	23.0	22.1	12.1	0.49	49	59.0		"	
506.00	0.5	1.5	36.9	155.2	17.1	1.68	153.8	146.8	7.0	22.8	22.4	12.0	0.47	47	93.0		"	
507.00	0.3	1.1	37.1	167.1	15.3	1.50	140.2	133.2	7.0	22.3	22.2	12.1	0.48	48	100.0		"	
508.00	0.3	1.1	35.8	169.5	15.9	1.56	147.7	139.7	8.0	21.5	21.0	12.0	0.44	44	100.0		"	
509.00	0.6	1.1	35.8	180.0	13.1	1.28	123.1	115.1	8.0	22.5	22.2	11.8	0.35	35	100.0		"	
510.00	0.4	0.7	38.9	159.9	12.0	1.18	131.3	126.3	5.0	21.7	21.8	11.7	0.30	30	100.0		"	
511.00	0.4	1.7	36.2	175.5	13.6	1.33	137.5	132.5	5.0	21.5	21.5	11.7	0.30	30	100.0		"	
512.00	0.3	1.1	36.9	190.5	14.4	1.41	134.5	129.5	5.0	21.0	21.0	11.7	0.30	30	100.0		"	
513.00	0.4	1.0	33.9	187.1	10.5	1.03	121.5	115.5	6.0	23.3	22.5	11.6	0.27	27	100.0		"	
514.00	0.4	1.1	33.1	186.7	10.7	1.05	121.4	115.4	6.0	23.4	22.6	11.5	0.27	27	100.0		"	
515.00	0.6	1.2	31.7	165.6	12.1	1.19	130.2	124.2	6.0	23.6	22.8	11.5	0.26	26	100.0		"	
516.00	0.7	1.0	33.8	140.5	12.7	1.25	130.6	127.6	3.0	23.2	22.4	11.4	0.24	24	100.0		"	
517.00	0.2	1.4	33.7	182.3	13.5	1.32	129.7	123.7	6.0	22.8	22.1	11.4	0.23	23	62.0		"	
518.00	0.4	1.4	36.1	148.8	12.8	1.25	133.9	126.9	7.0	22.8	22.2	11.3	0.22	22	100.0		"	
519.00	0.4	1.0	35.1	147.9	11.9	1.17	134.2	127.2	7.0	22.5	22.0	11.3	0.21	21	100.0		"	
520.00	0.6	1.2	35.1	138.5	12.1	1.19	130.2	124.2	6.0	22.8	21.8	10.7	0.18	18	100.0		"	
521.00	0.6	1.7	34.5	147.7	11.5	1.13	130.3	124.3	6.0	22.2	21.5	10.6	0.17	17	100.0		"	
522.00	0.6	1.8	33.9	155.0	11.1	1.09	130.5	124.5	6.0	22.4	21.7	10.6	0.17	17	100.0		"	
523.00	0.2	1.1	31.9	176.0	13.8	1.35	130.3	123.3	7.0	22.7	21.1	10.6	0.16	16	100.0		"	
524.00	0.3	1.4	32.4	182.9	14.2	1.39	135.6	129.6	6.0	21.9	21.0	10.2	0.14	14	100.0		"	
525.00	0.3	1.8	31.7	169.3	12.5	1.23	136.0	130.0	6.0	23.1	21.7	10.6	0.17	17	100.0		"	
526.00	0.6	1.9	31.6	102.8	13.4	1.31	131.3	125.3	6.0	22.6	20.9	10.5	0.16	16	100.0		"	
527.00	0.6	1.8	31.6	101.1	13.2	1.29	131.1	125.1	6.0	22.9	21.3	10.5	0.16	16	100.0		"	
528.00	0.7	1.7	31.2	98.9	13.3	1.30	131.4	125.4	6.0	22.1	20.5	10.4	0.15	15	100.0		"	
529.00	0.7	1.3	31.3	87.0	11.5	1.13	132.1	126.1	6.0	22.6	20.9	10.4	0.15	15	100.0		"	
530.00	0.4	1.3	31.3	162.8	14.3	1.40	134.3	128.3	6.0	23.2	21.3	10.5	0.16	16	100.0		"	
531.00	0.8	1.6	34.9	134.8	14.5	1.42	131.0	124.0	7.0	22.5	20.5	10.2	0.15	15	100.0		"	
532.00	0.4	1.4	36.6	139.5	14.3	1.40	130.6	123.6	7.0	23.0	20.8	10.3	0.15	15	74.0		"	
533.00	0.7	1.3	37.1	124.4	12.9	1.26	130.7	124.7	6.0	22.4	20.4	10.1	0.15	15	100.0		"	
534.00	0.7	1.2	36.8	134.4	12.9	1.26	129.0	123.0	6.0	22.6	20.6	10.3	0.16	16	100.0		"	
535.00	0.7	1.6	36.5	137.2	12.7	1.25	129.1	123.1	6.0	22.6	20.7	10.4	0.17	17	100.0		"	
536.00	0.5	1.6	36.6	146.2	13.4	1.31	128.4	122.4	6.0	22.0	20.2	10.3	0.16	16	100.0		"	
537.00	0.5	1.7	36.1	148.0	13.2	1.29	128.2	122.2	6.0	22.3	20.4	10.4	0.17	17	100.0		"	
538.00	0.5	1.5	33.4	139.3	11.9	1.17	128.9	122.9	6.0	21.5	19.7	10.3	0.17	17	100.0		"	
539.00	0.6	1.6	34.8	175.9	12.3	1.21	128.9	122.9	6.0	22.2	20.2	10.3	0.17	17	100.0		"	
540.00	0.4	1.8	33.5	168.9	12.9	1.26	130.2	125.2	5.0	23.6	20.7	10.3	0.18	18	100.0		"	
541.00	0.4	1.7	31.1	168.9	13.1	1.28	130.3	125.3	5.0	24.2	21.2	10.3	0.17	17	100.0		"	
542.00	0.4	1.7	31.3	170.3	12.4	1.22	131.0	125.0	6.0	24.2	21.3	10.2	0.17	17	100.0		"	
543.00	0.5	1.1	32.1	176.3	14.9	1.46	128.9	120.9	8.0	23.7	20.7	10.2	0.17	17	100.0		"	
544.00	0.5	2.3	31.1	170.0	13.1	1.28	129.1	121.1	8.0	23.7	20.7	10.4	0.18	18	100.0		"	
545.00	0.4	1.6	31.9	181.0	14.3	1.40	130.2	124.2	6.0	23.1	20.3	10.2	0.17	17	100.0		"	
546.00	0.4	1.4	31.5	169.7	13.9	1.36	129.1	123.1	6.0	22.5	19.7	10.3	0.17	17	100.0		"	
547.00	0.4	1.3	30.5	168.7	12.4	1.22	129.3	123.3	6.0	23.1	20.0	10.3	0.17	17	100.0		"	
548.00	0.6	1.3	32.2	146.4	12.6	1.24	128.2	122.2	6.0	23.2	20.1	10.2	0.16	16	100.0		"	
549.00	0.6	1.7	30.2	176.0	12.3	1.21	128.5	122.5	6.0	23.7	20.5	10.3	0.17	17	100.0		"	
550.00	0.5	1.2	31.2	154.3	13.3	1.30	129.8	122.8	7.0	23.2	20.2	10.4	0.17	17	100.0		"	
551.00	0.4	1.9	29.7	164.5	12.9	1.26	129.8	122.8	7.0	22.9	20.0	10.4	0.17	17	100.0		"	
552.00	0.4	1.5	30.1	167.2	14.0	1.37	140.6	133.6	7.0	22.7	19.8	10.3	0.17	17	100.0		"	
553.00	0.4	1.7	30.4	168.5	13.4	1.31	130.9	123.9	7.0	21.7	19.0	10.2	0.16	16	100.0		"	
554.00	0.4	1.6	30.0	164.8	12.6	1.24	131.1	124.1	7.0	22.1	19.4	10.3	0.16	16	100.0		"	
555.00																		

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (8/9)

DEPTH TOTAL	DRILLING PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE		備考	
	ROP	WOB	RPM	TORQUE AVE	SPP	SPP	FLOW IN	FLOW OUT	CIRC. LOSS	TEMP IN	TEMP OUT	pH	COND IN	COND IN	SAMP RATE	
mabh	m/hr	tons	rpm	amp	ksc	MPa	l/min	l/min	l/min	°C	°C		mS/cm	mS/m	%	
561.00	0.3	1.9	30.5	175.9	13.7	1.34	130.5	124.5	8.0	21.7	18.9	10.1	0.15	15	100.0	PQ-WL工法
562.00	0.5	1.3	32.2	142.8	14.0	1.37	129.8	123.8	6.0	22.0	19.6	10.0	0.14	14	100.0	"
563.00	0.5	1.4	30.1	150.5	13.5	1.32	129.7	123.7	6.0	21.4	19.9	9.8	0.14	14	100.0	"
564.00	0.5	1.6	29.7	154.7	12.4	1.22	131.3	123.3	8.0	21.7	18.8	9.9	0.14	14	100.0	"
565.00	0.5	1.5	30.5	156.1	12.5	1.23	131.1	123.1	8.0	22.7	19.6	6.9	0.14	14	100.0	"
566.00	0.5	1.4	29.3	163.8	12.6	1.24	130.5	122.5	8.0	22.1	20.4	9.8	0.13	13	100.0	"
567.00	0.5	1.4	29.9	166.1	13.2	1.29	132.5	124.5	8.0	22.2	21.5	9.7	0.13	13	100.0	"
568.00	0.5	2.0	30.0	177.1	13.6	1.33	132.6	124.6	8.0	22.9	22.1	9.8	0.13	13	100.0	"
569.00	0.5	1.5	30.9	173.3	13.6	1.33	132.4	124.4	8.0	22.2	22.1	9.9	0.13	13	100.0	"
570.00	0.6	1.4	30.4	160.6	12.4	1.22	129.9	121.9	8.0	22.2	22.1	9.9	0.13	13	100.0	"
571.00	0.5	1.4	29.9	161.0	13.6	1.33	130.1	122.1	8.0	21.8	20.3	9.9	0.13	13	100.0	"
572.00	0.5	1.2	30.2	152.4	12.1	1.19	130.3	122.3	8.0	22.3	22.0	10.0	0.13	13	33.0	"
573.00	0.7	1.4	33.2	163.3	12.5	1.23	129.9	121.9	8.0	21.3	21.0	9.9	0.12	12	100.0	"
574.00	0.7	1.8	32.1	160.4	14.1	1.38	129.7	121.7	8.0	22.0	21.7	10.0	0.12	12	100.0	"
575.00	0.4	1.4	31.5	156.9	18.2	1.78	138.0	132.0	6.0	20.7	21.9	9.8	0.11	11	100.0	"
576.00	0.4	1.7	30.9	112.4	20.4	2.00	128.5	121.5	7.0	23.3	21.5	10.2	0.13	13	100.0	"
577.00	0.4	1.2	30.2	152.1	12.8	1.25	131.3	124.3	7.0	21.5	20.0	10.0	0.13	13	100.0	"
578.00	0.4	1.6	30.7	162.8	13.9	1.36	131.0	124.0	7.0	20.9	21.1	10.0	0.12	12	100.0	"
579.00	0.4	1.9	30.7	152.9	13.1	1.28	130.6	123.6	7.0	21.0	21.5	10.1	0.13	13	100.0	"
580.00	0.5	1.5	31.7	149.1	14.5	1.42	131.3	124.3	7.0	20.5	20.6	10.1	0.12	12	100.0	"
581.00	0.5	1.6	35.9	152.8	14.1	1.38	131.3	124.3	7.0	19.9	20.0	10.1	0.12	12	100.0	"
582.00	0.6	1.4	33.8	150.7	12.8	1.25	130.2	118.2	12.0	19.6	19.2	9.9	0.12	12	100.0	"
583.00	0.6	1.2	32.7	166.1	9.6	0.94	130.6	118.6	12.0	21.2	20.6	10.1	0.12	12	100.0	"
584.00	0.6	1.5	33.6	146.5	12.4	1.22	130.1	118.1	12.0	21.0	19.9	9.9	0.12	12	100.0	"
585.00	0.7	1.4	33.5	150.9	10.7	1.05	130.2	110.2	20.0	22.1	21.3	9.8	0.11	11	100.0	"
586.00	0.7	2.0	29.8	157.4	10.6	1.04	128.0	108.0	20.0	23.4	20.9	9.7	0.11	11	100.0	"
587.00	0.7	2.1	30.0	157.1	10.7	1.05	127.8	107.8	20.0	22.9	20.7	9.5	0.11	11	100.0	"
588.00	0.3	1.6	30.6	161.9	14.0	1.37	132.6	112.6	20.0	19.6	18.8	9.4	0.11	11	100.0	"
589.00	0.4	1.5	28.9	171.5	11.9	1.17	130.5	110.5	20.0	18.5	17.6	9.5	0.11	11	100.0	"
590.00	0.3	1.7	29.8	167.1	12.2	1.20	131.3	113.3	18.0	20.6	18.3	9.3	0.10	10	100.0	"
591.00	0.3	1.8	28.8	169.0	12.5	1.23	130.2	112.2	18.0	19.5	18.3	9.3	0.10	10	100.0	"
592.00	0.3	2.1	28.0	175.5	12.2	1.20	130.5	114.5	16.0	19.2	17.3	9.4	0.10	10	100.0	"
593.00	0.3	1.7	30.9	125.4	13.2	1.29	130.5	114.5	16.0	19.7	17.6	9.4	0.10	10	100.0	"
594.00	0.3	2.1	31.1	117.6	12.6	1.24	130.1	114.1	16.0	22.3	19.5	9.5	0.10	10	100.0	"
595.00	0.3	1.7	32.8	129.3	13.3	1.30	130.1	110.1	20.0	23.8	21.1	9.1	0.09	9	100.0	"
596.00	0.3	1.9	32.8	132.1	13.4	1.31	130.5	110.5	20.0	23.0	20.3	9.4	0.10	10	100.0	"
597.00	0.3	2.2	31.7	134.8	13.7	1.34	130.1	110.1	20.0	20.8	19.1	9.3	0.10	10	100.0	"
598.00	0.3	2.2	31.7	139.0	13.3	1.30	129.9	109.9	20.0	21.4	19.2	9.6	0.10	10	100.0	"
599.00	0.2	1.8	33.1	155.4	13.7	1.34	129.3	112.3	17.0	21.8	20.0	9.3	0.10	10	100.0	"
600.00	0.2	1.9	33.3	153.6	14.2	1.39	131.4	109.4	22.0	22.7	20.1	9.7	0.11	11	100.0	"
601.00	0.4	1.9	33.7	139.6	12.0	1.18	130.3	112.3	18.0	21.1	19.0	9.6	0.10	10	100.0	"
602.00	0.3	1.8	33.4	166.0	13.3	1.30	129.9	116.9	13.0	20.5	18.3	9.6	0.10	10	100.0	"
603.00	0.3	2.3	33.0	132.3	12.6	1.24	130.3	117.3	13.0	21.2	18.8	9.9	0.11	11	100.0	"
604.00	0.3	1.6	32.9	145.7	12.4	1.22	130.2	117.2	13.0	20.5	19.1	9.6	0.10	10	100.0	"
605.00	0.3	1.5	32.8	156.5	9.9	0.97	129.8	113.8	16.0	21.5	19.5	9.7	0.10	10	100.0	"
606.00	0.4	1.9	32.8	155.4	8.6	0.84	129.9	109.9	20.0	21.5	18.7	9.6	0.11	11	100.0	"
607.00	0.4	2.0	32.3	143.1	9.0	0.88	130.2	115.2	15.0	20.2	18.2	9.4	0.11	11	100.0	"
608.00	0.4	2.2	31.9	151.1	9.4	0.92	130.1	115.1	15.0	21.1	19.3	9.4	0.11	11	100.0	"
609.00	0.4	2.4	32.2	155.6	9.2	0.90	130.3	115.3	15.0	21.3	19.8	9.5	0.12	12	100.0	"
610.00	0.5	2.3	32.7	145.8	8.4	0.82	132.6	112.6	20.0	22.7	19.8	9.4	0.12	12	100.0	"
611.00	0.4	2.2	33.7	143.8	9.0	0.88	130.1	115.1	15.0	23.9	21.9	9.4	0.12	12	100.0	"
612.00	0.4	2.3	33.3	163.2	8.4	0.82	130.5	115.5	15.0	24.1	21.5	9.4	0.12	12	67.0	"
613.00	0.7	1.2	33.8	128.7	6.7	0.66	130.2	117.2	13.0	20.8	19.3	9.1	0.11	11	100.0	"
614.00	0.4	1.2	32.6	142.7	11.7	1.15	129.9	112.9	17.0	21.7	22.2	9.3	0.12	12	100.0	"
615.00	0.5	1.7	31.0	140.4	12.3	1.21	130.5	111.5	19.0	21.0	21.9	8.9	0.11	11	100.0	"
616.00	0.5	1.9	30.6	149.2	11.7	1.15	130.3	111.3	19.0	21.3	22.6	8.7	0.10	10	100.0	"
617.00	0.6	1.6	30.7	158.6	13.4	1.31	129.1	105.1	24.0	22.8	23.0	8.9	0.10	10	100.0	"
618.00	0.2	1.4	30.8	170.0	15.3	1.50	129.3	110.3	19.0	23.9	24.0	9.0	0.11	11	100.0	"
619.00	0.7	1.2	31.2	125.0	12.4	1.22	131.7	113.7	18.0	23.2	23.5	9.0	0.10	10	100.0	"
620.00	0.4	1.2	30.5	161.6	12.8	1.25	129.7	112.7	17.0	22.3	22.9	8.6	0.10	10	100.0	"
621.00	0.4	1.5	30.4	170.2	12.9	1.26	129.7	109.7	20.0	22.2	22.8	8.7	0.10	10	100.0	"
622.00	0.7	1.0	31.6	114.6	10.3	1.01	130.6	107.6	23.0	21.9	22.5	8.7	0.10	10	100.0	"
623.00	0.4	1.3	30.1	160.0	12.8	1.25	130.5	107.5	23.0	23.4	23.5	8.9	0.10	10	100.0	"
624.00	0.4	1.1	30.9	168.7	12.7	1.25	130.2	100.2	30.0	24.2	24.3	8.9	0.10	10	100.0	"
625.00	0.4	1.6	31.6	144.5	12.4	1.22	130.2	100.2	30.0	24.0	24.5	8.6	0.10	10	100.0	"
626.00	0.6	1.5	31.3	141.9	11.3	1.11	132.2	103.2	29.0	24.0	24.4	8.8	0.10	10	100.0	"
627.00	0.6	1.5	31.0	162.7	11.1	1.09	132.5	103.5	29.0	22.5	23.5	8.4	0.10	10	100.0	"
628.00	0.5	1.5	31.1	167.7	11.6	1.14	129.9	101.9	28.0	22.7	22.9	8.9	0.10	10	100.0	"
629.00	0.4	1.2	31.0	156.7	11.3	1.11	130.1	110.1	20.0	21.2	22.0	8.3	0.10	10	100.0	"
630.00	0.4	1.8	30.7	172.9	12.2	1.20	129.9	109.9	20.0	22.3	22.5	8.6	0.10	10	100.0	"
631.00	0.5	1.2	31.2	165.9	11.8	1.16	130.2	110.2	20.0	23.8	23.7	8.6	0.10	10	100.0	"
632.00	0.4	1.2	31.5	150.8	12.3	1.21	130.7	112.7	18.0	25.3	24.8	8.4	0.09	9	100.0	"
633.00	0.4	2.0	31.3	169.6	13.3	1.30	130.7	112.7	18.0	25.5	25.6	8.6	0.10	10	100.0	"
634.00	0.2	1.5	29.8	184.9	14.4	1.41	130.3	110.3	20.0	22.8	23.7	8.6	0.10	10	100.0	"
635.00	0.5	1.5	30.4	158.5	12.8	1.25	132.8	112.8	20.0	21.2	22.3	8.7	0.10	10	100.0	"
636.00	0.5	1.7	33.1	166.7	13.0	1.27	130.3	111.3	19.0	20.0	21.2	8.5	0.10	10	100.0	"
637.00	0.5	1.4	33.8	178.9	12.6	1.24	129.0	111.0	18.0	19.1						

表2.8.2 MIU-4号孔 掘削状況記録 (9/9)

DEPTH	DRILLING PARAMETERS				PUMP				WATER				CORE	備考		
TOTAL	ROP	WOB	RPM	TORQUE	SPP	SPP	FLOW	CIRC.	TEMP	pH	COND	COND	SAMP			
mabh	m/hr	tons	rpm	AVE amp	ksc	MPa	IN l/min	OUT l/min	LOSS l/min	IN ℃	OUT ℃	IN mS/cm	IN mS/m		RATE %	
641.00	0.5	1.4	34.7	174.2	12.5	1.23	130.1	114.1	16.0	23.5	24.0	8.4	0.10	10	100.0	PQ-WL工法
642.00	0.7	1.8	35.3	147.8	12.9	1.26	131.7	112.7	19.0	22.3	23.1	8.4	0.10	10	83.0	
643.00	0.7	1.5	35.5	127.8	12.4	1.22	131.5	112.5	19.0	21.5	22.7	8.4	0.10	10	67.0	
644.00	0.7	1.8	33.8	181.6	14.4	1.41	132.2	113.2	19.0	20.7	22.0	8.5	0.10	10	100.0	
645.00	0.5	1.9	33.2	164.0	14.1	1.38	132.0	114.0	18.0	21.0	22.0	8.6	0.10	10	100.0	
646.00	0.6	1.4	33.8	144.3	12.4	1.22	129.7	115.7	14.0	23.4	23.2	8.5	0.10	10	100.0	
647.00	0.6	1.8	33.6	158.0	12.5	1.23	129.5	115.5	14.0	23.4	23.9	8.9	0.10	10	100.0	
648.00	0.2	2.3	33.6	109.0	13.4	1.31	125.3	105.3	20.0	23.8	23.2	9.0	0.11	11	100.0	
649.00	0.2	1.9	32.5	162.5	14.4	1.41	124.8	104.8	20.0	25.8	25.1	8.9	0.11	11	100.0	
650.00	0.1	1.6	32.0	132.3	13.8	1.35	125.2	107.2	18.0	23.6	24.4	8.5	0.10	10	100.0	
651.00	0.5	1.7	31.5	170.9	13.0	1.27	123.6	105.6	18.0	23.8	23.7	8.9	0.11	11	100.0	
652.00	0.3	1.3	32.3	133.3	11.1	1.09	123.6	105.6	18.0	23.8	23.8	9.0	0.11	11	100.0	
653.00	0.5	1.8	31.8	160.6	12.9	1.26	123.9	107.9	16.0	24.9	24.5	8.7	0.11	11	100.0	
654.00	0.5	2.0	31.8	154.3	13.3	1.30	123.5	107.5	16.0	26.0	25.4	8.9	0.11	11	100.0	
655.00	0.6	0.5	32.2	138.1	12.8	1.25	124.3	108.3	16.0	26.7	26.0	8.7	0.11	11	100.0	
656.00	0.6	1.6	31.4	175.1	13.8	1.35	123.1	107.1	16.0	26.7	26.1	8.8	0.11	11	100.0	
657.00	0.7	1.2	32.7	127.1	10.9	1.07	125.9	107.9	18.0	26.0	25.4	8.8	0.11	11	100.0	
658.00	0.8	1.2	32.7	127.0	12.1	1.19	125.9	107.9	18.0	24.5	25.1	8.4	0.10	10	65.0	
659.00	0.6	1.3	31.5	167.7	13.9	1.36	126.1	108.1	18.0	24.6	24.6	8.5	0.11	11	64.0	
660.00	1.0	1.4	32.7	136.2	11.5	1.13	124.0	106.0	18.0	24.0	24.3	8.2	0.10	10	100.0	
661.00	1.0	1.6	32.5	133.3	12.4	1.22	123.4	105.4	18.0	24.5	24.4	8.6	0.11	11	100.0	
662.00	0.4	1.3	32.1	167.4	13.0	1.27	124.6	107.6	17.0	25.0	24.8	8.2	0.10	10	100.0	
663.00	0.8	0.5	32.6	127.5	11.1	1.09	124.0	107.0	17.0	26.6	25.9	8.4	0.11	11	62.0	
664.00	0.8	0.7	32.5	124.9	11.3	1.11	123.9	106.9	17.0	26.9	26.2	8.4	0.10	10	71.0	
665.00	0.6	1.1	32.0	141.8	12.0	1.18	124.8	107.8	17.0	27.2	26.6	8.3	0.10	10	100.0	
666.00	0.3	0.9	30.6	131.4	12.0	1.18	123.7	109.7	14.0	26.2	25.9	8.6	0.11	11	100.0	
667.00	0.7	0.7	30.8	118.8	11.1	1.09	124.7	110.7	14.0	25.9	25.6	8.5	0.11	11	100.0	
668.00	0.6	1.1	30.5	151.4	12.8	1.25	124.3	110.3	14.0	25.2	25.0	8.1	0.10	10	100.0	
669.00	0.7	1.1	31.0	120.7	12.3	1.21	125.4	104.4	21.0	25.4	25.0	8.1	0.10	10	100.0	
670.00	0.7	0.4	32.9	133.6	11.5	1.13	125.8	104.8	21.0	25.3	25.3	8.1	0.10	10	50.0	
671.00	0.8	1.1	33.0	135.9	11.8	1.16	124.8	104.8	20.0	26.5	26.0	8.1	0.10	10	85.0	
672.00	1.1	0.4	33.1	115.4	10.0	0.98	124.2	103.2	21.0	27.5	26.9	8.4	0.10	10	100.0	
673.00	1.1	0.9	33.1	122.0	10.1	0.99	124.2	103.2	21.0	27.6	27.2	8.3	0.10	10	100.0	
674.00	1.0	1.0	32.1	130.0	11.6	1.14	122.1	108.1	14.0	23.4	23.6	8.5	0.09	9	100.0	
675.00	1.0	0.7	32.6	122.2	10.5	1.03	122.4	108.4	14.0	23.5	23.7	8.6	0.09	9	45.0	
676.00	1.0	0.5	32.7	112.9	10.3	1.01	122.4	108.4	14.0	23.7	23.8	9.0	0.10	10	100.0	
677.00	0.7	0.8	32.3	150.7	11.9	1.17	125.4	110.4	15.0	24.3	24.1	8.8	0.10	10	100.0	
678.00	0.7	1.3	32.4	144.1	11.9	1.17	125.3	110.3	15.0	25.0	24.5	9.0	0.11	11	100.0	
679.00	0.9	1.0	32.5	140.3	12.8	1.25	124.3	109.3	15.0	26.0	25.2	8.7	0.11	11	100.0	
680.00	0.9	1.2	32.0	154.1	12.2	1.20	124.5	109.5	15.0	26.4	25.6	8.8	0.11	11	100.0	
681.00	0.9	1.6	32.4	137.0	12.0	1.18	124.3	109.3	15.0	26.6	25.8	8.8	0.11	11	100.0	PQ-WL工法
682.00	0.8	0.7	32.8	137.4	11.7	1.15	125.7	109.7	16.0	26.8	25.9	8.8	0.11	11	100.0	
683.00	0.8	0.6	32.8	139.0	11.9	1.17	125.7	109.7	16.0	26.7	26.0	8.7	0.12	12	100.0	
684.00	0.8	1.3	32.4	142.4	12.6	1.24	125.3	109.3	16.0	26.6	26.0	8.7	0.11	11	100.0	
685.00	0.8	1.8	32.0	165.5	14.6	1.43	125.2	112.2	13.0	26.5	25.9	8.8	0.12	12	100.0	
685.00	0.8	1.8	32.0	165.5		1.43	125.2	112.2	13.0	26.5	25.9	8.8	0.12	12	100.0	
686.00	0.7	1.4	32.5	145.4		1.26	125.4	112.4	13.0	26.4	25.9	8.8	0.11	11	100.0	
687.00	0.7	1.8	32.3	153.6		1.19	125.6	112.6	13.0	26.2	25.9	8.9	0.11	11	100.0	
688.00	0.7	1.4	33.0	129.3		1.20	123.9	109.9	14.0	25.3	25.0	8.9	0.12	12	100.0	
689.00	0.7	2.0	32.1	152.6		1.21	123.7	109.7	14.0	25.2	24.9	8.8	0.11	11	100.0	