人工涵養技術の開発

令和元年6月5日

GERD 地熱技術開発株式会社
Geothermal Energy Research & Development Co., Ltd.

OKUAIZU GEOTHERMAL CO., LTD.
奥会津地熱株式会社

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology AIST
国立研究開発法人
産業技術総合研究所

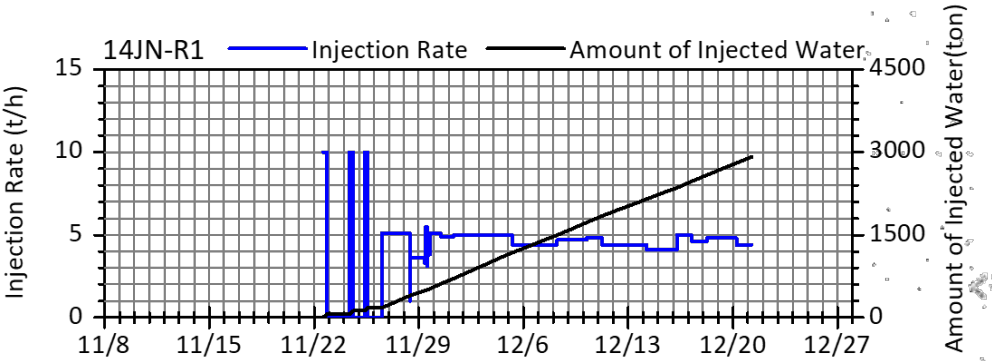
平成30年度　実施内容と進捗状況

- 第1回涵養井改修工事
  - 工事期間：平成30年7月26日～9月10日（坑内作業）
  - 目的：CSGシュー尻を遮水し、ターゲットへ正しく注水できる井戸へ改修する。
  - 工事内容：セクションミルによるケーシング切削作業（工事中断）
- 中間涵養試験
  - 試験期間：平成30年11月22日～12月21日（30日間）
  - 目的：浅部からの短期涵養による変化の有無を確認し，長期涵養試験に資するデータを取得する。
- 第2回涵養井改修工事
  - 工事期間：平成31年2月20日～4月14日（坑内作業）
  - 工事内容：サイドトラック坑掘削作業

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月
涵養井改修工事		第1回工事							第2回工事		
中間涵養試験							涵養				
モニタリング		AE/微小地震，生産井変動調査，温泉変動調査									
							トレーサ試験				

中間涵養試験概要

試験期間：平成30年11月22日～12月21日
注水レート：5t/h程度（連続注水）
総注水量：約2,900ton

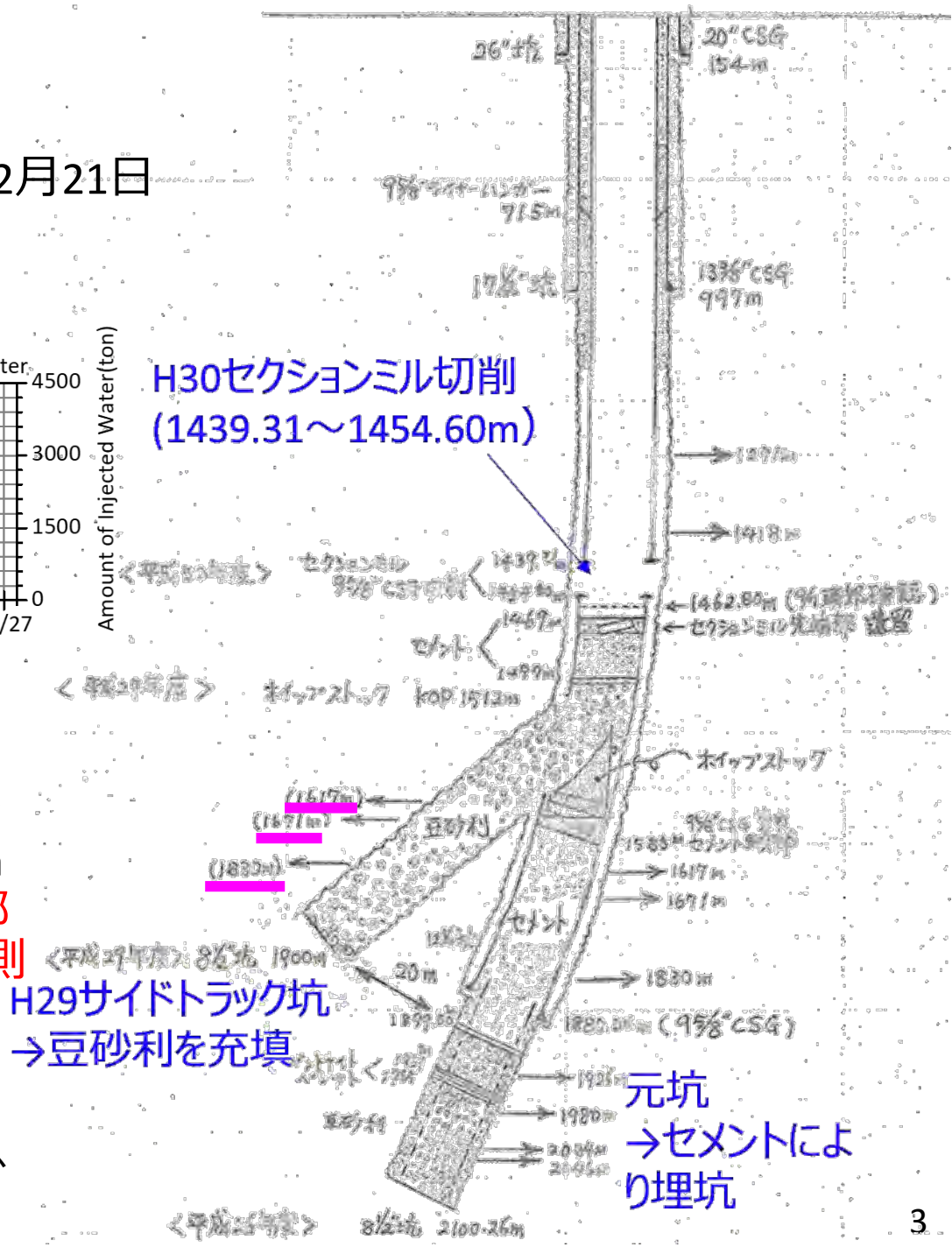


～流出深度～

セクションミルによる切削前に逸泥対策を行い、また切削後の逸泥量が5~7t/h程度であったことから、切削区間上部からの流出はなく、H29サイドトラック坑側※に流れていると考えられる。

※深度1,617, 1,671, 1,830mの亀裂

※後述のPTS検層・トレーサー試験結果、注水圧力の変化も上記を支持。



中間涵養試験のターゲット

セクションミル切削区間からの流出を想定（1439m～1454m区間）

H27涵養試験のターゲット（涵養ブロック1.5）より浅部の涵養ブロック2相当深度をターゲットとした。

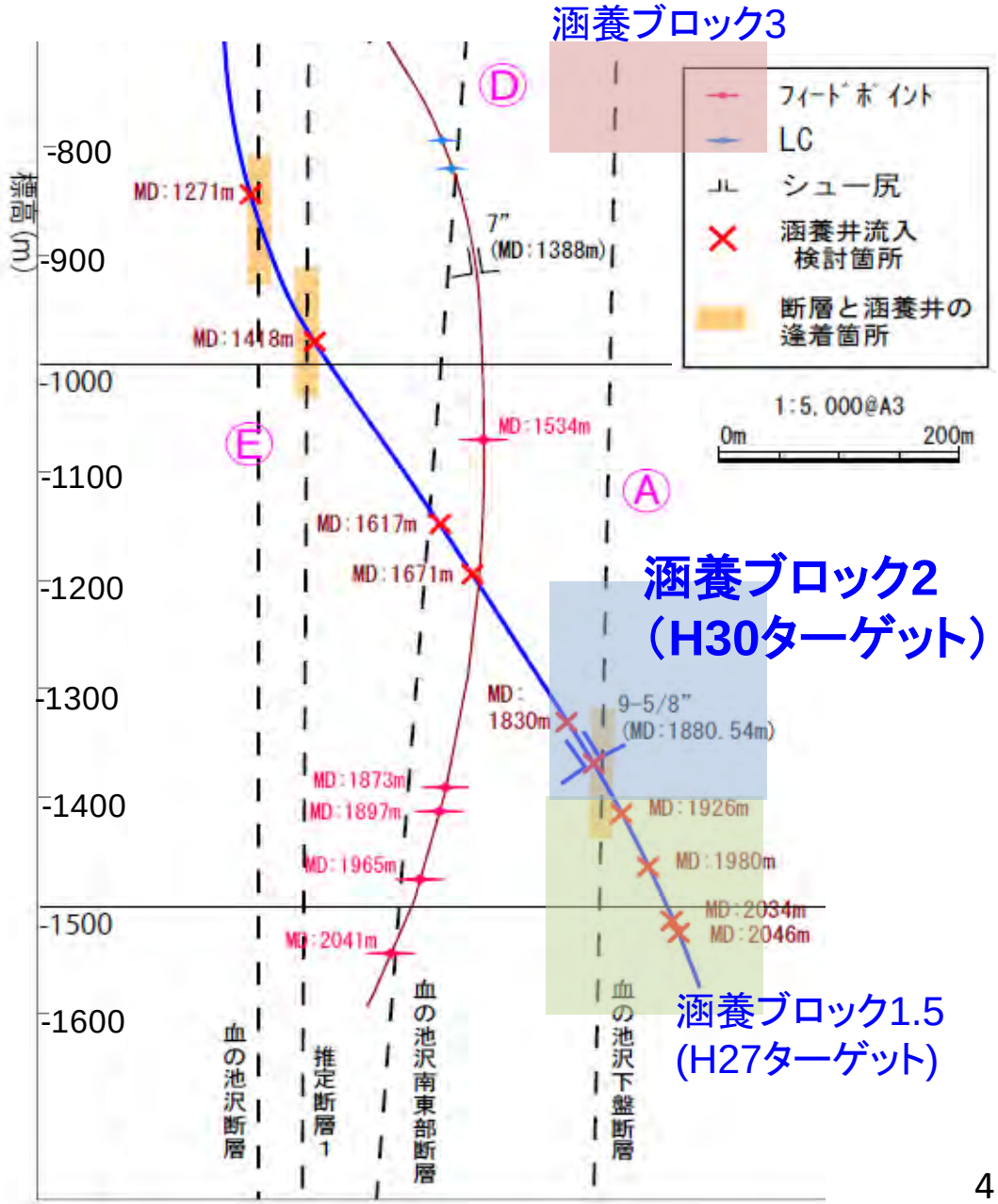
涵養ブロック1.5：数値モデルシミュレーションにより，涵養効果と蒸気減衰リスクのバランスが良いと評価

涵養ブロック2：涵養ブロック1.5の次に涵養効果と蒸気減衰リスクのバランスが良い

涵養効果と蒸気減衰リスクのバランスが良いケース

検討項目	涵養ブロック			
	1	1.5	2	3
血の池沢下盤断層モデル	▲	○	○	◎
	▲	△	○	◎
本地域における注水試験等の経験	◎	◎	▲	▲
血の池沢下盤断層追加検討モデル	◎	◎	◎	◎
	△	△	▲	▲

指標	大＜ 効果 ＞小			
	小＜ リスク ＞大			
涵養効果	◎	○	△	▲
大量注水による蒸気量減衰リスク	◎	○	△	▲
ショートサーキットリスク	◎	○	△	▲



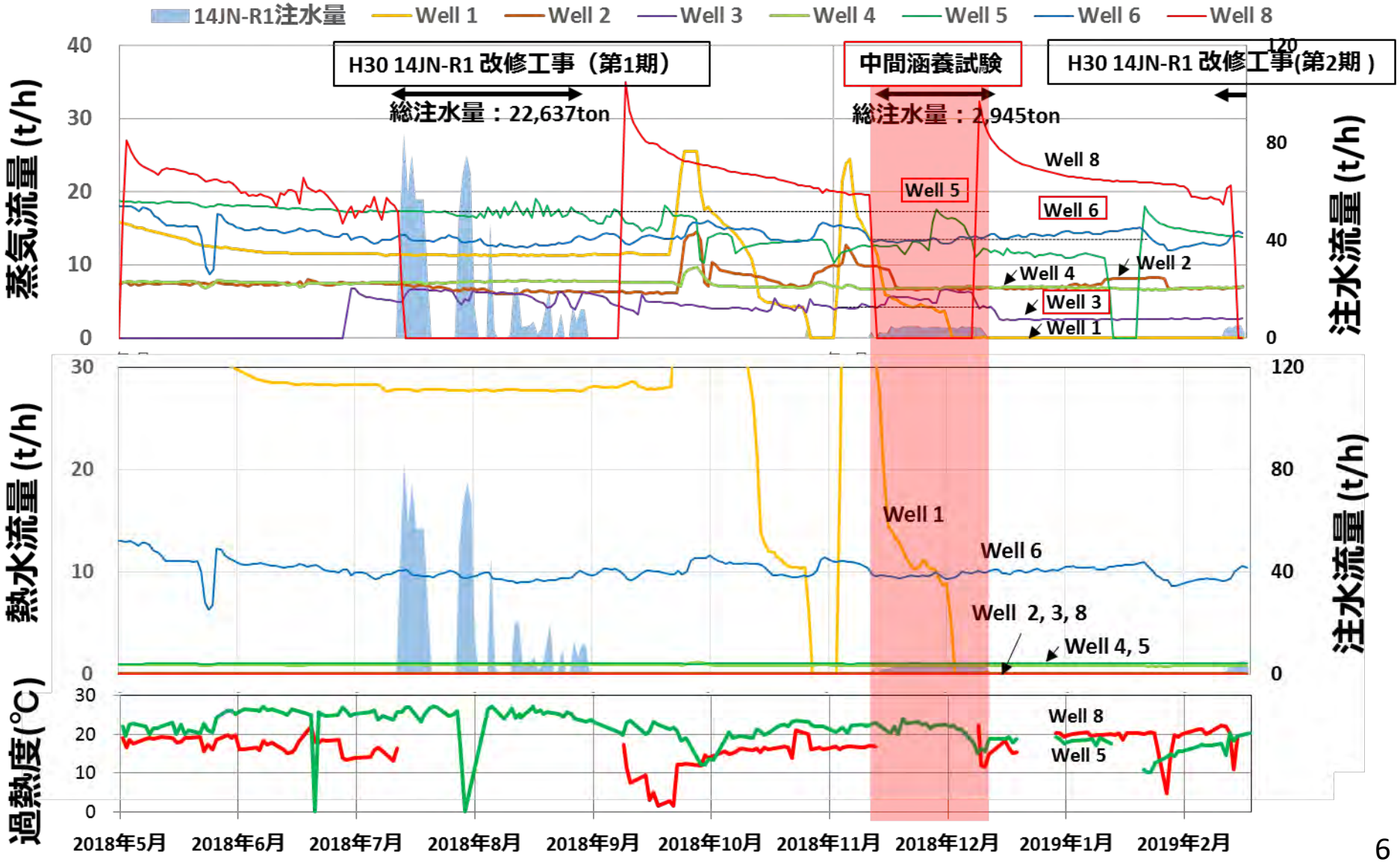
中間涵養試験結果概要

	H27涵養試験	H30中間涵養試験
注水レート/総注水量	50～70 t/h (総量18万 ton) 合計4か月	5 t/h(総量2900 ton) 1か月
蒸気生産量	Well8: 13.2→18.9 (t/h) (5.7t/h, 43%増)	Well3: 4.4→6.2 (t/h) (1.8t/h, 41%増) Well6: 13.5→15.2 (t/h) (1.7t/h, 12.6%増)※暫定値
回収率 (蒸気増加量/注水量)	9.5%	70.0%※検討中
酸性化の改善	Well5: pH低下,Cl上昇 (試験後)	Well5:pH変化なし,Cl低下 (試験後)
非凝縮性ガス	Well8: 8.9→7.0 (wt%)	低下なし
蒸気過熱度	Well5: 変化なし Well8: 極端に低下	Well5: 変化なし Well8: 生産停止中

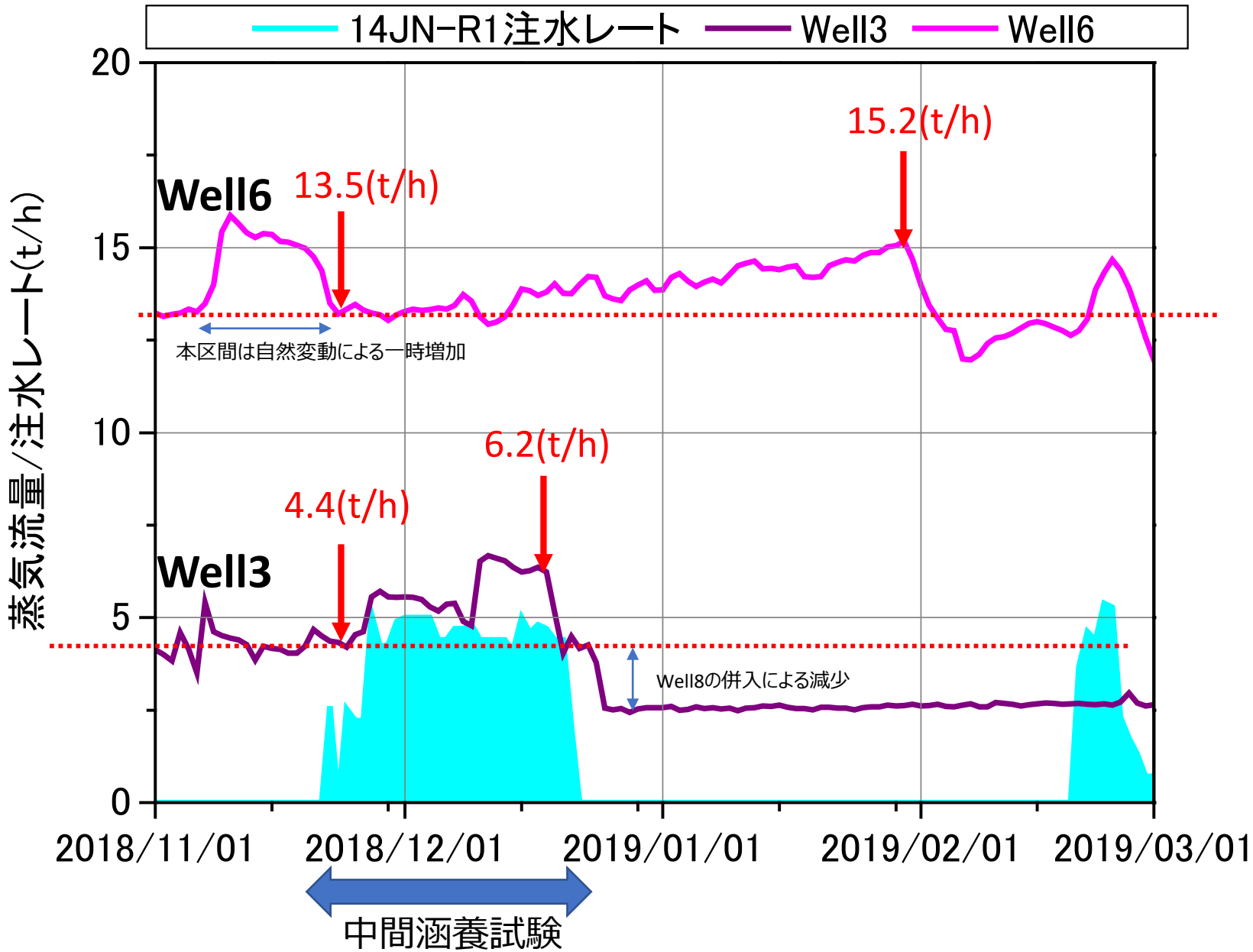
①近隣生産井の状況

・中間涵養試験でWell 3, 6の蒸気量上昇（Well 5は一時的に元の値に戻ったのみ）

・Well 3蒸気量の中間涵養試験後の低下は、同じ二相流ラインへのWell 8併入による押し負け

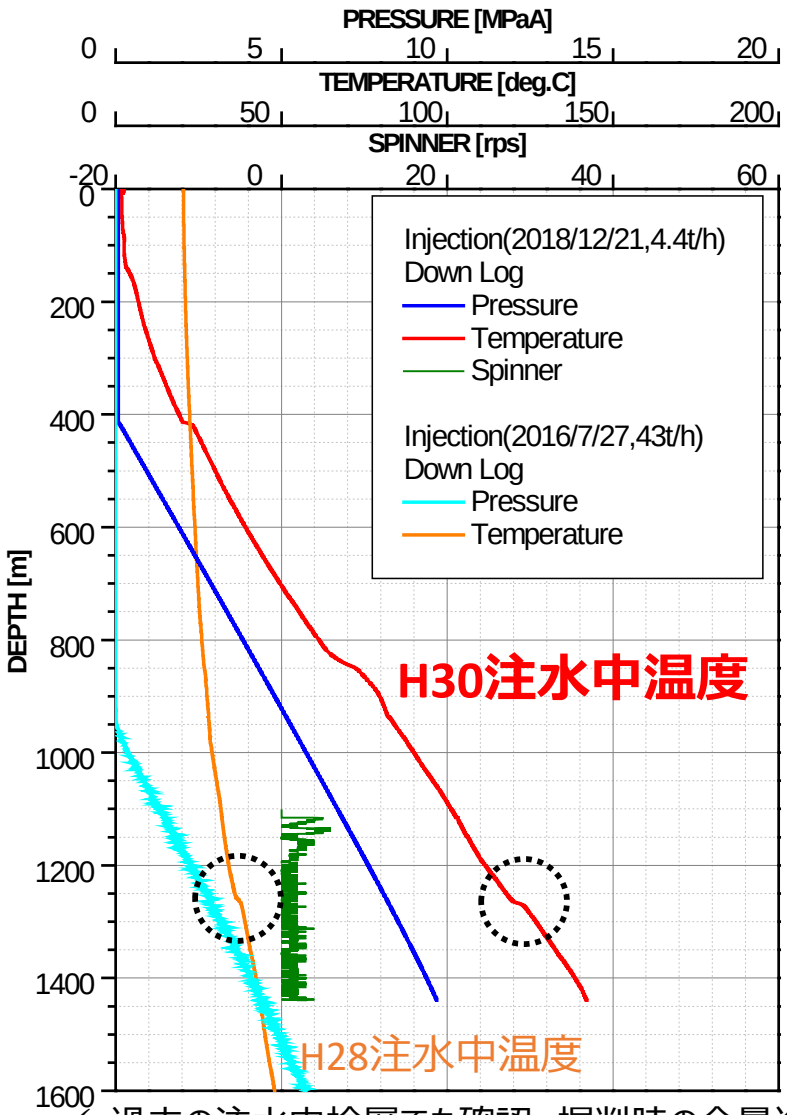


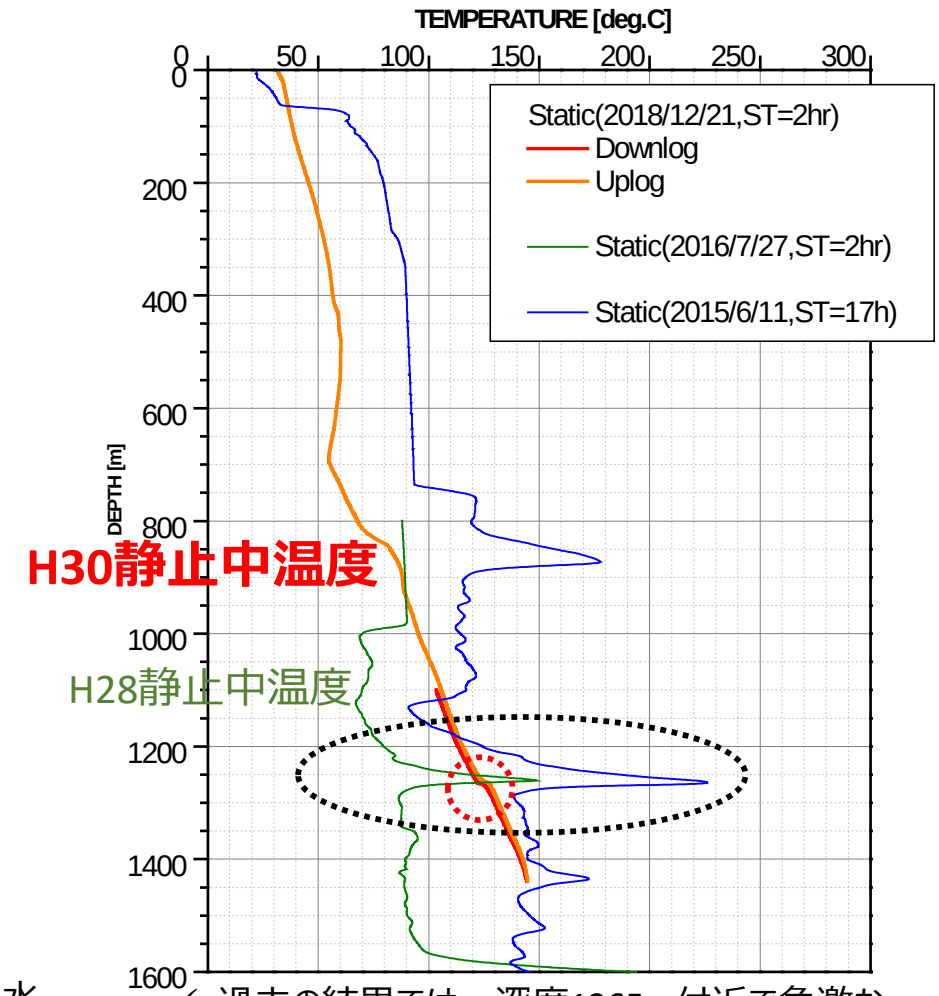
Well3, Well6の蒸気流量



②PTS検層結果（左：注水中，右：静止中）

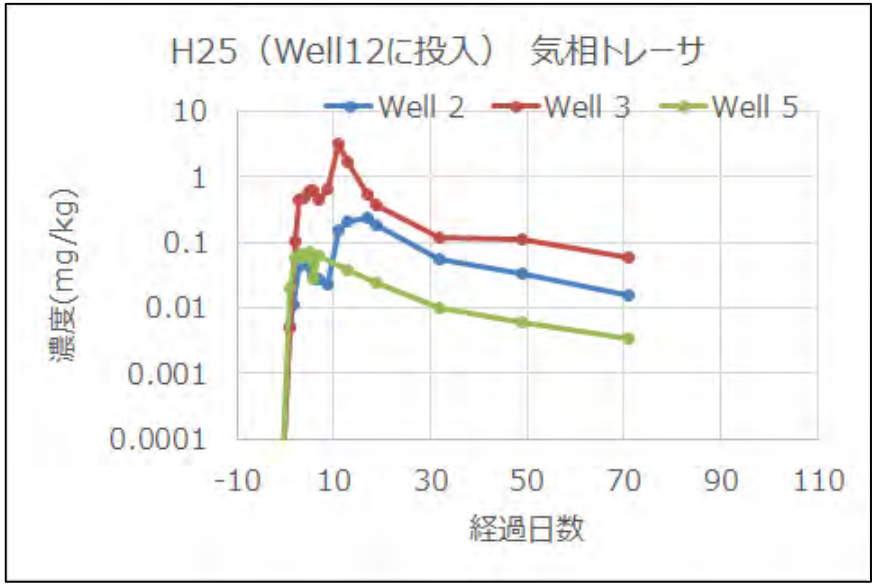
- ✓ 注水中および静止中（注水停止2時間後）に実施
- ✓ 検層深度はセクションミル切削区間上端（1439m）まで

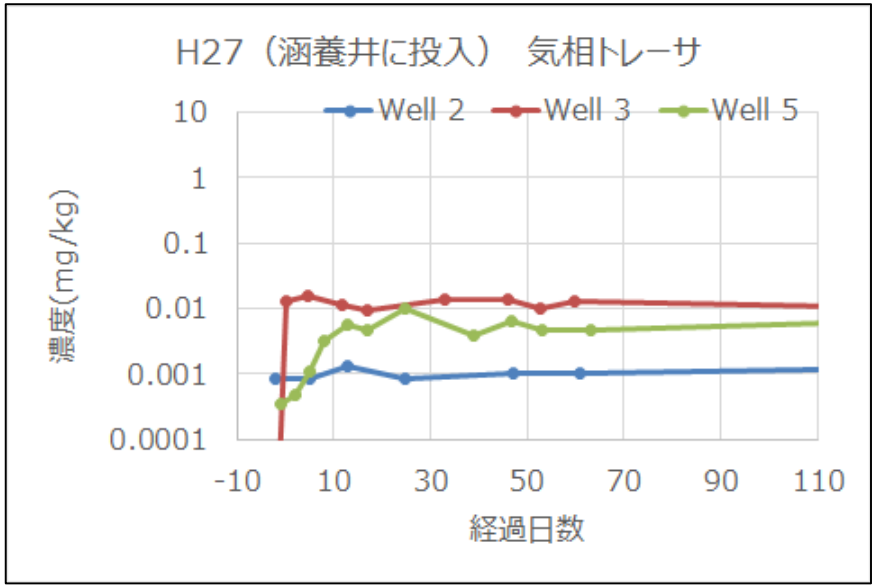




- ✓ 過去の注水中検層でも確認。掘削時の全量逸水深度(1271m)と整合的
- ✓ クロスフローおよびケーシング外側からの回り込みが考えられる。
- ✓ 過去の結果では，深度1265m付近で急激な温度上昇がみられている。
- ✓ 今回は確認されていないため，正常にセメンチングされたと考えられる。

③トレーサ試験結果（気相トレーサ）

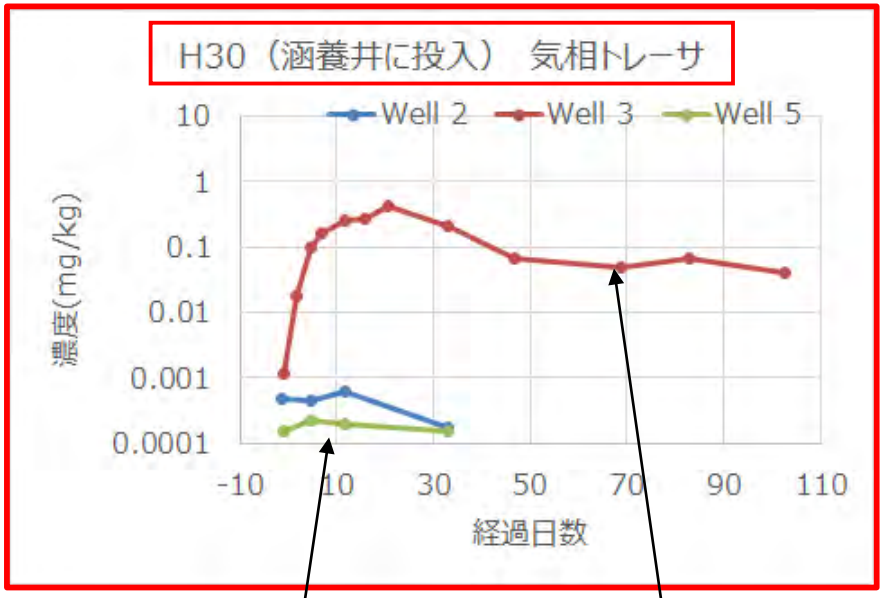




- 周辺坑井にてサンプリング

(定常:Well 2,3,5,6＋非定常:Well 1,8,13)

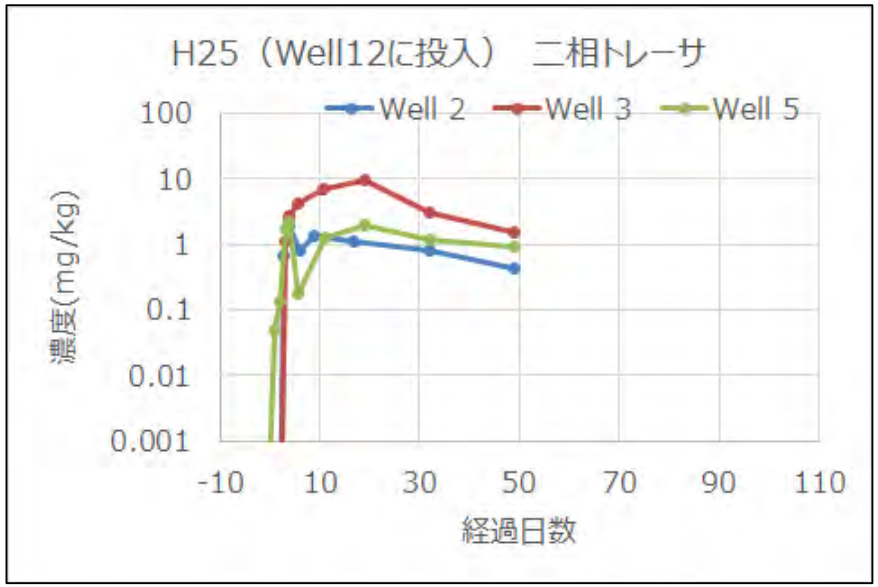
- Well 2, 3, 5で再湧出を観測
- 過去の結果と経路が異なる（浅部からの流体流出がなかった）ことを反映していると考えられる。

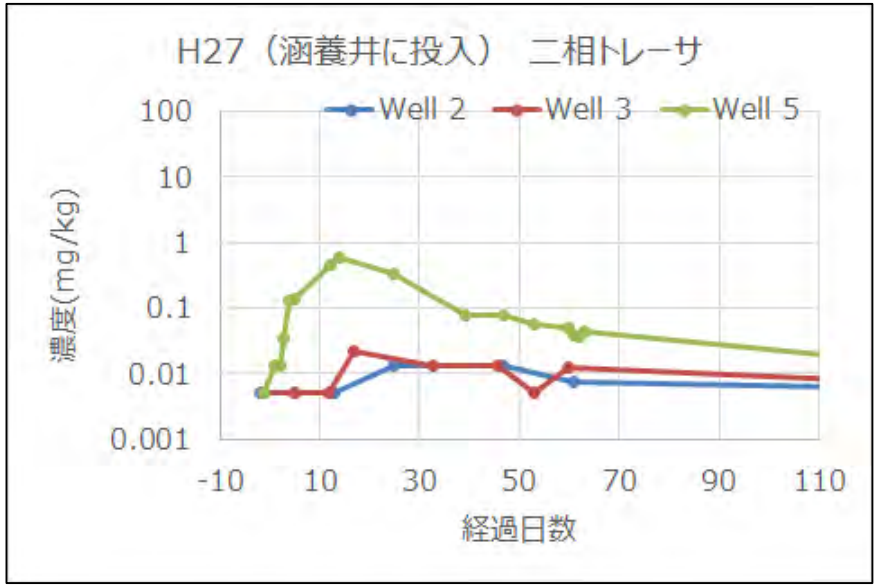


Well 3の濃度が高い

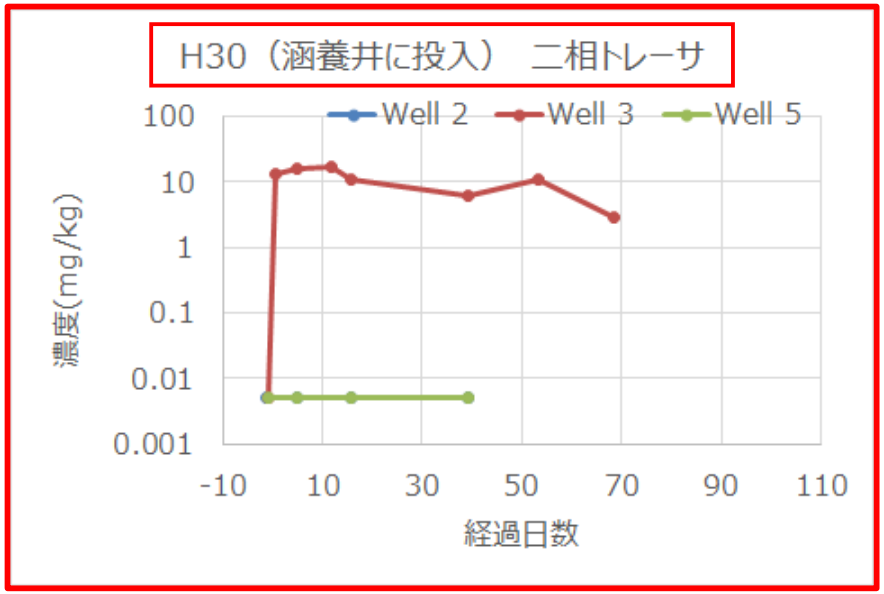
Well 3に対するWell 2, 5の濃度が低い

トレーサ試験結果（二相トレーサ）

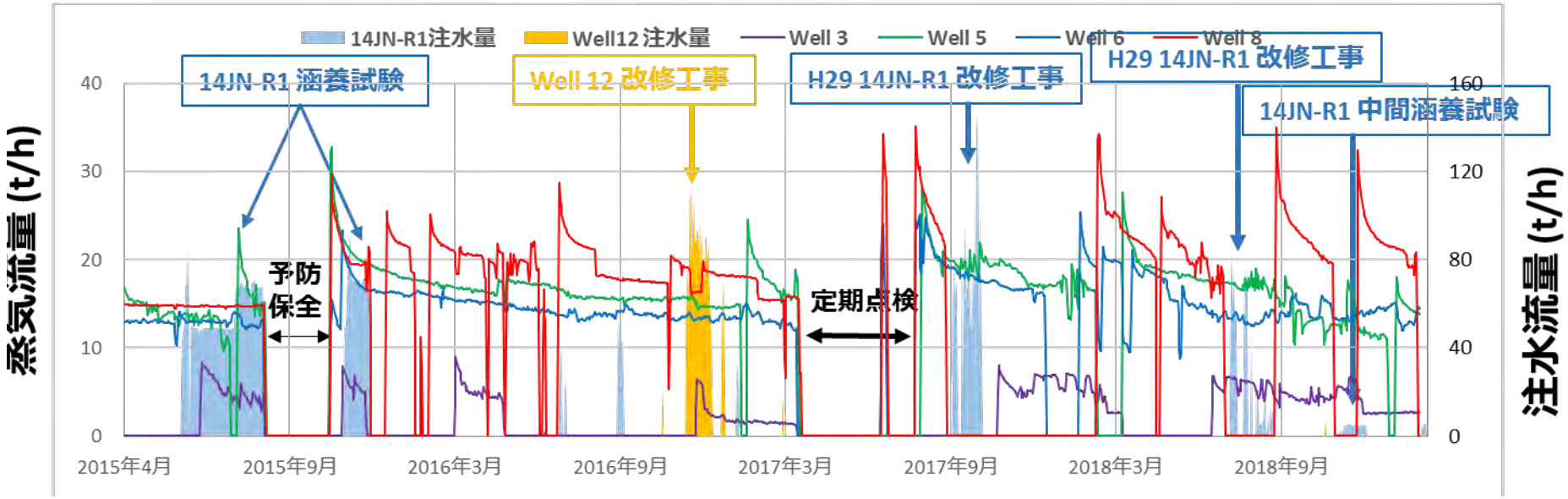


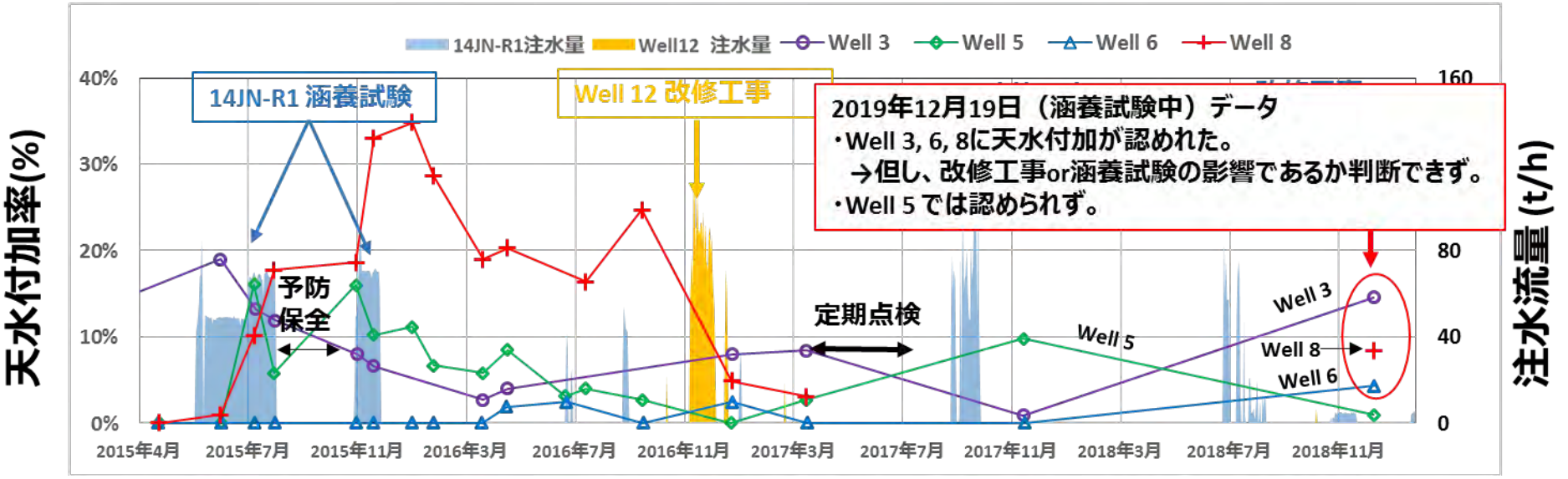


- Well3のみ再湧出を確認
- 過去の結果と明らかに異なることから，二相トレーサ結果からも，過去の経路と異なっていることが言える。
- Well2, 5では気相トレーサは検出されていることから，注水量が少なかったため，再湧出がみられなかったと考えられる。



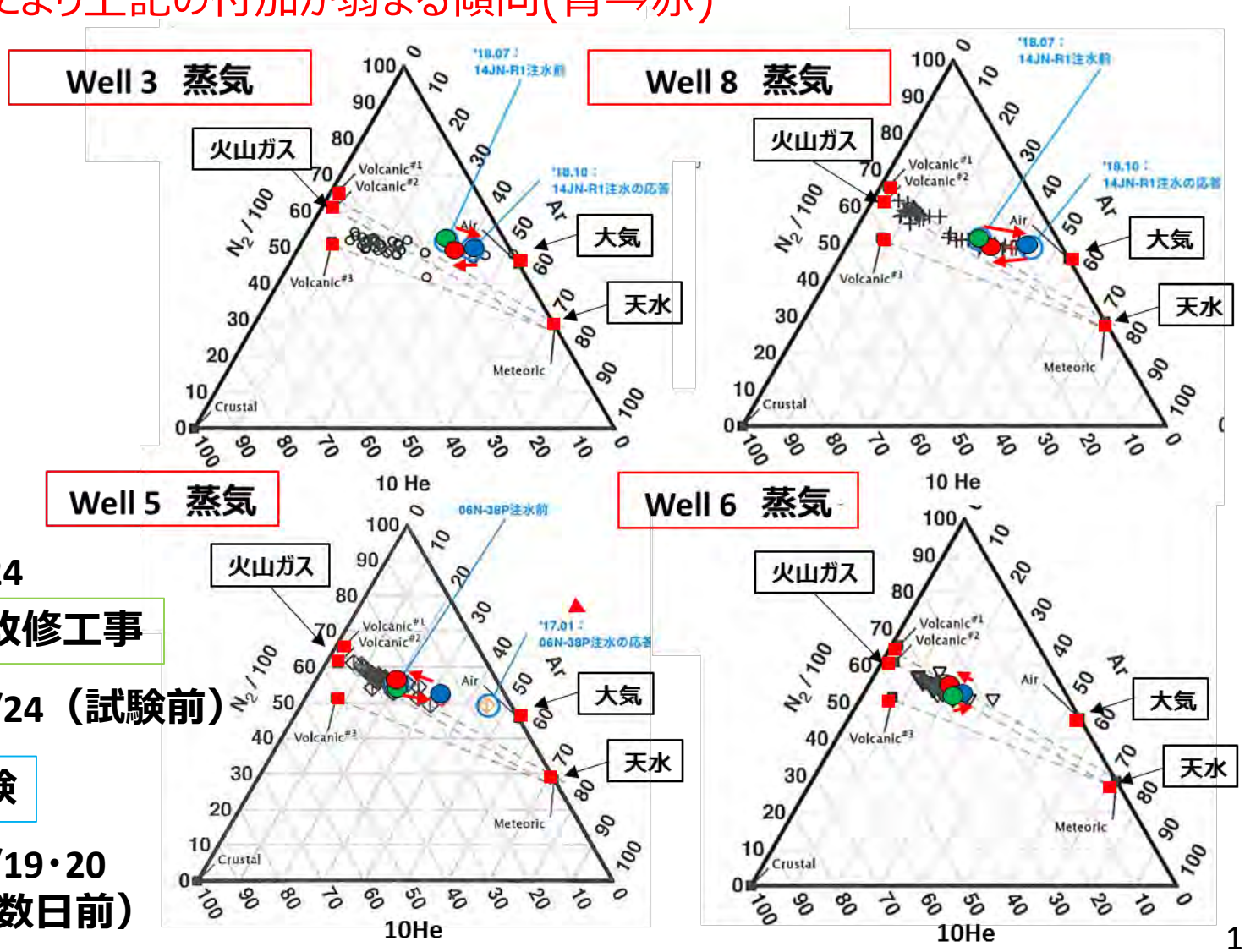
④水素・酸素同位体比による天水付加率





⑤蒸気中ガス性状（Well 3,5,6,8）

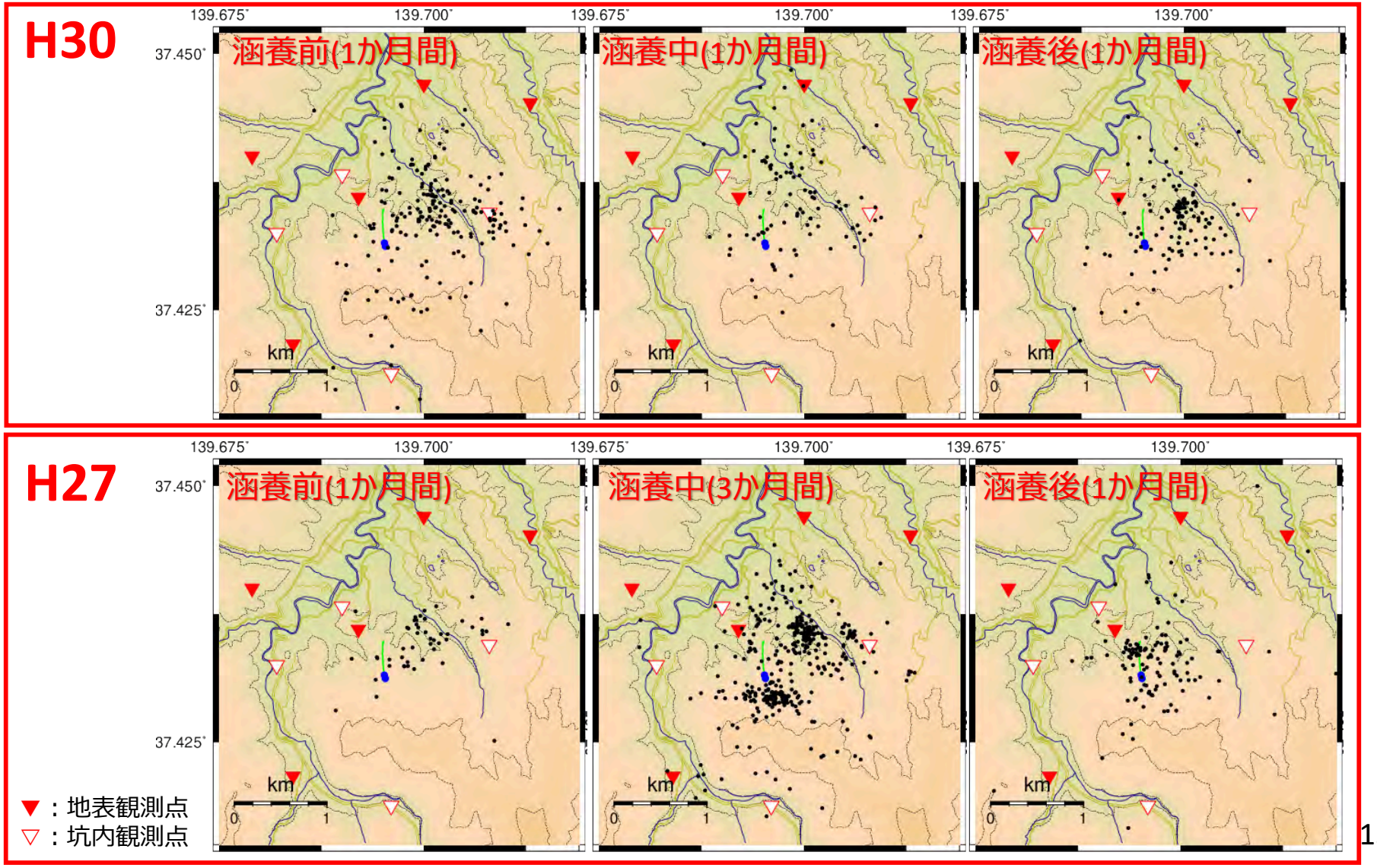
改修工事後は注水の影響により大気由来ガス（Ar）が付加（緑⇒青）
中間涵養試験により上記の付加が弱まる傾向(青⇒赤)



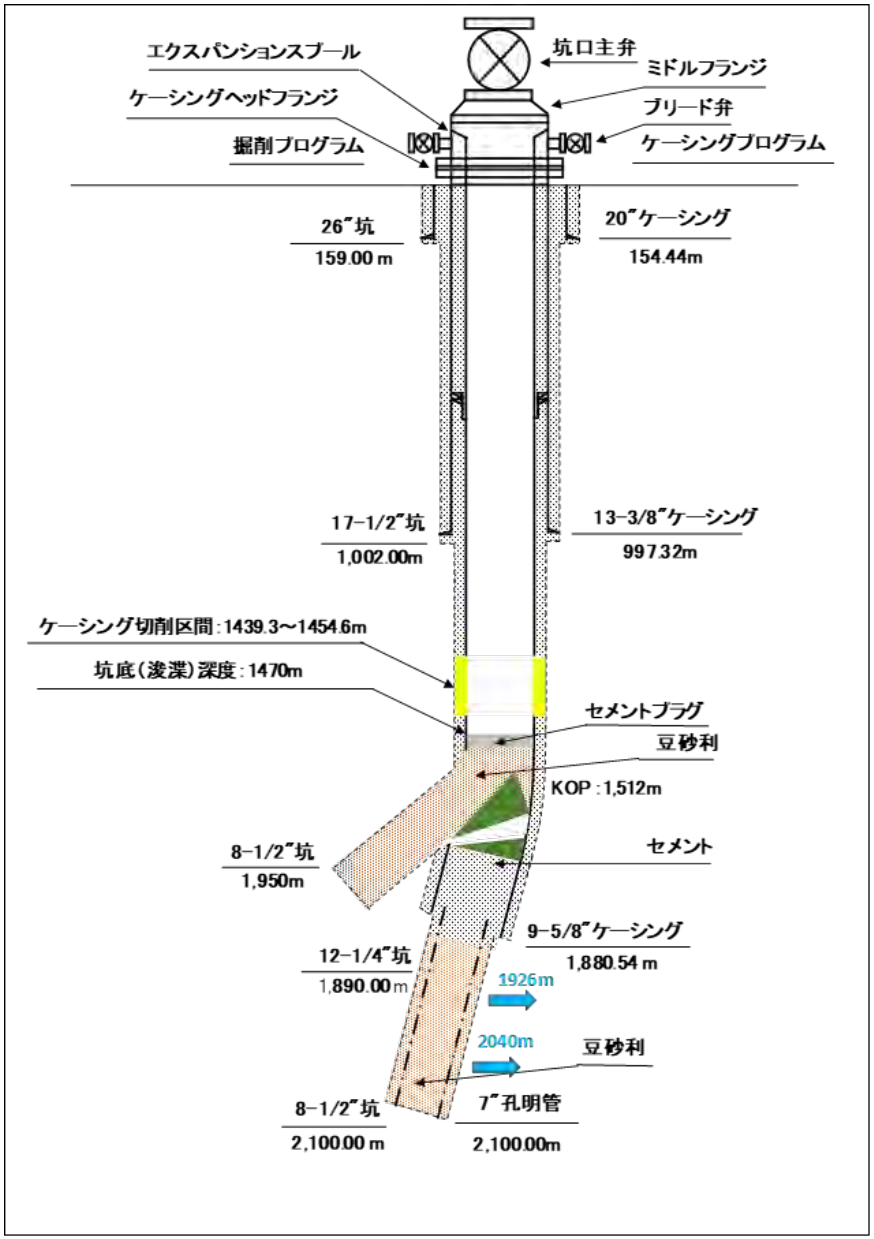
- 緑：2018/7/24
- ↓ H30 14JN-R1改修工事
- 青：2018/10/24（試験前）
- ↓ 中間涵養試験
- 赤：2018/12/19・20（試験終了数日前）

⑥AE/微小地震モニタリング

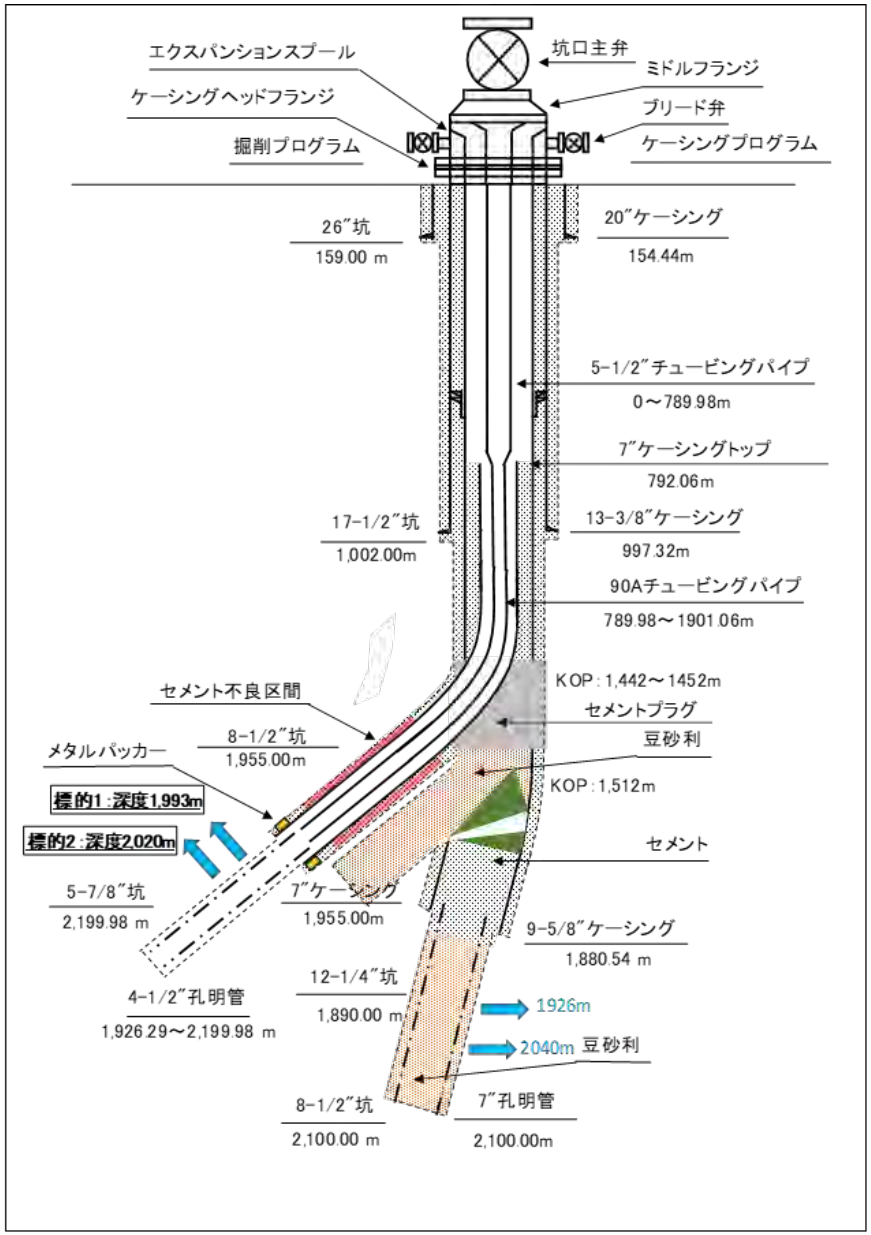
中間涵養試験では，顕著なAE発生は認められなかった。
⇒注水量が少なかったことが一因と考えられる。



涵養井改修工事結果



第1回工事実績ケーシングプログラム



第２回工事実績ケーシングプログラム

メタルパッカー設置

①ダミー編成降下（深度1509mまで）→降下時負荷なし

↓

②メタルパッカーを含む7”ライナー編成降下

ボトム深度：1955.00m、トップ深度：792.06m

メタルパッカー設置深度：1936.75～1940.90m

↓

③ライナーセメンチング

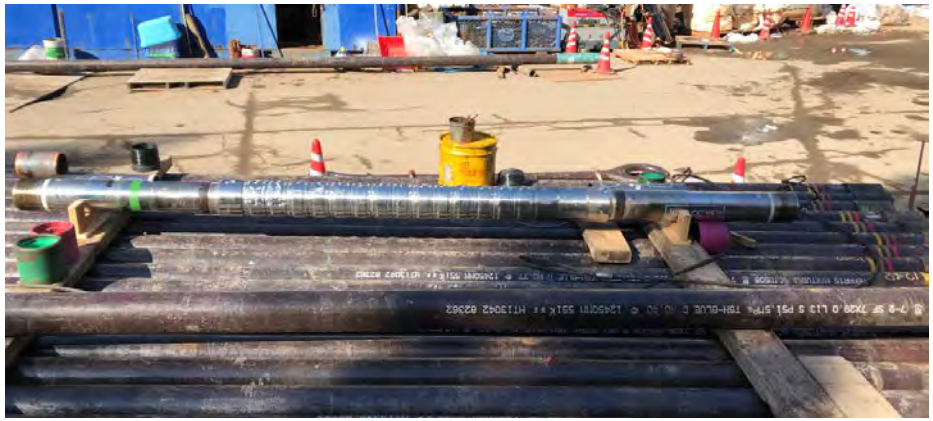
ポンプダウンプラグ投下

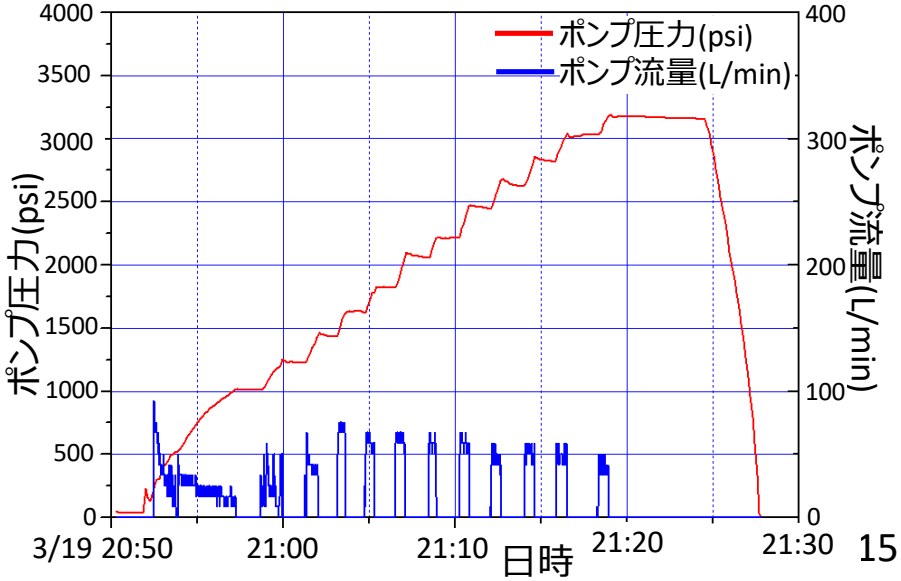
↓

④メタルパッカーセット

1000psiまで加圧し、以後200psi毎に圧力保持・送水量を確認しつつ加圧。

最終的に3200psiまで加圧し、圧力保持5分確認。セット完了。

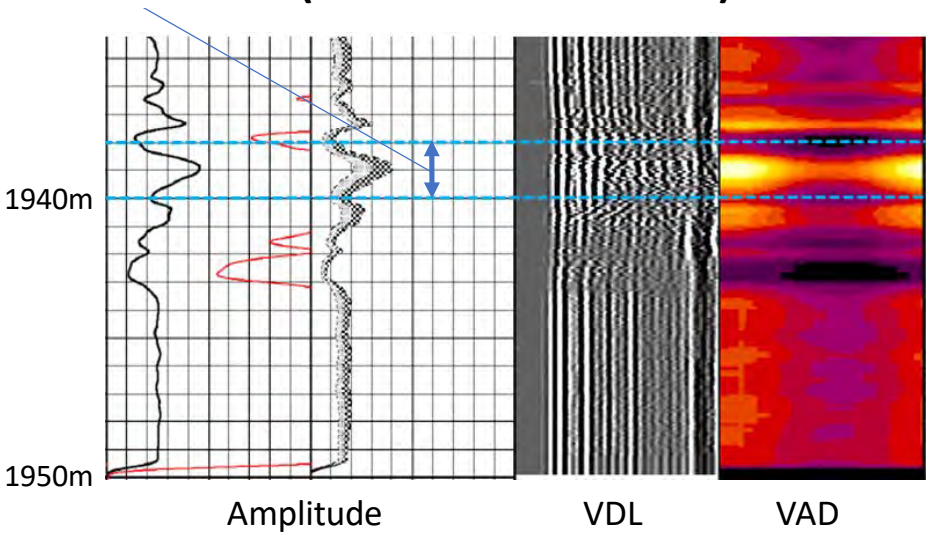




RCBL検層結果

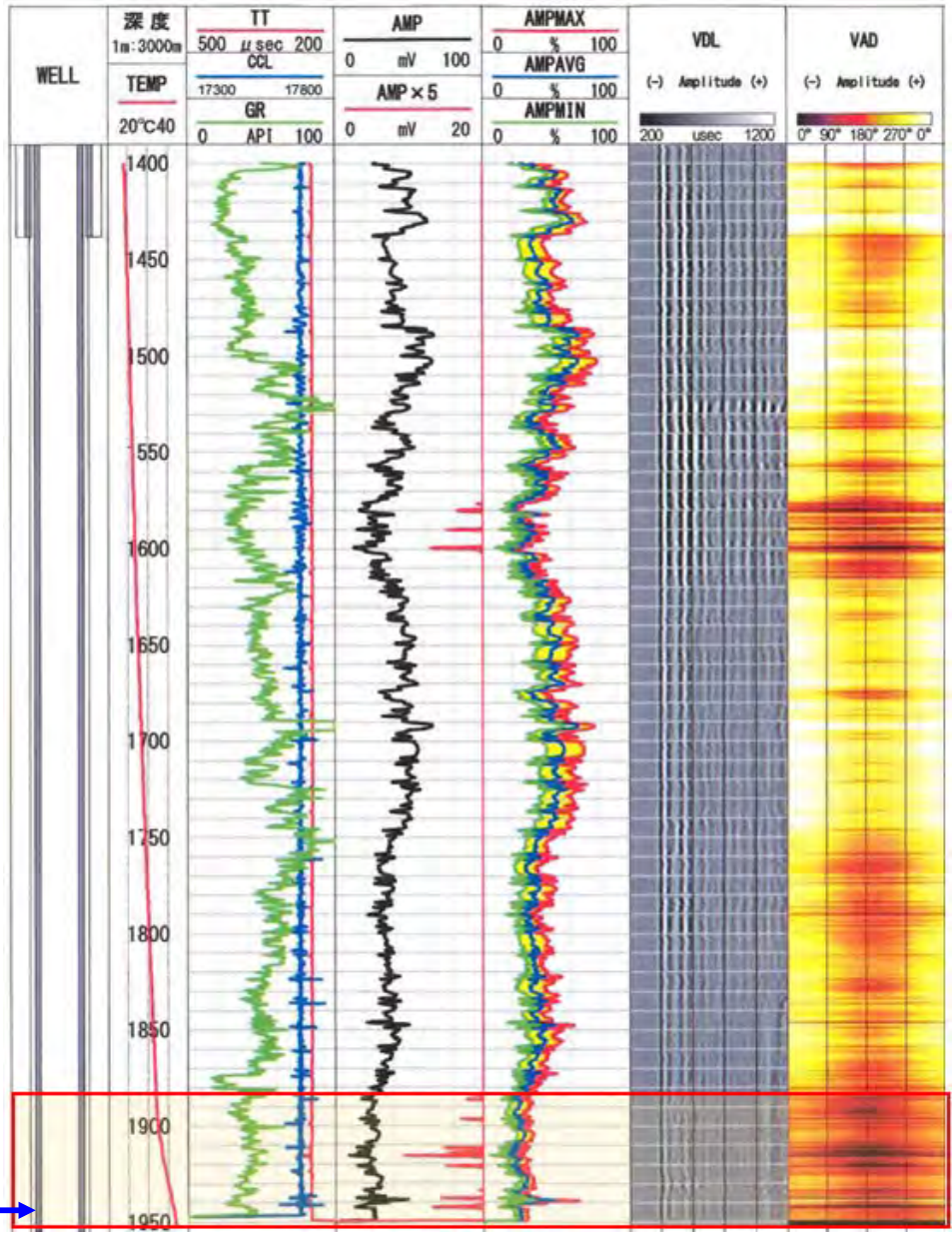
・7”CSGシュー付近(1880～1950m)のボンディング状況は良好であった。

メタルパッカー(1936.75～1940.90m)



シュー付近拡大図

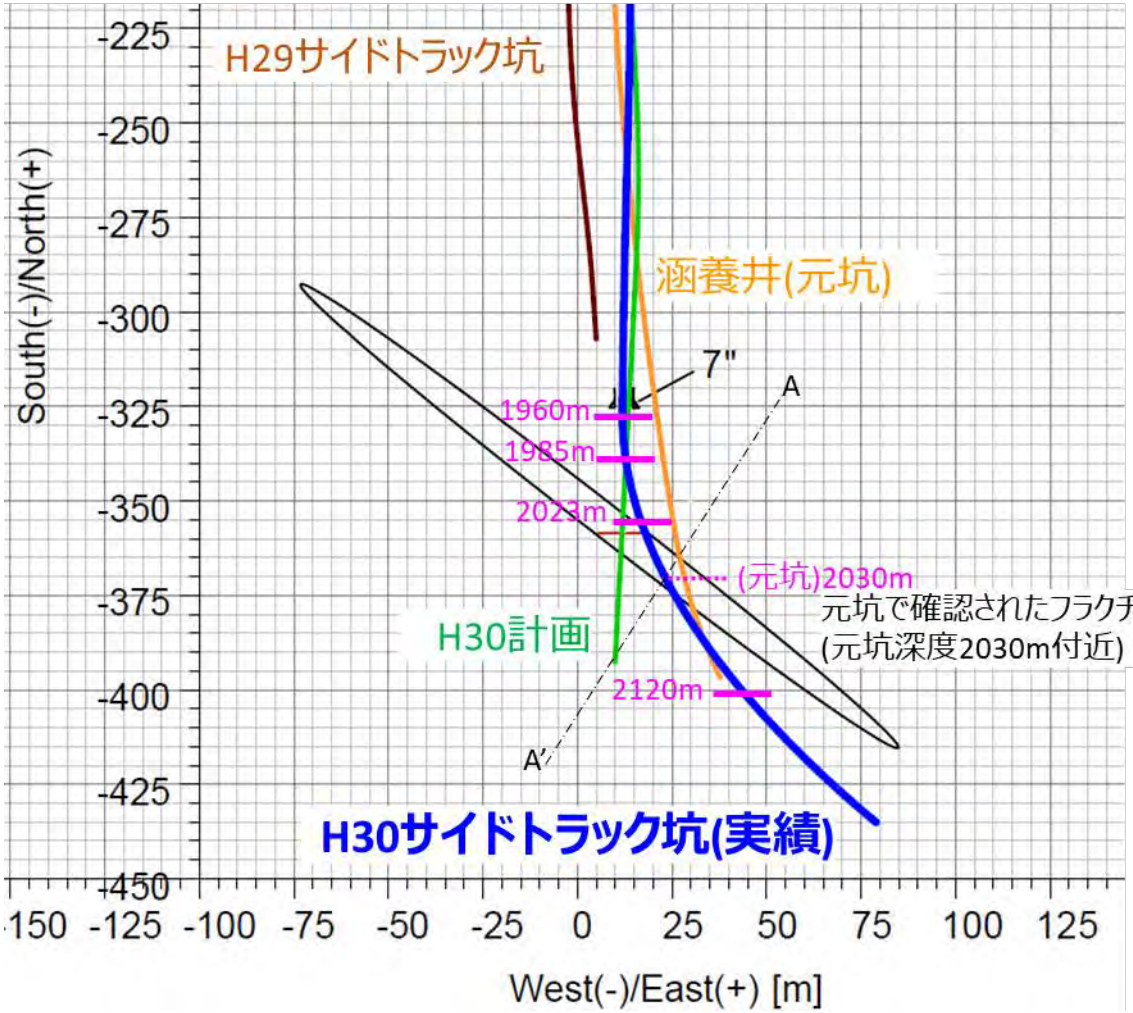
※Amplitude値は小さいほど、VAD(Variable Amplitude Display)は色が濃くなるほどボンディングが良いことを示す。VDLはVariable Density Logで，Amplitudeに応じて濃淡表示した記録でケーシング背後のボンディング状況を評価する。

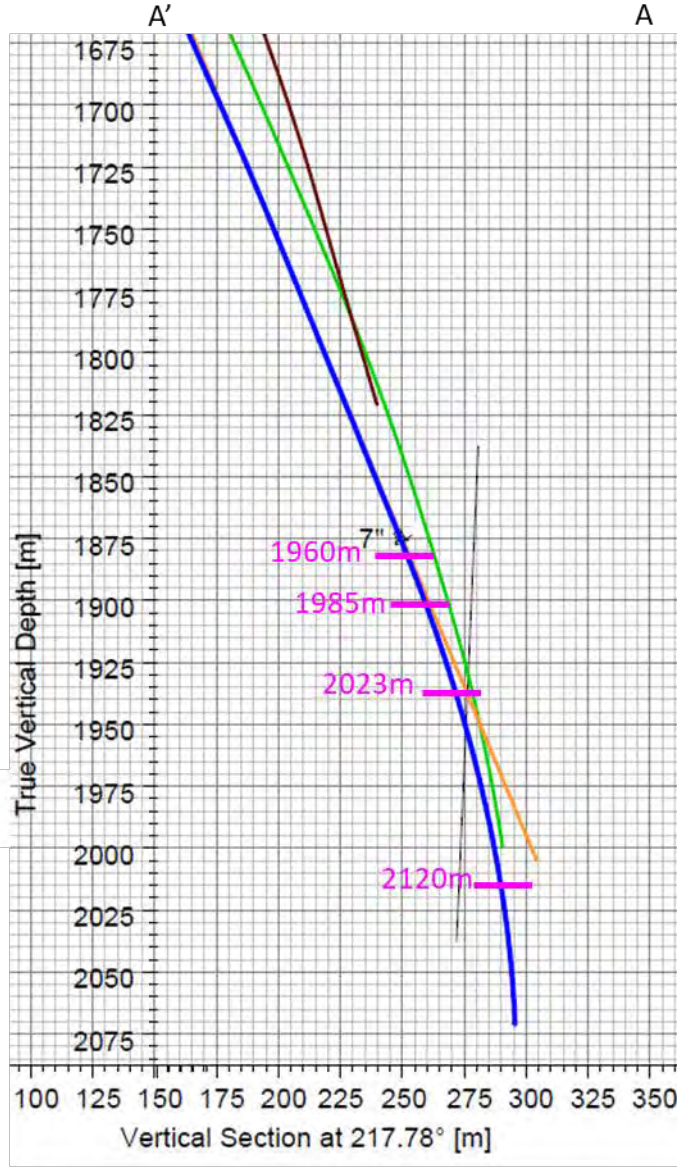


メタルパッカー →

ボンディング良好区間

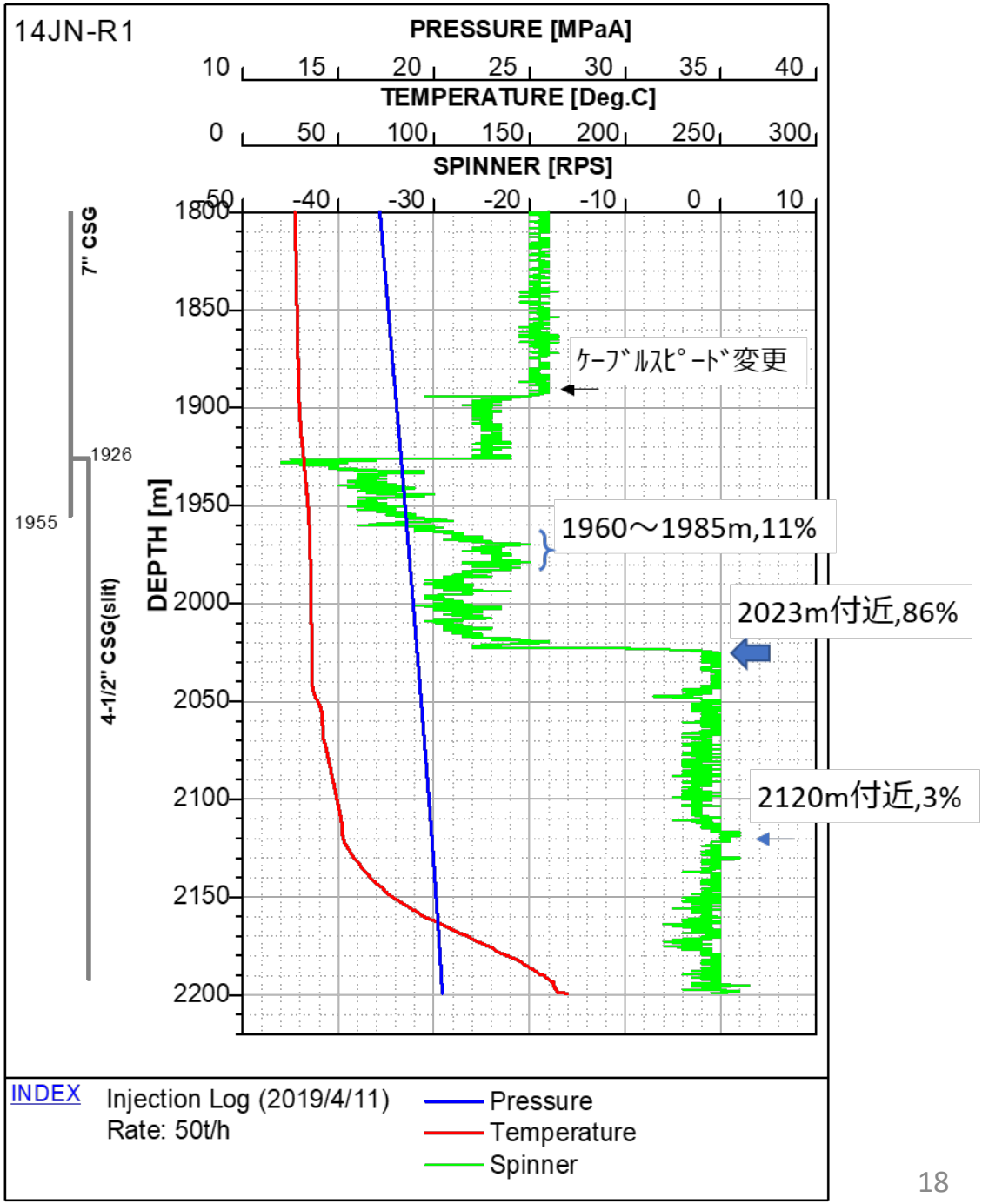
涵養井の坑跡と流体流出深度





注水中PTS検層結果

- 実施日：平成31年4月11日（4-1/2”孔明管設置後）
- 注水量：約50t/h
- 主流体流出深度は2023m(86%)
⇒掘削時逸泥深度(2020m)と整合
- 検層時水位は0m
⇒H27の50t/h注水時は795m



まとめ

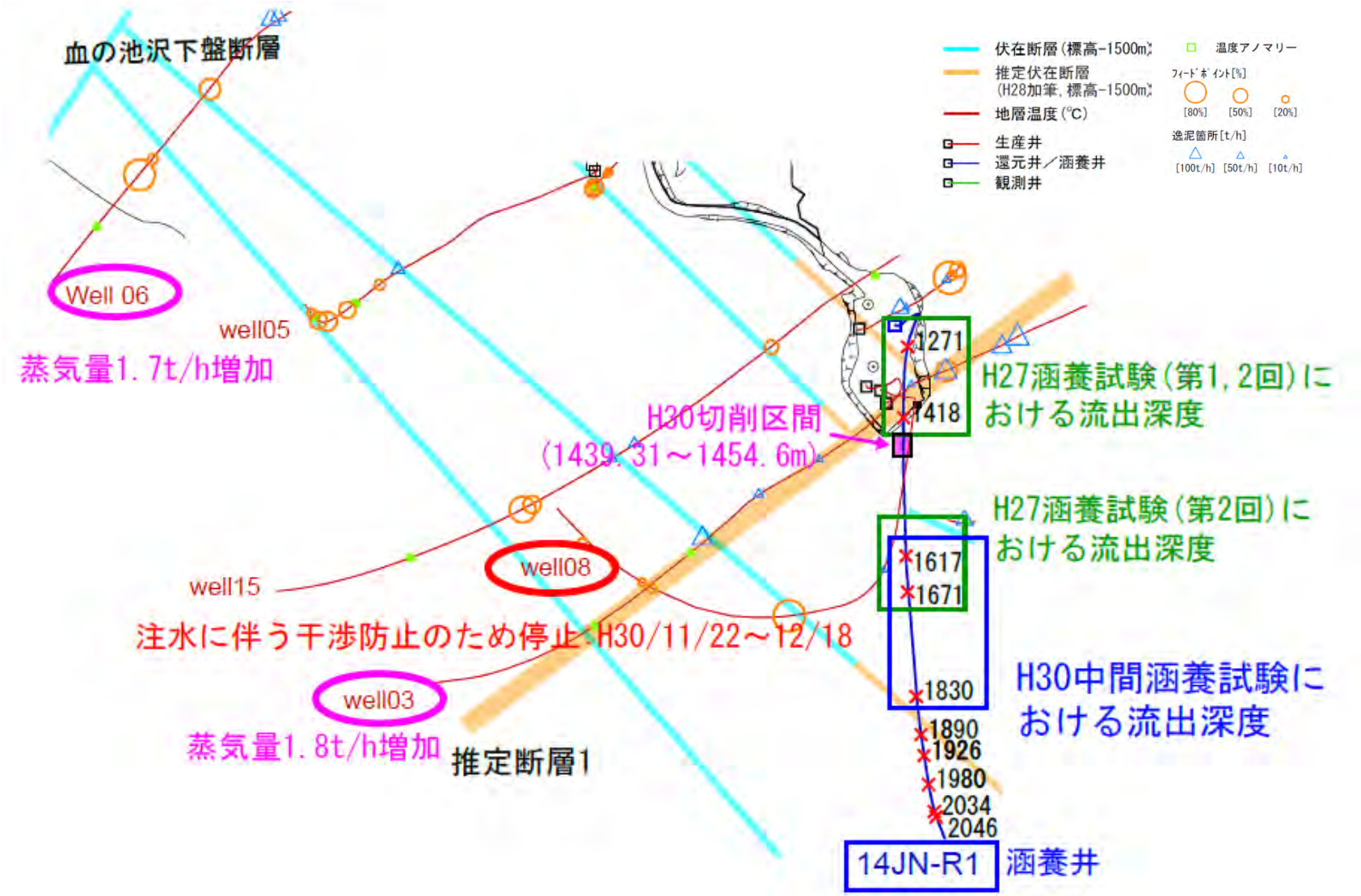
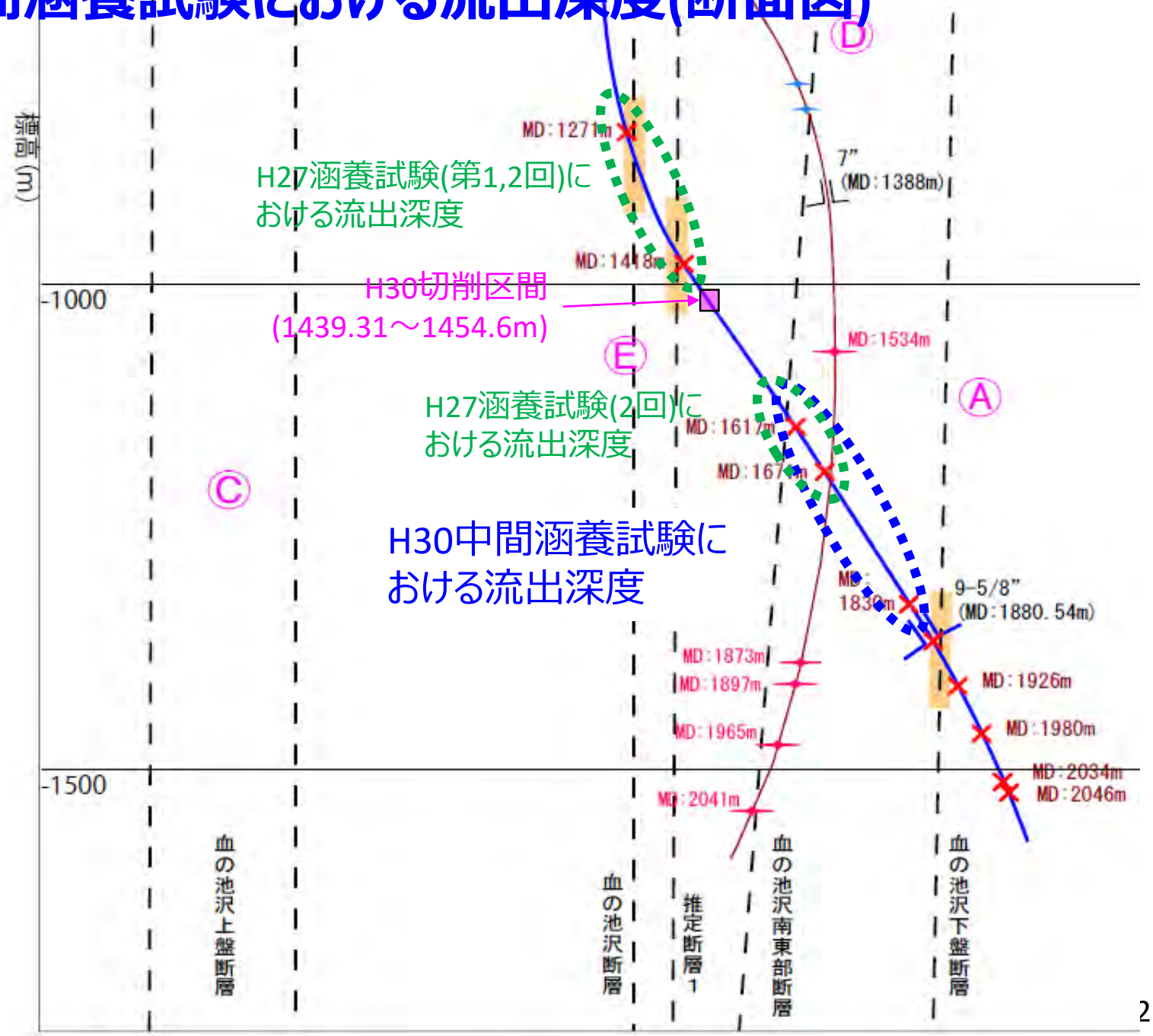
①中間涵養試験を実施し、涵養による周囲生産井への影響を確認した。
　その結果、中間涵養試験でWell 3, 6の蒸気量上昇が確認された。

②涵養井改修工事では、メタルパッカーおよびセメンチングにより7”ケーシングシューを確実に遮水することができた。メタルパッカーは国内地熱地帯では初めて使用され、成果をあげた。

③5-7/8”坑では元坑2030m付近のメインの逸水層を当初想定通りにサイドトラック井の2023m付近で捉えた。

④今後、中間涵養試験に基づいた流路等地下構造を検討する予定である。
　また、坑井改修が成功したことにより、深部涵養試験計画を策定し、涵養試験を通して涵養効果の確認および貯留層モデルを更新するとともに効果の将来予測を実施するとともに、技術マニュアルのアップデートを行う予定である。

(参考)各坑井と断層の位置関係および中間涵養試験における流出深度（平面図）



(参考)中間涵養試験における流出深度(断面図)