

# 平成26年度 地球温暖化対策技術開発成果発表会

## 自然環境への悪影響を回避・最小化した地熱発電に関する技術開発

平成27年 1月22日

委託先 :地熱技術開発株式会社

共同研究者 :帝石削井工業株式会社

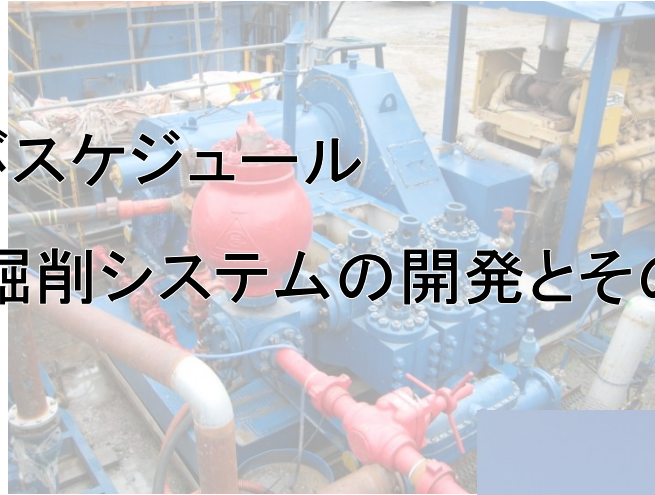
:エスケイエンジニアリング株式会社

:国立大学法人 東京大学



# 目次

1. 技術開発概要
2. 事業実施体制およびスケジュール
3. 高傾斜コントロール掘削システムの開発とその成果
  - i. 要素技術の概要
  - ii. 実証試験の概要
4. 本技術開発による発電コスト抑制効果(最終目標の達成)
5. 本技術開発の主な成果(まとめ)
6. 本技術開発によるCO<sub>2</sub>削減効果の試算
7. 今後の課題



# 1. 技術開発概要

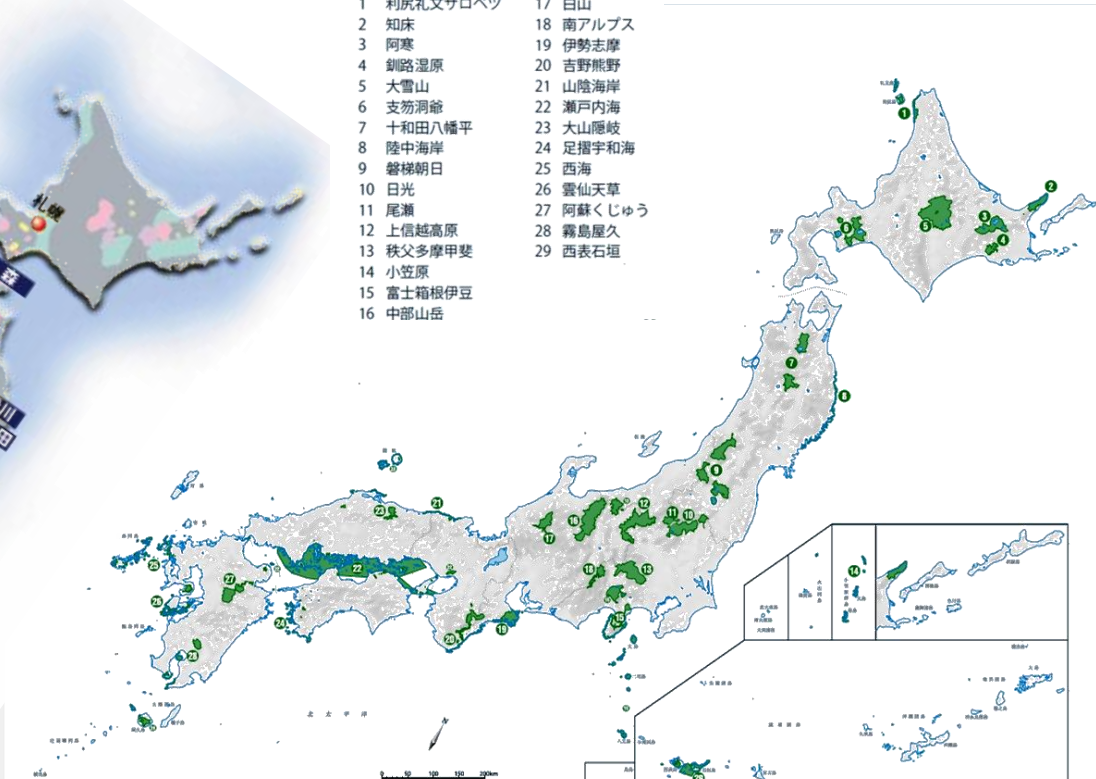
## —本技術開発の背景—

- 全国の150°C以上の高温地熱資源 : 2,347万 kW
- 自然公園内(特別保護地域, 特別地域) : 1,922万 kW  
⇒ 自然公園内の地熱エネルギーポテンシャルは全体の81.9%
- 開発には自然環境保護とのトレードオフが生じるため, 自然環境への悪影響を回避・最小化した地熱発電に関する技術開発が必要。



### 国立公園の配置

- |            |           |
|------------|-----------|
| 1 利尻礼文サロベツ | 17 白山     |
| 2 知床       | 18 南アルプス  |
| 3 阿寒       | 19 伊勢志摩   |
| 4 釧路湿原     | 20 吉野熊野   |
| 5 大雪山      | 21 山陰海岸   |
| 6 支笏洞爺     | 22 瀬戸内海   |
| 7 十和田八幡平   | 23 大山隠岐   |
| 8 陸中海岸     | 24 足摺宇和海  |
| 9 磐梯朝日     | 25 西海     |
| 10 日光      | 26 雲仙天草   |
| 11 尾瀬      | 27 阿蘇くじゅう |
| 12 上信越高原   | 28 霧島屋久   |
| 13 秩父多摩甲斐  | 29 西表石垣   |
| 14 小笠原     |           |
| 15 富士箱根伊豆  |           |
| 16 中部山岳    |           |





# 技術開発・実証研究の目的

□ 研究開発期間：平成23年6月1日～平成26年3月10日

## 【テーマ1】 全体計画設計

- ① 全体システムの設計
- ② 石油ガス開発分野での最新技術動向調査
- ③ 実証試験等の計画・準備
- ④ 掘削コスト低減のコスト分析ツールの開発・検討
- ⑤ マニュアルの作成

迅速かつ安全に！

掘削費の低減

## 【テーマ2】 高傾斜コントロール掘削システムの開発

- ① 硬岩掘進率向上技術
- ② 高傾斜掘削制御技術
- ③ 高傾斜泥水制御技術
- ④ 高傾斜坑内冷却技術
- ⑤ 高傾斜逸水対策技術
- ⑥ 高傾斜最適ケーシング設計技術
- ⑦ 高傾斜検層技術

井戸1本当たりの  
生産量の増加  
↓  
開発費全体の低減

## 【テーマ3】 実証試験

実証試験で開発成果を検証  
(要素技術/全体技術)

▶ 自然環境への悪影響を回避・  
最小化した地熱発電に関する  
技術開発

⇒コントロール掘削技術を用  
いた自然公園外から公園  
内の地下の地熱エネル  
ギーを採取

▶ 高傾斜コントロール掘削技術  
の低コスト化

⇒自然環境保護と両立した  
地熱資源の開発を実現

## 最終目標

- ① 井戸掘削費(単位掘削距離当たり):10%削減
- ② 井戸1本の生産性:50%増加
- ③ 発電原価:現状並みに抑制

## 本事業の効果

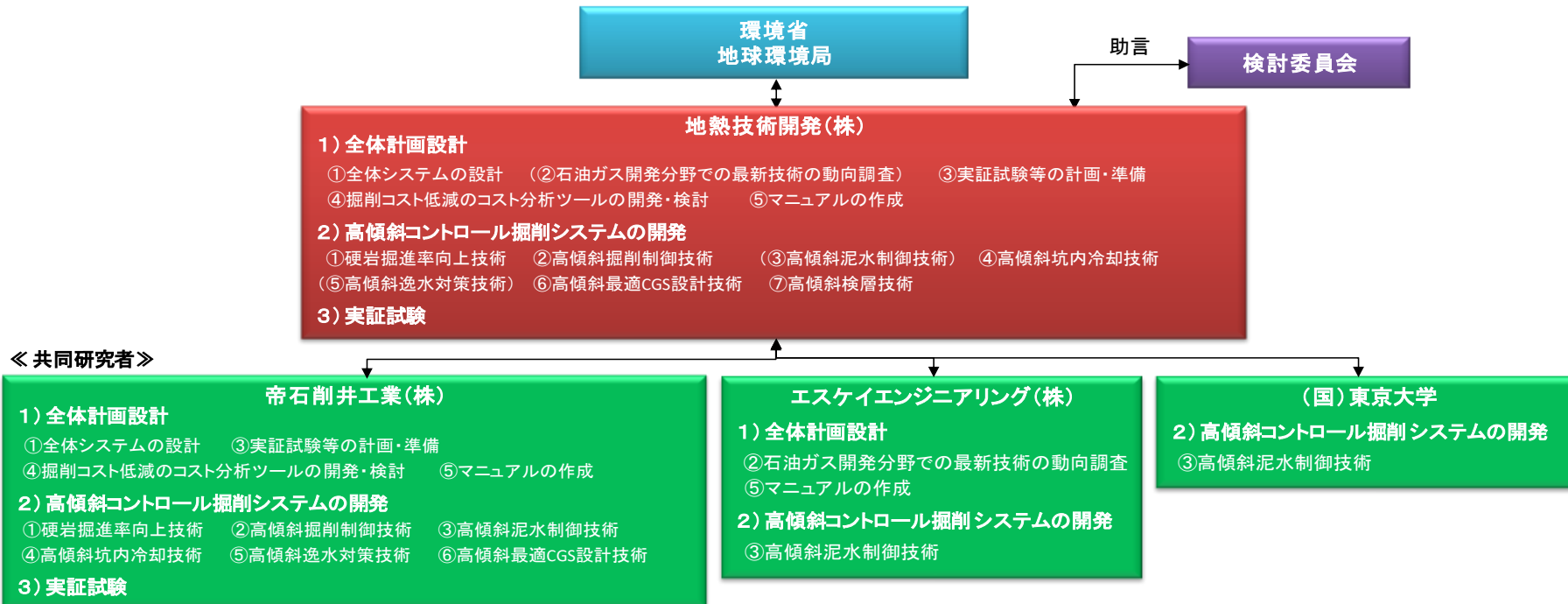
- ・自然公園内における効率的地熱開発
- ・CO<sub>2</sub>削減効果

# 高傾斜コントロール掘削システムの開発

## —技術開発の概要—



# 2. 事業実施体制およびスケジュール



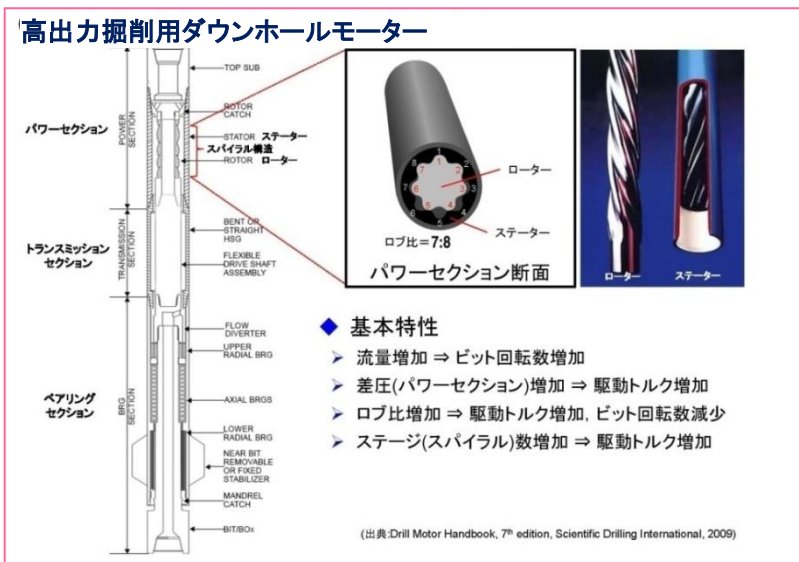
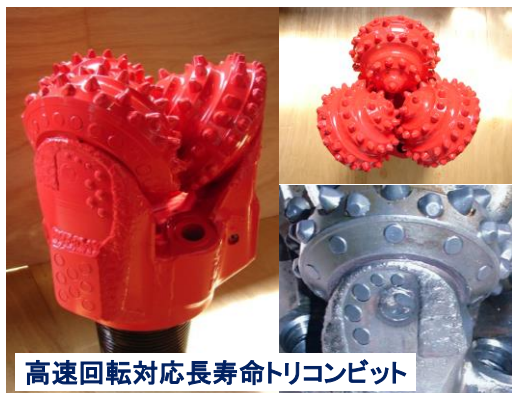
年度	調査項目	平成23年度		平成24年度		平成25年度		
調査の位置づけ		机上調査/一部要素試験		個別技術評価/実証試験井選定		実証試験(コスト検証/マニュアル化)		
全体計画設計	①全体システムの設計	概念設計		設計		まとめ		
	②石油ガス開発分野での最新技術の動向調査	最新技術調査・各技術開発へのフィードバック		最新技術調査・各技術開発へのフィードバック		まとめ		
	③実証試験等の計画・準備	実証試験の候補井の選定		実証試験の候補井の選定・実証試験計画の策定		作業計画作成/実証試験/レビュー		
	④掘削コスト低減のコスト分析ツールの開発・検討	仕様検討及び基本設計		コスト分析ツールの作成		実証試験井へ適用・評価		
	⑤マニュアルの作成	マニュアル構成検討・目次骨子案の作成		マニュアル統合化案の作成		マニュアル統合化案の作成		
高傾斜コントロールシステムの開発	①硬岩掘進率向上技術	調査/設計		設計/試験		実証試験/マニュアル統合		
	②高傾斜掘削制御技術	調査/設計/一部試験		調査/試験/計測		実証試験/マニュアル統合		
	③高傾斜泥水制御技術	計画/調査	実験	解析	計画/設計	実験	評価	実験・評価/実証試験/マニュアル統合
	④高傾斜坑内冷却技術	調査・設計/一部製作	チェック		設計・製作/試験	チェック		改良・実証/評価/個別マニュアル
	⑤高傾斜逸水対策技術	調査		設計/評価		評価/個別マニュアル		
	⑥高傾斜最適CSG技術	調査・設計/一部製作	チェック		製作/試験	チェック		改良/実証/評価/個別マニュアル
	⑦高傾斜検層技術	設計・製作	試験		改良	試験	まとめ	マニュアル作成/実証試験/レビュー
実証試験	要素技術の検証	高出力モータ試験/検層器試験		高出力モータ試験/検層器試験				
	全体技術の検証					作業計画確認/実証試験/結果まとめ		

# 3. 高傾斜コントロール掘削システムの開発とその成果

## i. 要素技術の概要(1)

### ① 硬岩掘進率向上技術

- 地熱特有の硬質・高温かつ複雑な地層中での掘進率の向上を図る。
- ✓ 石油ガス開発分野で培われた技術からモーターやビット等の掘削機器を選定し、地熱井掘削への導入・評価を実施。





# i. 要素技術の概要(2)

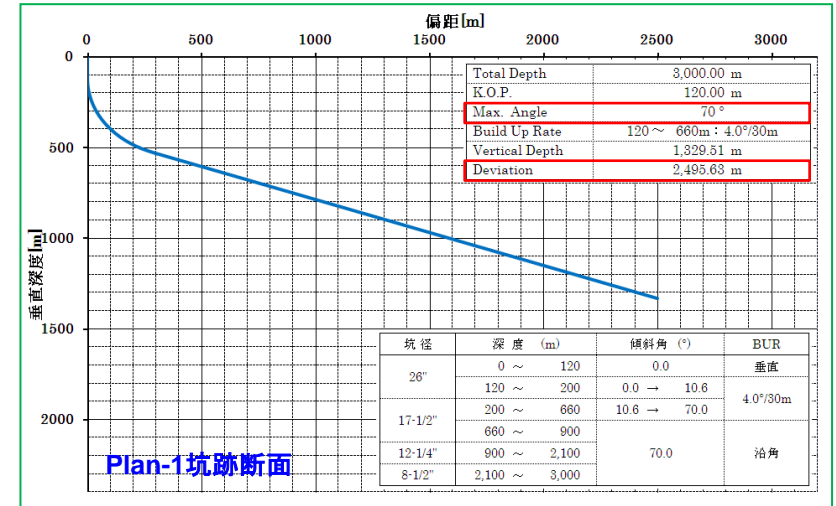
## ② 高傾斜掘削制御技術

- 地熱特有の硬質・高温かつ複雑な地層中での方位傾斜制御の向上を図る。
- 抑留等のリスク低減



### 【検討内容】

- 最適坑跡計画
- 掘具編成の最適化
  - ✓ 実坑井の掘削パラメータに基づいて、高傾斜井掘削を達成可能な坑跡計画・掘具編成を提示。
  - ✓ トルク・ドラッグ解析により、目標坑井(Plan-1; 傾斜70°, 偏距2.5km)の掘削可能性を検証。
- 掘削同時計測(MWD)を使用した最適掘削制御
  - ✓ 坑跡計画に沿った掘削の実施。
- トルク・ドラッグ削減ツールズ
- 掘削流体用潤滑材
  - ✓ 最適な使用資機材の検討
  - ✓ 掘削費に与える影響の感度解析



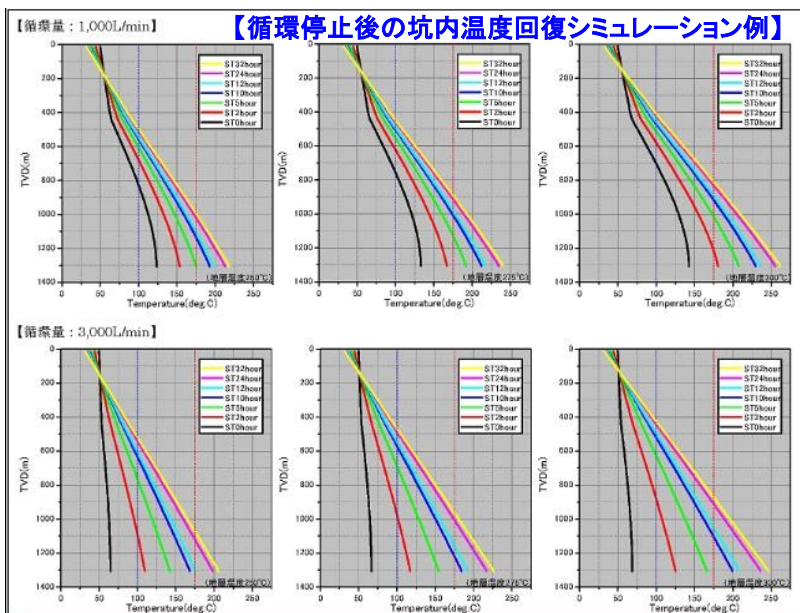


# i. 要素技術の概要(3)

## ③ 高傾斜泥水制御技術

➤ 高温環境下での高傾斜井掘削における泥水の挙動を解析し、泥水制御技術の向上を図る。

- ✓ ホールクリーニングへの影響  
⇒ フローループ実験装置(CTFLS)による実験
- ✓ 大偏距坑井のハイドロリクスシミュレーション  
⇒ 非定常カッピングストランスポートシミュレータによる評価



## ④ 高傾斜坑内冷却技術

➤ 高温環境下での高傾斜井坑内の冷却方法の向上を図る。

- ✓ 坑内温度条件等による冷却装置の選定
- ✓ 坑内温度シミュレータによる坑内冷却効果の検討

## ⑤ 高傾斜逸水対策技術

➤ 高傾斜井での逸水対策の向上を図る。

- ✓ 逸水状況毎の対策技術の分類・費用を含めた検討
- ✓ 逸水中の掘削方法の検討

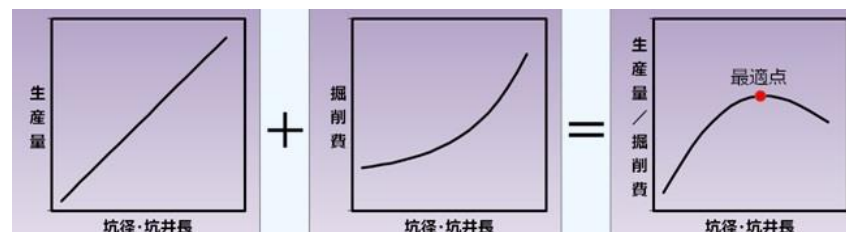
⇒ エアレイテッドマッド掘削 / 大流量清水掘削

# i. 要素技術の概要(4)

## ⑥ 高傾斜最適ケーシング設計技術

- 高傾斜井での最適生産および安全な掘削のためのケーシングプログラムの最適化を図る。
- 坑径-蒸気生産量および坑径-掘削コストの関係から最適なケーシング設計について検討

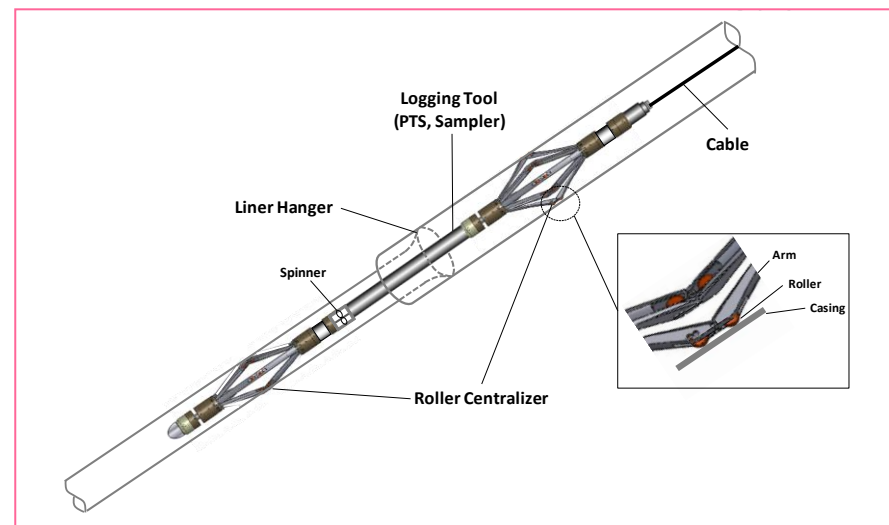
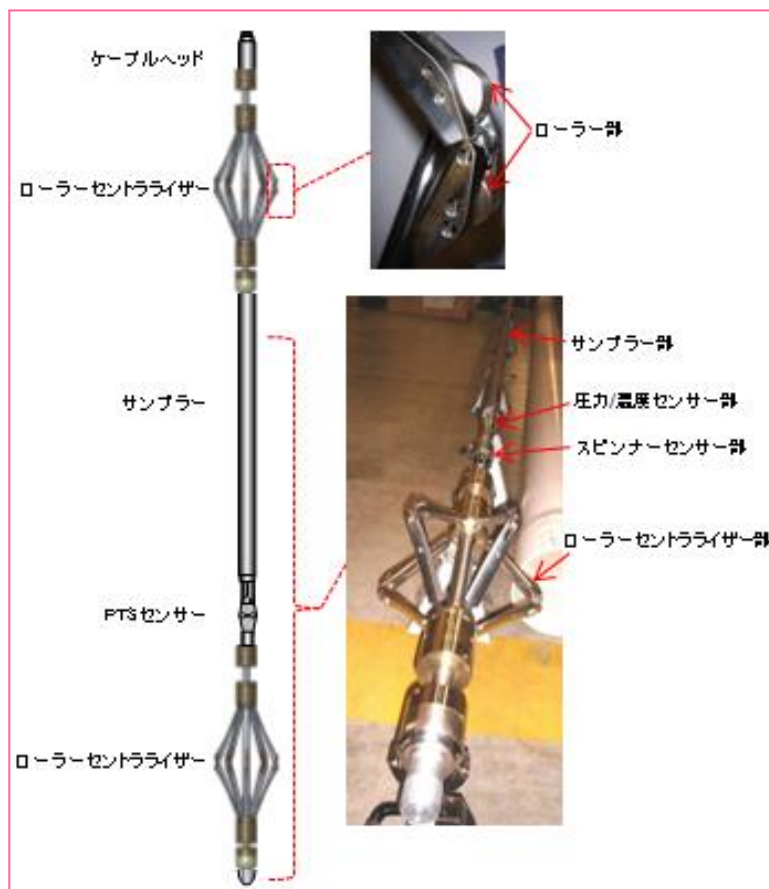
⇒坑内流動シミュレーションによるケーススタディ



掘削コストを鑑みた蒸気生産量と坑径・坑長の関係

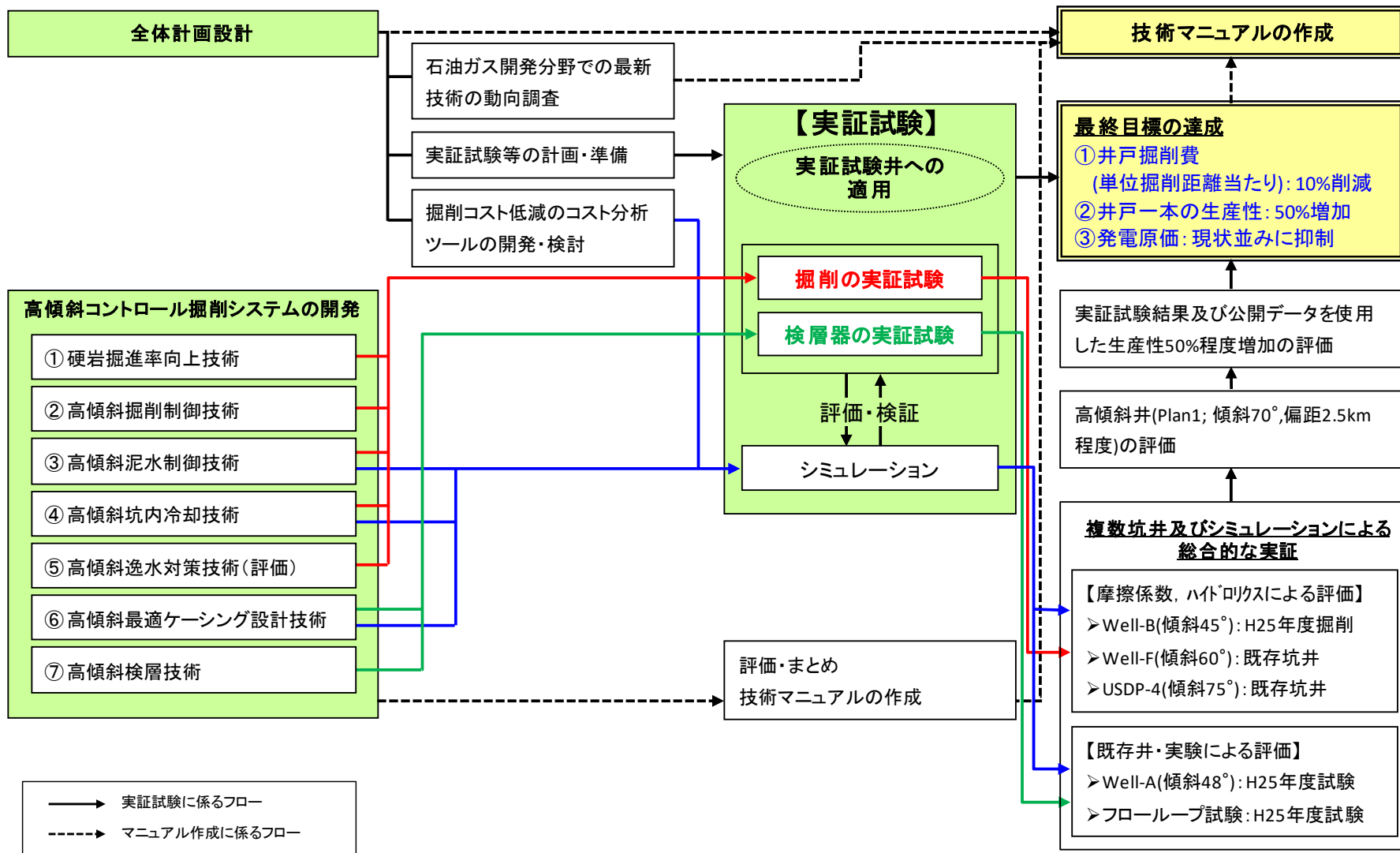
## ⑦ 高傾斜検層技術

- 高傾斜井での地層評価システムの開発
  - ✓ 高傾斜井用プロダクション検層ツールス (噴気中の生産井の能力を評価する計測器)
  - ✓ 高傾斜検層用降下ツールス (ローラーセントライザー)



## ii. 実証試験の概要

—要素技術開発・実証試験による最終目標達成までのフロー—



# 実証試験1—掘削試験の概要—

## □ 目的:

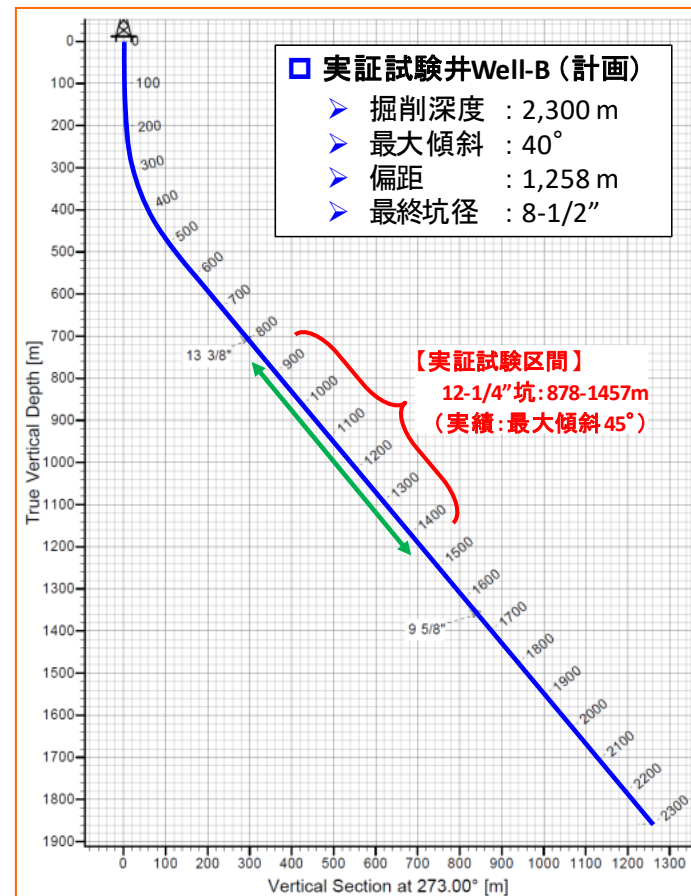
- 高傾斜井掘削において、掘削費(単位掘削距離当たり)の10%削減が可能であることを実証する。
- 目標高傾斜井(Plan-1)の掘削可能性の評価。

## □ 試験期間:

平成25年10月2日～10月11日

## □ 実施内容:

- ① 高出力DHM, 高速回転対応長寿命ビット, TDS使用時の掘削データ取得 ⇒ 掘進率の評価
  - ② 取得した掘削データの評価  
⇒ トルク・ドラッグ解析<sup>※1</sup>によるPlan-1掘削可能性の評価
  - ③ 掘削時のアニュラス圧計測データを用いた解析パラメータの調整  
⇒ ハイドロリクス解析<sup>※2</sup>によるPlan-1掘削可能性の評価
  - ④ 掘削コストの予測および実績コストとの比較(コスト分析ツール)
- ✓ 実証試験における掘削費削減効果の検証
  - ✓ 全掘削工程における掘削費削減効果の検証



※1: トルク・ドラッグ解析

- 掘削作業中や揚降管作業時にパイプにかかる負荷を計算すること。

※2: ハイドロリクス解析

- 掘削流体における流量・粘性・水圧等の検討から、適切なホールクリーニングの実現および坑井内圧力の適切なコントロールを両立可能な条件(泥水ハイドロリクス)の算出すること。

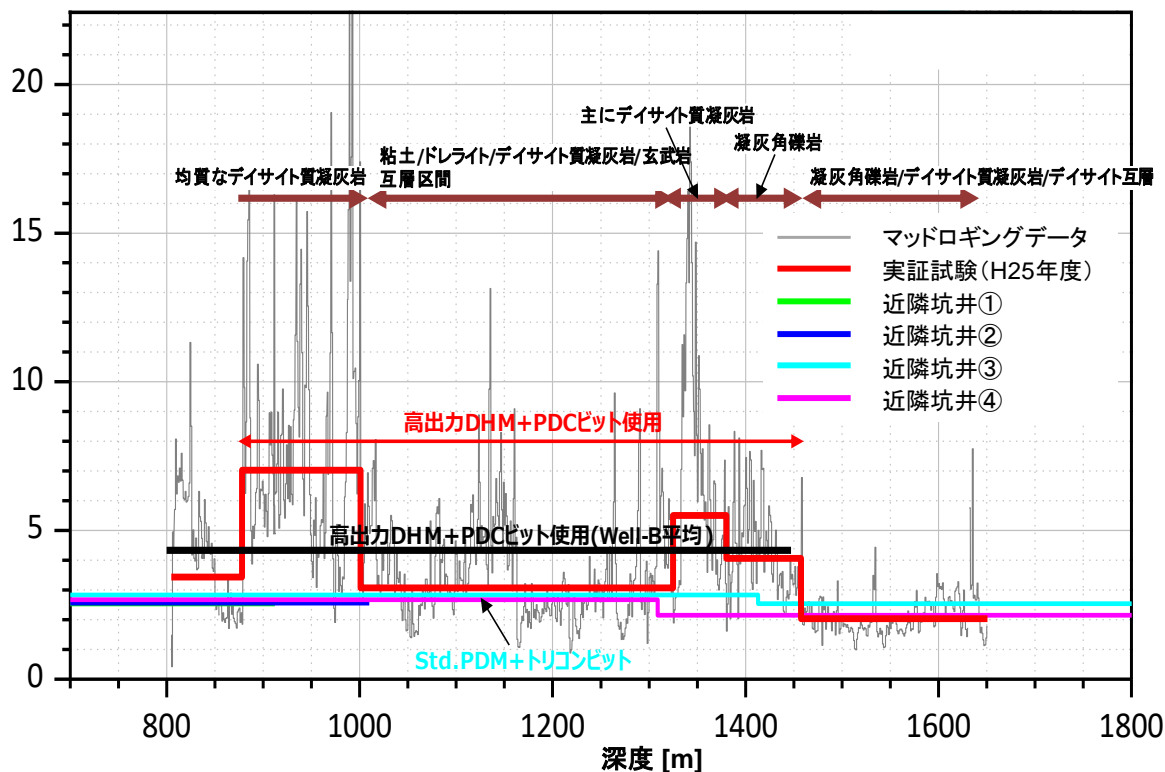


# ① 掘進率の評価

## 【H25年度実証試験】

地熱地帯C 新規掘削井Well-B

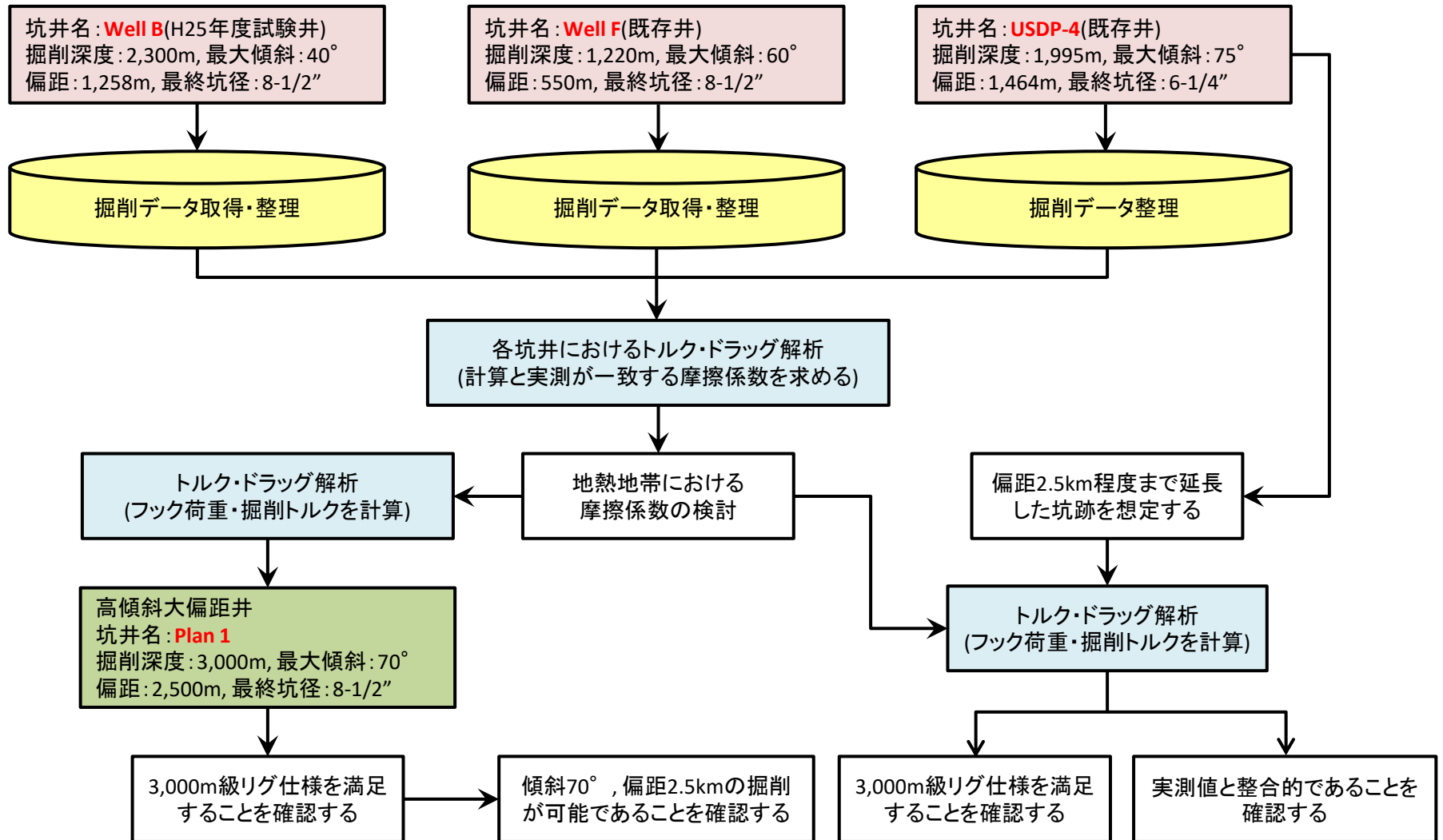
(採用機器: 高出力DHM+PDCビット+TDS)



- 事前検討により, 高出力モーター+PDCビットの組合せを国内で初めて使用。
- 従来技術と比較して, 掘進率は平均1.5倍程度(局所的には5倍以上)に増大。

## ② トルク・ドラッグ解析による 目標高傾斜井(Plan-1)掘削可能性の評価(1)

<トルク・ドラッグ解析(摩擦係数)による評価方法>



## ② トルク・ドラッグ解析による 目標高傾斜井(Plan-1)掘削可能性の評価(2)

### □ 解析パラメータ(摩擦係数)の調整

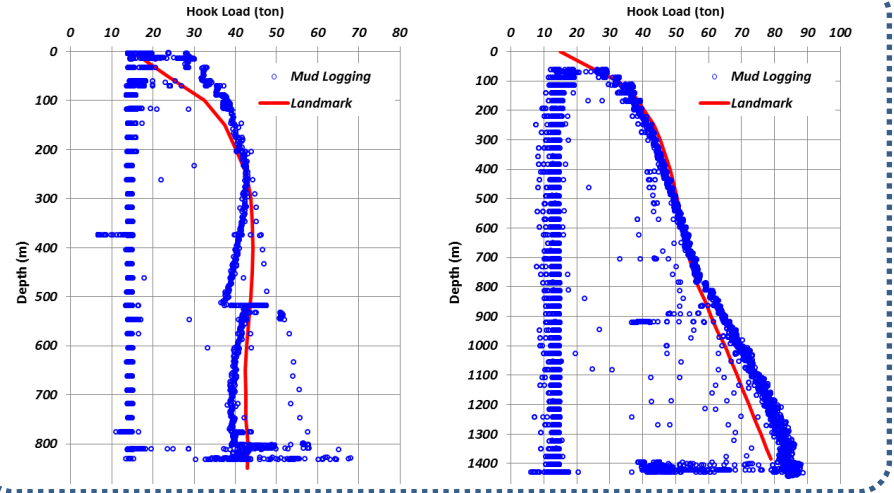
- 実証井/既存高傾斜井の掘削データを利用
- 高傾斜井裸坑部における摩擦係数を算出

- ✓ 傾斜45°未満 : 0.25
- ✓ 傾斜45°以上 : 0.50

マッチングにより  
最適パラメータを  
算出

解析精度の向上  
高傾斜井用に最適化

【既存井の掘削データを用いた解析パラメータの調整例】



### □ Plan 1のトルク・ドラッグ解析

- 既存井のデータから算出した摩擦係数を用いて解析を実施。

	analysis result (Plan1)					
	17-1/2" DRLG	13-3/8" CSG	12-1/4" DRLG	9-5/8" CSG	8-1/2" DRLG	7" CSG
Hook Load [ton]	44	67	69	96	88	74
Torque [kg-m]	1,100	—	1,600	—	2,300	—

3,000m class Rig	
S-135 Class	
Class2	Premium
200	
3,407	3,924

3,000m級リグと適切なドリルパイプを用いることにより十分掘削が可能

# ③ ハイドロリクス解析による 目標高傾斜井(Plan-1)掘削可能性の評価

## 対象区間(2区間):

- 12-1/4" 坑区間 (掘削深度:1,830~2,100m)
- 8-1/2" 坑区間 (掘削深度:2,730~3,000m)

## 使用流体:水, 5%ベントナイト泥水

## 流量:

- 一般的な3,000m級リグに備えられている泥水ポンプシステムで実現可能なアンユラー速度に相当する循環レートを仮定
  - ✓ 12-1/4" 坑区間 : 1,082 gpm (4,095 L/min)
  - ✓ 8-1/2" 坑区間 : 380 gpm (1,437 L/min)

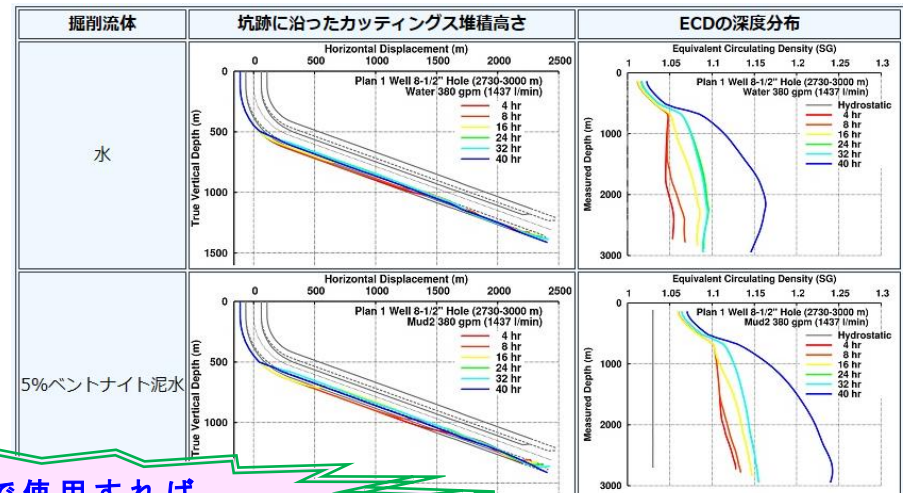
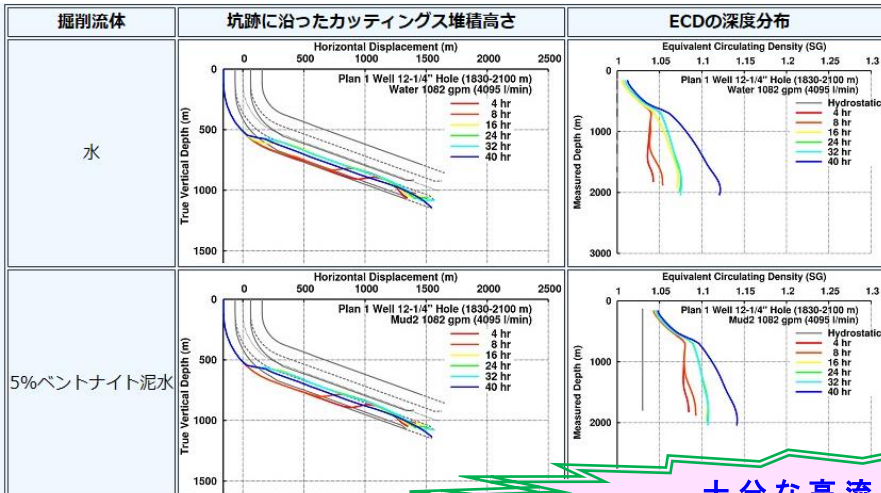
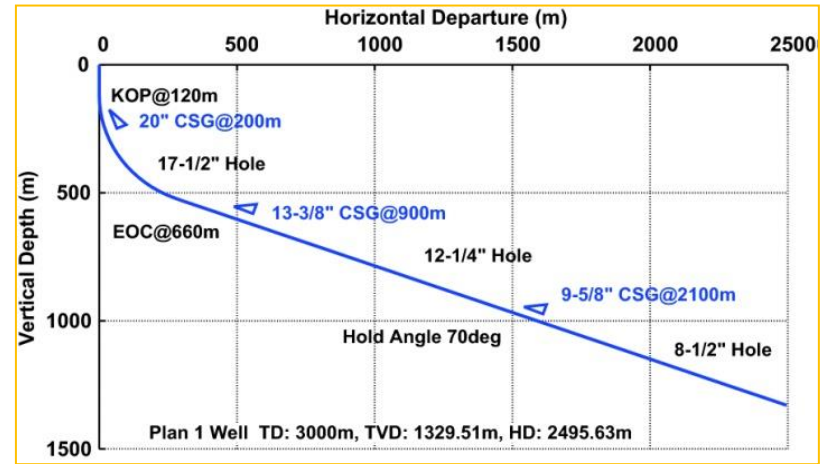
## 解析結果:

### 【12-1/4" 坑区間】

- 比較的良好なホールクリーニングを実現
- ECDは、カッタース堆積量の増加に伴い増加するが、ある程度低い値を維持

### 【8-1/2" 坑区間】

- 380gpmでホールクリーニングが実現可能
- 12-1/4" 坑に比べてECDが大きくなる傾向



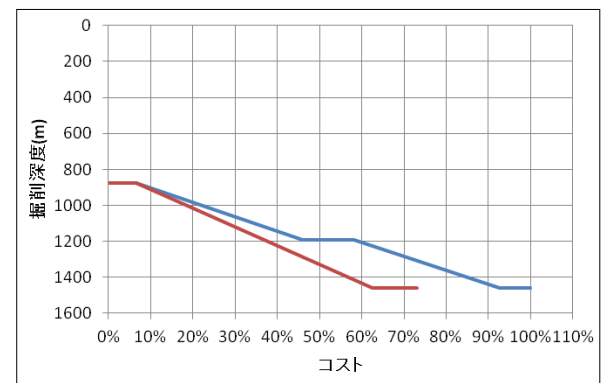
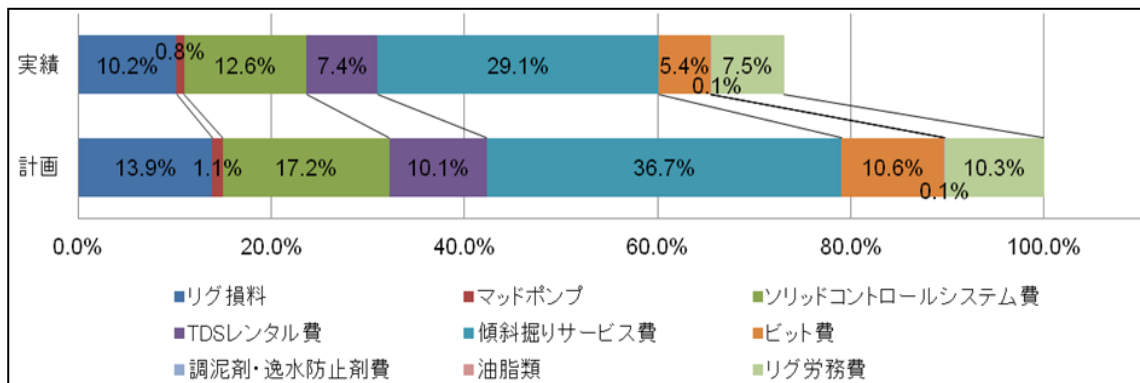
十分な高流量で使用すれば  
カッタース堆積の抑制は可能



# ④ 掘削コストの予測および実績コストとの比較 —実証試験における掘削費削減効果の検証—

- 要素技術適用区間を対象としたコスト分析を行い、適用技術を評価。
  - 対象区間: 深度878m~1,475m区間 (579m)
  - 適用技術:
  - ✓ 事前評価(計画): 従来型DHM + 高速回転対応長寿命型トリコンビット+TDS
  - ✓ 実証試験(実績): 高出力DHM + PDCCビット\* +TDS
- (\*他坑井で使用したものを流用, 新品よりも低価格で入手)

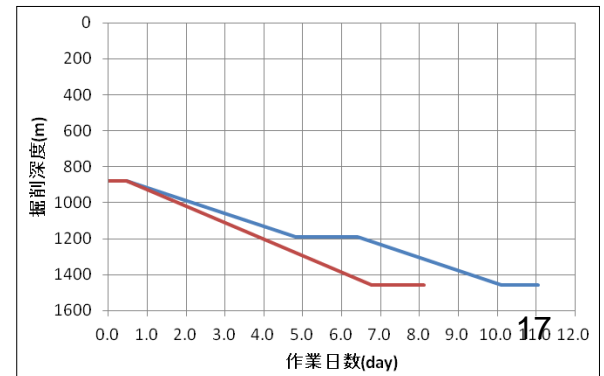
□ 検証の結果, **作業日数は3日間短縮, 掘削コストは27%削減。**



□ 一方, 実証試験では様々な理由により工期が延びており, 要素技術によるコスト削減効果について評価するのは困難。

⇒ 既存高傾斜井の掘削実績に基づき, 要素技術を適用した場合のコスト削減効果について検討

⇒ 掘削費10%程度削減についての評価

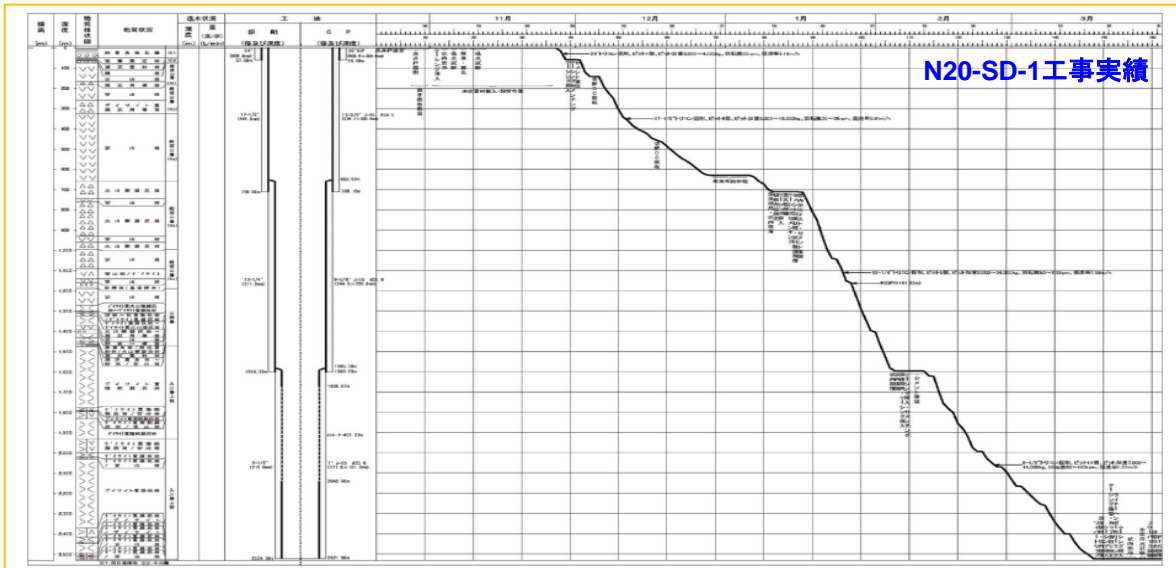
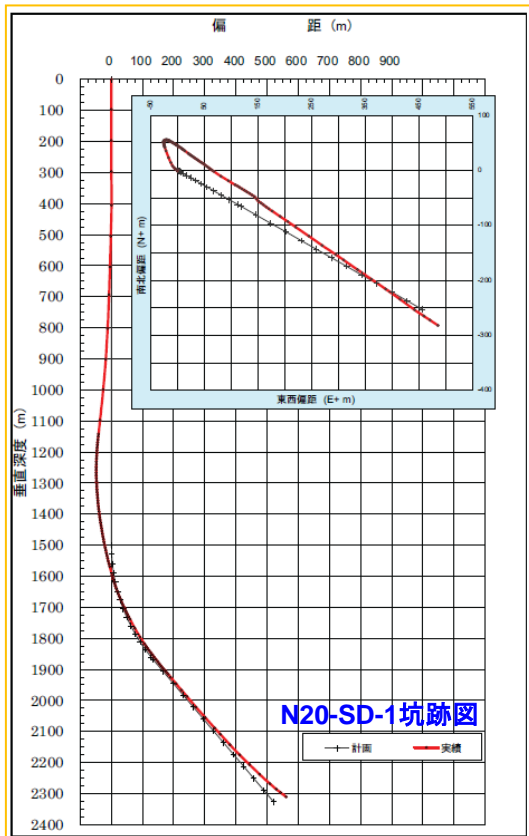


# ④ 掘削コストの予測および実績コストとの比較 —全掘削工程における掘削費削減効果の検証(1)—

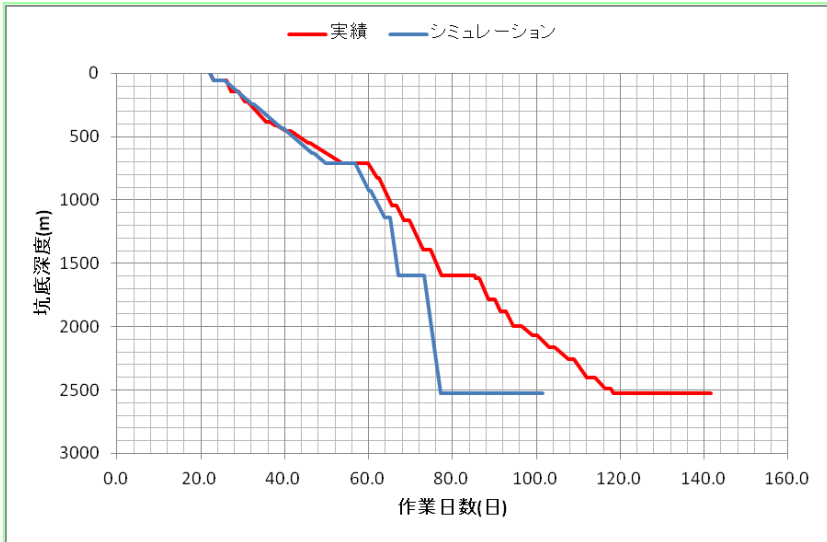
- ◆ 対象坑井: N20-SD-1 (NEDO促進調査 佐渡地域)
- ◆ 最終深度: 2524.36m
- ◆ 最大傾斜: 53.36°
- ◆ 最大偏距: 561.26m

➤ 掘削実績に対して、本プロジェクトで実証した要素技術を組合せた場合のコスト分析を実施

分析条件	実績	適用技術	適用効果
モーター 適用区間: 1162-1993m (831m)	従来型DHM	高出力DHM	掘進率3倍
ビット	従来型 トリコンビット	高速回転対応 長寿命ビット	ビットライフ2倍
ケリー/TDS	ケリー掘削	・トップドライブシステム ・TDS使用による 抑留リスク低減	・揚降管, ザク揚げ, 追管時間の短縮 ・抑留対策時間1/2

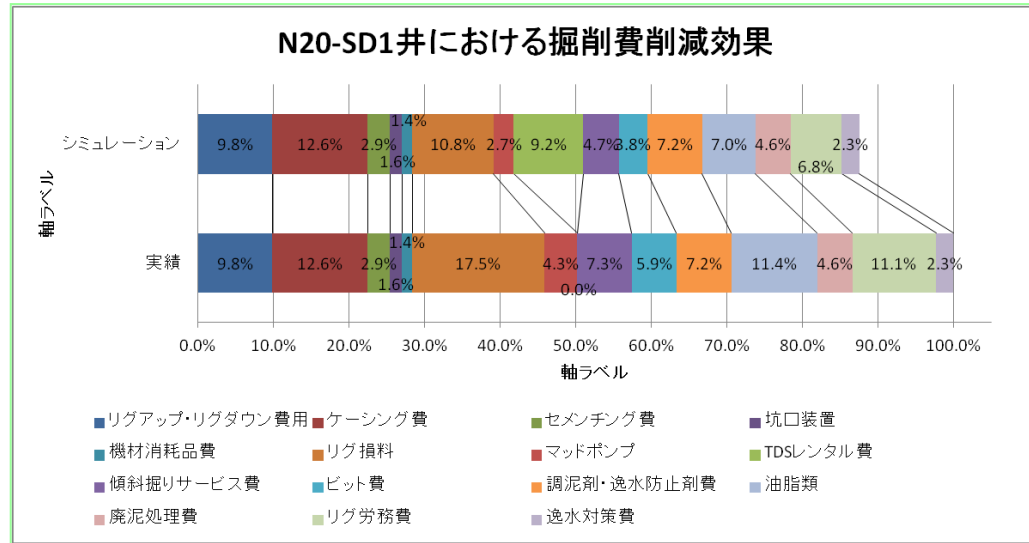
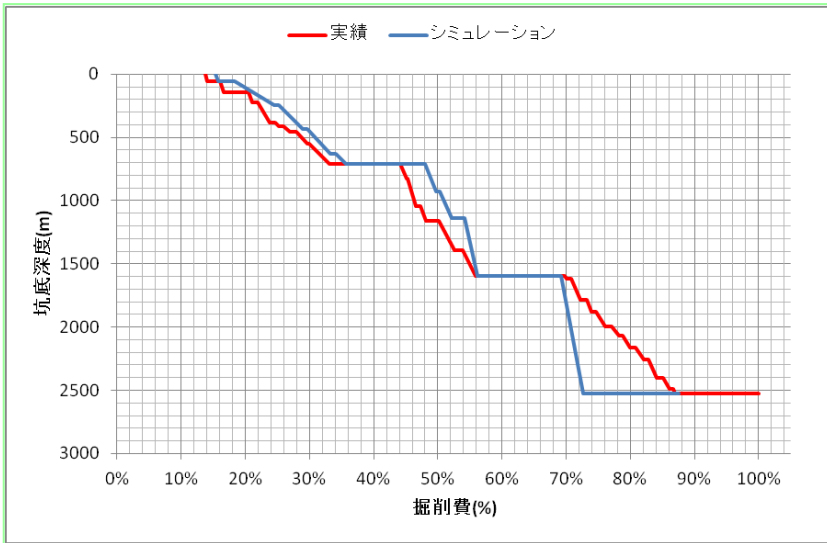


# ④ 掘削コストの予測および実績コストとの比較 —全掘削工程における掘削費削減効果の検証(2)—



- 要素技術の適用により,
  - 作業日数: 142日 ⇒ 102日 (40日間短縮)
  - 掘削費 : 12.5%削減

- 要素技術の適用により, 掘進率向上および作業効率が向上  
⇒ **掘削全体として10%程度のコスト削減は可能**



# 実証試験2—検層試験の概要—

## □ 目的

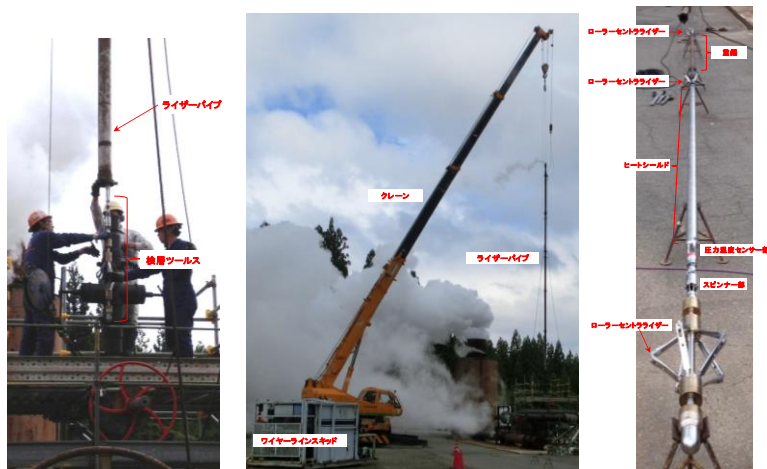
- 高傾斜掘削による蒸気量50%増量の確認および検層ツールの高傾斜井での適用性を確認する。

## □ 実施内容

- ① 公園内の熱源に向かって掘削された地熱高傾斜井において**プロダクション検層試験**を実施  
⇒ 高傾斜井掘削による蒸気量50%増量の検討
- ② 実証試験井の傾斜不足分 ⇒ **地上フロールーブ試験**により目標高傾斜(70°程度)における適用性の検証

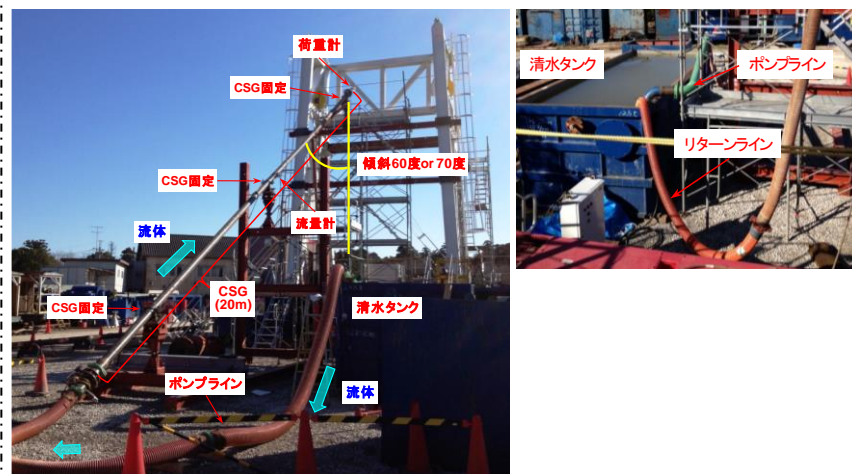
### 【①プロダクション検層試験 概要】

- 試験坑井：生産井Well-A
  - 坑井深度：1,750 m
  - 最大傾斜：48.5°， 偏距：984 m
  - 最終坑径：8-1/2" (7"CSG slotted liner)
- 試験条件：流体生産中(プロダクション検層)
  - 坑口圧力：1.8 MPaG
  - 蒸気：20 t/h， 熱水：1 t/h未滿
- 試験期間：平成25年9月26日～10月2日



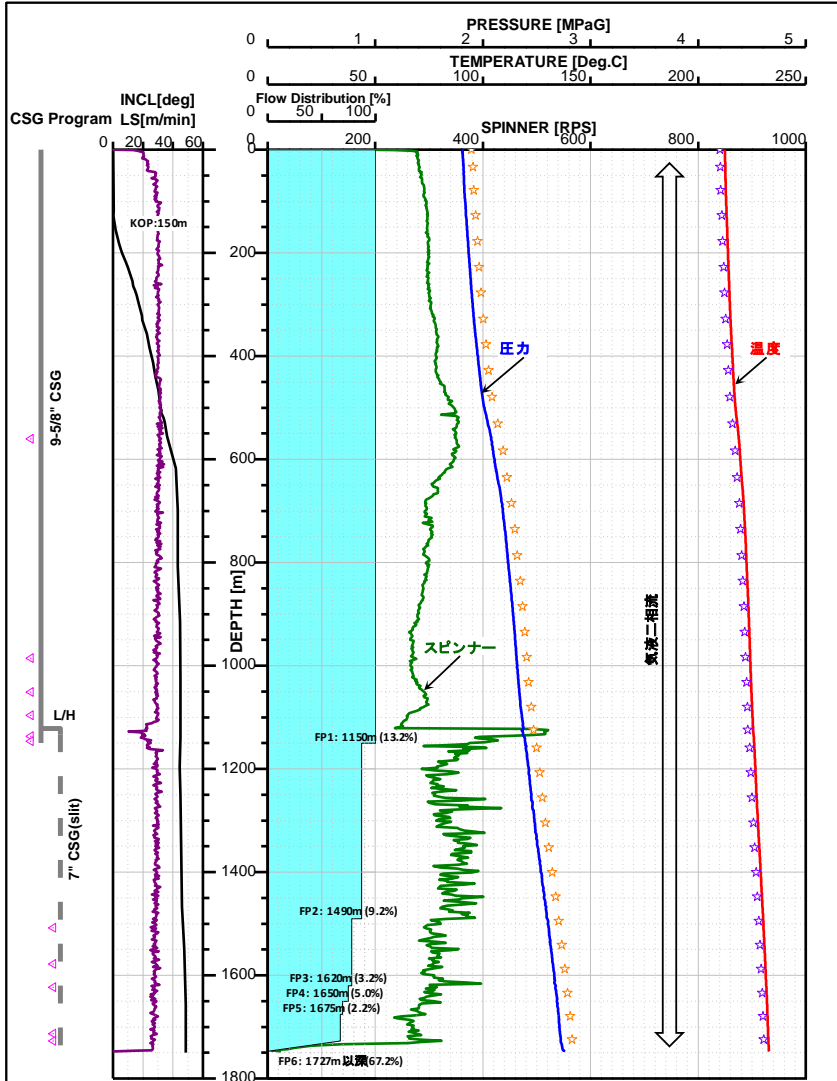
### 【②地上フロールーブ試験 概要】

- 使用ケーシング径：7"および5-1/2"
- 傾斜：60°および70°
- 循環流量：
  - 1,000～2,200 (L/min)
  - 200(L/min)増量毎に流量を10分間安定させて荷重を確認
- 試験期間：平成26年1月14日～1月19日





# 高傾斜井掘削による蒸気増量の検証—①プロダクション検層試験—



**INDEX**

[検層条件] 高傾斜検層下げ測(9/30) 坑口圧力: 1.80 MPaG 蒸気流量: 20 t/h 熱水流量: 1 t/h未滿

高傾斜検層下げ測(9/30) Pressure (MPaG) Temperature (Deg.C) Spinner (RPS) Flow Distribution (%) Well Inclination (deg) Line Speed (m/min) 測定温度から求めた飽和圧力 測定圧力から求めた飽和温度

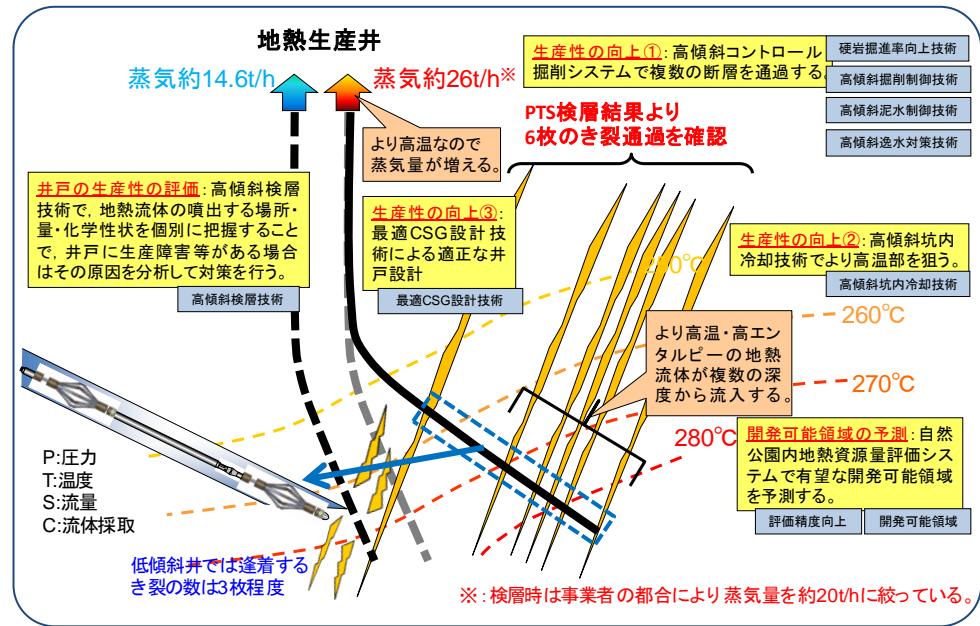
坑井掘削時L/C等深度 測定温度から求めた飽和圧力 測定圧力から求めた飽和温度

備考: 坑内サンプル308.4g取得@1700m(9/30), 地上サンプル取得(9/29)

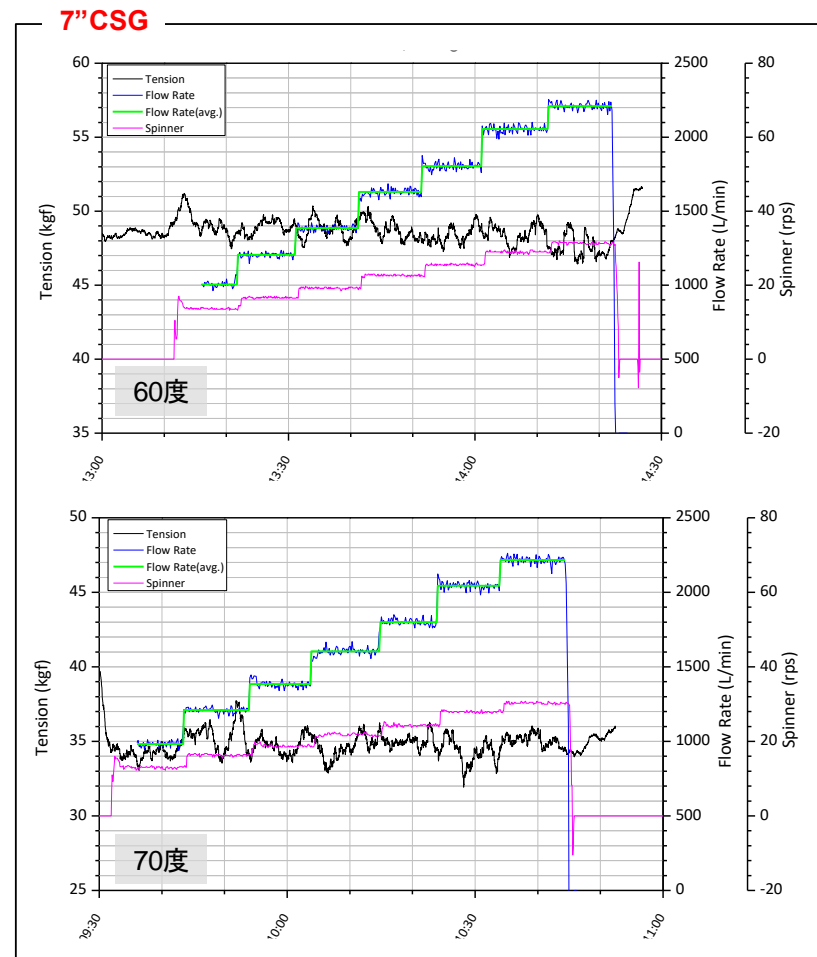
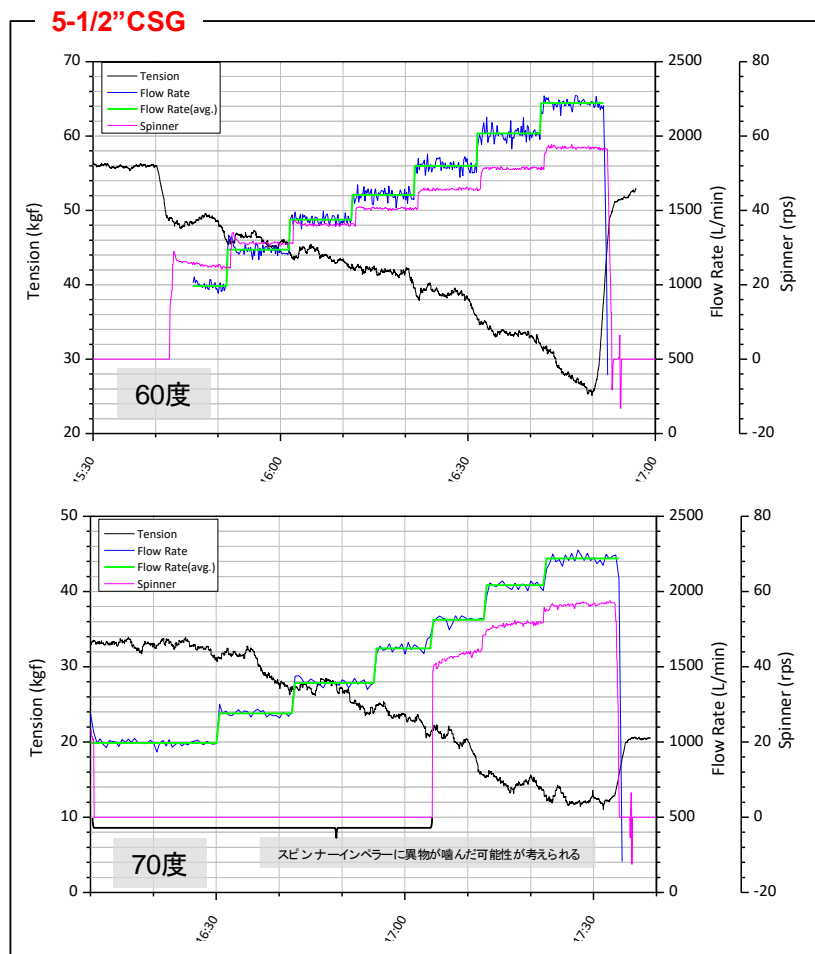
- 検層結果から6カ所の流体流入深度を確認(同一地域の低傾斜の井戸における逢着き裂枚数は平均3枚)。
- 高傾斜井の蒸気量は、同一地域の低傾斜井より約1.7倍程度大きい ⇒ **蒸気量50%増加**。



高傾斜で掘削することで、より熱源の近くまで到達可能になるとともに、より多くのき裂を貫くことが可能。



# 検層システムの高傾斜適用性の検証—②フローラップ試験—



□ フローラップ試験全体を通して、検層ツールスが降下不能となる状況(吊り荷重がゼロになる)は認められなかった。

⇒高傾斜検層ツールスの高傾斜井への適用性を確認

# 4. 本技術開発による発電コスト抑制効果(最終目標の達成)

(1)現状の掘削費

	現行の標準	自然公園内高傾斜掘	備考
掘削長(m)	2,000	3,000	自然公園内で2,000mから4,000mの傾斜掘削を実施
標準掘削費※1	1	1.63~1.92	2,000m級(4段CSG),3,000m級(4段CSGと5段CSG)
発電コスト※1	1	1.25	生産井1本当たり蒸気量40t/h,還元井深度1,500m

※現状では、自然公園内開発で発電コストは25%アップが予想される

(3)自然公園内の熱源に近づくことにより貯留層温度上昇により生産量が增大する効果

	現状	改良点	備考
蒸気量	1	1.5	50%の増産を期待する
発電コスト※1	1	0.9	※1掘削費・発電コストの係数:NEDO「平成9年度 革新的坑井掘削技術に関する調査」に基づき算定。
掘削費を含めた発電コスト	1.23	1.10	

実証試験結果から達成可能

増産が期待できる理由:①対象となる自然公園内は一般に火山等熱源の中心があり温度が上昇するため、蒸気量が増える。②高傾斜井は偏距(到達距離)が大きい→高透水性の縦型断裂系(熱水の通路)を複数通過するため、より多くの地熱流体の採取が可能である

(2)掘削費削減の効果

	現状	改良点	備考
掘削長(m)	3,000	3,000	自然公園内で2,000mから4,000mの傾斜掘削を実施
標準掘削費	1.77	1.593	標準掘削費を10%削減
発電コスト※1	1.25	1.23	※1掘削費・発電コストの係数:NEDO「平成9年度 革新的坑井掘削技術に関する調査」に基づき算定。

実証試験結果から達成可能

(4)高傾斜掘削で基地を集約できることによる地上配管の短縮による効果

	現状	改良点	備考
工事費用	1	0.5	配管工事・取り付け道路造成・土地取得・気水分離器等の費用
発電コスト※2	1	0.97	※2発電コストの係数:NEF「平成2年度 地熱開発技術マネジメント研修会資料」より算定
掘削費削減・蒸気増加を含めた発電コスト	1.10	1.07	ほぼ現状レベルの発電コスト(7%アップ程度)を達成

- ① 井戸掘削費(単位掘削距離当たり): 10%削減 ← 本技術開発により12.5%削減を達成
- ② 井戸一本の生産性: 50%増加 ← 50%程度以上の蒸気量増加を確認
- ③ 発電原価: 現状並みに抑制 ← 既設2,000m級掘削による発電コスト並みに抑制可能



最終目標を達成

## 5. 本技術開発の主な成果(まとめ)

### ◆ 実証試験

- 国内地熱地域において、高出力モーター、高速回転長寿命ビットおよびトップドライブシステムの組合せによる掘進率の大幅な向上を確認した。これにより、当初目標の掘進率50%程度増を達成した。
- 泥水挙動解析の結果、高傾斜井Plan-1においても適切な泥水流量を選択すればホールクリーニングは可能であることが示された。また、国内の地熱井で初めて掘削中の坑内圧力データをリアルタイムで取得した。
- コスト削減効果についてコスト分析ツールを用いて検討した結果、本技術の適用により10%程度の掘削コスト削減は可能と評価された。
- 高傾斜井用地層評価システムとして開発したPTSサンプラー検層器およびローラーセントライザーを流体生産中の高傾斜井へ適用し、検層システムの性能を確認した。
- 公園内の地下に向かって掘削された実証試験井は6枚のき裂を貫いており、蒸気量は同地域の低傾斜井よりも1.7倍程度大きい。すなわち、高傾斜で掘削することで熱源に接近し、より多くのき裂を貫いたことで、蒸気量が50%程度増加していることが確認された。

### ◆ 技術マニュアルおよびデータベースの整備(成果物等)

- 本技術開発により得られた知見を技術マニュアルにとりまとめた。
- コスト分析等に必要掘削パラメータを整理し、データベース化した。本データベースは、掘削後の評価結果等を登録することで、次回掘削時の参考データとすることが可能である。
- その他、各種評価ソフトとして、ドリフトフラックスモデルによる高傾斜用坑内流動シミュレータおよび温度解析シミュレータを作製した。

**最終目標(①井戸掘削費(単位掘削距離当たり):10%削減, ②井戸一本の生産性:50%増加, ③発電原価:現状並みに抑制)を達成した。**



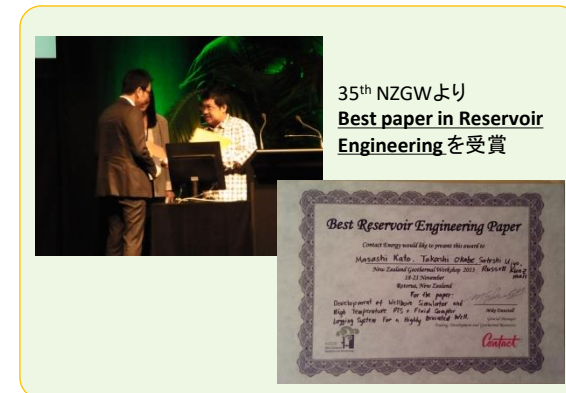


# 5. 本技術開発の主な成果(まとめ)

## ◆ 論文発表一覧

- 平成24年度 石油技術協会 春季講演会シンポジウム (2012年6月, 秋田)
  - ・ 高傾斜坑井掘削時のハイドロリクスに関する実験およびシミュレーションスタディ: 長縄成実 (東大)
- 日本地熱学会 学術講演会 (2012年10月, 秋田県湯沢市)
  - ・ 高傾斜用坑内流動シミュレータの開発: 加藤雅士, 卯城佐登志, 岡部高志, 木崎有康 (GERD)
  - ・ 高傾斜用検層ツール(高温用PTS+流体同時採取検層器)の開発: 加藤雅士, 卯城佐登志, 岡部高志, 木崎有康 (GERD)
  - ・ 高傾斜井掘削における技術検討: 斎藤真, 平西康志 (TDC), 岡部高志 (GERD)
- SPE Applied Technology Workshop "Geothermal" (2012年10月, Cebu)
  - ・ Current State and Ongoing Research Projects on Geothermal Energy Development in Japan: Naganawa, S. (Univ. of Tokyo)
- 平成24年度 第3回 地熱研究会 (2013年3月, 東京)
  - ・ 環境省委託事業: 自然環境への悪影響を回避・最小化した地熱発電に関する技術開発について: 岡部高志 (GERD)
- 石油技術協会誌 (2013年5月号, p.257-264)
  - ・ Experimental Study of Effective Cuttings Transport in Drilling Highly Inclined Geothermal Wells: Naganawa, S. (Univ. of Tokyo)
- The 19th Formation Evaluation Symposium of Japan (2013年9月, 幕張)
  - ・ Development of High Temperature PTS + Fluid Sampler tool for a Highly Deviated Well: Ujyo, S., Kato, M., Okabe, T. (GERD)
- 日本地熱学会 学術講演会 (2013年11月, 幕張)
  - ・ 高傾斜用坑内流動シミュレータの開発(2): 加藤雅士, 卯城佐登志, 岡部高志, 木崎有康 (GERD)
  - ・ 高傾斜地熱井掘削におけるトルク・ドラッグ: 斎藤真, 平西康志 (TDC), 岡部高志 (GERD)
  - ・ 地熱井掘削における硬岩掘進率向上技術: 卯城佐登志, 中嶋智, 岡部高志 (GERD), 斎藤真, 平西康志 (TDC)
- 35th New Zealand Geothermal Workshop (2013年11月, Rotorua)
  - ・ Experimental and Simulation Studies on Optimum Hydraulics Conditions in Long Extended-reach Geothermal Well Drilling: Naganawa, S. (Univ. of Tokyo), Okabe, T. (GERD)
  - ・ Control System for Drilling Geothermal Wells at High Angles of Deviation in National Parks: Okabe, T., Nakashima, S., Ujyo, S. (GERD), Saito, M., Shimada, K. (TDC), Sato, Y. (SKE), Naganawa, S. (Univ. of Tokyo)
  - ・ Development of Wellbore Simulator and High Temperature PTS+Fluid Sampler Logging System for A Highly Deviated Well: Kato, M., Okabe, T., Ujyo, S. (GERD), Russell Kunzman. (TCI)

⇒ 「Best paper in Reservoir Engineering」を受賞
- Stanford Geothermal Workshop (2014年2月, Stanford)
  - ・ Comprehensive Studies on Hole Cleaning and ECD Management in Long Extended-Reach Geothermal Well Drilling: Naganawa, S. (Univ. of Tokyo), Okabe, T. (GERD)



## 6. 本技術開発によるCO<sub>2</sub>削減効果の試算 —2020年時点での削減効果—

### (1) 既存発電所の増強20,000 kWがなされた場合

$$\left( \begin{array}{c} \mathbf{0.000561} \\ \text{[ton-CO}_2\text{/kWh]} \\ \text{(国の定める他人から} \\ \text{供給された電気の} \\ \text{排出量代替値,H21年度)} \end{array} - \begin{array}{c} \mathbf{0.000015} \\ \text{[ton-CO}_2\text{/kWh]} \\ \text{(地熱発電所の} \\ \text{排出するCO}_2\text{)} \end{array} \right) \times \mathbf{20,000} \times \mathbf{24} \times \mathbf{365} \times \mathbf{0.7} = \mathbf{66,839}$$

[kW] [hrs] [days] (地熱発電所の平均年間利用率) [ton-CO<sub>2</sub>]

### (2) 2020年時点で、既存発電所の増強20,000 kWに加えて 既設発電所に隣接して新規発電所(20,000 kW)が建設される場合

$$\left( \begin{array}{c} \mathbf{0.000561} \\ \text{[ton-CO}_2\text{/kWh]} \\ \text{(国の定める他人から} \\ \text{供給された電気の} \\ \text{排出量代替値,H21年度)} \end{array} - \begin{array}{c} \mathbf{0.000015} \\ \text{[ton-CO}_2\text{/kWh]} \\ \text{(地熱発電所の} \\ \text{排出するCO}_2\text{)} \end{array} \right) \times \mathbf{40,000} \times \mathbf{24} \times \mathbf{365} \times \mathbf{0.7} = \mathbf{133,678}$$

[kW] [hrs] [days] (地熱発電所の平均年間利用率) [ton-CO<sub>2</sub>]

## 7. 今後の課題

- 本技術を使用して高傾斜井掘削実績の蓄積を行い、データベース化するとともに、高傾斜掘削に関する知見・ノウハウの蓄積を行うことが重要である。
- 蓄積された知見やノウハウ等に基づき、マニュアルのアップデートを逐次実施することにより、高傾斜掘削を普及することが可能と考えられる。
- 「高傾斜コントロール掘削システムの開発」においては、個々の要素技術を使用した実績の積上げが必要と考えられる。特にPDCビット、高出力掘削用ダウンホールモーターおよびトップドライブシステムの組合せについては、実績を積み上げるとともに、地層条件等の適合性を解明していく必要がある。
- コスト分析ツールを使用した事前検討および事後評価も含め、本開発技術を総合的に使用した技術の実証と蓄積が必要である。



ご清聴ありがとうございました。

**GERD**

地熱技術開発株式会社 岡部高志(okabe@gerd.co.jp)

TEL : 03-5541-9072, FAX : 03-5541-9074