



平成 26 年 9 月 30 日

各 位

会社名 石油資源開発株式会社
代表取締役社長 渡辺 修
問合先責任者 広報 IR 部長 中本 亮一
電話番号 03-6268-7110

**秋田・福米沢^{ふくめざわ}油田タイトオイル（シェールオイル）実証試験に伴う
掘削作業等の結果およびフラクチャリング作業計画等の公表について**

石油資源開発株式会社（以下、当社）は、福米沢油田（秋田県男鹿市、甲川^{おが}油田群の 1 つ）で分布が認められる女川^{おんながわ}タイト層（シェールオイル層）において、我が国で初めてとなるタイト層の多段フラクチャリング（以下、フラクチャリング）実証試験を計画のうえ、これまで諸準備を進めてまいりました。今般、この実証試験の前段作業となる新たな坑井（パイロット井及び水平井）の掘削作業および付帯作業が完了し、これら作業結果の取りまとめとフラクチャリング作業計画等を策定、公表する運びとなりましたのでお知らせいたします。

当社は、本年 5 月 22 日から 7 月 6 日（46 日間）にかけて、坑井の掘削作業およびフラクチャリング作業実施に向けた各種テストを完了いたしました。これら作業の実施にあたっては、特に環境対策に万全を期すべく、今秋実施を予定しているフラクチャリング作業の準備として、生活用水水質への影響、微振動の発生状況や騒音等、周辺地域の環境への影響の有無等についてのモニタリングを行うとともに、作業計画においては、第三者の有識者を含めた「福米沢環境対策検討会」に諮った上で、作業の中断・再開基準や、緊急時の連絡体制等を新たに策定いたしました。

今後は、今秋実施予定の作業計画等について、監督官庁の東北経済産業局、関東東北産業保安監督部東北支部の審査を受けるとともに、並行してフラクチャリングの実施に向けた諸準備を鋭意進めてまいります。

なお、本日公表いたしました内容の詳細につきましては、当資料の別紙をご参照ください。

関係地域の住民の方々および関係自治体をはじめとする関係各位におかれましては、本実証試験への引き続きのご理解とご協力を賜りたく、お願い申し上げます。

以 上

【ご参考】

当社は、一昨年（平成 24 年）より、独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）のご支援のもと、秋田県に広く分布する女川タイト層を対象に実証試験を実施しております。すでに鮎川^{あゆかわ}油ガス田（秋田県由利本荘市）では、既存坑井の酸処理作業実施により生産量の大幅な改善が見られ、本年 4 月より商用生産を開始しております。今回の実証試験では秋田県に広く分布するタイトオイル層のさらなる開発に向け、技術・知見の習得が期待されております。

【関連ニュースリリース等】

- ・平成 26 年 3 月 6 日 秋田・福米沢油田タイトオイル（シェールオイル）実証試験に係る「福米沢環境対策検討会」報告書の公表について（当社ホームページ）
- ・平成 26 年 3 月 10 日 申川鉦山タイトオイル環境対策評価検討会の結果について（関東東北産業保安監督部東北支部ホームページ）
- ・平成 26 年 4 月 7 日 秋田・女川層タイトオイルに係る取り組みについてー福米沢油田における実証試験の着手、および鮎川油ガス田における商業生産の開始（当社ホームページ）

【別紙内容】

1. 福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う掘削作業結果
2. 福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う圧入テスト（DFIT）結果
3. 福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う DFIT 時 AE モニタリング作業結果
4. 福米沢油田タイトオイル実証試験に伴うフラクチャリング作業計画
- 5-1. 福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う環境モニタリングの概要
- 5-2. 福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う環境モニタリング状況 中間報告
6. 福米沢タイトオイル実証試験 フラクチャリング作業の作業中断・作業再開基準（案）及び緊急時の連絡体制について



福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う 掘削作業結果

平成 26 年 9 月

石油資源開発株式会社
国内事業本部 秋田鉱業所

1. 掘削作業の結果

(1) 掘削工程および掘削深度

掘削作業期間:	予定	平成 26 年 5 月 22 日～平成 26 年 6 月 26 日 (36 日間)
	実績	平成 26 年 5 月 22 日～平成 26 年 7 月 6 日 (46 日間)
掘削深度:	予定	パイロット坑: 1,600mMD メイン坑: 2,300mMD
	実績	パイロット坑: 1,600mMD メイン坑: 2,261mMD

各セクションの掘り止め深度およびケーシングセット深度は下表に示す通りである。また工程予実績および最終坑内図をそれぞれ図 1-1、1-2 に示す。

径 [in]	予定/実績 [m]	CSG 径 [in]	予定/実績 [m]
17-1/2	500/ 507	13-3/8	500/502
12-1/4	1,200/1,209	9-5/8	1,200/1,204
8-1/2	2,300/ 2,261	5-1/2	2,300/2,255.5

(2) 掘削作業概要

1) 17-1/2”坑セクション

17-1/2”坑は計画 500mに対し実績 507mまで掘進した。掘進中逸泥は発生しなかった。13-3/8”ケーシングセメンチングではセメントの地表へのリターンが確認されたが、後押し終了の少し前に逸泥が発生した。セメンチング終了後に液面が下がり、セメント硬化待機後に深度 36mにセメントトップを確認した。セメンチング中および終了後で約 6kL のセメントスラリーが地層中に逃げたと推定される。このためトップアウトジョブ(1 インチのパイプを 20”CSG × 13-3/8”CSG 間に降下してセメントを送入)にて 36m-地表部分にセメントを充填した。

2) 12-1/4”坑セクション

13-3/8”ケーシングセット後、12-1/4”坑の掘進を 507mから開始し、3m 掘進した深度 510m でリークオフテストを実施した。ポンプ量と圧力上昇の関係から浅部への導通がないことを確認するとともにリークオフ圧力は EMW(Equivalent Mud Weight) : 1.62sg という結果を得た。引き続き深度 649mまで掘進し、同深度からキックオフして傾斜・方位コントロールを行いながら 1,209mまで掘進した。

坑内崩壊の徴候が表れてきたため、最終的に泥水比重を 1.15sg→1.30sg にあげて対応した。9-5/8”ケーシングセメンチング作業は順調に計画どおり行われ、逸泥も発生しなかった。(後日、CBL 検層でセメントトップを 300m に確認した)

3) 8-1/2”パイロット坑セクション

8-1/2”パイロット坑掘進を 1209mから開始し、3m掘進した深度 1,212mでリークオフテストを実施した。ポンプ量と圧力上昇の関係から浅部への導通がないことを確認するとともに、リークオフ圧力 EMW:1.81sg という結果を得た。引き続きパイロット坑掘進途中で 2 回のコア掘りを行いながら、計画の 1,600mまで掘進した。なお、パイロット坑では深度 1,549mで逸泥が発生したが、泥水比重を下げて(1.30sg→1.28sg)対応した。逸泥量は計 14kL であった。掘進後はワイ

ヤーライン検層を行ない、プラグバックセメンチングによりパイロット坑を埋め立てた。

4) 8-1/2”メイン坑セクション

セメントを深度 1,225mまで浚った後、メイン坑掘削のためサイドトラックを開始した。方位・傾斜を計画に合わせてコントロールしながら深度 1580mで女川層 XIV 層上部を確認し、1,615m付近から垂直深度 1,332.25m(-1,312.75m)を目標に水平坑区間の掘進を行った。

1,429m掘進中に逸泥が発生したため、泥水比重を下げた(1.28sg→1.26sg)ところ逸泥は止まった。逸泥量は計 7kL だった。その後 2,214mでは最大 30kL/hr のレートで逸泥が発生したが、ここでは LCM(Lost Circulation Material: 逸泥防止材)を使用して逸泥を止めて掘進を再開した。この間に計 21.1kL の逸泥があった。

その後、福米沢 SK-5Dとの衝突リスクを考慮し、当初計画深度 2,300mの 39m手前の 2,261mで掘り止めた。

5-1/2”ケーシングを深度 2,255.5m まで降下後、調泥のため循環を開始したところ 2.0kL/hr のレートで逸泥が発生したため LCM 入り泥水を循環し、また泥水比重を 1.26sg から 1.25sg へ下げたが完全に逸泥を止めることはできなかった。この間の逸泥は計 10.5kL だった

泥水比重をこれ以上低くすることは船川層の崩壊が懸念されたことから断念し、セメントスラリー中にファイバー等の骨材が多く含まれているためセメントスラリー自体による逸泥抑止効果を期待してセメンチング作業を実施した。

セメントのミキシング作業は順調に行われ、予定量(43.2kl)のセメントスラリーを送入している間に逸泥は無かったが、泥水による後押しを行っている最中に逸泥気味となり、後押し終了間際にリターンが無くなった。坑底付近での ECD(等価比重:Equivalent Circulating Density)は最大 1.70sg 程度と推定され地層強度が低い箇所へセメント(あるいは泥水)が逸脱したものと思われる。セメンチング中のロスは約 17kl だった。その後の RCBL 測定ではセメントトップは深度 1,210mに確認され、また管内加圧テスト 49MPa (7,000psi)で圧力をホールドすることが確認された。

5-1/2”ケーシングの健全性が確認されたことから TCP(Tubing Conveyed Perforation)にて深度 2,185mにパーフォレーションを実施したのち DFIT を行い、すべての掘削作業を終了した。

(3) 傾斜掘りおよび掘り止め深度の変更について

傾斜掘り実績の平面図を図 1-3 に、断面図を図 1-4 に示すが、近隣坑井である福米沢 SK-1D、SK-5D、SK-21、SK-22D、SK-23D との干渉を考慮した坑跡を計画した。特に SK-23D、SK-1D との干渉が危惧されたため、坑跡を一旦西側へ向けて SK-23D をかわし、その後、坑跡を東に戻して SK-1D との衝突をさける坑跡とした。尚、廃坑井(SK-1D、SK-5D)以外の 3 坑井(SK-21、22D、23D)の坑井位置の不確定性を小さくする目的で Gyro 測定を実施し、取得した測定結果を基に坑井衝突を避ける指標として Separation Factor を用い計画坑跡を決定した。掘り止め付近で衝突リスクが高くなる SK-5D については目的地層から逸脱するリスクがあるため坑跡変更による衝突回避は行わず、掘り止め深度を調整(浅く)することで衝突を回避することとし、2,261mを掘り止め深度とした。

(注) Separation Factor(SF): 当社が所有するソフトウェア「COMPASS」にて計算した。この SF が 1.0 以上になるように坑跡を策定し SK-5D とは SF が 1.045 となる 2,261m で掘進を止めた。下表に COMPASS での計算結果を示す。

福米沢 SK-26DH 掘削深度	福米沢 SK-5D 掘削深度	坑芯間距離	不確定性楕 円間距離	SF
2261.00m	1360.02m	33.48m	1.43m	1.045
2289.83m	1351.88m	13.50m	-19.82	0.405

(4) ケーシングセメンチング結果について

下表にセメンチング作業の実績について示すが、13-3/8”ケーシングセメンチングおよび9-5/8”ケーシングセメンチングについては概ね計画通りの結果が得られた。

CSG 径 [in]	セット 深度[m]	計画セメント コラム[m]	実績セメント コラム[m]	スラリー比重(SG)		*エクセス(%)	
				リード	テール	リード	テール
13-3/8	502	502-0 (502)	502-0 (502)	1.55	1.85	100	100
9-5/8	1,204	1,204-354 (850)	1,204-300 (904)	1.50	1.85	148	74
5-1/2	2,255.5	2,255.5-1,004 (1,251.5)	2,255.5-1,210 (1,045.5)	1.85		70	

* ケーシングアニュラス容量に対する割増分

9-5/8”ケーシングセメンチングの CBL 測定(1,197.3m-25m間)のうち一部の結果を図 1-5 に示すが、シュー付近から 725m まではアンプリチュードが 2-5mV と非常に良いボンディングを示しており、セメントトップは 300m 付近に確認できた。

5-1/2”ケーシングセメンチングでは逸泥が発生したため、セメントトップが計画の 1,000m まで立ち上げられなかった。尚、5-1/2”CSG の RCBL 測定はワイヤーライン作業のためツールが降下できた深度 1,506m(傾斜約 76°)より上部の測定を実施した。図 1-6 にその結果を示すが、フリーパイプ区間でアンプリチュードが 72mV のところ、1,210m 以深では 20-30mV となっており、はっきりとセメントの存在が確認できる。

尚、ケーシング降下後の循環中およびセメンチング中にトータル約 77kL の泥水やセメントが地層強度の低い箇所に逸失したが、これまでのところ生活用水・帯水層地下水モニタリングで水質異常は観察されていない。

(5) 坑井の健全性について

掘削作業中に下記①-④の項目について試験を行い、それぞれについて問題のないことを確認した。これらから本井のケーシングアニュラス部が漏洩経路となり、フラクチャリング流体が地表付近の生活用水層に混入するリスクは低いものとする。【リスクアセスメント(フラクチャリング作業)F1-1 に対応】

- ① 13-3/8”ケーシングセメント シューボンドの健全性 — リークオフテスト(図 1-7)
- ② 9-5/8” ケーシングセメントコラムの状態およびシューボンドの健全性 — CBL および リークオフテスト(図 1-7)にて確認。

- ③ 5-1/2” ケーシングセメント上部コラムの状態およびコラム全体としてのボンドの健全性
— RCBL および DFTT 時に 9-5/8”×5-1/2”ケーシング間の圧力の上昇しないことを確認。
- ④ 5-1/2”ケーシングの圧カシールの健全性 — 管内加圧テストにて 49MPa(7,000psi)を保持。

2. 地質調査結果

(1) 層序予実績 【図 2-1】

1) パイロット坑(SK-26D)における実績

浅部の潟西+鮪川層(0~129m)、笹岡層(129~406m)および上部天徳寺層(406~865m)は、掘削深度での誤差が 15m 以内にとどまり、ほぼ予想通りの深度で出現した。浸透性の良好な砂岩(900m 層)を伴う下部天徳寺層(865~942m)は、掘削深度で概ね 30m(垂直深度で 20m)予想より薄く出現し、これにより船川層(942~1,316m)は掘削深度・垂直深度共に 40m 弱浅く出現した。目的層である女川層(1,316m~TD)は、掘削深度で約 30m(垂直深度で約 20m)浅く出現した。

2) メイン坑(SK-26DH)における実績

目的層である女川層は、パイロット坑同様掘削深度で約 30m(垂直深度で約 20m)浅く出現した(1,322.5m)。主目的層である女川層 XIV 層は、掘進中の対比により予想より垂直深度が下がることが予想されたため、坑跡の微調整(計画時より垂直深度で 2m 下げたレベルに水平坑を配置)を行なった。結果、XIV 層上限は予想より 1m 強下がったレベルで出現したが、掘削深度は計画通り 1,580m にて主目的層である女川層 XIV 層に逢着した。以後、掘進中の兆候および LWD ログより地層対比を行なった結果、メイン坑は TD まで XIV 層の最上部を連続的に掘削したものと判断された【図 2-2(非公開)】。

なお、パイロット坑・メイン坑双方において、若干の層厚変化は認められたものの、周辺坑井との地層対比は良好であり、地層の欠如や繰り返し等の事象は認められない。

(2) 物理検層実績 【図 2-3】

パイロット坑の各セクションにおいて、表 2-1 の通り物理検層を実施した。各セクションとも計画通りの種目を測定し、かつ坑底までの編成降下に成功した。

坑径[in]	種目	測定項目	測定深度	備考
17-1/2"	DLL-GR	比抵抗、ガンマ線	30.1～494.3m	GSC 社
12-1/4"	HALS-TLD-GR-SP	比抵抗、密度、ガンマ線、自然電位	503～1,194.3m	Schlumberger 社
	FMI(Dip)-DSI-GR	地層方位傾斜、ダイポール音波	507～1,201.2m	
8-1/2"	HALS-MCFL-TLD-CNL-NGS-SP	比抵抗、マイクロ比抵抗、密度、中性子、スペクトルガンマ線、自然電位	1,201.8～1,591m	
	FMI(Dip & Image)-DSI-GR	地層方位傾斜、比抵抗イメージ、ダイポール音波	1,210～1,594m	
	UBI-GR	超音波イメージ	1,300～1,592.7m	
9-5/8" CSG	CBL-VDL-GR	セメントボンド評価	25～1,194.3m	Schlumberger 社

表 2-1 パイロット坑物理検層実績一覧

また、メイン坑においては、表 2-2 の通り物理検層を実施した。なお、8-1/2"坑は LWD により掘進中リアルタイムでデータを取得し、5-1/2"CSG についてはワイヤーライン検層によりツールスが自重で降下可能な深度までデータを取得した。

坑径	種目	測定項目	測定深度	備考
8-1/2"	arcVISION	比抵抗、ガンマ線	1209～2,249.25m	Schlumberger 社
5-1/2" CSG	RCBL-VDL-GR	セメントボンド評価	750～1,506.1m	GSC 社

表 2-2 メイン坑物理検層実績一覧

(3) 坑内諸調査実績 【図 2-4】

パイロット坑においては、全深度でマッドロギングおよびカッティングス調査を実施した。また、1,300m～TD にて微化石調査および地化学調査、1,338m～TD にて岩石鉱物調査の分析用サンプルを、各々採取した。

メイン坑においては、全深度でマッドロギングおよびカッティングス調査を実施した。また、1,350m～TD にて地化学調査、1,300m～TD にて岩石鉱物調査の分析用サンプルを、各々採取した。

(4) コア試料取得予実績

パイロット坑において 2 度のコア掘りを実施し、いずれも当初の計画通りの層準においてコアサンプルの採取に成功した。No.1 コア(1,467～1,476m)は、メイン坑のターゲットである XIV 層最上部にてコアサンプルの採取に成功した。また、No.2 コア(1,532～1,541m)は、フラクチャリング作業により計画上割れ目の及ぶ下限深度付近である、XIV 層下限直下から XV 層にかけての区間においてコアサンプルの採取に成功した。なお、いずれのコアサンプルも回収率は 100%であった。これらのコアサンプルより得られた試料を用い、各種分析作業を実施する事により、フラクチャリング計画の策定に資するデータが得られた。

(5) 目的層の評価

カッティング調査、マッドロギングにおける油・ガス徴(油臭および蛍光反応の確認、マッドガスの上昇)、および物理検層解析結果(主に密度・中性子検層のレスポンス)より、女川層 XIII 層～XV 層にかけて、岩相を問わず連続的に炭化水素が胚胎することが明らかとなった。なお、コアサンプルにおいても油徴(油臭および蛍光反応)が確認された。

(6) その他の地質状況

1) 帯水層およびシール岩の状況

17-1/2”坑セクションでは、浅部においてカッティング調査および物理検層結果より、地表付近で帯水層となりうる潟西+鮪川層が分布する区間を正確に把握した。また、セクション下部においては、カッティング調査より上部天徳寺層がシール岩になり得ることが示唆された。12-1/4”坑および 8-1/2”坑セクションでは、カッティング調査および物理検層結果より、上部天徳寺層および船川層が十分なシール能力を持つことが確認された。また、同様に下部天徳寺層が塩水層であることが確認された。

2) 逸泥の状況

掘進中パイロット坑で1回、メイン坑で2回の小規模な逸泥が発生した。また、5-1/2”ケーシングのセメンチング中にも逸泥が発生した【図 1-4】。これら逸泥の原因は、地層の強度が相対的に弱い部分において、泥水およびセメントスラリーの等価循環比重が地層の強度を上回ったため、地層を割って流体が逸失したものと解釈される。なお、地層強度が弱い部分が存在した理由としては、地層の変形が集中した部分があったと考えられ、このような部分が形成された原因の一つとして断層の存在も指摘される。しかし、前述の通り地層の欠如や繰り返し等の事象は明確には認められず、断層は仮に存在したとしても殆ど落差を伴わないごく小規模なものと考えられる【図 2-5】。

図面	図 1-1	福米沢 SK-26D/DH 掘削工程予実績
	図 1-2	福米沢 SK-26D/DH 最終坑内図
	図 1-3	福米沢 SK-26D/DH 傾斜掘り実績(平面図) *一部非公開
	図 1-4	福米沢 SK-26D/DH 傾斜掘り実績(断面図)
	図 1-5	9-5/8”ケーシング セメンチング CBL 測定結果
	図 1-6	5-1/2”ケーシングセメンチング RCBL 測定結果
	図 1-7	リークオフテスト結果
	図 2-1	層序予実績
	図 2-2	坑跡に沿った断面図 *非公開
	図 2-3	物理検層実績
	図 2-4	坑内諸調査実績
	図 2-5	地層対比図(女川層) *一部非公開

以上

本書の内容につきまして、事前の了承なく使用・複製・転載等を行わないようお願いします。

石油資源開発株式会社

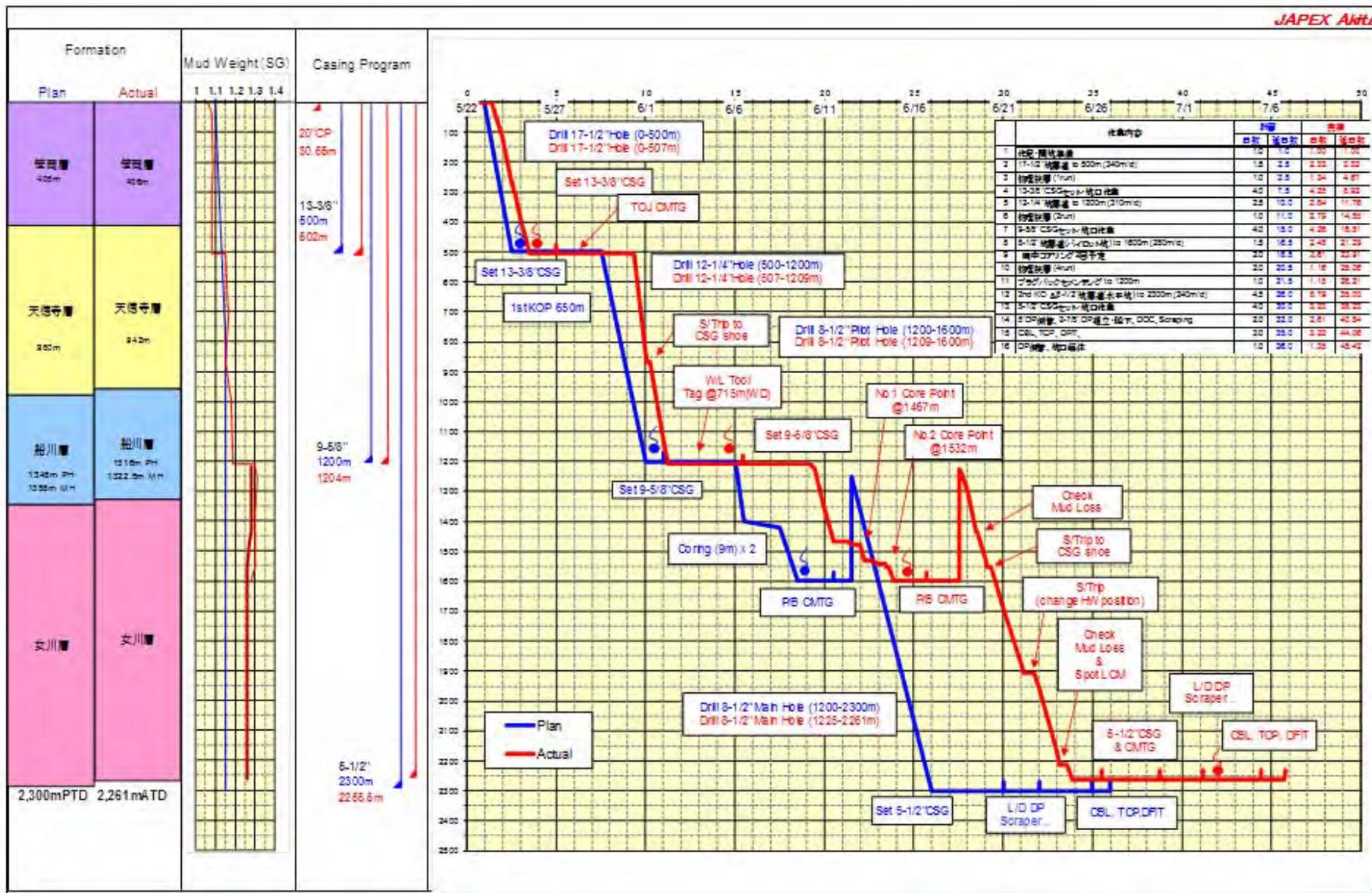
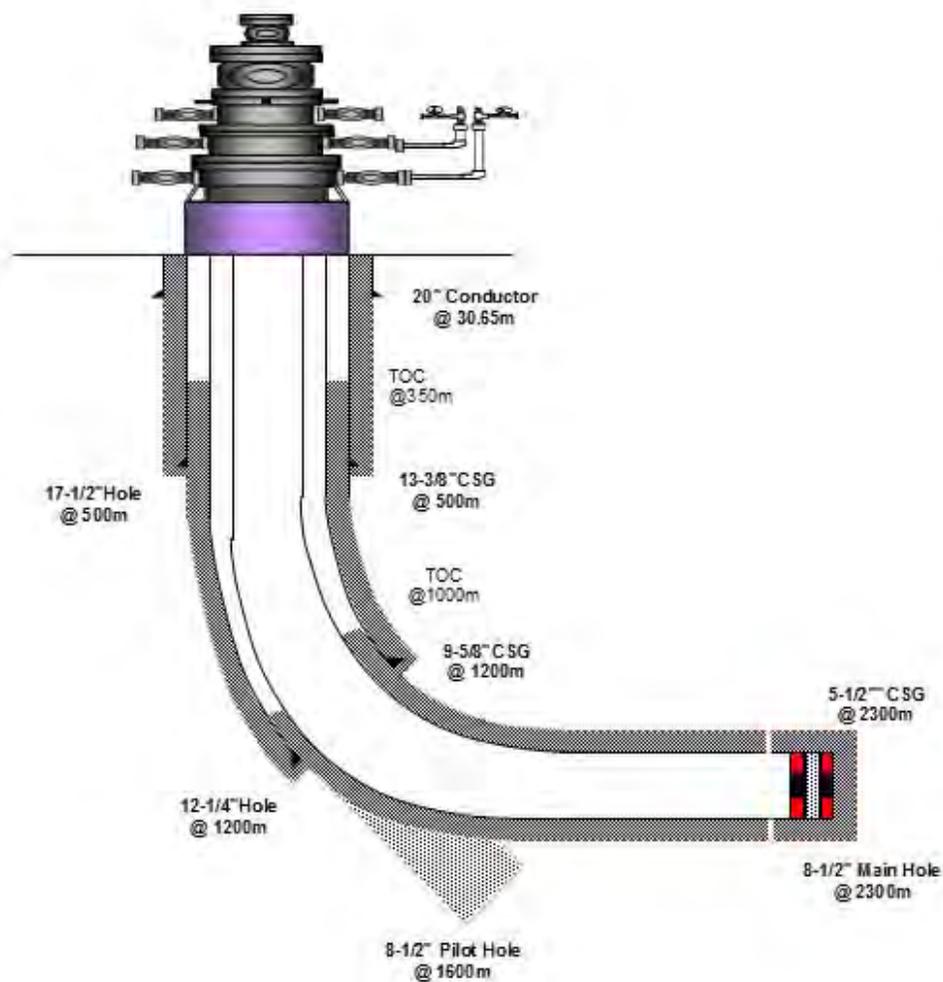


図1-1 福米沢SK-26D/26DH 掘削工程予実績

計画



実績

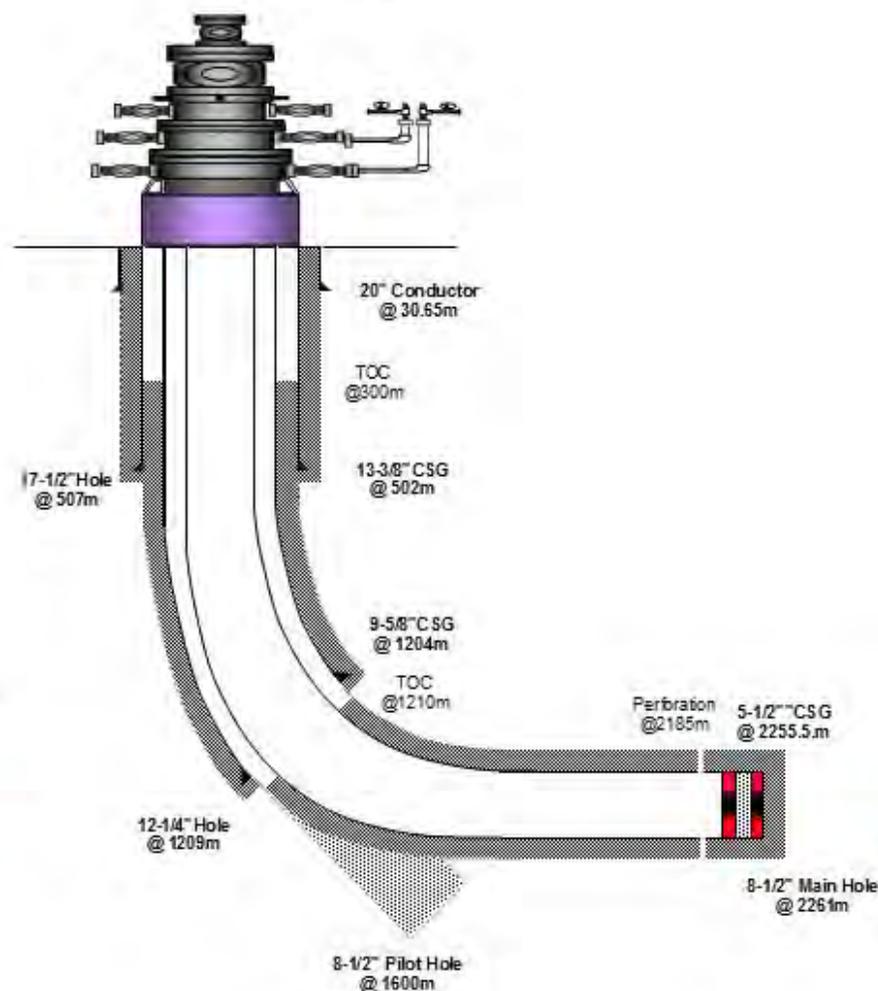


図1-2 福米沢SK-26D/26DH最終坑内図

(公)

- 計画坑跡
- パイロット坑実績
- メイン坑実績

注)ここに記載された図面については油田埋蔵量評価に関わる情報を含んでいたため、一部を非公開としました。



図1-3 福米沢SK-26D/26DH 傾斜掘り実績(平面図)

(公)

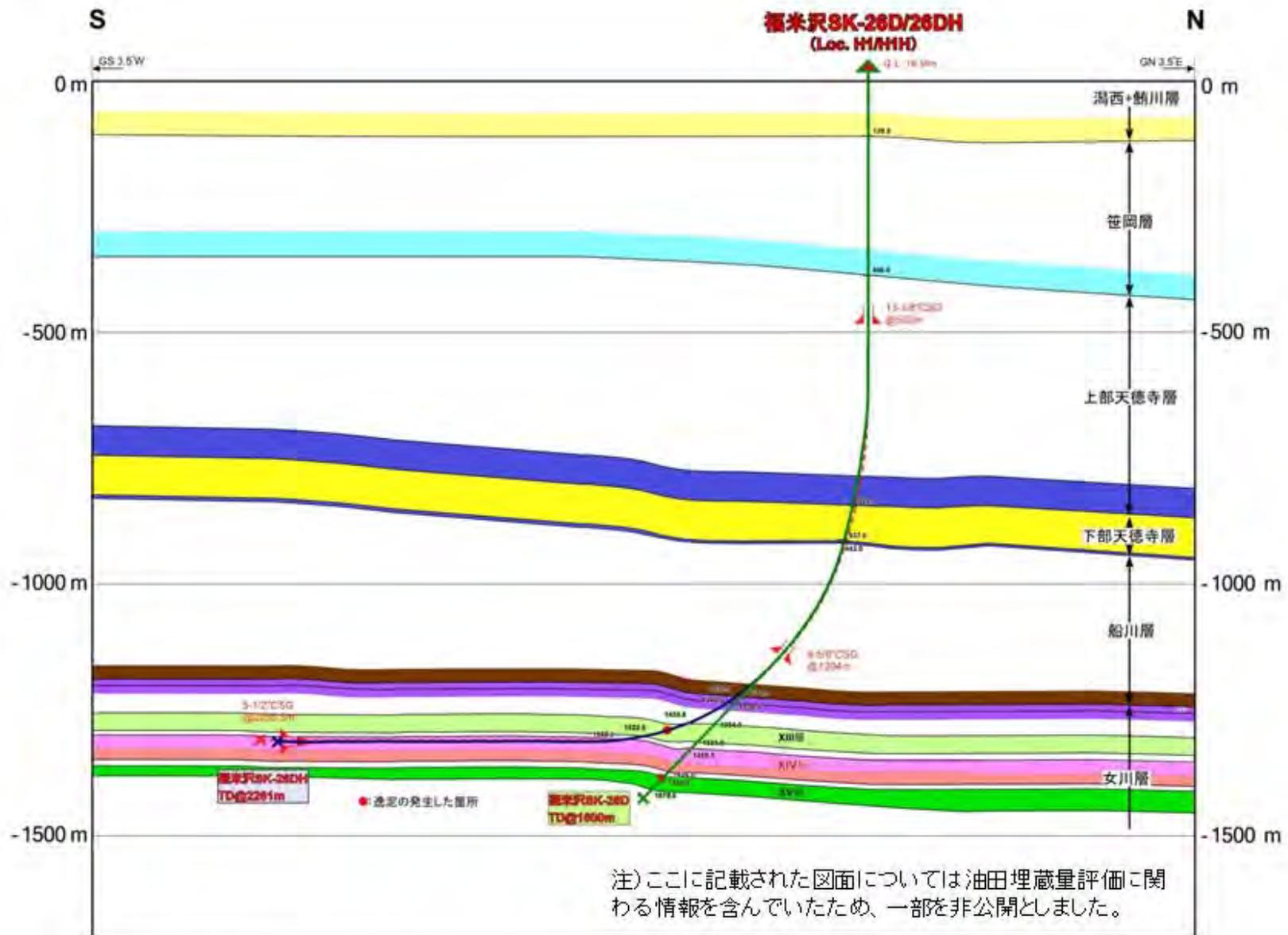


図1-4 福米沢SK-26D/26DH 傾斜掘り実績(断面図)

(公)

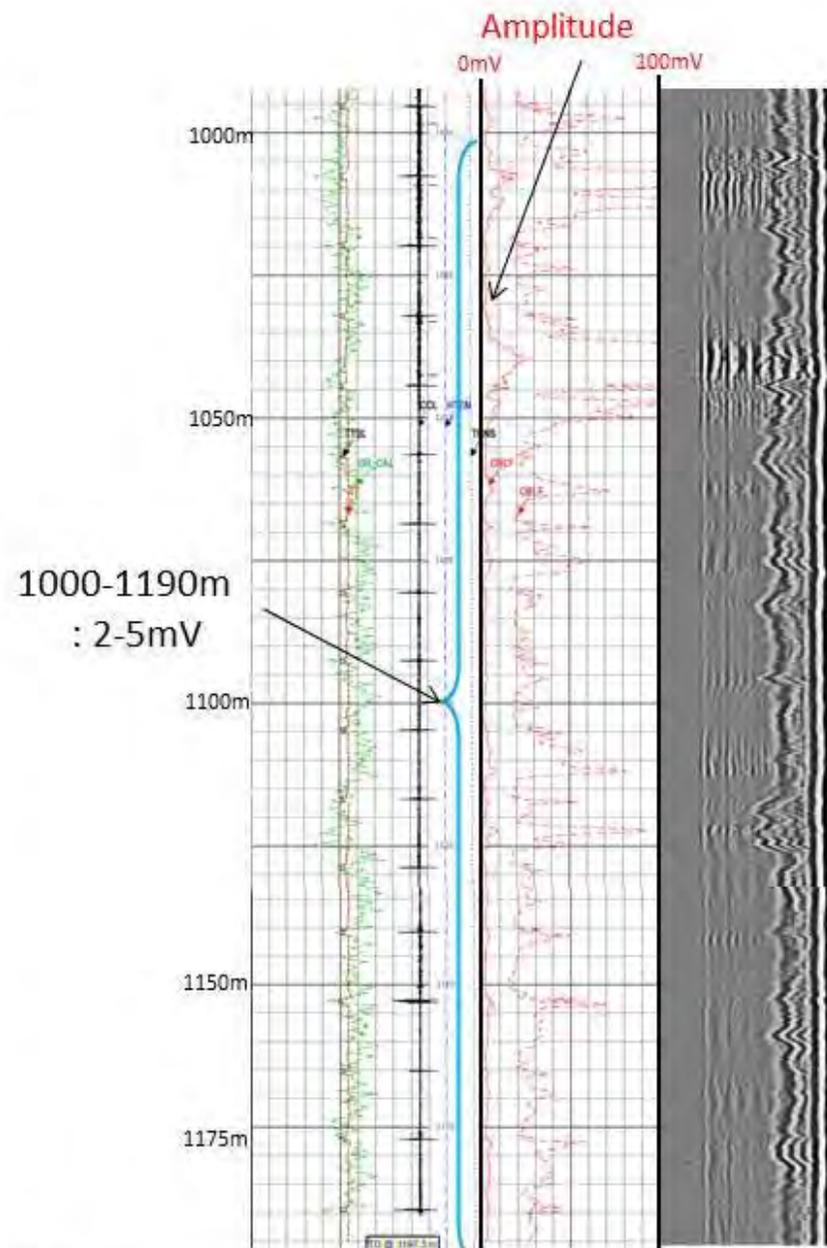
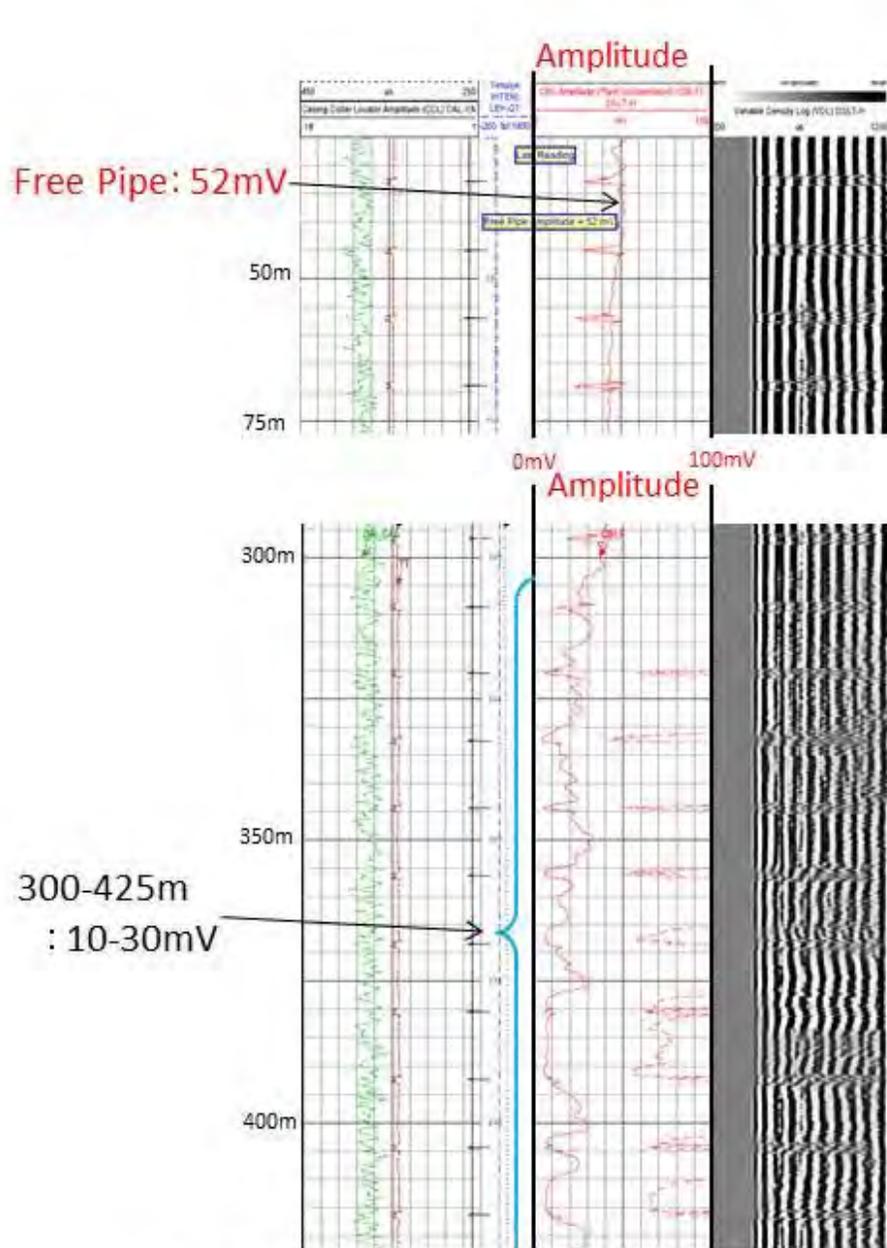


図1-5 9-5/8"ケーシング セメンチングCBL測定結果 (公)

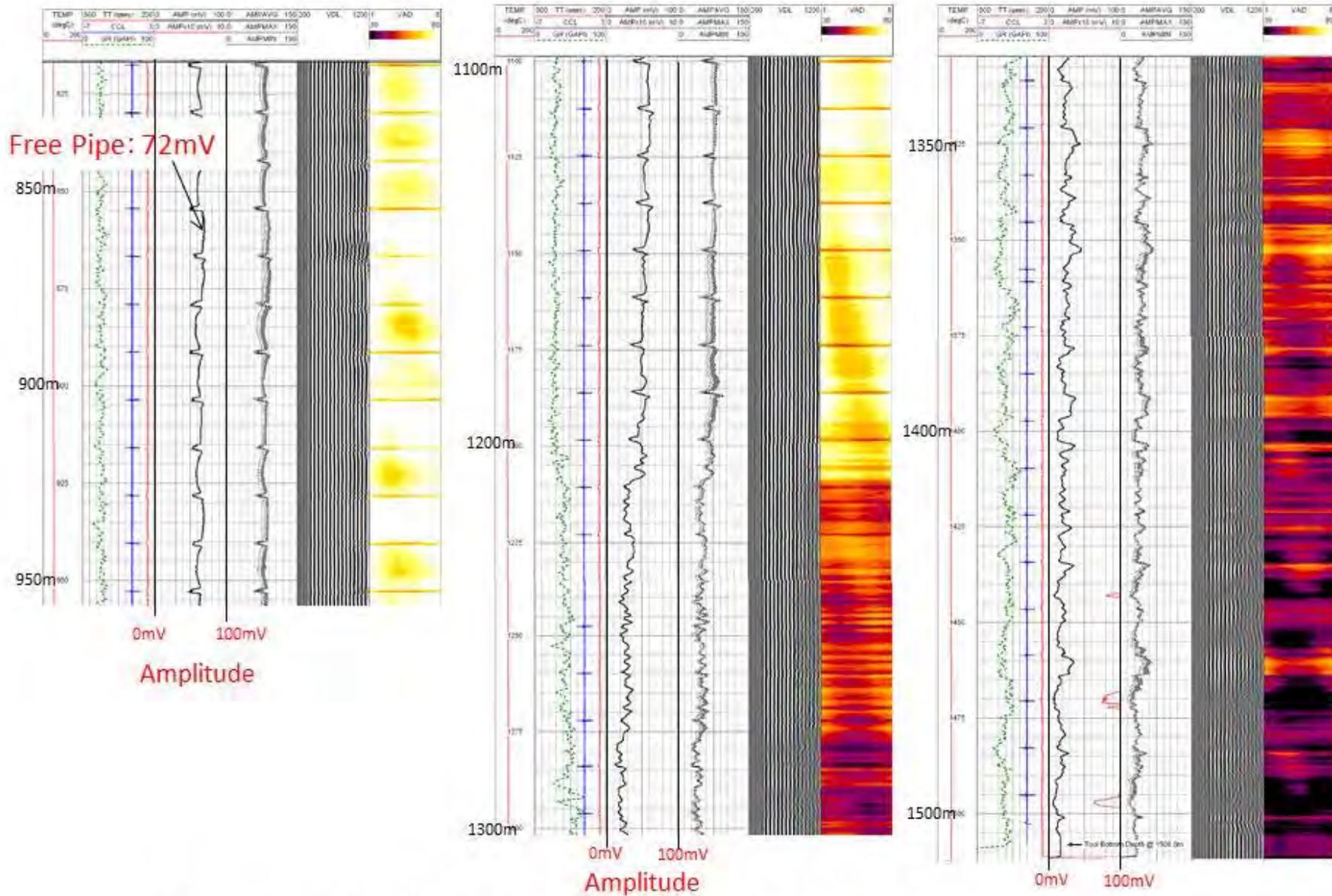
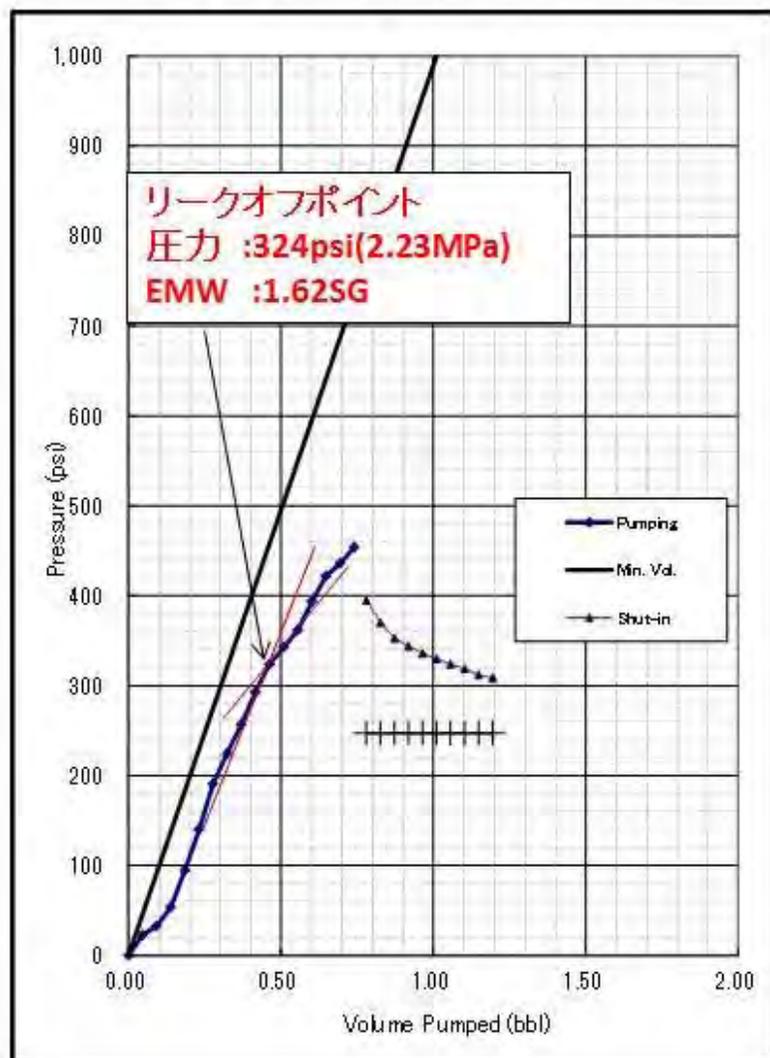


図1-6 5-1/2"ケーシングセメンチングRCBL測定結果 (公)

13-3/8"ケーシングセット後



9-5/8"ケーシングセット後

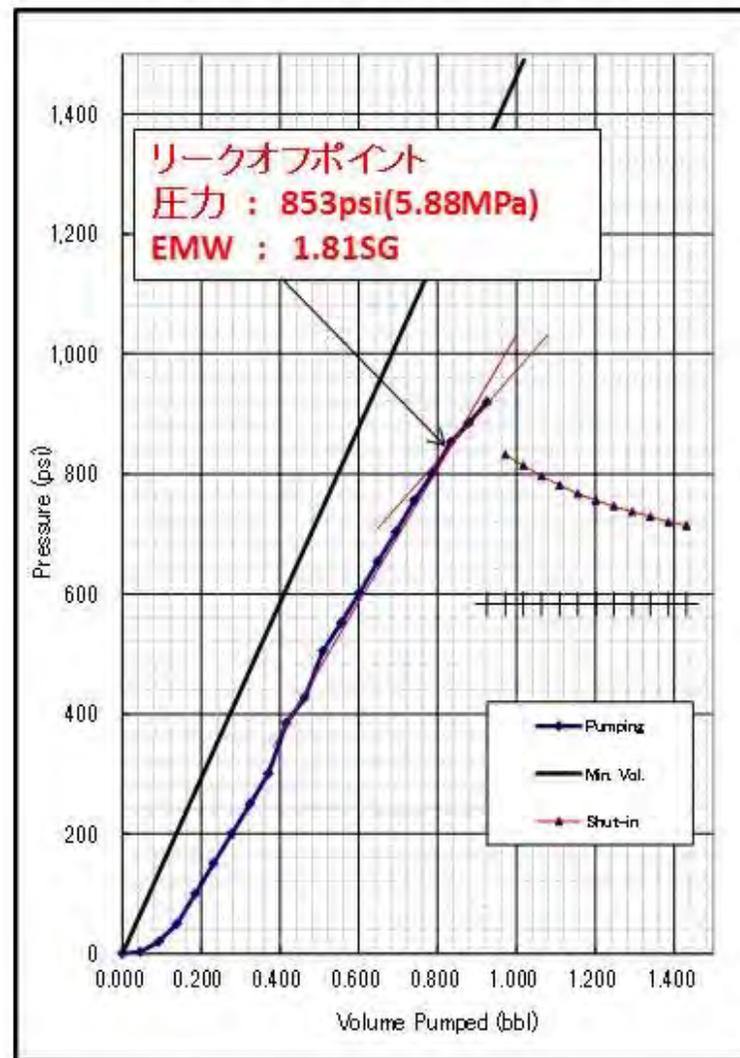


図1-7 リークオフテスト結果

ここに記載された「図2-2 坑跡に沿った断面図」については油田埋蔵量評価に関わる情報を含んでいたため、非公開としました。

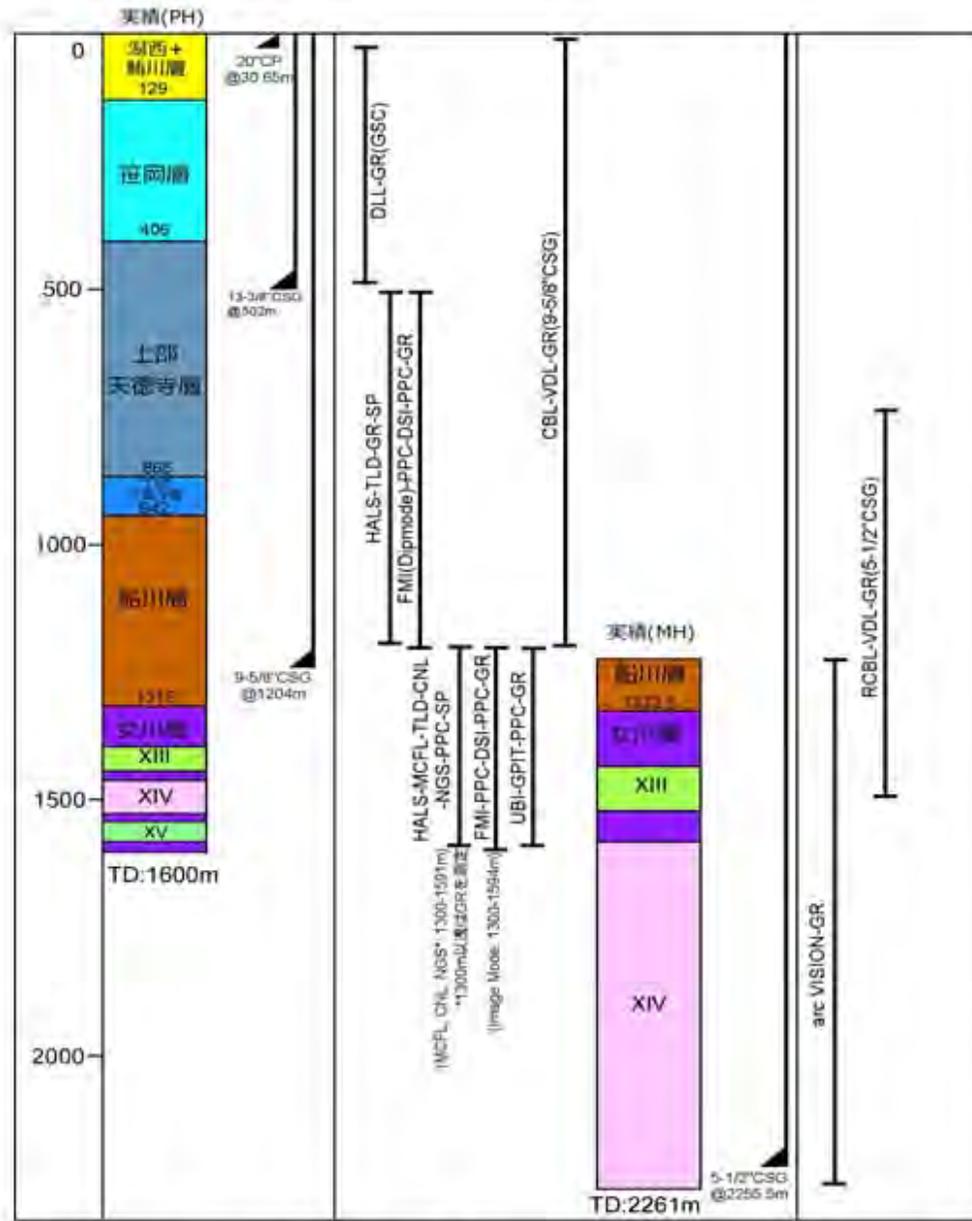


図2-3 物理検層実績

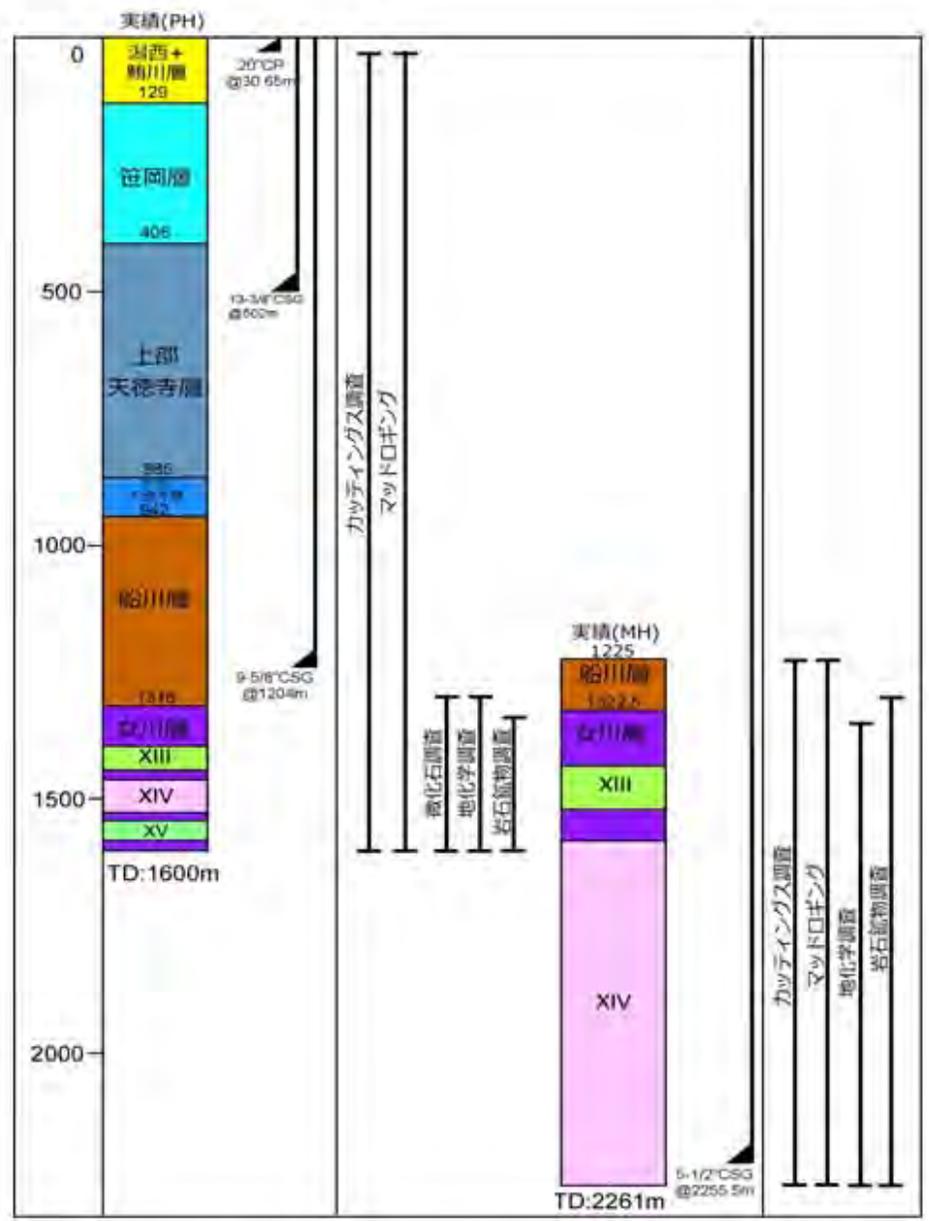
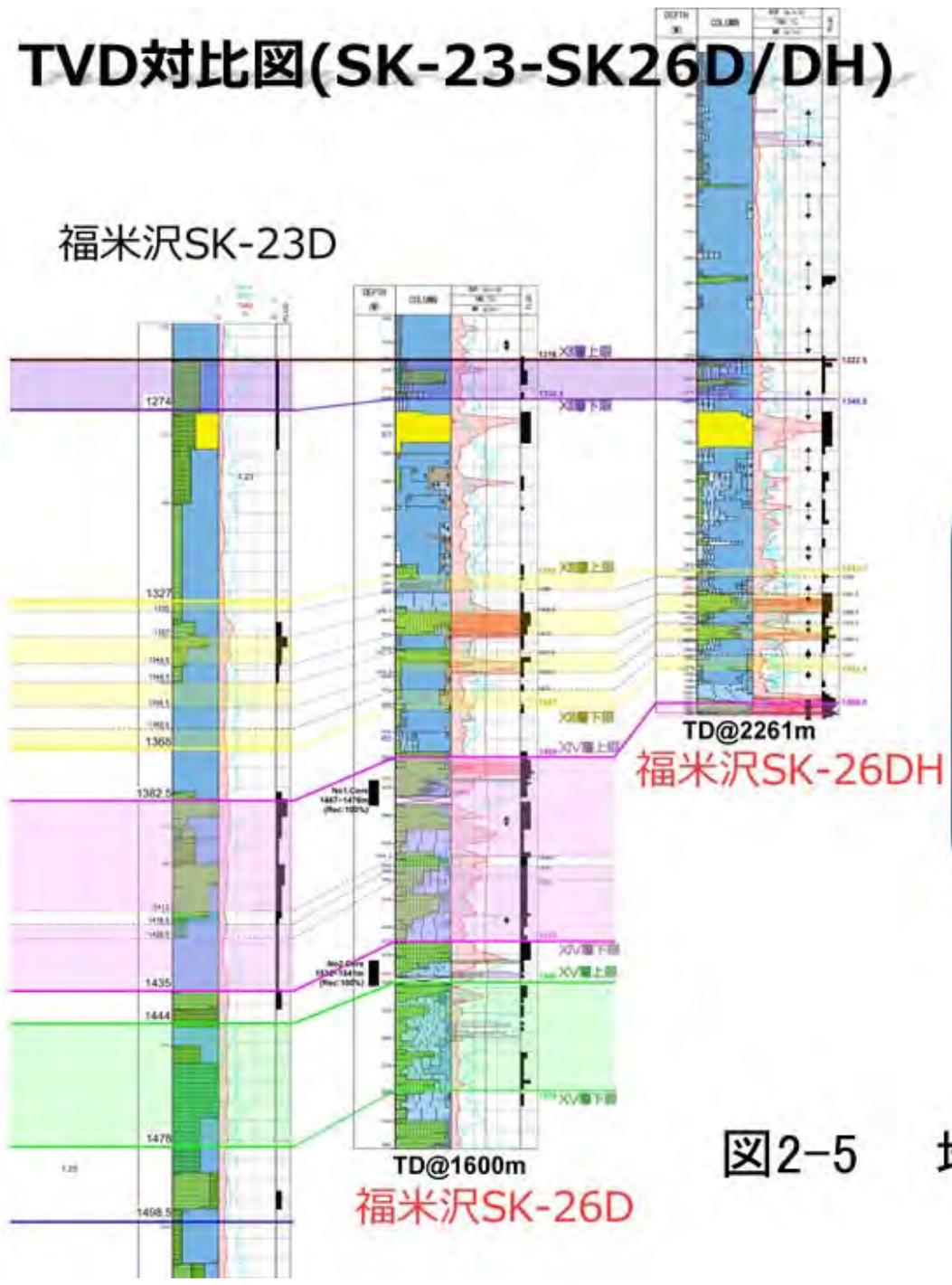


図2-4 坑内諸調査実績

TVD対比図(SK-23-SK26D/DH)



- ◆ 主に近隣坑井福米沢SK-23Dと対比を行った
- ◆ マーカーの対比は非常に良好
→地層の欠如／繰り返し等は認定されず

注)ここに記載された図面については油田埋蔵量評価に関わる情報を含んでいたため、一部を非公開としました。

図2-5 地層対比図(女川層)



福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う 圧入テスト(DFIT)結果

平成 26 年 9 月

石油資源開発株式会社
国内事業本部 秋田鉱業所

1. 作業内容

フラクチャリング作業の仕様を決定するためのデータ取得を目的として、圧入テストを実施した。水平井先端部の深度 2,185 mMD に、TCP(Tubing Conveyed Perforation)により穿孔を行い、同区間を対象として、ステップレートテストおよびフォールオフ圧力計測(DFIT: Diagnostic Fracture Injection Test)を実施した。

2. 対象区間・圧入流体

- 1) 対象層: 女川層 XIV 層
- 2) 深度: 2,185 mMD、垂直深度: 1,332.6 mVD
- 3) 穿孔区間: 0.3 m(6 shot、位相 60 度)
- 4) 圧入流体: NaCl ブライン、比重 1.15 sg

3. 圧入テスト結果

各種のデータ取得のため、3 回の圧入テストを実施した。

- 1) ステップアップテスト (図 1: ステップアップレートテスト参照)
段階的に圧入流量を上昇させ、圧入性の変化からフラクチャー圧力を評価した。第 2 ステップにおいては顕著なブレイクダウン(圧力低下)が見られ、その後各ステップにおいては小さなブレイクダウンはあるものの圧入圧力は安定している。この時の圧力をフラクチャー伸展圧力とみなすことが出来る。最小主応力の目安となる ISIP (Instantaneous Shut In Pressure) は近隣坑井で確認されていたものと比べて若干低めの値であった。
- 2) ステップダウンテスト(図 2: ステップダウンレートテスト参照)
フラクチャー圧力以上となる圧入流量で、段階的に圧入流量を低下させ、坑口から穿孔部近傍の地層までの流路の圧力損失を計測した。圧入流量段階的に低下させた時、高流量時に圧入流量を低下した時の坑口圧力の低下幅が低流量時のそれよりも大きく、従って本圧入テストでは坑井近傍の流路による圧損よりも、穿孔部における圧損の方が支配的であることが確認された。
- 3) DFIT(Diagnostic Fracture Injection Test) (図 3: DFIT 参照)
フラクチャー圧力以上となる圧入流量で、一定流量の圧入を行った後、圧入停止後の圧力低下(フォールオフ)傾向から、貯留層性状(浸透率、貯留層圧)の評価を行った。本テストにより、対象層が近隣坑井で確認している貯留層性状と比較して、若干高めの評価値であることが分かった。

添付図面

図 1: ステップアップレートテスト *一部非公開

図 2: ステップダウンレートテスト *一部非公開

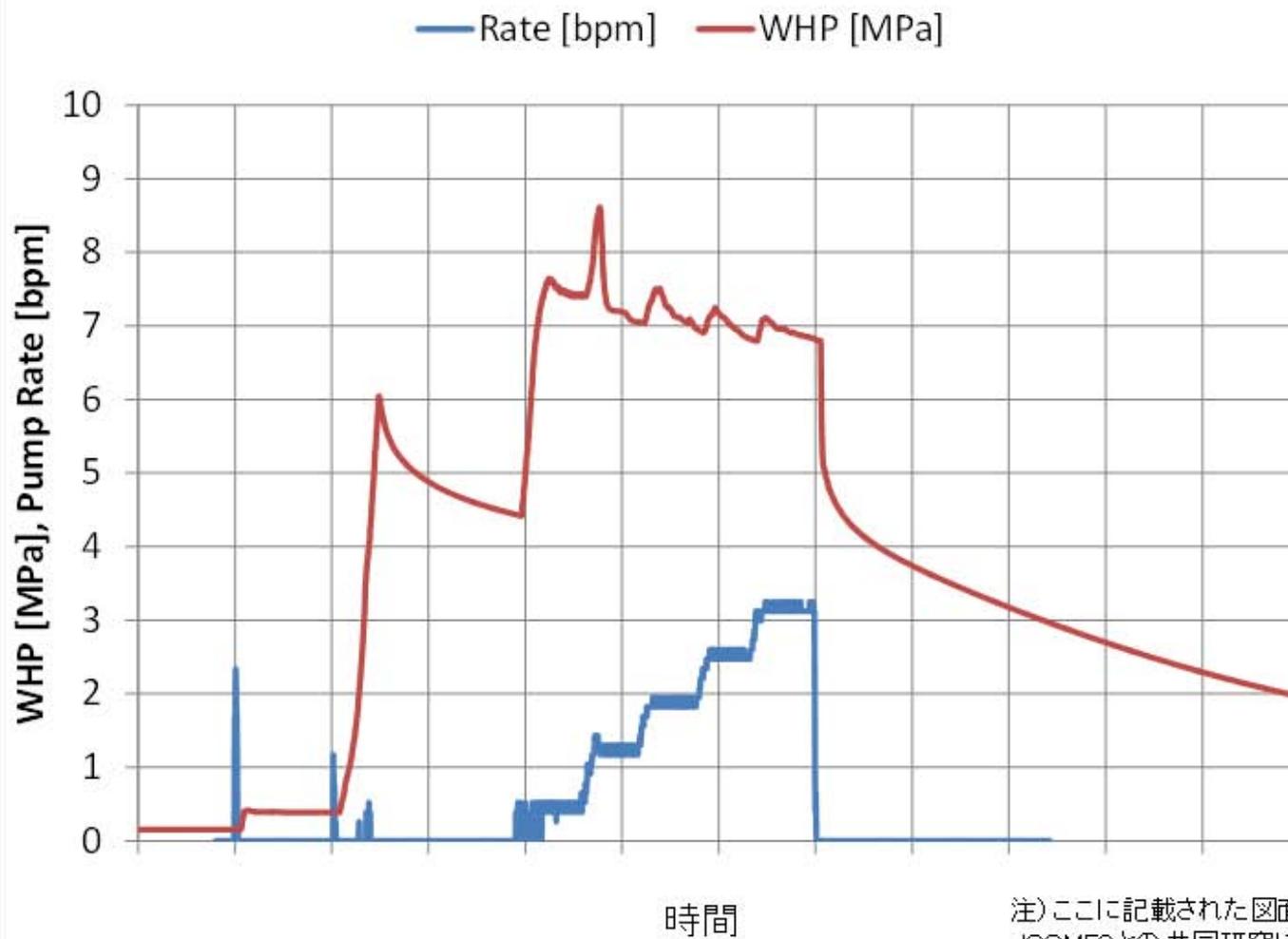
図 3: DFIT(Diagnostic Fracture Injection Test) *一部非公開

注) 本文については JOGMEC との共同研究に関わる未公表の情報を含んでいたため、一部を非公開としました。

以上

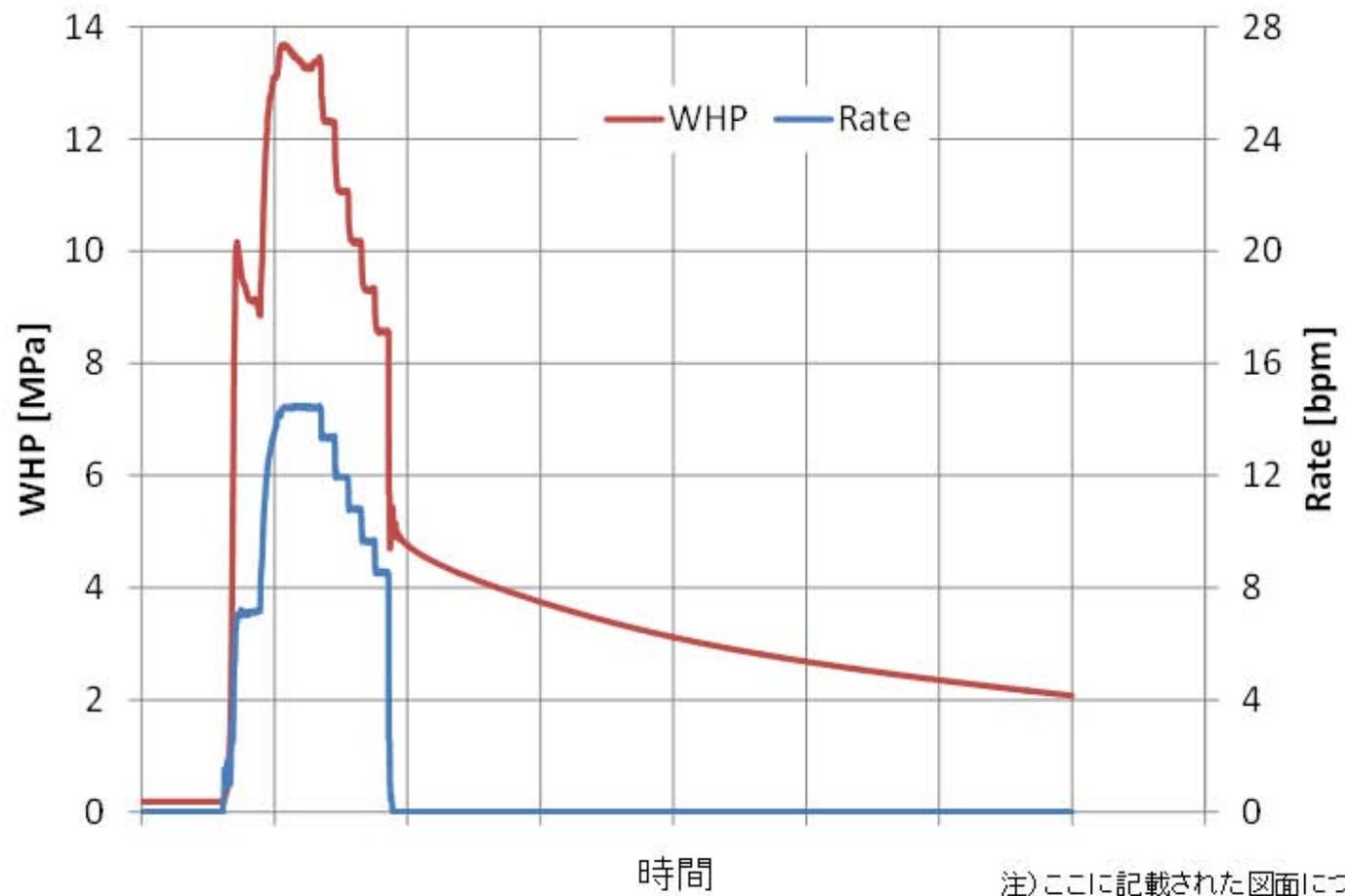
本書の内容につきまして、事前の了承なく使用・複製・転載等を行わないようお願いします。

石油資源開発株式会社



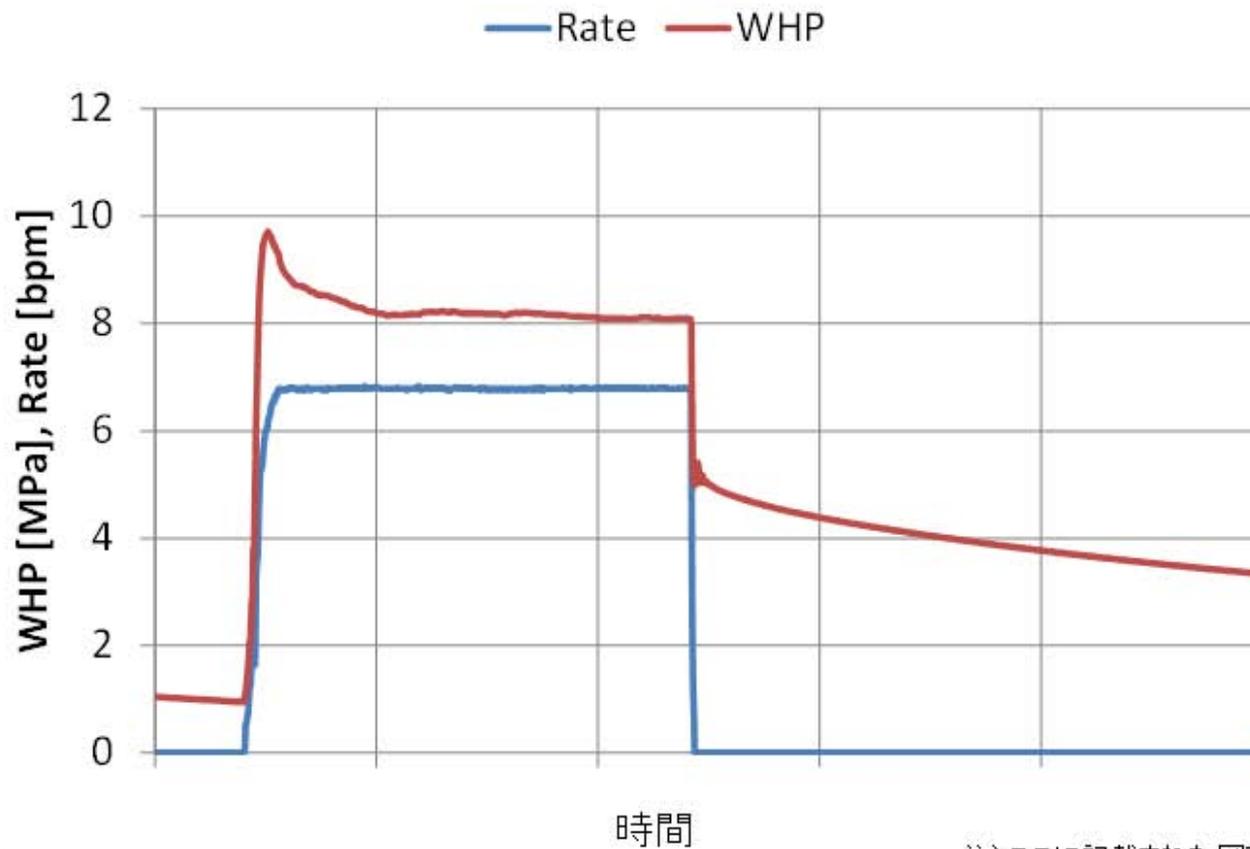
注)ここに記載された図面については
JOGMECとの共同研究に関わる未公表の
情報を含んでいたため、一部を非公開とし
ました。

図1 ステップアップレートテスト



注)ここに記載された図面については JOGMECとの共同研究に関わる未公表の情報を含んでいたため、一部を非公開としました。

図2 ステップダウンレートテスト



注)ここに記載された図面については
JOGMECとの共同研究に関わる未公表の
情報を含んでいたため、一部を非公開とし
ました。

図3 DFIT (Diagnostic Fracture Injection Test)



福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う DFIT 時 AE モニタリング作業結果

平成 26 年 9 月

石油資源開発株式会社
技術本部 技術研究所
国内事業本部 秋田鉱業所

1. DFIT 時 AE モニタリングの目的

DFIT はフラクチャリングに先立って、地殻応力、地層圧力、地層の浸透率などの情報を取得するために、フラクチャリング坑井の先端部分に少量の流体を圧入し、地層に小さな割れ目を形成する作業である。この際に発生する AE あるいはパーフォレーション作業(火薬による穿孔作業)時の信号を記録し、システムの AE 検出能力や震源位置決定精度などを確認する。

2. AE モニタリングシステム

(1) センサ仕様

- 1) 型式: OYO Geospace 社製 DSR-150
- 2) ツール径: 40.64mm (安定化金具の張り出し部分の外形は 48mm、4.7lb TBG の内径以下。)
- 3) 耐熱: 150 °C
- 4) 耐圧: 20,000 psi
- 5) センサタイプ: 3 成分ジオフォンセンサ × 4 レベル(レベル間隔 100m)
- 6) データ転送: 光ファイバー、デジタル転送

(2) データ収録システム

- 1) チャネル数: 3 成分 × 4 レベル
- 2) サンプリングレート: 4kHz 以上
- 3) ダイナミックレンジ: 119dB
- 4) タイミング精度: GPS 時刻(1PPM 以上)
- 5) 記録フォーマット: SEG-D 形式(適宜 JGWIN に変換)

3. 作業内容と結果

作業工程を表 1 に示す。主な作業内容と結果は以下の通り。

(1) AE センサの設置、システムセットアップ

4 レベルの AE センサを福米沢 SK-23D 井の深度 988m、1088m、1188m、1288m に設置した。坑井器および DFIT 実施井との位置関係は図 1 に示すとおりである。設置完了後、坑口のワイヤーライン BOP を閉じ、窒素カードルによって 2.0MPa まで加圧し、AE センサ直下にセットした抑圧用プラグに負荷がかからないよう対処した。計測期間は以下のとおりである。

- ・計測開始: 2014/07/1 16:30
- ・計測終了: 2014/07/5 8:30

(2) 地表発振によるツール方位キャリブレーション

油圧インパクト震源を用いて地表から振動を発生させ、その信号を AE ツールで記録し方位の較正を行った。起振地点は図 1 に示す福米沢掘削作業場と福米沢集油の 2 か所である。十分な S/N を得るためにそれぞれ 60 回、136 回起振し、信号をスタッキングした。スタック波形の初動部分には十分な直線性があり、信号入射方位を求めることができ、それに基づいてセンサの回転角を計算した(図 2)。

(3) バックグラウンドノイズ計測

AE センサ設置完了から DFIT 開始までの 2.5 日間、バックグラウンドノイズを計測し、その特徴を把握した。特徴は以下の通り。

- ・日中は近隣の工事による影響で、ノイズレベルが夜間と比較して約4倍になっている。平日の朝8時以降ノイズレベルが上昇し、18時以降は減少する。また、12時から13時は一時的に低下する(図3、4参照)。
- ・計測システム用発電機の稼働によるノイズへの影響はほとんど認められない。
- ・時々スパイク状のノイズが混入する。4レベルのセンサへの入射時刻のタイミングから、スパイクノイズは管内を伝わるチューブ波で観測井の底部から発生しているものと推定される。

(4) AE イベント検出能力

図5は、観測点から震源までの距離 $R=500\text{m}$ (AE計測ツール設置深度からフラクチャリング対象までの距離)で観測されるモーメントマグニチュード $M_w-5.0\sim 1.0$ のAEイベントの変位スペクトルを計算した結果を表したものである。地層での減衰を表す Q 値をやや小さめの数値(200)として、その他のパラメータを福米沢地域での実測値とした。同図には最下段観測点(Station1)で観測されたバックグラウンドノイズの変位スペクトルをあわせてプロットしてある。モデルにより計算されたスペクトルと計測されたノイズスペクトルを比較すると、日中は $M_w > -2.0$ 、夜間は $M_w > -2.3$ が検出限界と推定される。

(5) パーフォレーション信号の検証

DFITに先立ち、ケーシングに穿孔するためのパーフォレーション作業が行われた。この作業は総薬量150gの火薬を用いて行うもので、穿孔の瞬間に弾性波が放射されることからこの信号を検出・解析することでAEモニタリングシステムの作動状況を確認することができる。

図6はAEセンサが記録したパーフォレーション波形である。レベルごとにX,Y,Zの3成分を表示している。P波とS波の到来を明瞭に読み取ることができる。この記録から最小二乗法によって震源位置を求めた結果を図7に示す。震源位置決定結果は深度方向に対して、水平方向の誤差が比較的大きくなっている。これは、今回のAEセンサ配置に特有の誤差楕円(精度分布)の影響を受けているためである。実際のフラクチャリング時にはもう一本の観測井が加わるため、誤差楕円の形状が改善され精度はさらに向上するはずである。

(6) DFIT 作業期間の AE 活動

DFIT作業は、ステップレート圧入テスト、ステップダウン圧入テスト、そしてDFITから構成された。これらの実施期間および終了後24時間の間に、圧入作業に関連すると思われるAEイベントは計測されなかった。図8にはトリガーにかかったイベントの発生頻度を示しているが、いずれもP-S時間差が3秒以上(震源距離5km以上)の遠い微小地震である。これらのイベントはDFIT作業を行う以前から発生しているもので、DFIT作業に起因するものとは考えられない。推定マグニチュード-1未満の微小なものであるが、一部はHi-net男鹿観測点でも記録されている。

4. 考察

(1) AE モニタリングシステムのパフォーマンスについて

AEセンサの設置から計測、解析にいたる一連の作業において、フラクチャリング時のAEモニタリングを遂行する上で障害となるような問題点は抽出されなかった。AEツールの方位はインパクトによる地表発振でキャリブレーションできることを確認した。

(2) バックグラウンドノイズについて

平日の8時から18時のバックグラウンドノイズは夜間の4倍程度に増大するため、これに伴って

AE 検出限界も低下することがわかった。これは近隣の圃場整備工事による影響である。AE 検出限界は日中が $M_w > -2.0$ 、夜間は $M_w > -2.3$ と推定された。

(3) DFIT 作業中に AE が観測されなかったことについて

DFIT では低粘性ブラインを使用しているため、より AE が発生しにくい条件となっている。実際、北米での作業を調査してみると、DFIT 時に AE モニタリングを実施する事例はほとんどない。また、15bpm 以下の低レート圧入では AE イベントが発生しない事例が大半を占めていることがわかった。

以上のことから、今回のような低レートでしかもブラインを用いて行う DFIT では AE が発生しないケースはよくあり、より高レートで高粘性ゲル流体を用いる本番のフラクチャリングでは発生するものと期待される。

表 1 DFIT 作業時 AE モニタリング工程表(実績)

- 図 1 AE センサの設置位置、インパクター発振位置、パーフォレーション発振位置図
- 図 2 地表発振(油圧インパクター)によるツール方位キャリブレーション
- 図 3 計測期間中の周波数スペクトル(バックグラウンドノイズ)
- 図 4 工事ノイズの影響(1 時間プロット表示)
- 図 5 AE 信号検出能力
- 図 6 パーフォレーション波形と入射方向
- 図 7 パーフォレーション信号の震源位置解析結果
- 図 8 モニタリング期間中に計測されたイベント
- 図 9 北米におけるフラクチャリング時の AE 発生数 *非公開

注)本文については会社間の守秘義務に関わる情報を含んでいたため、一部を非公開としました。

以上

本書の内容につきまして、事前の了承なく使用・複製・転載等を行わないようお願いします。
石油資源開発株式会社

No.	AE計測作業項目	7/1		7/2		7/3		7/4		7/5		7/6	
		8	16	8	16	8	16	8	16	8	16	8	16
8	坑口取付・AE計測ツール設置	●	●										
9	バックグラウンド計測		●	●	●	●							
10	キャリブレーション地表発振			●	●								
11	AE計測(TCP、DFIT作業時)					●	●	●	●	●			
12	ツール回収									●	●		
13	AE計測資機材搬出											●	●

表1 DFIT作業時AEモニタリング工程表(実績)

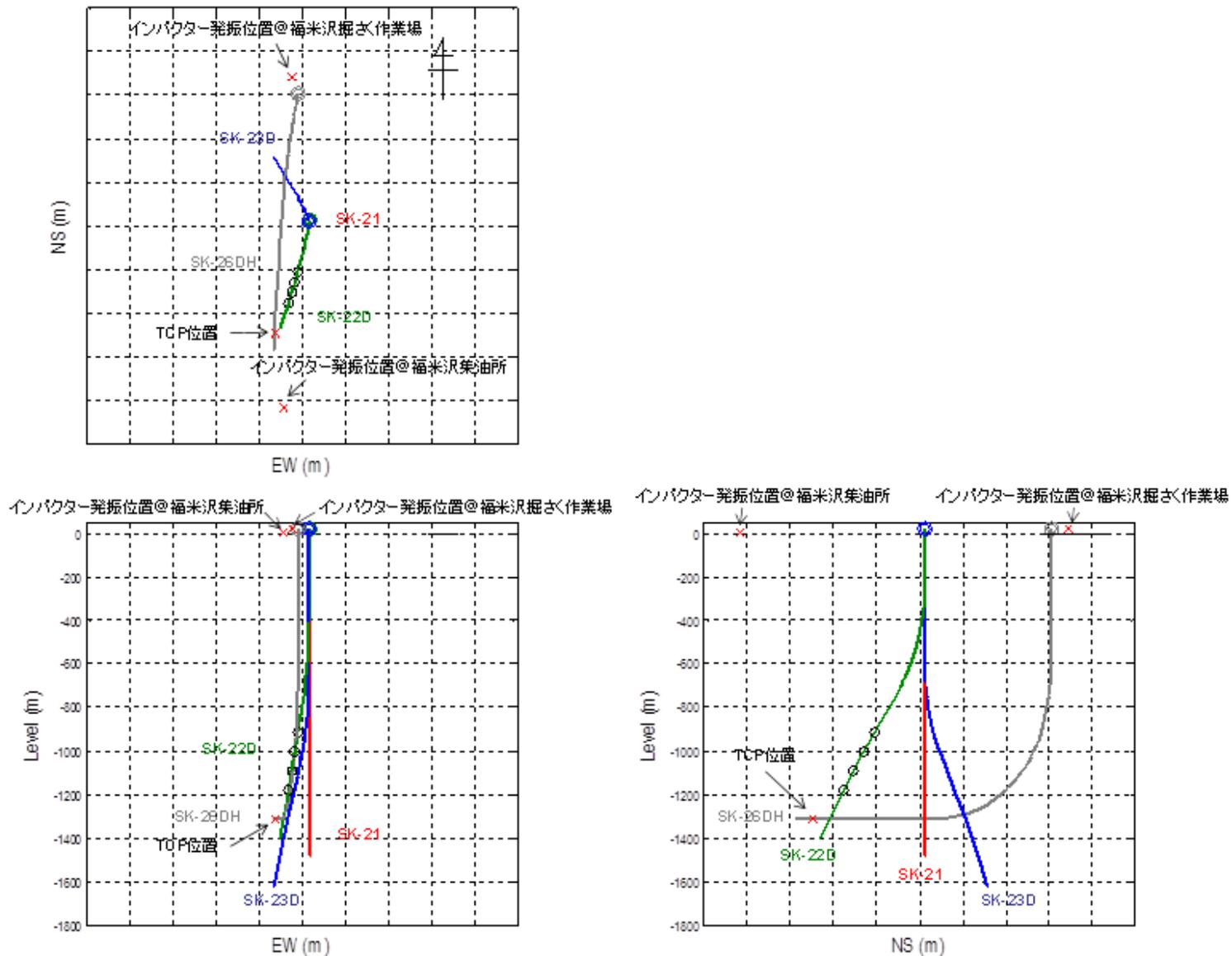
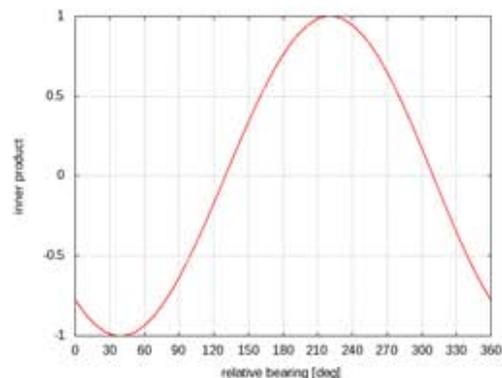


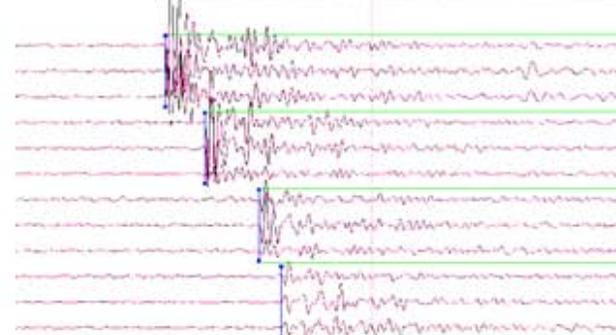
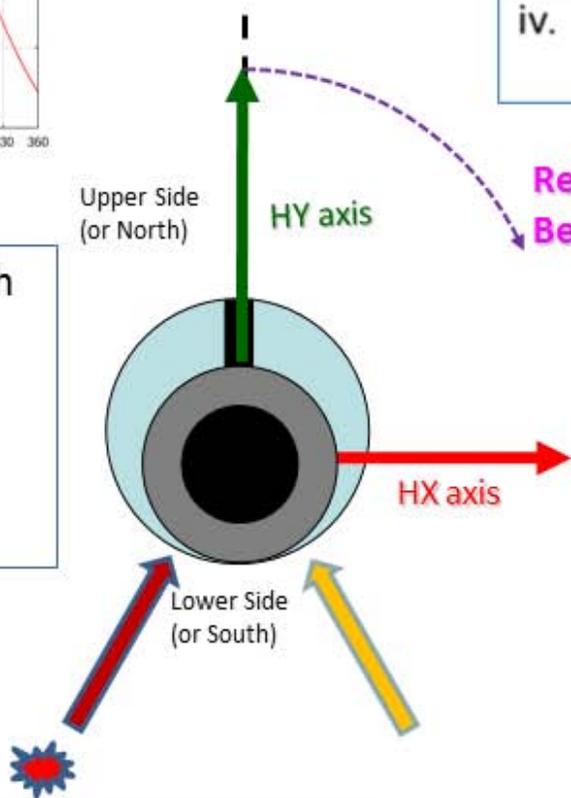
図1 AEセンサの設置位置、インパクト発振位置、パーフォレーション発振位置図



Calculating inner product of observed and true vector

iv. **Relative bearing ψ** is defined by this rotation angle

iii. Rotating tools such that the observed direction corresponds to the true signal arrival direction.



ii. True signal arrival direction derived from shot position

i. Observed signal arrival direction with use of shot data (perforation shot, onshore shot, etc...)

図2 地表発振(油圧インパクト)による
ツール方位キャリブレーション

SK-22D Station-1 V Noise Spectrum (2014/07/01 13:00 - 2014/07/05 07:59)

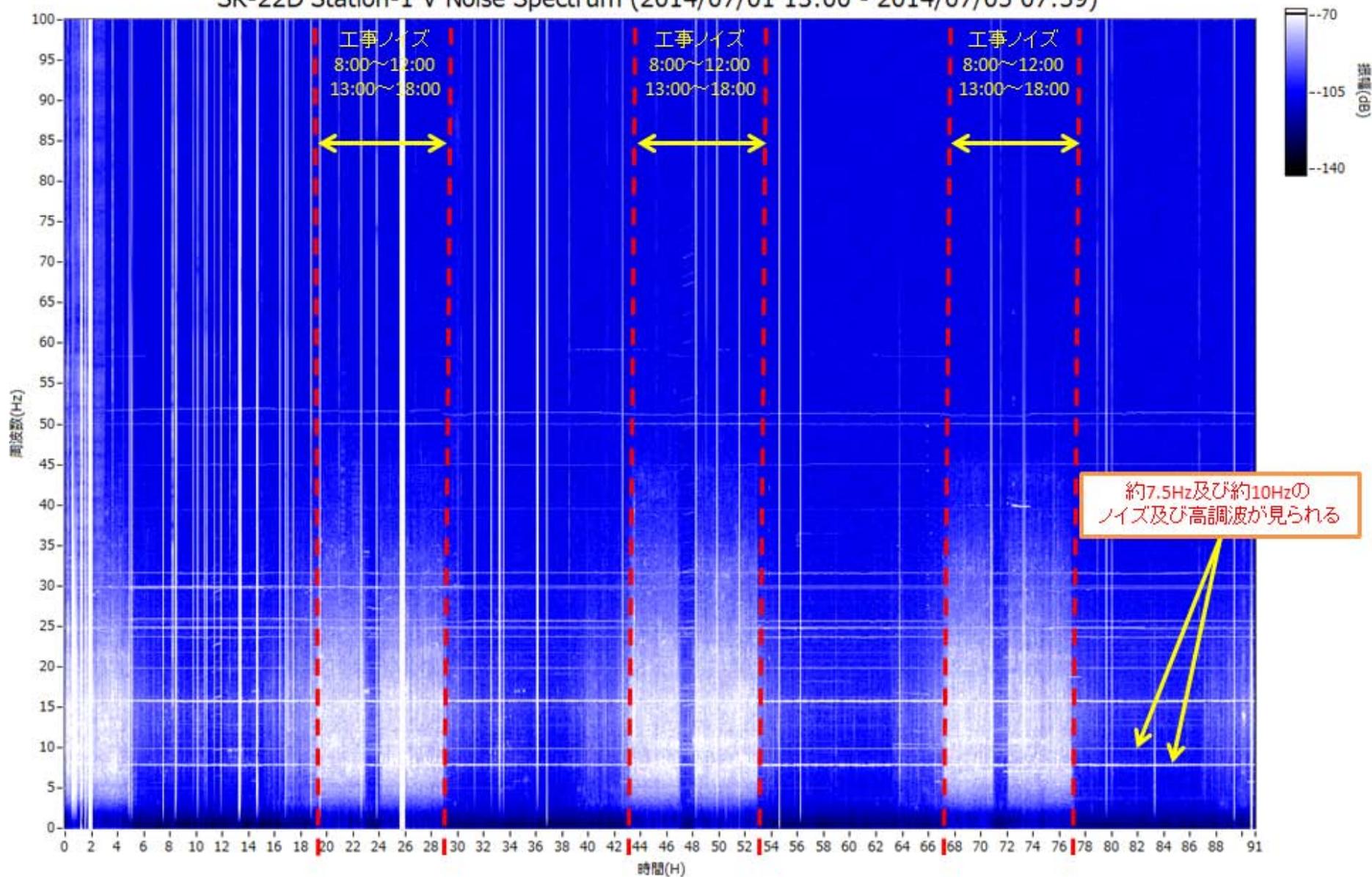


図3 計測期間中の周波数スペクトル(バックグラウンドノイズ) (△)

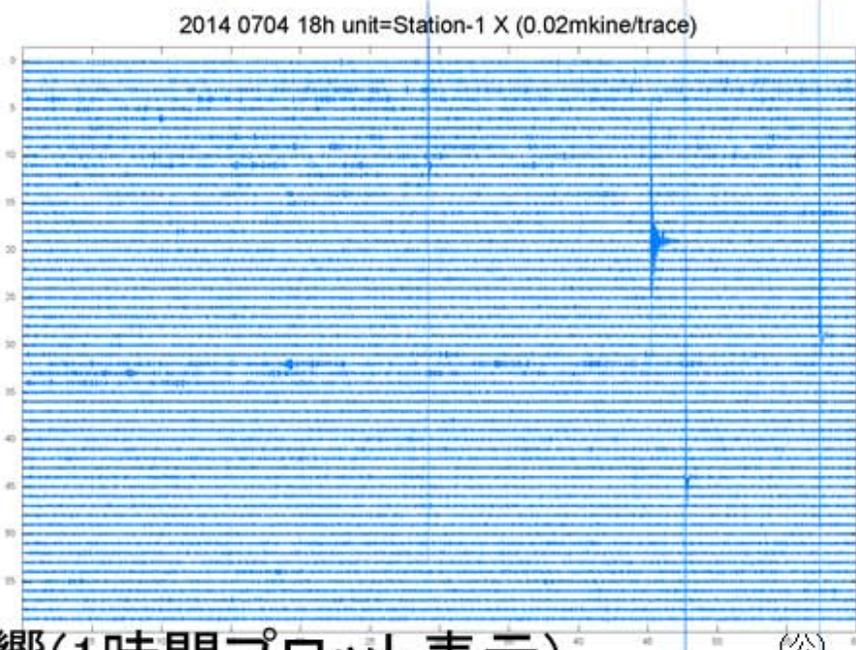
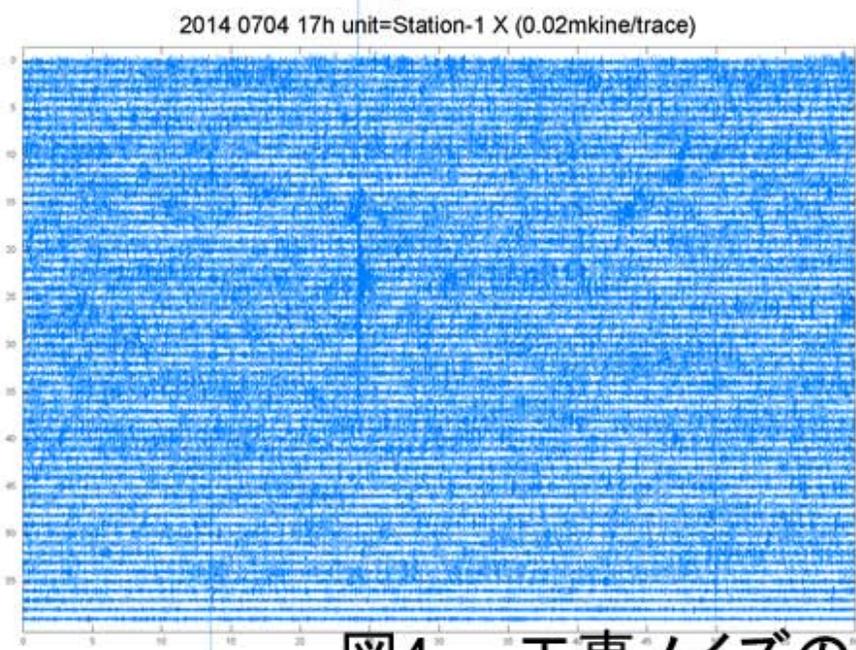
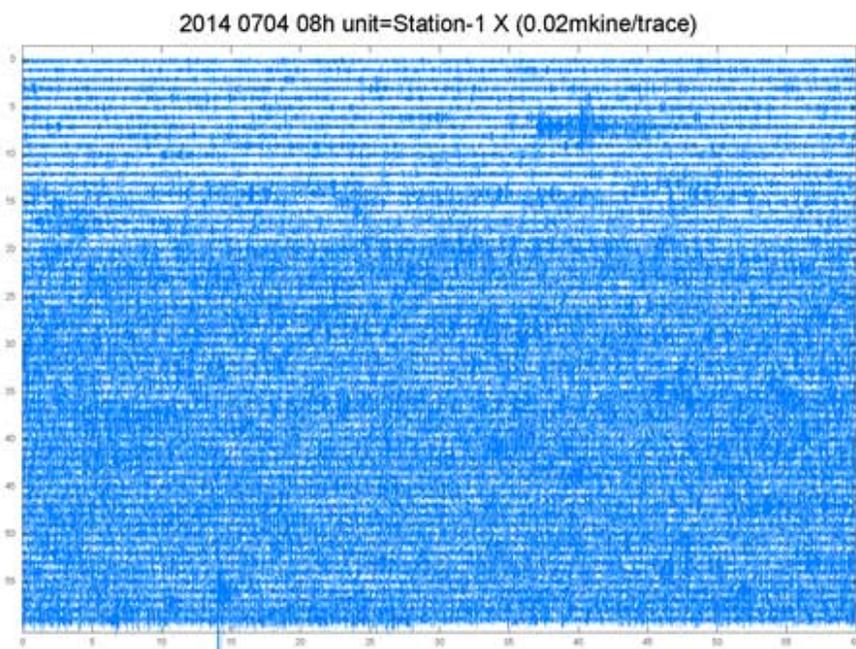
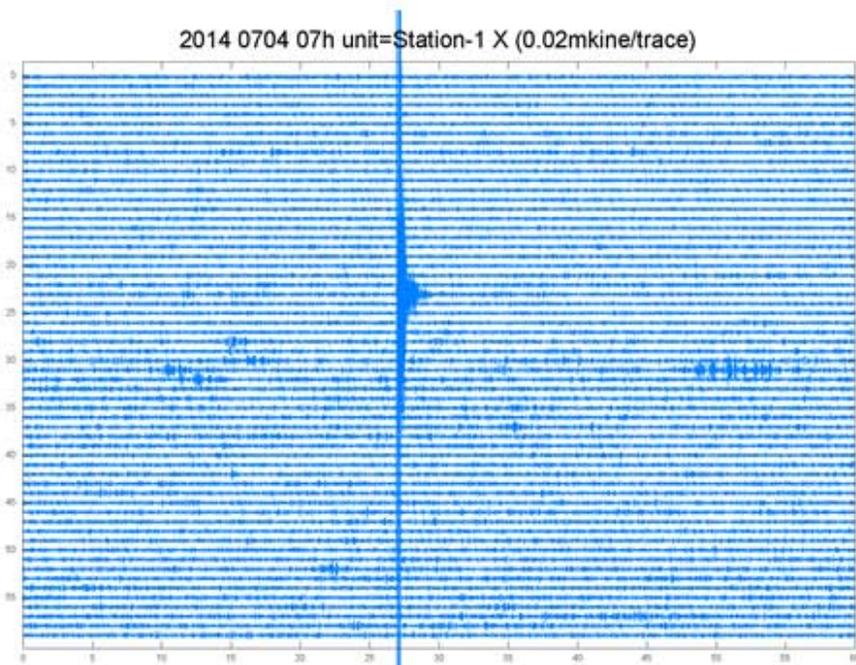
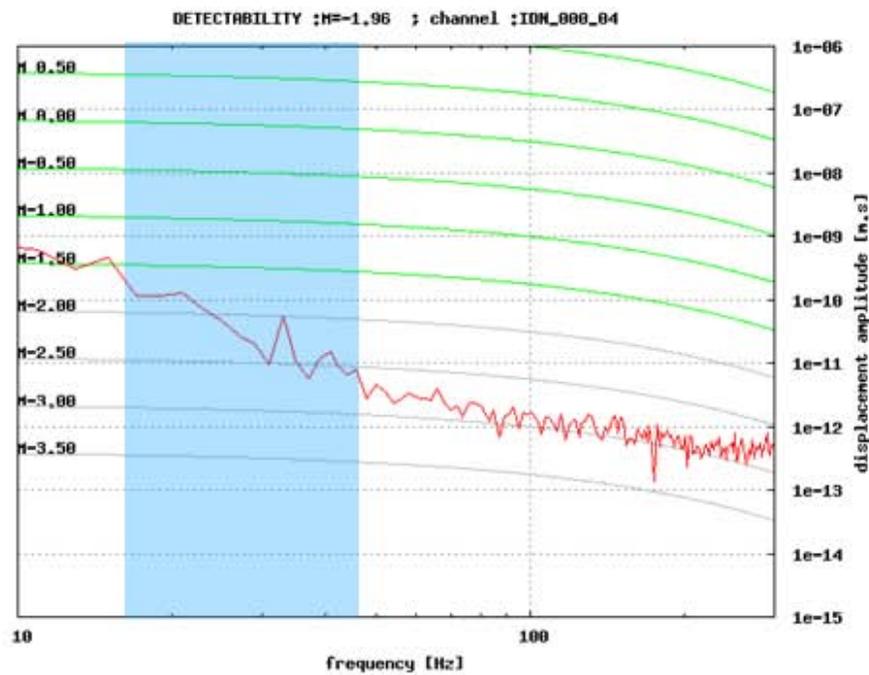


図4 工事ノイズの影響(1時間プロット表示)

日中のAE検出限界: Mw > -2.0



夜間のAE検出限界: Mw > -2.3

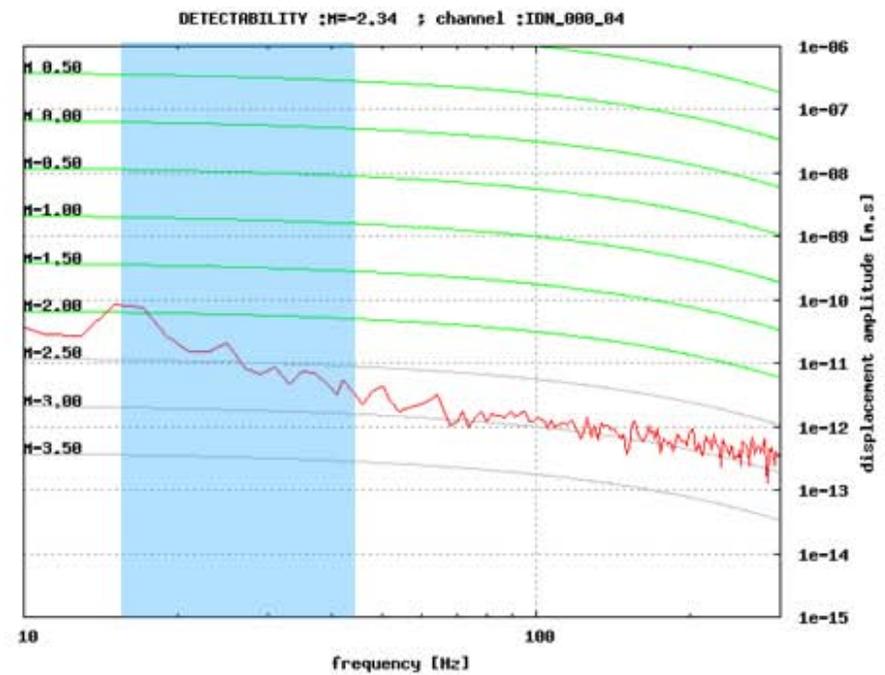


図5 AE信号検出能力

初動ホドグラム

波形トレース

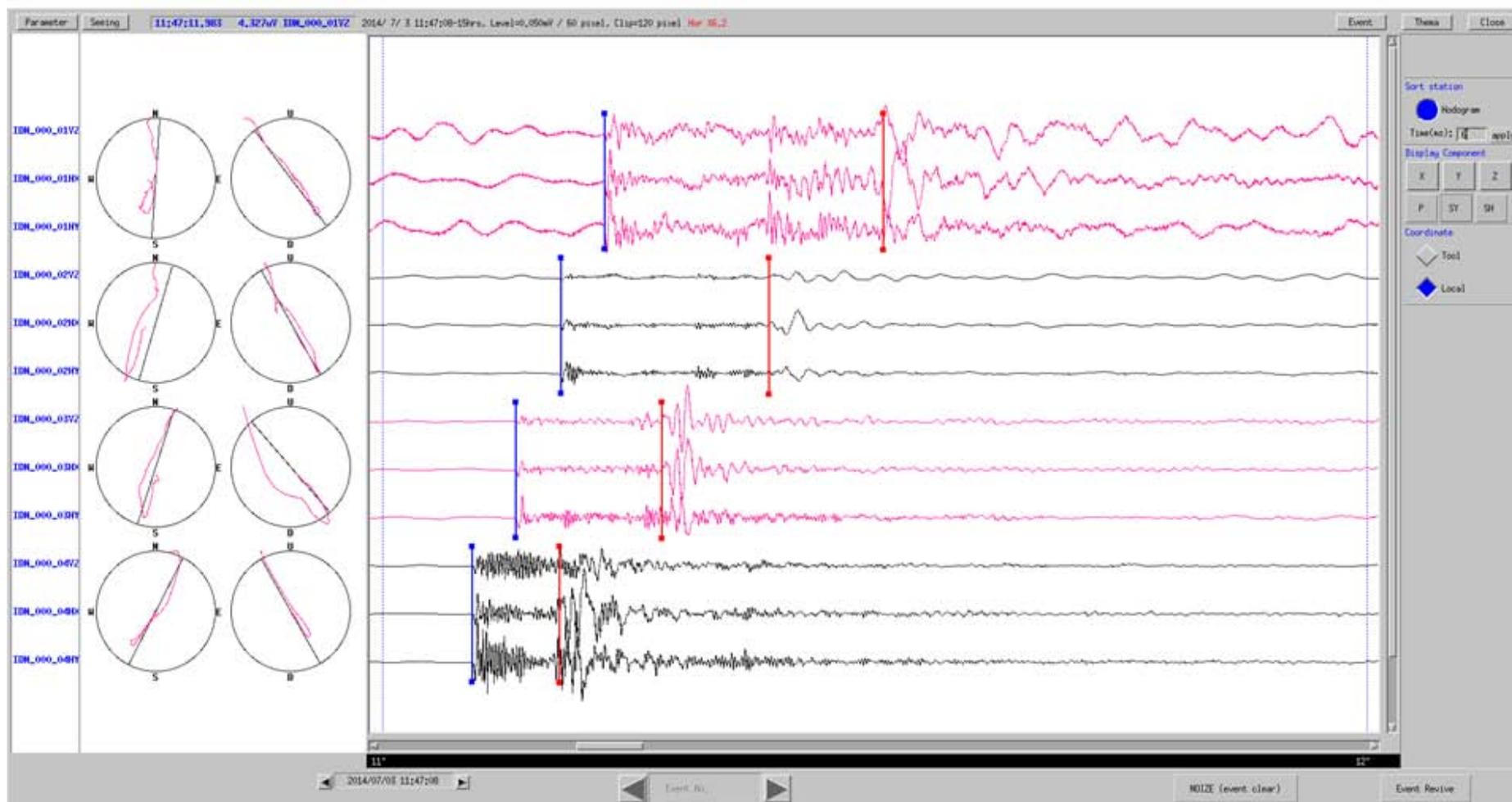


図6 パーフォレーション波形と入射方向

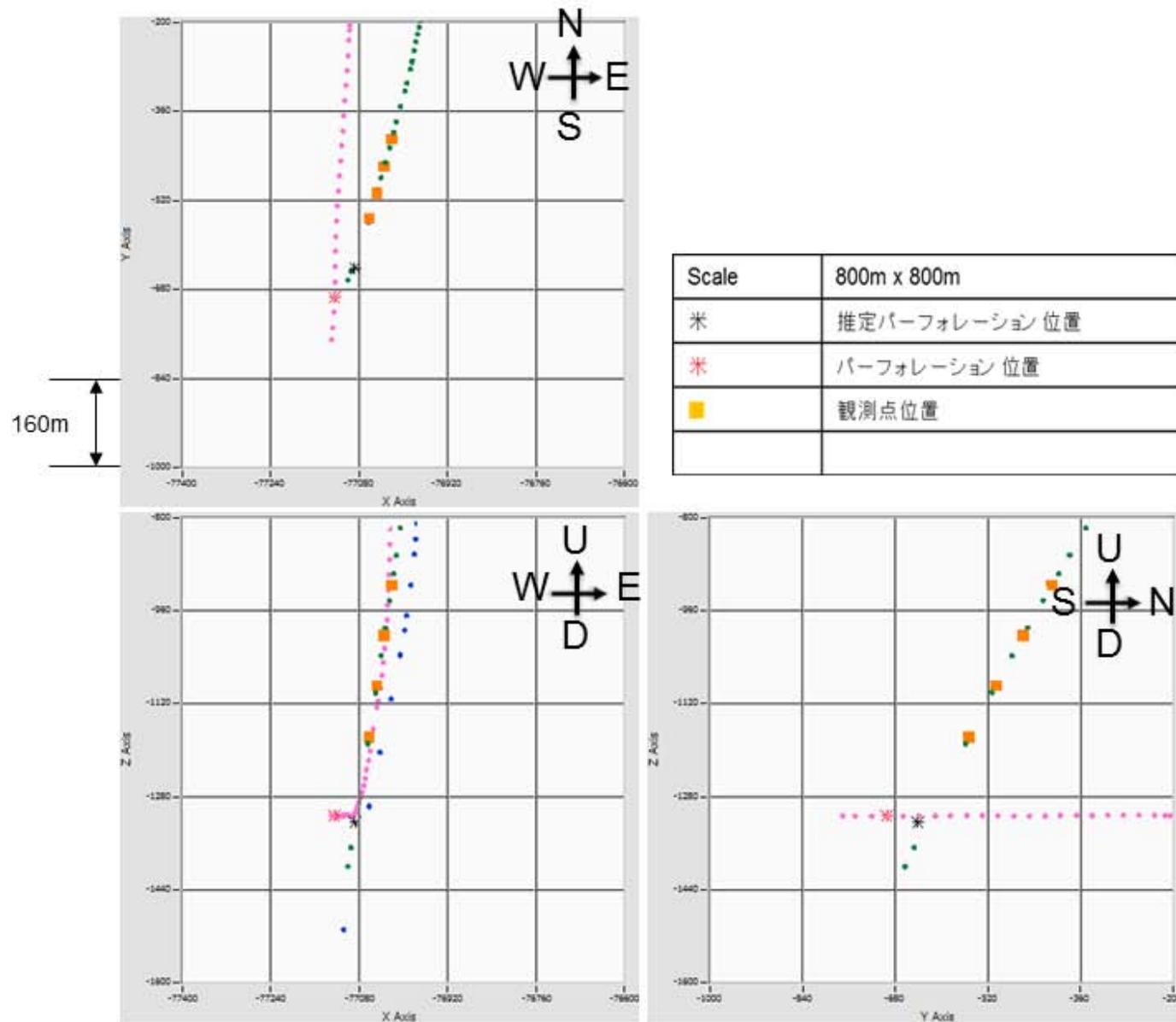


図7 パーフォレーション信号の震源位置解析結果

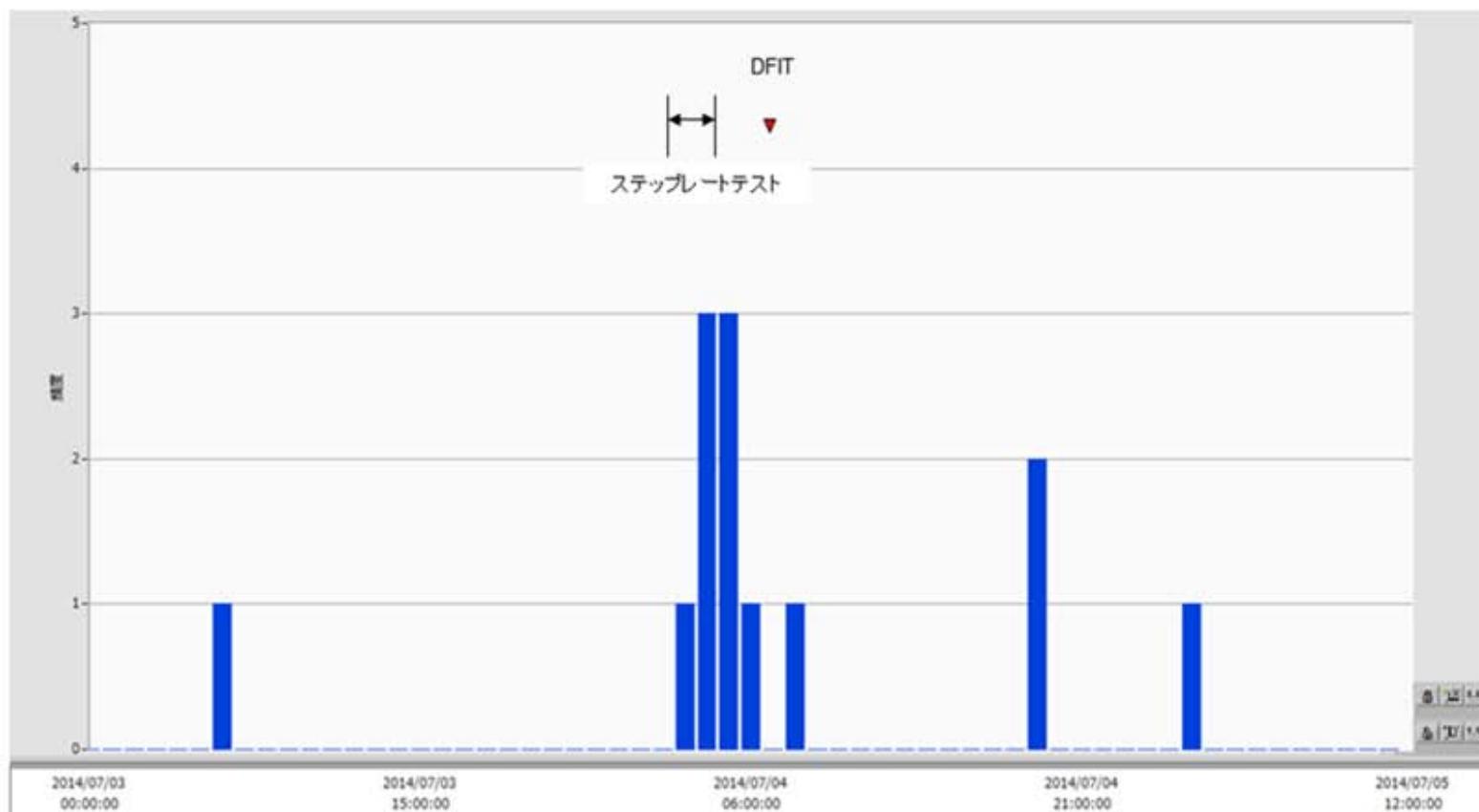


図8 モニタリング期間中に計測されたイベント
 (これらはすべて震源距離5km以上の遠い微小地震)

ここに記載された「図9 北米におけるフラクチャリング時のAE発生数」については会社間の守秘義務に関わる情報を含んでいたため、非公開としました。



福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う フラクチャリング作業計画

平成 26 年 9 月

石油資源開発株式会社
国内事業本部 秋田鉱業所

1. 作業計画

(1) 予定深度、目的層、生成フラクチャー諸元

- ・目的層: 女川層 XIII、XIV 層
- ・水平井深度: 1,330 m ~ 1,333 m(垂直深度)
- ・フラクチャリング数 5 回
- ・フラクチャー形状 楕円形
- ・フラクチャーサイズ: 60m(垂直方向)、90m(水平方向)、厚さ: ~12 mm(最大値)
- ・フラクチャリング位置 2,162m、2,063m、1,970m、1,755m、1630m (深度は掘削深度)
図 1-1~1-3 参照。

*上記はあくまで計画値であり、実作業では上記値から若干変更する可能性が有ります。

(2) 使用流体、量、成分(括弧内は 1 回分あたり平均)

- ・フラクチャー生成用粘性流体 129 kl (25.8 kl)
- ・支持材輸送用粘性流体 662kl (132.4 kl)
- ・砂(フラクチャー支持材・プロパント) 100m³ (20 m³) [重さ 264ton (52.8 ton)]
- ・使用流体成分 下表の通り。詳細は表 1-1、1-2 参照。

添加剤・成分	初期フラクチャー生成流体 [vol%]	先行流体+支持材輸送流体 [vol%]
清水*	99.42	97.53~97.60
ゲル化剤	0.22	1.16~1.23
架橋剤(クロスリンカー)	-	0.80
粘土膨潤防止剤	0.15	0.15
PH 調整剤	-	0.08
界面活性剤	0.10	0.10
ゲル破壊剤	-	0.10
殺菌剤	0.01	0.01
消泡剤	0.10	必要に応じ使用

*“-”の添加剤は使用しない。

*清水については男鹿市上水道から取水。

ただし、フラクチャリングを実施する水平区間の貯留層性状は、同一層内ではあるものの、ある程度の不均質性がある。よって、作業流体については、使用する添加剤の大幅な増減は見込まないが、各段のフラクチャリング作業ごとに前段のフラクチャリングおよび直前の圧入テストの結果を踏まえ、使用量・濃度(使用する水量)の変更・調整は適宜行う。

(3) フラクチャリングの方法

穿孔の機能とその下部にアンカー(プラグ)の機能を備えた編成を接続したコイルドチュービング(CT)を坑内に降下し、先端部より個別にフラクチャーの生成を行う(図 2 参照)。

① アンカーツール設置作業

フラクチャリング位置まで、コイルドチュービングを降下し、アンカーツールを設置する。このアンカーツールは、それより深くにある穿孔部(前段のフラクチャリング部)に作業流体が流れないようにするものである。アンカーツールは、コイルドチュービングを上げ下げす

ることで、パッキングエレメントが膨らみ、設置される。

② 穿孔作業

コイルドチュービングの内側から、砂を混ぜた作業流体をポンプし、ジェットノズルから高速でケーシングに打ち付けること(Abrasive Jet と呼ばれる手法)で、ケーシングおよびセメントを穿孔する。

③ フラクチャリング作業

ケーシングとコイルドチュービングの間から、作業流体を高レートで圧入し、穿孔部からフラクチャリングを行う。フラクチャリング作業では、穿孔部に引張フラクチャーを生成し、そこに支持材となる砂を充填する。粘性流体を高レートで圧入開始し、段階的に支持材の混入量を増加させる。予定量の砂を圧入後、砂を含まない作業流体を坑内容量分圧入し、作業を終了する。

④ アンカーツール位置移動

コイルドチュービングを揚管することで、アンカーツールを腰切る。そのまま、次のフラクチャリング位置まで揚管し、再度、コイルドチュービングを上げ下げすることで、アンカーツールの設置を行う。

⑤ 以上の作業を繰り返し、5 段のフラクチャリング作業を行う。

(4) 作業予定

日程	内容
1～9 日目	資機材設置、配管組立・耐圧テスト、作業流体作液、CT 深度調整
10 日目	TCP(AE 計測キャリブレーション)
11 日目	CT 編成替え、配管耐圧テスト、ツールス機能試験
12 日目	アンカーツールセット、穿孔作業、圧入テスト、No.1 区間フラクチャリング
13 日目	坑内洗浄、添加材料準備
14 日目	アンカーツールセット、穿孔作業、圧入テスト、No.2 区間フラクチャリング
15 日目	坑内洗浄、添加材料準備
16 日目	アンカーツールセット、穿孔作業、圧入テスト、No.3 区間フラクチャリング
17 日目	坑内洗浄、添加材料準備
18 日目	アンカーツールセット、穿孔作業、圧入テスト、No.4 区間フラクチャリング
19 日目	坑内洗浄、添加材料準備
20 日目	アンカーツールセット、穿孔作業、圧入テスト、No.5 区間フラクチャリング
21 日目	坑内洗浄
22 日目	CT 編成替え、TCP(AE 計測キャリブレーション)
23～26 日目	配管解体、資機材撤去

2. 主要圧入施設、装置

型式	個数	仕様	用途
HQ-2000 相当 2250 HP 5 筒往復動式	3ea	最高使用圧力 96.5MPa 最大吐出量 2.38 KL/分 (4"ライナー使用時)	主力圧入ポンプ
		最高使用圧力 77.2Mpa 最大吐出量 3.02 KL/分 (4.5"ライナー使用時)	
HT-400 相当 760 HP 3 筒往復動式	1ea	最高使用圧力 77.2 MPa 最大吐出量 3.02 KL/分 (4.5"ライナー使用時)	CT 作業用圧入ポンプ
HT-400 相当 720 HP 3 筒往復動式	2ea	最高使用圧力 137.8 MPa 最大吐出量 1.0 KL/分 (3.37"ライナー使用時)	CT 作業用圧入ポンプ
Frac Blender	1 set	最大添加量 9000 kg/分	支持材混合作液装置
Gel Mixer	1set	最大作液量 5.5 KL/分	ゲル作液装置

3. AE 計測のキャリブレーションのためのパーフォレーション作業

AE 計測の精度を向上させるため、フラクチャリング作業前に水平井先端部で一回、フラクチャリング作業後に、5 段目のフラクチャリング位置付近で一回、コイルドチュービングを用いた TCP (Tubing Conveyed Perforation)により、火薬を用いた穿孔作業を行う。

4. 仕上げ・排泥作業

- ① 改修リグを用いて、チュービングおよびパッカーを設置し、仕上げを行う。
- ② 窒素ガスを使用したガスリフトにより、作業流体を排出する。
- ③ 坑井基地に仮設のセパレーター、貯油タンク等を設置し、排出された流体をガス・油・水に分離する。ガスはガス検知器により可燃性を確認し、放散塔より焼却処分する。油は貯油タンクから申川鉱場ヘローリー輸送する。排出された坑水を含む作業流体等は産業廃棄物として事前に調査した成分表に則り、適切に処分する。(尚、産出流体については採取を行って、成分等の確認を行う。)

添付図面	図 1-1	フラクチャリング位置計画図
	図 1-2	フラクチャリング位置計画 3D イメージ図(1) *上から見た図
	図 1-3	フラクチャリング位置計画 3D イメージ図(2) *側面(東側)から見た図
	図 2	コイルドチュービング(CT)を使用したフラクチャリング

表 1-1 作業流体添加剤成分(初期フラクチャー生成流体)

表 1-2 作業流体添加剤成分(先行流体+岩盤支持材輸送流体)

注)本文に記載された機器名称等は公開にあたり、ハリバートン社から確認を受けたものとしました。

以上

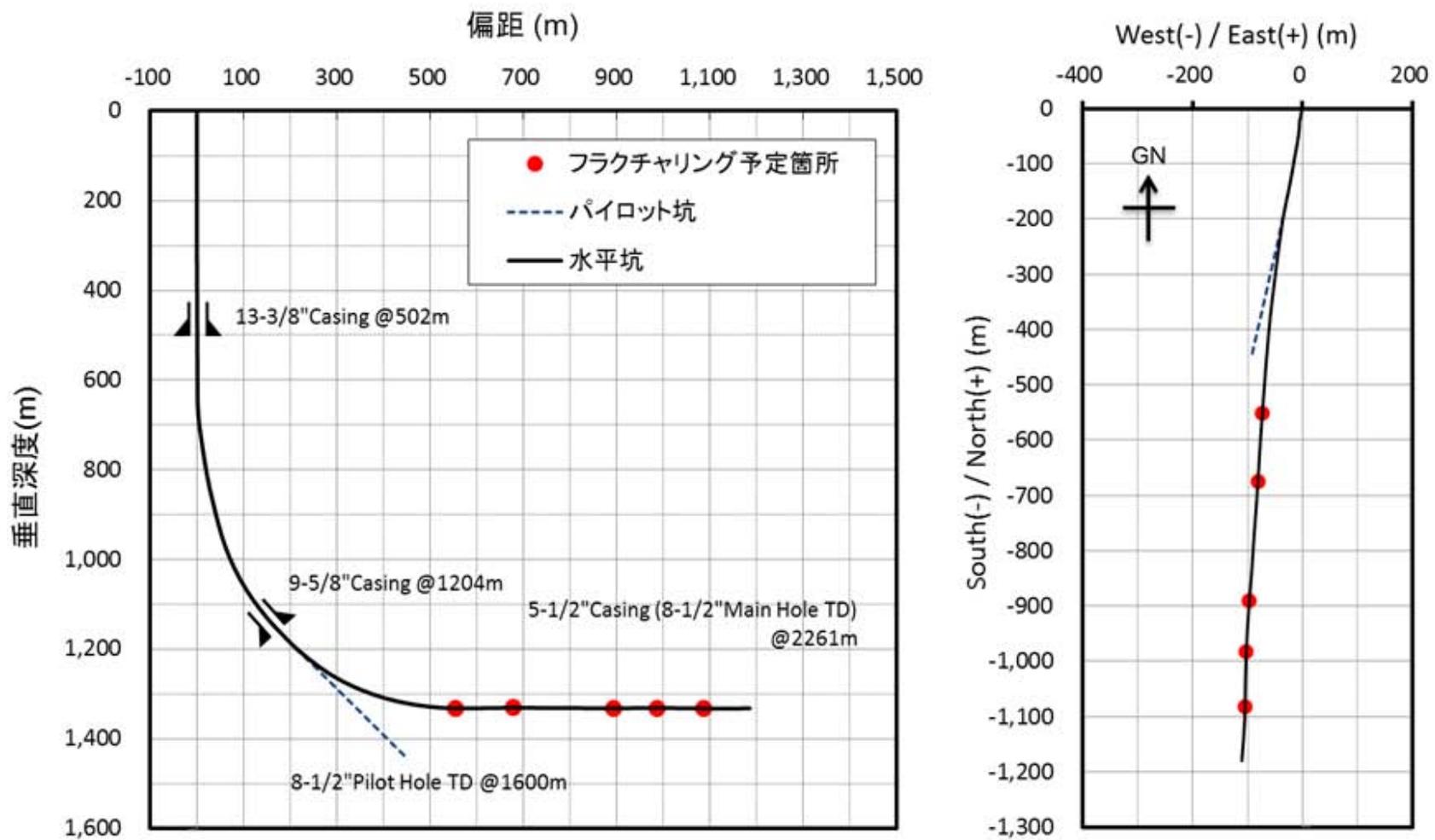


図1 フラクチャリング位置計画図

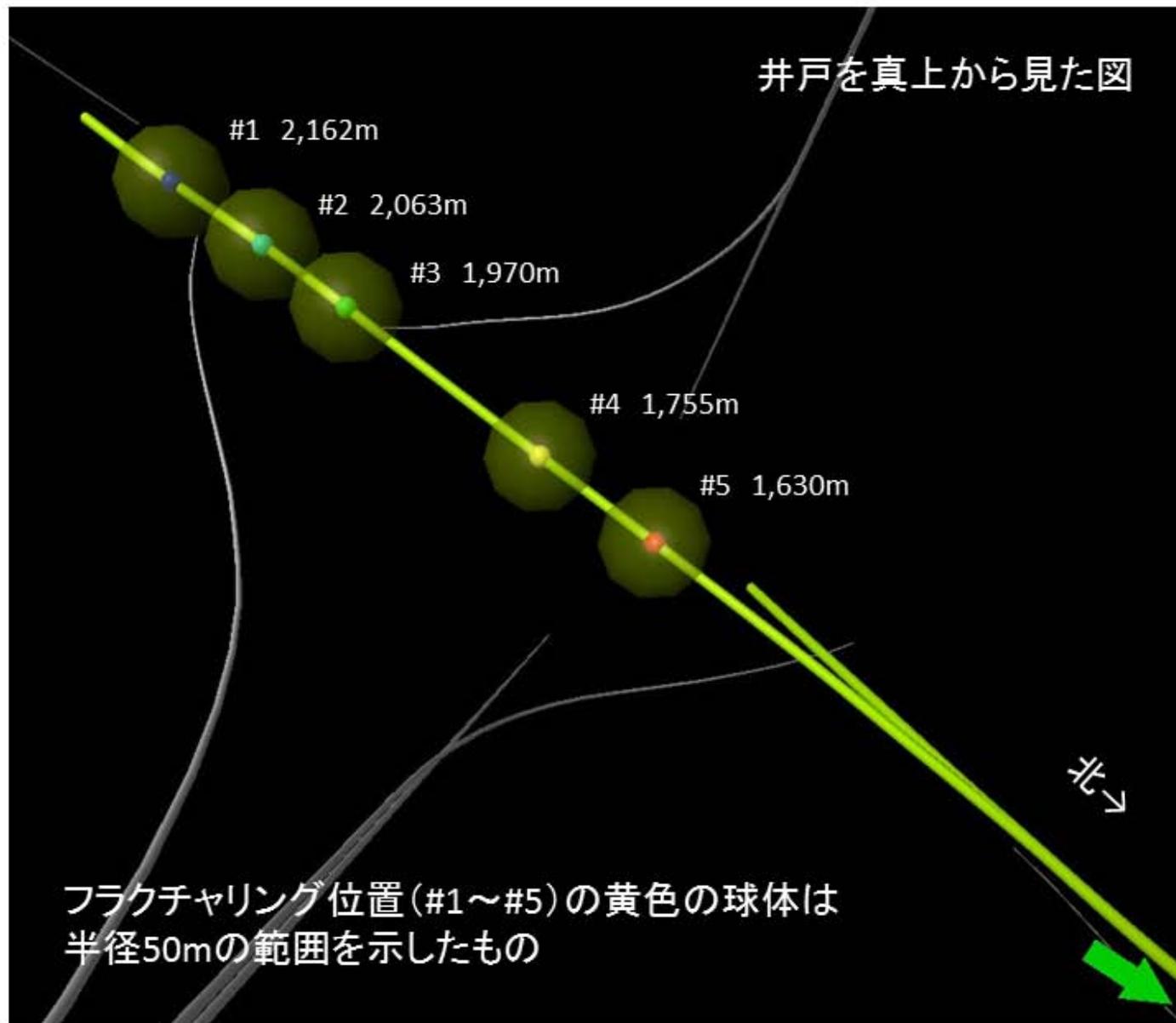


図1-2 フラクチャリング位置計画 3Dイメージ図(2)

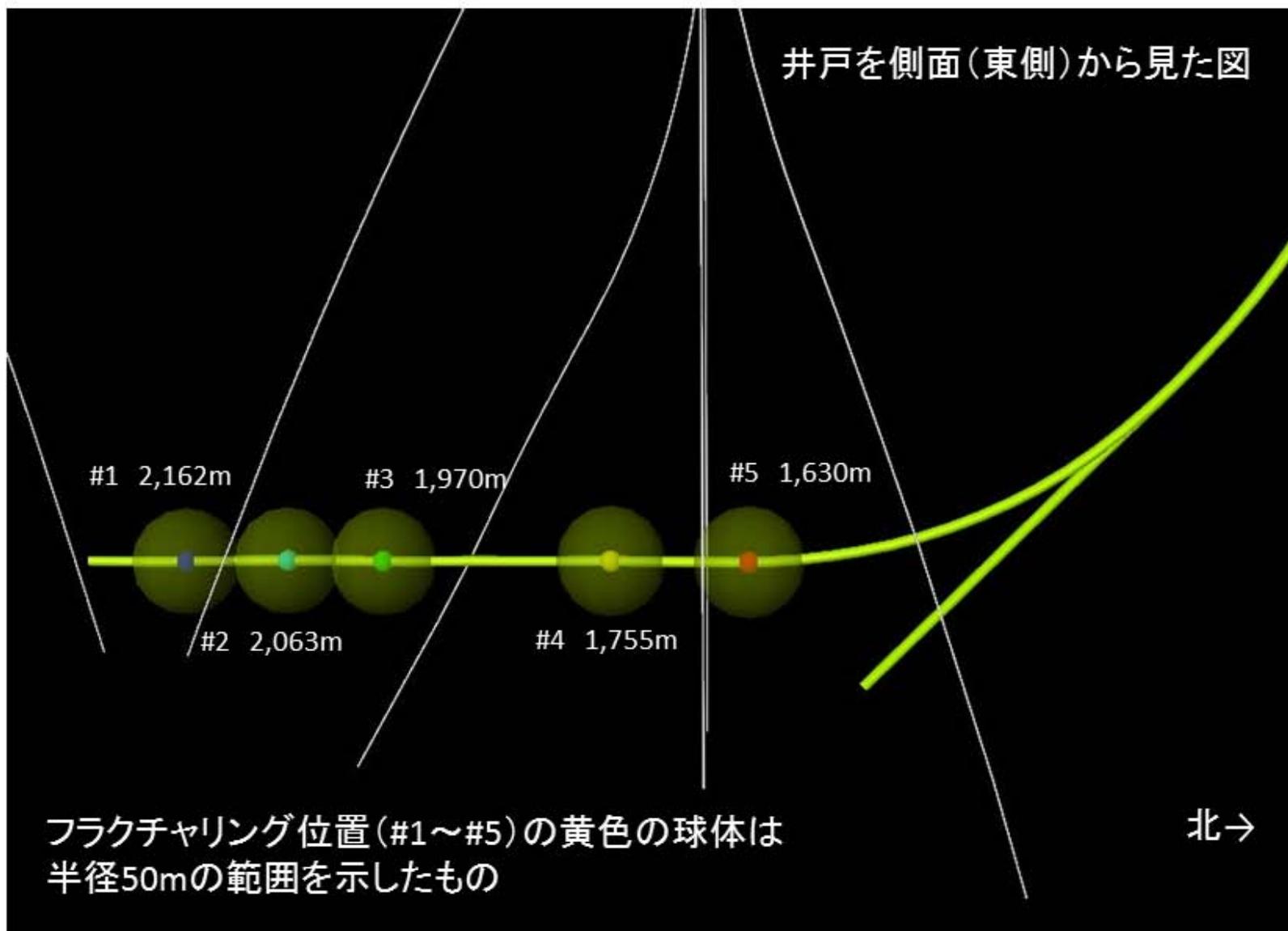


図1-3 フラクチャリング位置計画 3Dイメージ図(2)

図2 コイルドチュービング(CT)を使用したフラクチャリング



- ①フラクチャリング作業予定深度にてアンカーツールをセット。
- ②ジェットノズルより砂を混ぜた作業流体を噴射し、ケーシングおよびセメントを穿孔。
- ③ケーシングとCTの間から、作業流体を高レートで圧入し、穿孔部からフラクチャリングを実施。引張フラクチャーを生成し、そこに支持材となる砂を充填。
- ④予定量の砂を圧入後、砂を含まない坑内容量分の作業流体を圧入。
- ⑤アンカーツールを腰切り、次のフラクチャリング作業予定深度まで移動。

注)ここに記載された図面は公開にあたり、ハリバートン社から確認を受けたものとなりました。

表1-1 作業流体添加剤成分
(初期フラクチャー生成流体)

添加剤	使用目的	主要物質	含有率 [vol%]	内容・用途
清水		Water 水(H ₂ O)	99.42	水道水
Clean WG LGC	LGC Base gel ゲル化剤	Polysaccharide 多糖類((C ₃₇ H ₆₂ O ₃₀) _n)	0.08	繊維、製紙、化粧品、歯磨剤等
		Mineral oil 鉱物油	0.14	工業製品全般
		Sorbitan sesquioleate セスキオレイン酸ソルビタン(C ₆₆ H ₁₂₆ O ₁₆)	*	乳化剤、溶解補助剤
		Crystalline silica 結晶性シリカ(SiO ₂)	*	沈殿防止
Clean Link	Crosslinker 架橋剤	Inorganic salt 無機塩類	-----	
		Sulfuric acid 硫酸(H ₂ SO ₄)	-----	工業用
Choline Chloride	Clay control 粘土膨潤防止剤	2-Hydroxyethyl trimethylammonium chloride (2-ヒドロキシエチル)トリメチルアンモニウムクロリド(C ₅ H ₁₄ ClNO)	0.15	飼料添加物
Clean surf	Surfactant 界面活性剤	Sodium lauryl sulfate ラウリル酸硫酸ナトリウム(NaC ₁₂ H ₂₅ SO ₄)	0.10	歯磨き粉、ボディークリーム
CleanBreak XT	Breaker ゲル破壊剤	Citric acid, triethyl ester クエン酸トリエチル(C ₁₂ H ₂₀ O ₇)	-----	食品添加物、化粧品類
Aldacide	Biocide 殺菌剤	Glutaraldehyde グルタルアルデヒド(C ₅ H ₈ O ₂)	0.01	殺菌剤、防腐剤、主に医療機器の滅菌殺菌、消毒用
NF-6	Deformer 消泡剤	Vegetable oil (植物性脂肪)	0.10	食品、燃料
		Aluminum stearate ステアリン酸アルミニウム(Al(C ₁₈ H ₃₅ O ₂) ₃)		接合、乳化、固結防止剤として食品に添加して使用。

----- : 添加剤を使用しておりません。

* : 含有率が0.01 (Vol%)以下の物質。

(公)

表1-2 作業流体添加剤成分
(先行流体+支持材輸送流体)

添加剤	使用目的	主要物質	含有率 [vol%]	内容・用途
清水		Water 水(H ₂ O)	97.53～97.60	水道水
Clean WG LGC	Base gel ゲル化剤	Polysaccharide 多糖類((C ₃₇ H ₆₂ O ₃₀) _n)	0.39～0.41	繊維、製紙、化粧品、歯磨剤等
		Mineral oil 鉱物油	0.74～0.79	工業製品全般
		Sorbitan sesquioleate セスキオレイン酸ソルビタン(C ₆₆ H ₁₂₆ O ₁₆)	0.02	乳化剤、溶解補助剤
		Crystalline silica 結晶性シリカ(SiO ₂)	0.01	沈殿防止
Clean Link	Crosslinker 架橋剤	Inorganic salt 無機塩類	0.53	
		Sulfuric acid 硫酸(H ₂ SO ₄)	0.27	工業用
Choline Chloride	Clay control 粘土膨潤防止剤	2-Hydroxyethyl trimethylammonium chloride (2-ヒドロキシエチル)トリメチルア ンモニウムクロリド(C ₅ H ₁₄ ClNO)	0.15	飼料添加物
Sodium Hydroxide	PH調整剤	Sodium hydroxide 水酸化ナトリウム(NaOH)	0.08	工業用
Clean surf	Surfactant 界面活性剤	Sodium lauryl sulfate ラウリル酸硫酸ナトリウム(NaC ₁₂ H ₂₅ SO ₄)	0.10	歯磨き粉、ボディークリーム
CleanBreak XT	Breaker ゲル破壊剤	Citric acid, triethyl ester クエン酸トリエチル(C ₁₂ H ₂₀ O ₇)	0.10	食品添加物、化粧品類
Aldacide	Biocide 殺菌剤	Glutaraldehyde グルタルアルデヒド(C ₅ H ₈ O ₂)	0.01	殺菌剤、防腐剤、主に医療機器 の滅菌、殺菌、消毒用
NF-6	Deformer 消泡剤	Vegetable oil (植物性脂肪)	必要に応じ使用	食品、燃料
		Aluminum stearate ステアリン酸アルミ ニウム(Al(C ₁₈ H ₃₅ O ₂) ₃)		接合、乳化、固結防止剤として食 品に添加して使用。

(公)



福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う 環境モニタリングの概要

平成 26 年 9 月

石油資源開発株式会社
国内事業本部 秋田鉱業所

1. 目的

福米沢地区で当社が実施している水平井掘削作業並びにフラクチャリング作業において環境影響が生じていないか周辺地域環境(生活用水水質、微振動の発生状況、騒音等)を調査し、万が一、作業による影響等の疑義が生じた場合の問題解決に資するとともに作業中断を判断するためのデータを取得する。

2. モニタリング期間

平成 26 年 2 月～平成 28 年 11 月(予定)*

*モニタリングの終了時期は当社環境対策検討会委員からの意見を踏まえ、当初計画の平成 27 年 11 月から平成 28 年 11 月まで延長。

3. モニタリング項目

モニタリング項目については弊社「福米沢環境対策検討会」検討結果並びに「関東東北産業保安監督部東北支部で開催された「申川鉱山タイトオイル環境対策評価検討会」におけるコメントを踏まえ、以下の通り設定した。

(1) 生活用水・帯水層地下水の水質モニタリング

➤ 調査地点(図 1、参考-1～3 参照)

① 水井戸(生活用水)

調査地点は福米沢集落の A 邸水井戸、B 邸水井戸、土花集落の C 邸水井戸の計 3 箇所とした。尚、(2)地下水ポテンシャル調査において地下水流向が北東～南東から大きく外れている場合は水質調査の場所についてあらためて検討を実施する。

② 当社調査(モニタリング)井(帯水層地下水)

福米沢 Loc.H1H(SK-26D・DH)掘削作業敷地内 1 箇所、福米沢 F 基地内の 1 箇所、計 2 箇所とした(それぞれ新規設置、深度は 25m)。

③ 滝の頭水源地

必要に応じて実施するものとした。

➤ 調査項目

① 水分析

項目は次頁、表 1 の通りとした。水井戸サンプリングは平成 27 年 11 月までは月 1 回を基本とするが、より細かく変化の状況を把握するため、本年 4、6、9、11 の各月は月 4 回を計画した(4～7 月までは分析済み)。帯水層地下水は掘削作業前(分析済み)、フラクチャリング作業後各 1 回実施する。平成 27 年 11 月以降は平成 28 年 11 月に 1 回サンプリングを実施する。

② 計測機器による水質連続観測

水位、水温、電気伝導度、塩分を 15 分間隔で計測を行う。計測は本年 4 月より 11 月(フラクチャリング作業終了後)まで実施する。尚、フラクチャリング作業中は 5 分毎のモニタリングを実施する。

(2) 地下水ポテンシャル調査

地下水流動状況把握のため、地下水のポテンシャル調査(流向、流速、地下水位)を当社調査(モニタリング)井 2 箇所で 4 月～10 月にかけて実施する(72 時間連続計測/月 1 回、4～8 月までは実施済み)。

(3) 微振動モニタリング(フラクチャリングの進展、誘発地震の監視)

① AE モニタリング

福米沢 SK-26DH 近傍の深度 1000m 付近に設置する AE モニタリングシステムにより水圧

破碎フラクチャーの進展に伴って発生する微振動(AE)と周辺の地震活動を監視する。計測は当社既存坑井2坑井(DFTT 作業では1坑井)にAE センサを降下、設置して観測を行う(図2 参照)。

② 有感地震地表観測

地表地震計を現場周辺の5箇所(図3 参照)に設置して近隣地域で有感地震が万が一発生した場合の震源決定に資するデータを取得する。

③ 高感度地震観測網 Hi-net による地震情報の収集

必要に応じて高感度地震観測網 Hi-net を活用して地震活動の監視を継続する。

(4) 騒音の発生

敷地境界および周辺(図4 参照)において、掘削作业时、フラクチャリング作业时に毎月1回程度測定する(暗騒音測定 5箇所(測定済み)、作業中測定 5月 7箇所(測定済み) 6月 4箇所(測定済み) 11月 6箇所の予定)。

(5) 大気汚染

掘削作業前(測定済み)、フラクチャリング作業前にばい煙(鉱煙)発生機器(特定施設)の測定を各1回ずつ実施する。

表1 生活用水・帯水層地下水分析項目

	分析項目	選定理由	水質基準等	水井戸	地下水	連続*2
1	pH	*1	5.8~8.6	○	○	
2	電気伝導率(EC)	水質変動の目安		○	○	○
3	水温	他流体混入の目安		○	○	○
4	Na ⁺	一般性状把握			○	
5	K ⁺	一般性状把握			○	
6	Ca ²⁺	一般性状把握			○	
7	Cl ⁻	*1、作業流体、油層水混入 目安	200mg/l 以下	○	○	○*3
8	HCO ₃ ⁻	一般性状把握			○	
9	SO ₄ ²⁻	一般性状把握			○	
10	Γ	油層水混入判断目安		○	○	
11	濁度	*1	2度以下	○		
12	臭気	*1	異常でないこと	○		
13	色度	*1	5度以下	○		
14	BOD	有機物環境汚染目安*4	1.0 以下	○		
15	TPH	作業流体・原油混入目安		○	○	
16	ベンゼン	原油混入目安	0.01mg/l 以下	○	○	
17	溶存ガス(CH ₄)	ガス混入目安		○	○	
18	水素同位体(δD)	地下水起源比較		○*5	○	
19	酸素同位体比 (δ ¹⁸ O)	地下水起源比較		○*5	○	
20	未定 (フラク流体由来)	作業流体混入目安		(○)	(○)	

*1 秋田県飲用井戸等衛生対策要領 *2 その他水位も測定 *3 塩分として測定。

*4 生活環境の保全に関する環境基準 *5 参考として追加

4. モニタリングの進捗と今後の予定

8 月末時点でのモニタリング作業の進捗は表 2 に示した通りであり、一部を除き、ほぼ計画通り行っている。

9 月以降も表 2 に示している予定表に従って作業を継続する。

尚、現在フラクチャリング作業を請負っているハリバートン社に使用する作業流体のサンプル提供を依頼しており、その分析を実施する予定。水質分析の追加項目に関してはこの結果を踏まえ、分析項目の追加を検討する予定。

表 1 生活用水・帯水層地下水分析項目 (p.2 掲載)

表 2 福米沢 Loc.H1・H1H (SK-26DH) 掘削作業、フラクチャリング作業に関わる環境モニタリング全体計画 (進捗状況) 8 月末現在

図 1 生活用水・帯水層地下水調査箇所

図 2 フラクチャリング時 AE 計測におけるセンサ配置

図 3 地表地震計設置予定地

図 4 騒音調査箇所

参考-1 福米沢地区水井戸現況写真 (撮影 平成 26 年 3 月) *非公開

参考-2 福米沢 H1H 調査 (モニタリング) 井坑内図、現況写真

参考-3 福米沢 F 基地調査 (モニタリング) 井坑内図、現況写真

注) 本文、資料について、個人情報保護のため、水井戸所有者の氏名等は非公開としています。

以上

本書の内容につきまして、事前の了承なく使用・複製・転載等を行わないようお願いいたします。
石油資源開発株式会社

表2 福米沢Loc.H1・H1H(SK-26DH)掘削作業、フラクチャリング作業に関わる環境モニタリング全体計画(進捗状況) 8月末現在

作業項目	平成25年			平成26年												平成27年											
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
環境対策検討会	▲ (10/11)	▲ (11/29)																									
地元説明		▲		▲(11/7、1/18福米沢、11/8土花)																							
官庁申請・届出																											
施業案申請			▲(1/9掘削工事)																								
監督部検討会(事前説明・事後説明)				▲▲	▲(1/20、29、2/24)																						
工事計画届						▲(3/14掘削工事)																					
その他手続き																											
現況調査																											
保安委員会・保安規程(変更)						▲(3/25)				▲(6/26)					▲(9/29)												
現場作業(リグアップ・ダウン含む)																											
坑井敷地工事																											
福米沢Loc.H1・H1H掘削・DFIT・微振動(AE)モニタリング																											
フラクチャリング作業・微振動(AE)モニタリング																											
坑井仕上げ作業																											
排泥・フローバック作業																											
生産施設建設(現場工事)																											
環境モニタリング																											
水質対策																											
帯水層水質把握(水分析) (福米沢H1H坑井敷地、福米沢F基地。滝の頭水源地も参考調査)																											
地下水ポテンシャル調査 (1回あたり72時間測定) (流向・流速・地下水位、福米沢H1H坑井敷地、福米沢F基地)																											
生活用水調査(定期モニタリング) (福米沢地区2ヶ所(A邸、B邸)、土花地区1ヶ所(C邸))																											
水質連続モニタリング(水温、電気伝導度、塩分、水位)																											
誘発地震対策																											
地域での地震発生状況の把握 (Hi-net等での情報収集)																											
微振動(AE)モニタリング																											
地表地震計によるモニタリング (地表観測点は5箇所)																											
騒音測定																											
ばい煙測定																											

【生活用水(井戸水)水質調査項目】
 ①pH ②電気伝導度 ③水温 ④Cl⁻ ⑤I⁻ ⑥濁度
 ⑦臭気 ⑧BOD ⑨TPH ⑩ベンゼン ⑪溶存ガス(CH₄) ⑫その他(未定) フラクチャリング流体性状決定後に検討して追加検討。
 *技研ではクロスチェックのため、1回/月、当社モニタリング井と同様の項目(⑪を除く)について分析。

【帯水層(当社モニタリング井)水質調査項目】
 ①pH ②電気伝導度 ③水温 ④Na⁺ ⑤K⁺ ⑥Ca²⁺
 ⑦Cl⁻ ⑧I⁻ ⑨HCO₃⁻ ⑩SO₄²⁻ ⑪水素同位体(δ D) ⑫酸素同位体比(δ ¹⁸O) ⑬TPH ⑭ベンゼン ⑮溶存ガス(CH₄) ⑯その他(未定) フラクチャリング流体性状決定後に検討して追加検討。

赤で記載したところは実績。

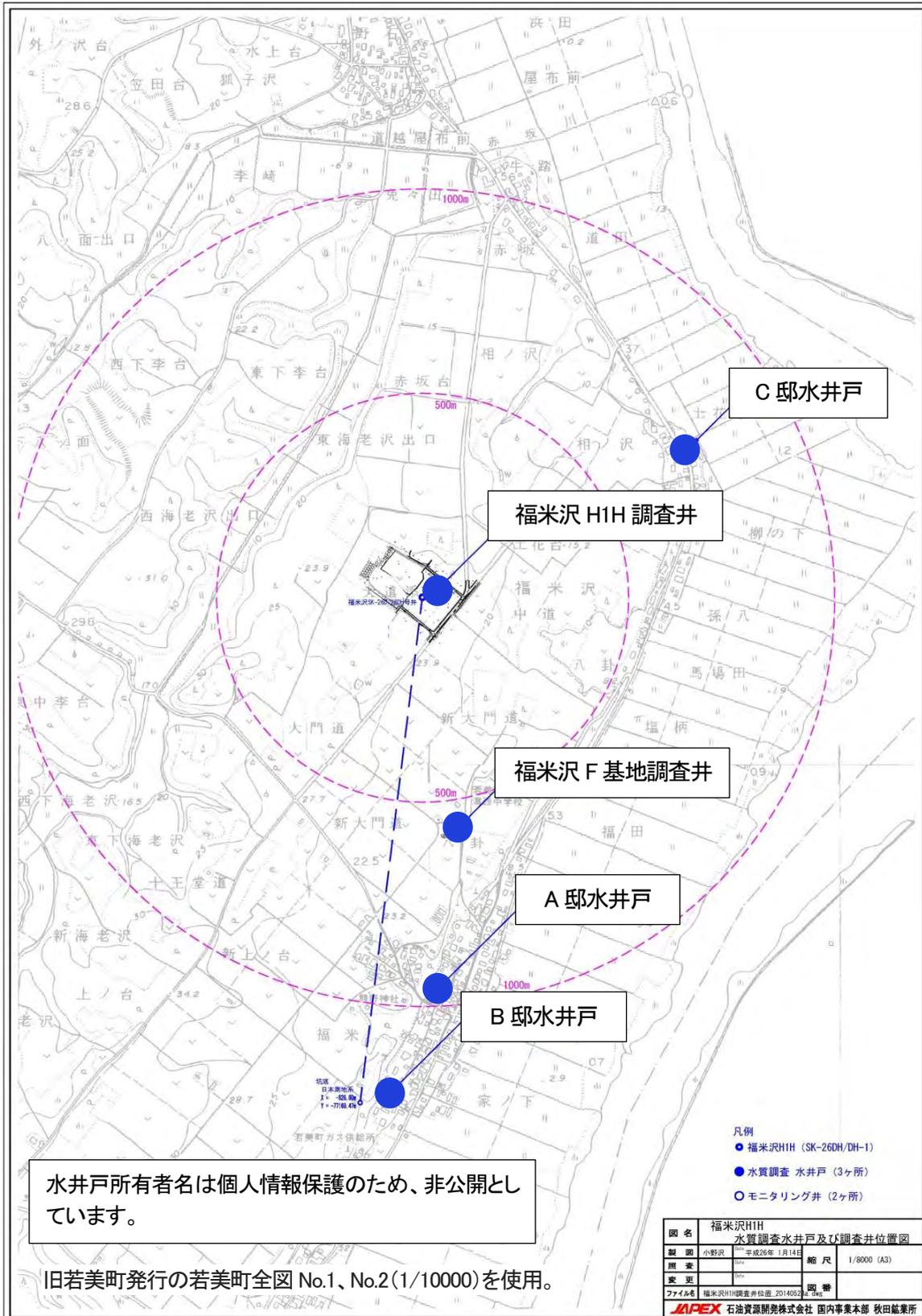


図1 生活用水・帯水層地下水調査箇所

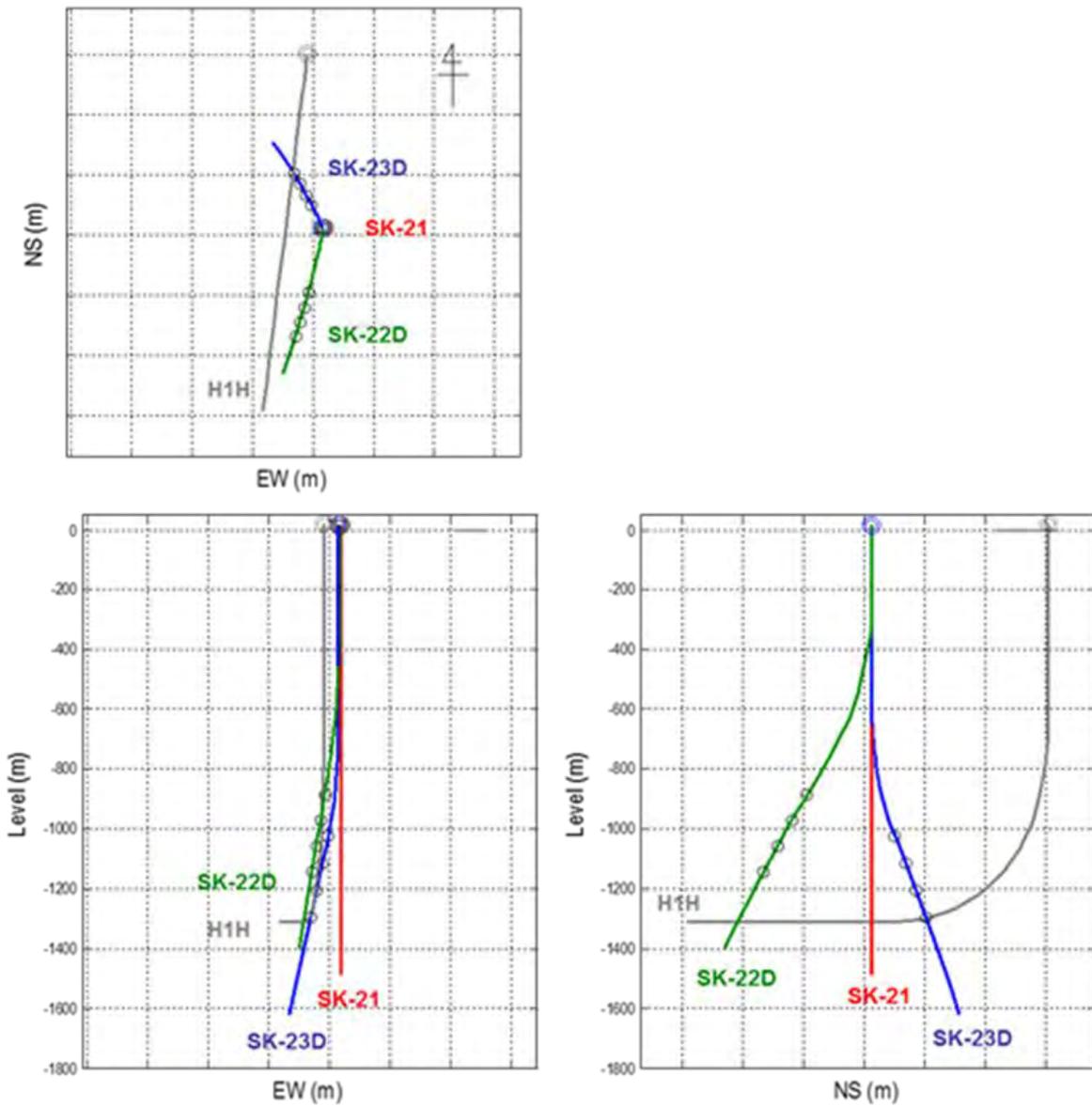


図2 フラクチャリング時 AE 計測におけるセンサ配置

(○印が AE センサ)

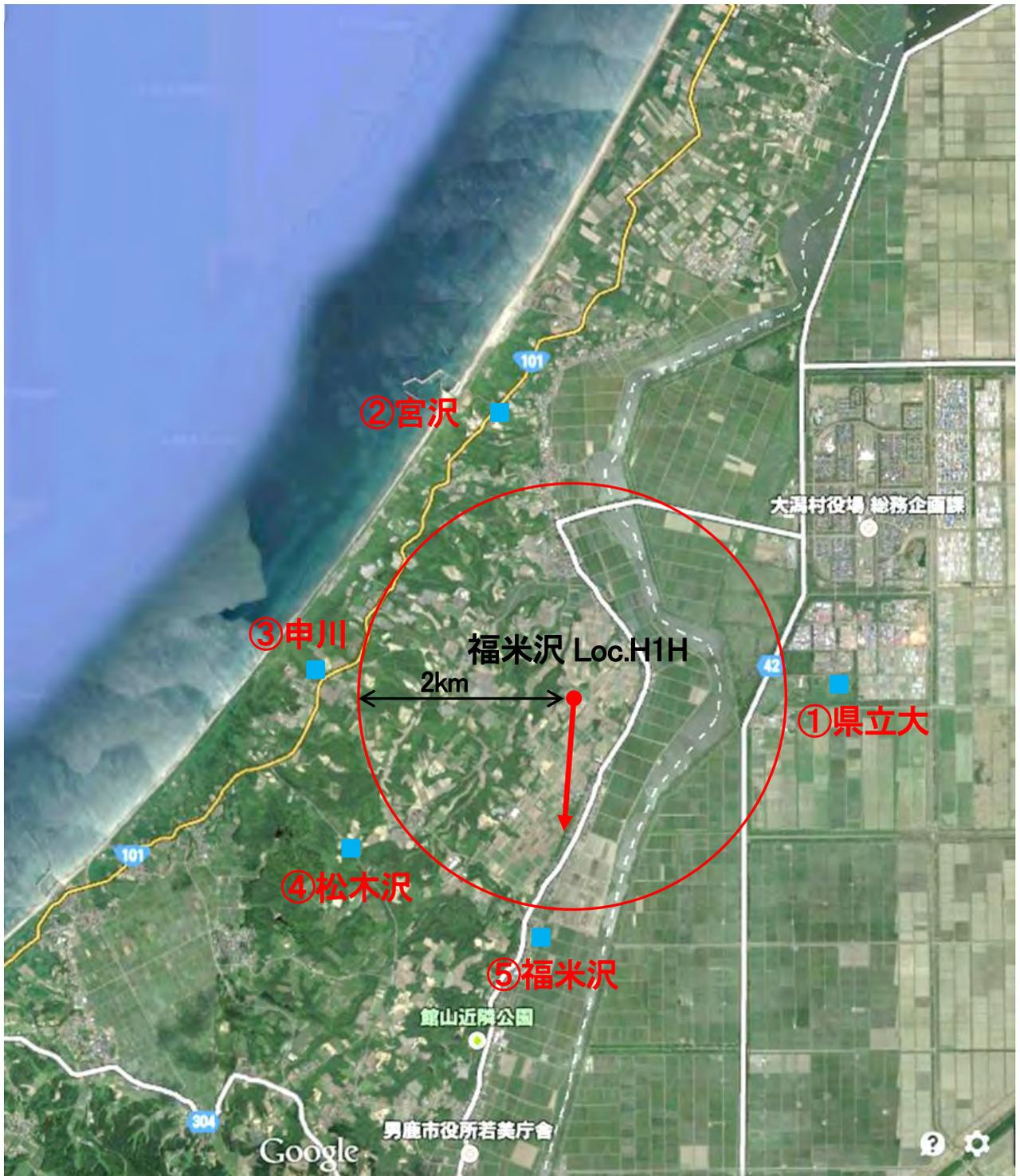


図3 地表地震計設置予定地

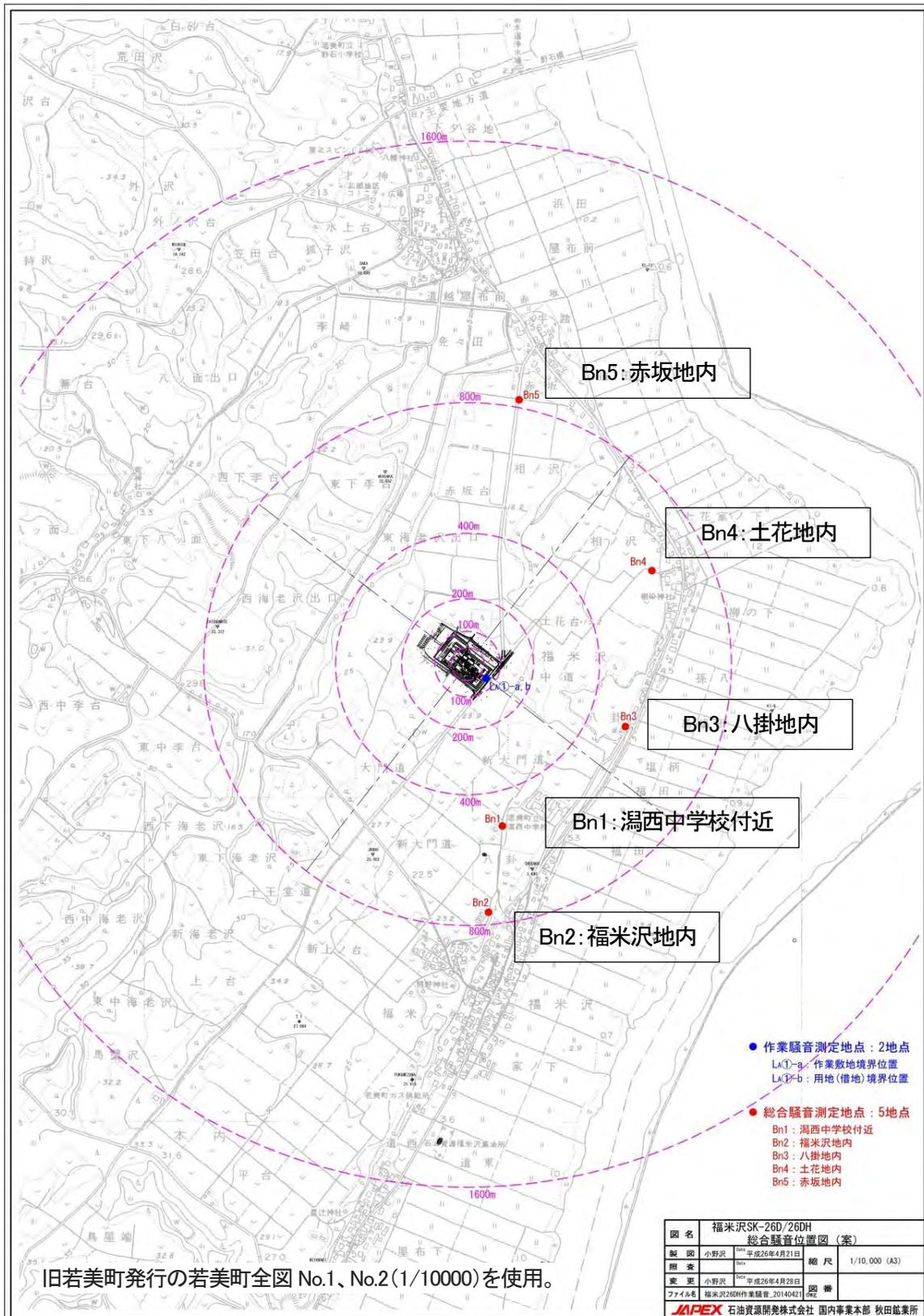
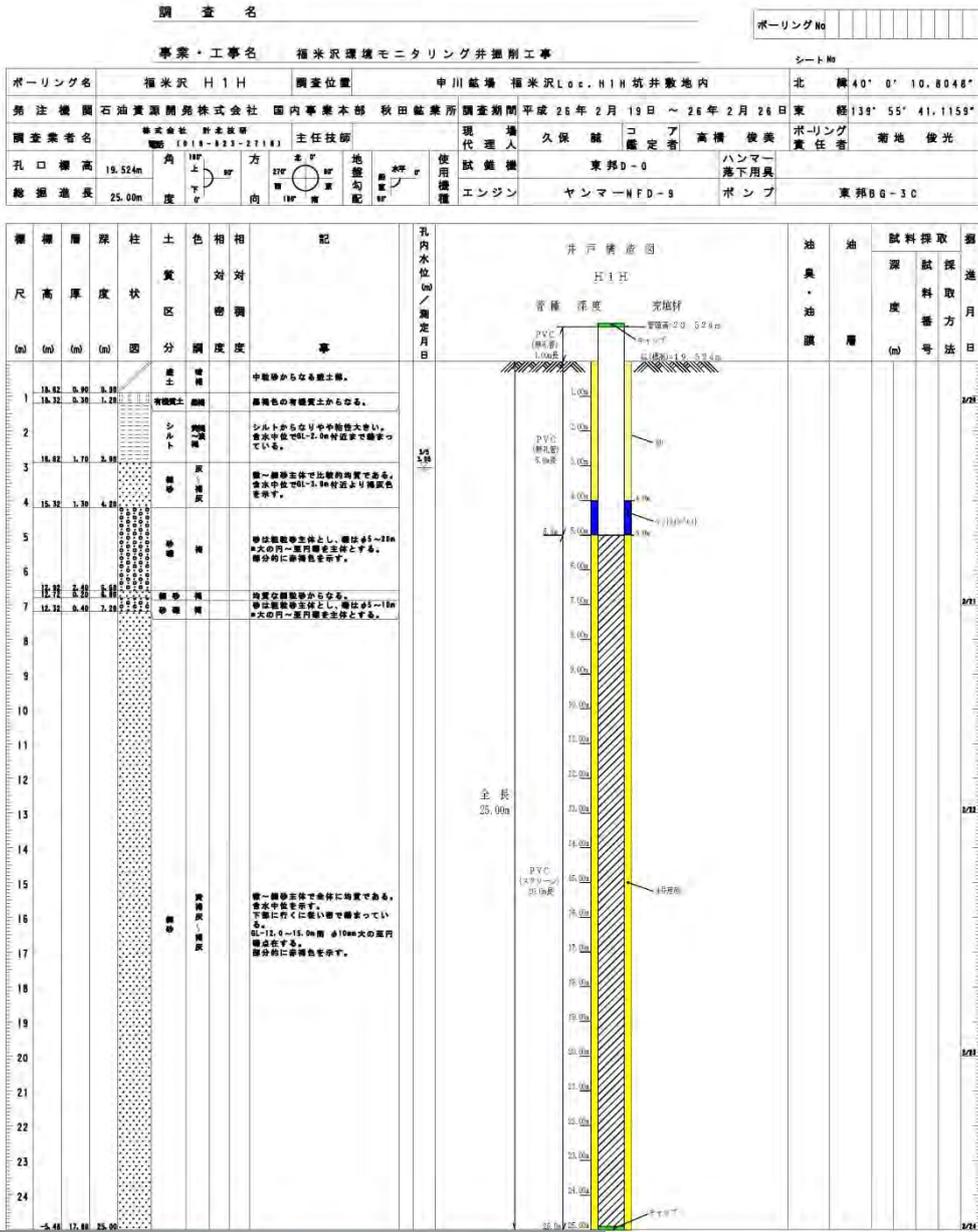


図4 騒音調査箇所

ここに記載された「福米沢地区水井戸現況写真（撮影 平成 26 年 3 月）については個人情報保護のため、非公開としました。

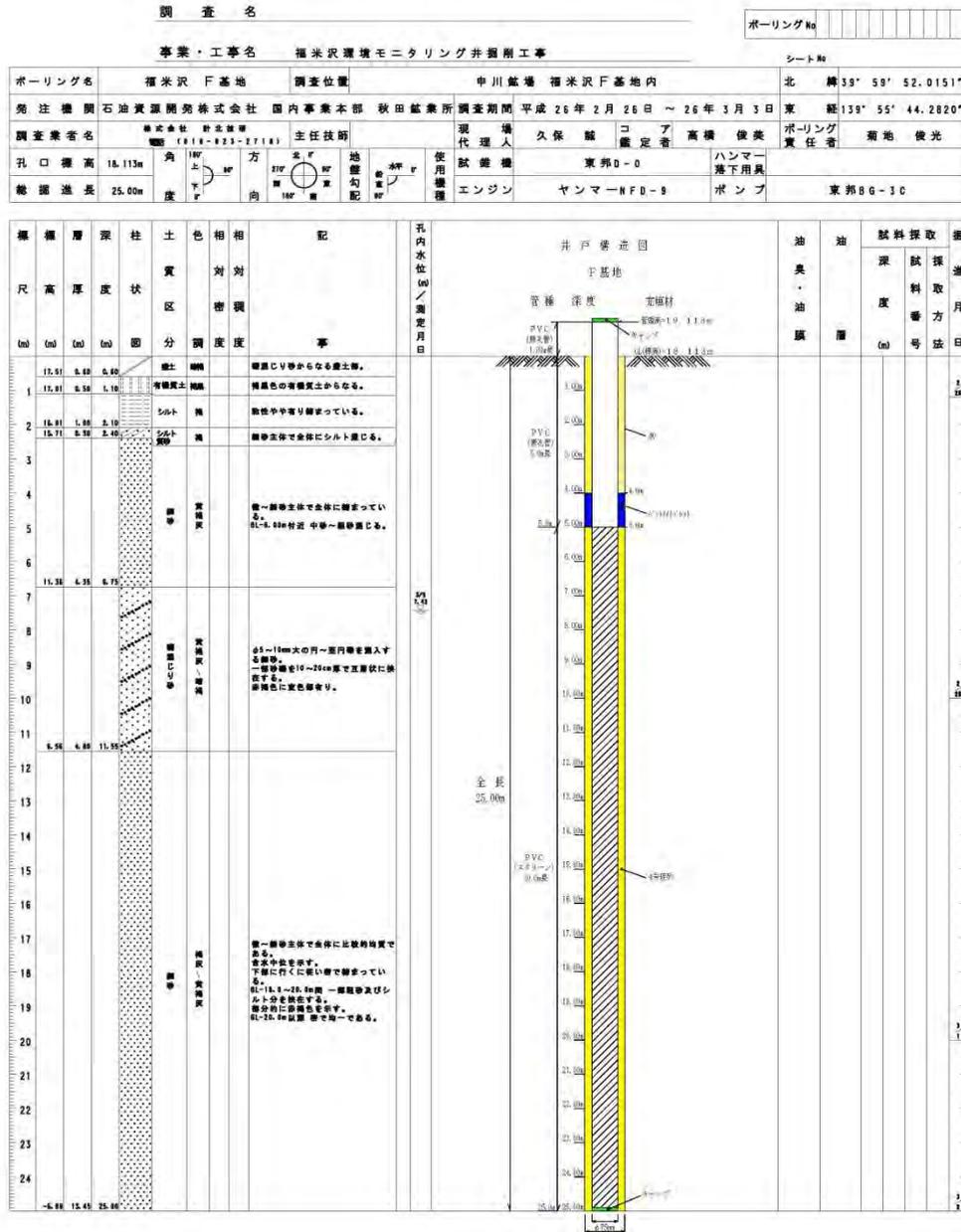
福米沢 H1H 調査(モニタリング)井坑内図、現況写真

地質柱状図



福米沢 F 基地調査(モニタリング)井坑内図、現況写真

地質柱状図





福米沢油田タイトオイル実証試験に伴う 環境モニタリング状況 中間報告

平成 26 年 9 月

石油資源開発株式会社
国内事業本部 秋田鉱業所

1. これまでのモニタリング結果の概要

- ✓ 水質モニタリング(分析)結果、ばい煙(鉱煙)などの測定結果はいずれも環境の基準値を下回り、問題ないと判断。水質の連続測定でも水質は概ね安定していることが確認された。
- ✓ 地下水ポテンシャル(流向・流速)については掘削現場敷地内、弊社福米沢F基地内において掘削された調査井で観測しているが、当初推定した通り、概ね北東から南東方向に流れていること、流速は非常に小さいこと(移動距離は13~78cm/日)を確認した。
- ✓ 騒音については作業中の騒音はほとんど問題ないレベルに留まったと判断。

2. 結果の詳細

(1) 生活用水・帯水層地下水の水質モニタリング (業務委託先:(株)秋田県分析化学センター*)

① 水分析

表1に生活用水・帯水層地下水の水質分析の結果の一覧を示した。

水質の異常の有無については国で定めている基準等(表の下欄)に基づき、調査項目の数値が基準値内に収まっているか確認しているが、いずれの項目も基準値以内に収まっている。また、現時点では大きな変動等も見られていない。

② 計測機器による水質連続観測

図1に各調査地点でのモニタリング結果をグラフで示した。

いずれの調査地点でも水質の指標となる電気伝導度(率)には大きな変化が見られなかった。尚、各生活用水水井戸では特に気温の上昇に伴う水温の上昇が観測されている。また帯水層地下水については水位の低下が観測されている。

以下に主な分析指標の状況について示した(()内は連続モニタリング値)。

対象水井戸	pH	色度 [度]	濁度 [度]	電気伝導度 [mS/m]	Cl ⁻ [mg/l]	I ⁻ [mg/l]	ベンゼン [mg/l]
A 邸 (福米沢)	6.3~6.4	<0.5	<0.2	22~26 (25.3~32.6)	21.2~24.0	<0.5	<0.001
B 邸 (福米沢)	6.2~6.3	<0.5	<0.2~0.3	23~27 (26.2~28.6)	17.3~20.8	<0.5	<0.001
C 邸 (土花)	6.2~6.6	0.5~1.2	<0.2~0.2	19~22 (19.9~27.7)	28.1~37.7	<0.5	<0.001

* TPH、溶存メタンはいずれも検出限界未満

* サンプルングも含め、分析業務を委託。

(参考データ:男鹿市水源地) *男鹿市保有データのため、削除しています。

(2) 地下水ポテンシャル調査（業務委託先: (株)秋田県分析化学センター）

下表に4月から8月に観測した結果をまとめた。また、図2-1、2-2、2-3、2-4、2-5に観測した結果を図示した。

調査 地点 月	福米沢 H1H 調査井			福米沢 F 基地調査井		
	流向 ([度])	流速[cm/分] ([cm/日])	地下水位 [mSL]	流向 ([度])	流速[cm/分] ([cm/日])	地下水位 [mSL]
4月	北東～東北東 (55.5～69.5)	0.016～0.024 (23～35)	15.85～ 15.91	北北東～東南東 (31.6～65.2)	0.011～0.017 (16～24)	10.37～ 10.54
5月	北北東～東 (29.1～81.0)	0.016～0.030 (23～43)	15.06～ 15.29	東南東～南東 (113.5～139.2)	0.020～0.027 (29～39)	9.82～ 10.06
6月	南東 (134.9～144.1)	0.031～0.051 (45～73)	14.79～ 14.86	東北東～南南東 (73.2～161.9)	0.009～0.041 (13～59)	9.52～ 9.67
7月	東北東～東南東 (76.6～113.3)	0.009～0.014 (13～20)	14.55～ 14.79	東～東南東 (95.9～114.4)	0.009～0.025 (13～36)	9.35～ 9.40
8月	東南東～南東 (105.6～130.7)	0.023～0.054 (33～78)	—	北東～東南東 (37.0～103.1)	0.009～0.025 (19～60)	—

* 観測値は各月1回72時間連続計測によるもの。7月のデータは速報値。

* 流向流速の調査方法は「単孔法による熱トレーサー方式」による。

* 流向(度)については北からの方位角度を示している。

* 8月は速報データのため、流向流速データのみ。

* 流速の測定下限は0.010cm/分であるため、それ以下のデータは参考値扱い。

地下水の流れについて観測当初の4月はH1H調査井、福米沢F基地調査井とも概ね北東方向の流れを示したが、5月には福米沢F基地調査井で南東方向流れを示した。6月に入り、ともに南東方向の流れに変化している。7月は概ね東向きの流れを示している。8月はH1H調査井で南東方向の流れとなったが、福米沢F基地では北東～東向きの流れに変化している。

地下水の流れはいずれの時期も非常に緩やかであることが確認された。

地下水位については連続モニタリングデータともあわせて見るとH1H調査井、福米沢F基地調査井ともこの5ヵ月間は緩やかな変化(低下傾向)は見られるが、大きな変化は観測されていない。

(3) 微振動モニタリング(自社作業)

DFIT作業を実施した際にAE観測を行っている。詳細は別紙報告を参照願いたい。

(4) 騒音（業務委託先：(株)秋田県分析化学センター）

下表に4月に測定した暗騒音、5月(5箇所)、6月(2箇所)に測定した作業中の騒音測定結果をまとめました(6月は5月に特に数値の高かった2箇所の地点で再度測定を実施した)。

調査地点		現場 敷地内 [dB(A)]	Bn1: 潟西中学校 [dB(A)]	Bn2: 福米沢地内 [dB(A)]	Bn3: 八掛地内 [dB(A)]	Bn4: 土花地内 [dB(A)]	Bn5: 赤坂地内 [dB(A)]
暗騒音 (4/23~24)	昼間		23.7~42.9	23.7~42.5	27.9~43.1	27.4~41.3	28.7~38.5
	夜間		21.0~34.6	19.4~31.7	20.3~31.2	19.6~39.6	21.5~43.2
作業中 (5/27~28)	昼間	71.7~72.7	41.0~49.0	40.8~45.3	43.4~44.8	42.3~46.3	40.1~43.7
	夜間	72.7~73.2	31.0~54.2	35.2~43.1	46.3~60.9	38.2~69.5	40.8~46.7
作業中 (6/23~24)	昼間	73.9~73.0	37.8~41.9			40.8~42.8	
	夜間	74.0~74.2	30.4~32.8			33.7~36.1	
環境基準 (参考)	類型		AA	A及びB			
	昼間		50以下	55以下			
	夜間		40以下	45以下			

* 昼間:6:00~22:00 夜間:22:00~6:00

* 環境基準(参考) 類型 AA:療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域 A:専ら住居の用に供される地域 B:主として住居の用に供される地域

* 調査地点の「現場作業内」は作業場敷地境界付近での測定

* 作業騒音の主たる音源は発電機、掘削作業(掘削音、打撃音など)、クレーン車作業音など。

福米沢掘削作業場周辺は都市計画法に定める都市計画区域の指定がないことから、環境基準に示す「地域の類型」の指定がなされていないが、利用状況を勘案し、Bn2~5については「A及びB類型」、Bn1は中学校に隣接していることから「AA類型」として基準との比較を行った。結果として夜間においてBn1、Bn3~5の地点で基準数値を上回ったが、これは蛙の鳴き声によるものであり、総じて作業音は問題になるレベルにないと判断されている(秋田県分析化学センター報告書、資料-1 参照)。

(5) 大気汚染(ばい煙(鉱煙)) (測定:秋田環境測定センター(株)、(一財)新潟環境分析センター)

ばい煙を発生する機器(発電機エンジン、ポンプエンジン)について掘削作業開始前に測定を実施した。いずれも基準をクリアした。

測定対象機器	ばいじん濃度 [g/m ³] O ₂ 13%換算値	硫黄酸化物 濃度[ppm]	硫黄酸化物量 [m ³ /h]	窒素酸化物濃度 [ppm] O ₂ 13%換算値
No.1 発電機	<0.07(0.10)	<4.1	<0.022(0.316)	610(950)
No.2 発電機	<0.07(0.10)	<4.2	<0.025(0.324)	390(950)
No.3 発電機	<0.08(0.10)	<4.3	<0.025(0.335)	500(950)
No.4 発電機	<0.08(0.10)	<4.3	<0.025(0.341)	670(950)
セメンチングポンプ 7706PS	<0.03(0.10)	<5	<0.002(0.441)	470(950)
セメンチングポンプ 7706DS	<0.03(0.10)	<5	<0.002(0.441)	430(950)

* ()内が排出基準値

- 表 1 福米沢地区環境(水質関係)モニタリング結果一覧表
図 1 水質連続モニタリング結果(5 地点)
図 2-1~2-5 流向流速測定結果(平成 26 年 4 月、5 月、6 月、7 月、8 月)
- 資料-1 福米沢 SK-26D/26DH 作業騒音及び総合騒音測定業務報告書(秋田県分析化学センター、一部抜粋)

注) 本文、資料について、個人情報保護のため、水井戸所有者の氏名等は非公開としています。

以上

本書の内容につきまして、事前の了承なく使用・複製・転載等を行わないようお願いします。
石油資源開発株式会社

表1 福米沢地区環境（水質関係）モニタリング結果一覧表（個人情報保護のため、水井戸所有者の氏名等は非公開としています）

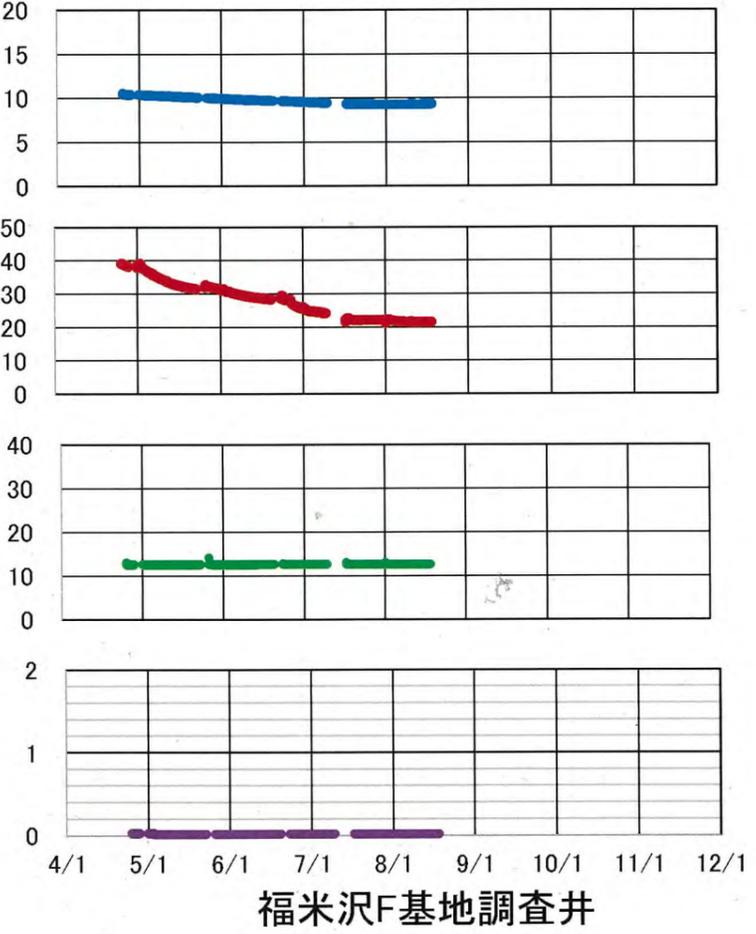
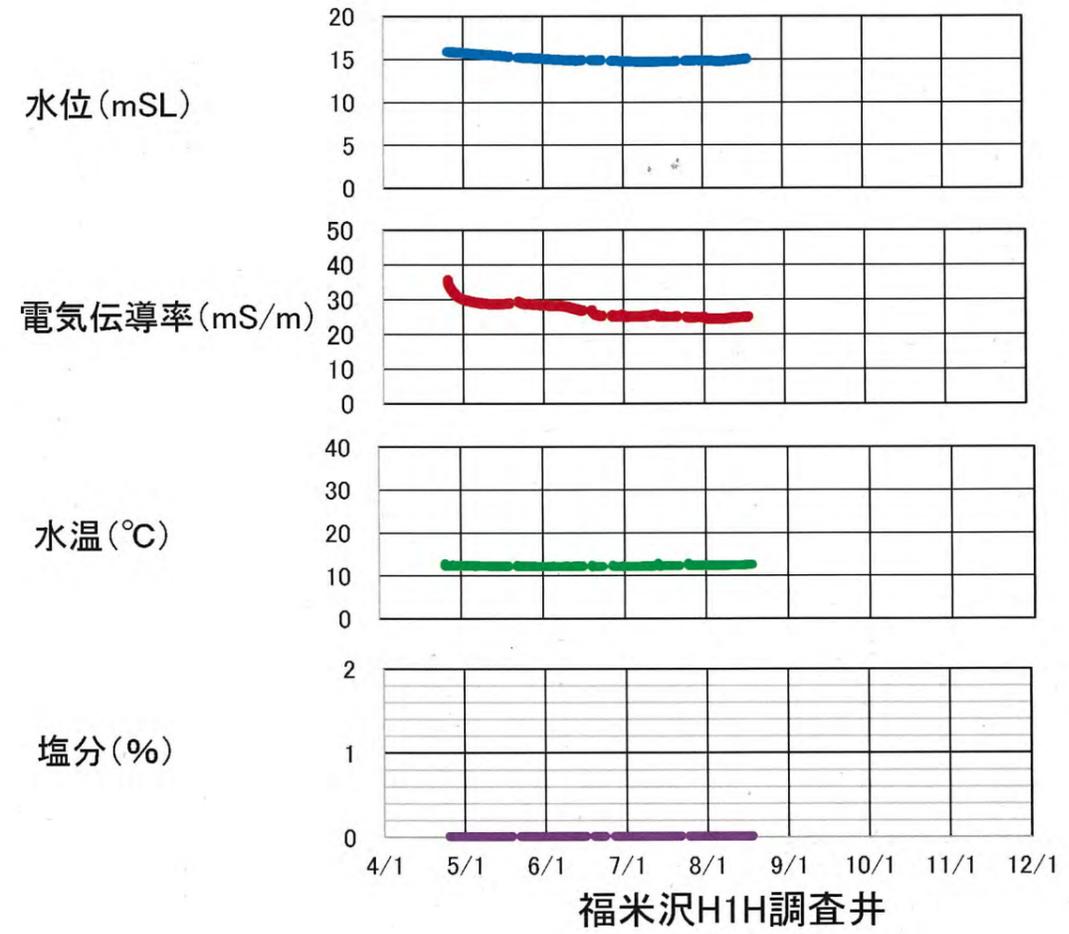
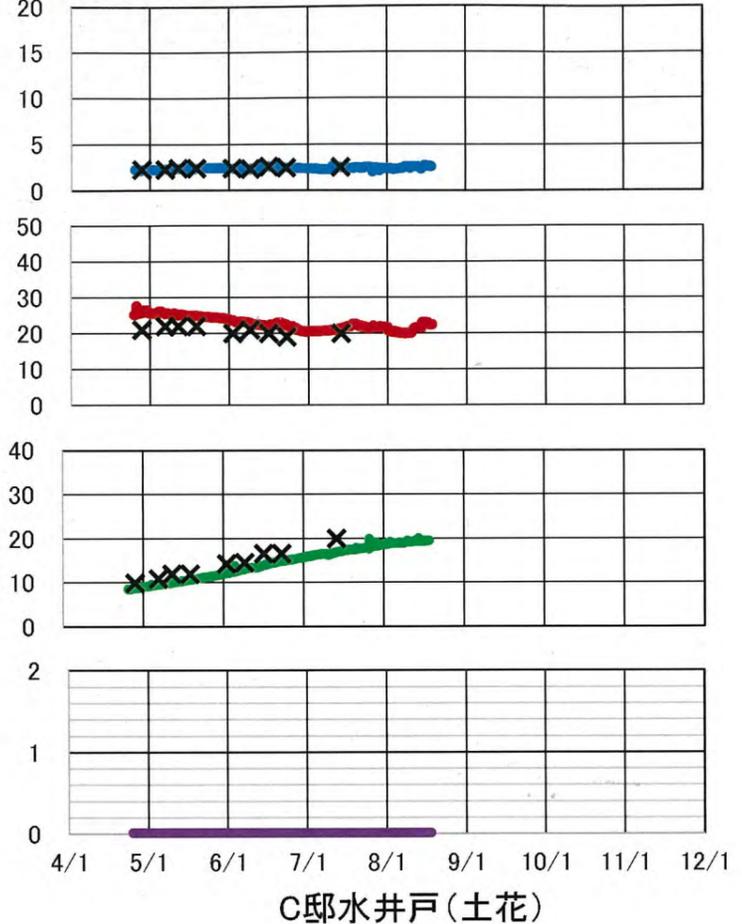
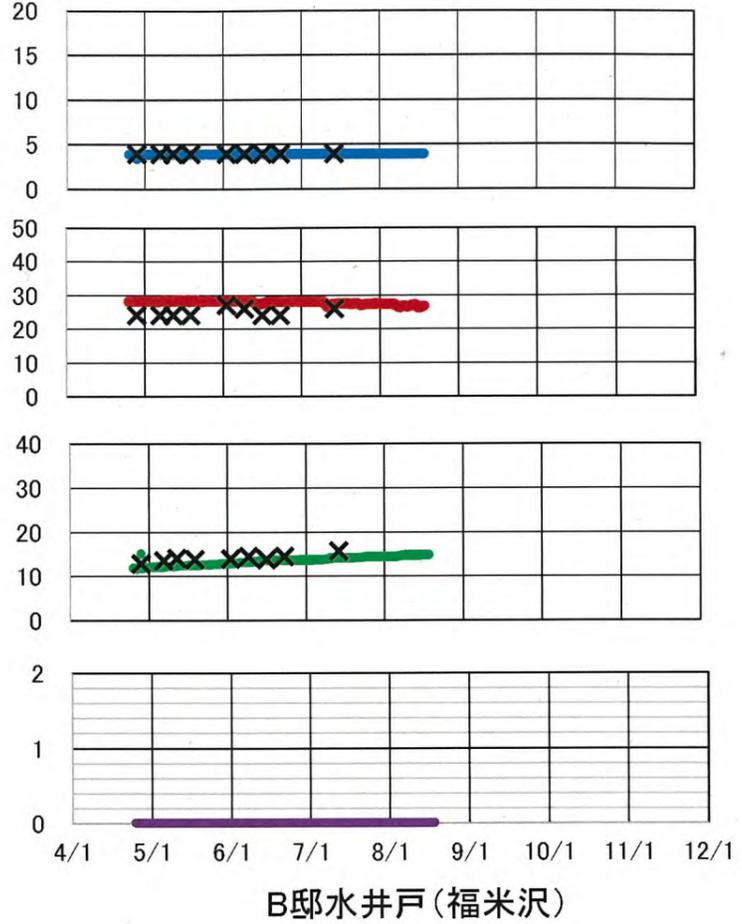
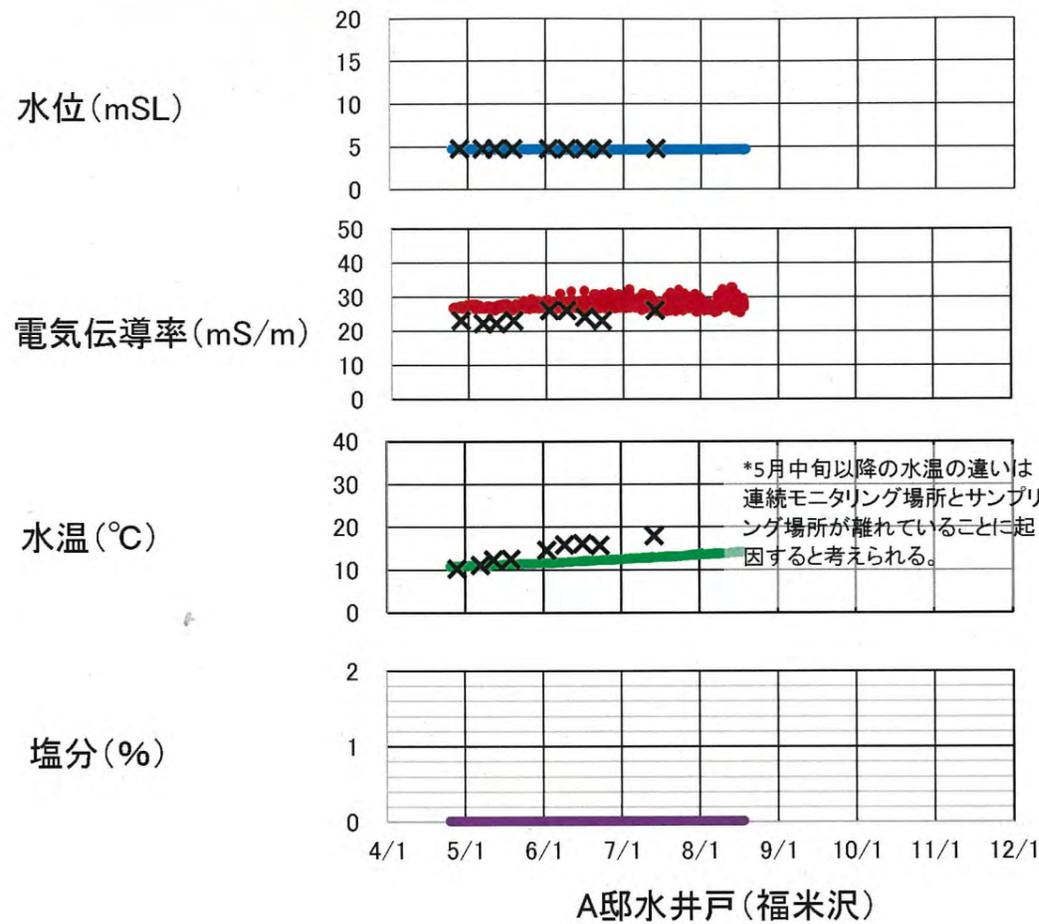
検体名	採取日	時刻	天候	気温 ℃	水温 ℃	水位 mGL	pH	@ ℃	臭気	色度 度	濁度 度	電気伝導率 mS/m	Cl ⁻ mg/L	I ⁻ mg/L	HCO ₃ ⁻ mg/L	SO ₄ ²⁻ mg/L	Na ⁺ mg/L	K ⁺ mg/L	Ca ²⁺ mg/L	BOD mg/L	ベンゼン mg/L	TPH μg/mL	メタン (mg/L)		dD %	d ¹⁸ O %	異常有無 判定
																							殺菌剤有	殺菌剤無			
A邸水井戸	2014/2/26	10:48	晴	5	10.8	-0.15	6.3	19	異常なし	<0.5	<0.2	22	24.0	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満	0.01未満	-50.0	-8.4	無
	2014/3/12	10:35	曇り	0	10.3	-0.16	6.4	13	異常なし	<0.5	<0.2	24	22.2	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満	0.01未満	-50.6	-8.4	無
	2014/4/22	11:30	晴	14	10.9	-0.17	6.3	17	異常なし	<0.5	<0.2	23	23.3	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/4/28	11:45	曇り	13	10.1	-0.16	6.3	17	異常なし	<0.5	<0.2	23	22.3	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/7	10:25	晴	14	11.0	-0.17	6.4	17	異常なし	<0.5	<0.2	22	22.6	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/12	14:00	曇り	25	12.2	-0.17	6.4	18	異常なし	<0.5	<0.2	22	22.0	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/19	11:15	晴	16	12.4	-0.18	6.3	18	異常なし	<0.5	<0.2	23	21.9	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/2	13:00	快晴	27	14.4	-0.19	6.3	22	異常なし	<0.5	<0.2	26	21.2	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/9	10:20	晴	25	15.7	-0.17	6.3	23	異常なし	<0.5	<0.2	26	21.5	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/16	11:35	曇り	20	16.0	-0.19	6.3	21	異常なし	<0.5	<0.2	24	19.7	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/23	10:58	曇り	19	15.6	-0.19	6.4	21	異常なし	<0.5	<0.2	23	20.4	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/7/14	13:41	晴	27	17.8	-0.18	6.4	23	異常なし	<0.5	<0.2	26	20.5	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
B邸水井戸	2014/2/26	10:10	晴	5	11.0	-0.37	6.2	19	異常なし	<0.5	<0.2	23	20.8	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満	0.01未満	-50.7	-8.4	無
	2014/3/12	10:15	小雪	0	10.7	-0.35	6.3	12	異常なし	<0.5	0.3	26	19.1	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満	0.01未満	-49.4	-8.4	無
	2014/4/22	11:00	晴	14	13.0	-0.39	6.3	18	異常なし	<0.5	<0.2	24	19.8	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/4/28	10:50	曇り	13	12.8	-0.38	6.2	17	異常なし	<0.5	<0.2	24	18.7	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/7	9:56	晴	14	13.5	-0.37	6.3	18	異常なし	<0.5	<0.2	24	18.3	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/12	13:10	曇り	25	14.0	-0.37	6.3	18	異常なし	<0.5	<0.2	24	18.8	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/19	10:50	晴	16	13.7	-0.37	6.2	18	異常なし	<0.5	<0.2	24	18.2	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/2	10:52	快晴	27	13.9	-0.36	6.2	22	異常なし	<0.5	<0.2	27	18.2	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/9	10:03	晴	25	14.5	-0.37	6.2	21	異常なし	<0.5	<0.2	26	17.3	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/16	10:41	曇り	20	13.8	-0.37	6.2	21	異常なし	<0.5	<0.2	24	18.0	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/23	10:37	曇り	19	14.4	-0.37	6.3	21	異常なし	<0.5	<0.2	24	18.1	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/7/14	11:42	曇り	25	15.6	-0.38	6.3	23	異常なし	<0.5	<0.2	26	18.1	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
C邸水井戸	2014/2/26	11:18	晴	5	7.4	-2.00	6.3	19	異常なし	0.6	<0.2	21	37.7	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満	0.01未満	-51.2	-8.6	無
	2014/3/12	11:05	小雪	0	6.4	-1.97	6.3	15	異常なし	0.6	<0.2	21	32.1	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満	0.01未満	-50.1	-8.6	無
	2014/4/22	11:45	晴	14	9.1	-2.10	6.3	17	異常なし	0.6	<0.2	20	34.1	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/4/28	12:30	曇り	13	9.8	-2.16	6.4	17	異常なし	0.8	0.2	21	35.7	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/7	10:45	晴	14	10.8	-2.12	6.3	17	異常なし	0.8	<0.2	22	35.7	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/12	14:50	曇り	23	11.8	-2.04	6.5	17	異常なし	0.5	<0.2	22	36.9	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/5/19	11:30	晴	16	11.8	-2.02	6.2	18	異常なし	0.7	<0.2	22	33.1	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/2	14:00	快晴	25	14.2	-2.03	6.2	22	異常なし	0.9	<0.2	20	29.5	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/9	10:35	晴	25	14.4	-2.06	6.5	24	異常なし	1.0	<0.2	21	28.1	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
	2014/6/16	13:20	曇り	20	16.5	-1.83	6.3	21	異常なし	1.2	<0.2	20	26.9	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無
2014/6/23	11:18	曇り	19	16.5	-1.95	6.6	21	異常なし	1.0	<0.2	19	26.2	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無	
2014/7/14	14:30	曇り	26	19.8	-1.90	6.5	23	異常なし	1.2	<0.2	20	21.4	<0.5	NA	NA	NA	NA	NA	<0.5	<0.001	<10	0.01未満		NA	NA	無	
福米沢H1H調査井	2014/3/12	11:50	小雪	0	11.8	-3.52	7.8	20	異常なし	NA	NA	37	31.0	<0.5	120	31	62	1.0	1.6	NA	<0.001	<10	0.01未満	0.01未満	-51.5	-9.07	
福米沢F基地調査井	2014/3/12	12:25	小雪	0	12.0	-7.70	7.8	18	異常なし	NA	NA	33	21.0	<0.5	140	15	60	0.99	1.1	NA	<0.001	<10	0.01未満	0.01未満	-50.5	-9.30	
滝の頭水源地 【ゲート脇採水】 (社内参考分析)	2014/3/12	12:45	小雪	0	---	---	7.8	21	NA	NA	NA	20.1	24.3	<0.5	48	11	17.4	2.15	10.8	NA	<0.001	NA	NA		-50.7	-8.78	

水質基準（水道法・生活環境の保全に関する環境基準AAクラス（BOD））	5.8~8.6	異常でないこと	5度以下	2度以下	200以下															1以下	0.01以下							
当社判断基準	同上	同上	同上	同上	同上	検出されないこと														同上	同上	検出されないこと	検出されないこと					
分析（測定）者			秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	秋分	SI	SI

秋分；（株）秋田県分析化学センター SI； SIサイエンス（株） NA；分析対象外項目 または未計測項目

滝の頭の各分析値、水井戸の同位体分析結果は参考分析値。

異常の有無判定は「臭気」、「色度」、「濁度」、「塩素イオン濃度」、「ベンゼン」が水道法基準値以下かつ、I（ヨウ素）、TPH、（溶存）メタンが検出されないこと（検出限界未満）を「異常無し」の判断基準とした。



注) ×はサンプリング時の測定結果及び試料の分析委託先での測定結果(電気伝導率)

図1 水質連続モニタリング結果 (5地点)

* 個人情報保護のため、水井戸所有者の氏名等は非公開としています。 (公)

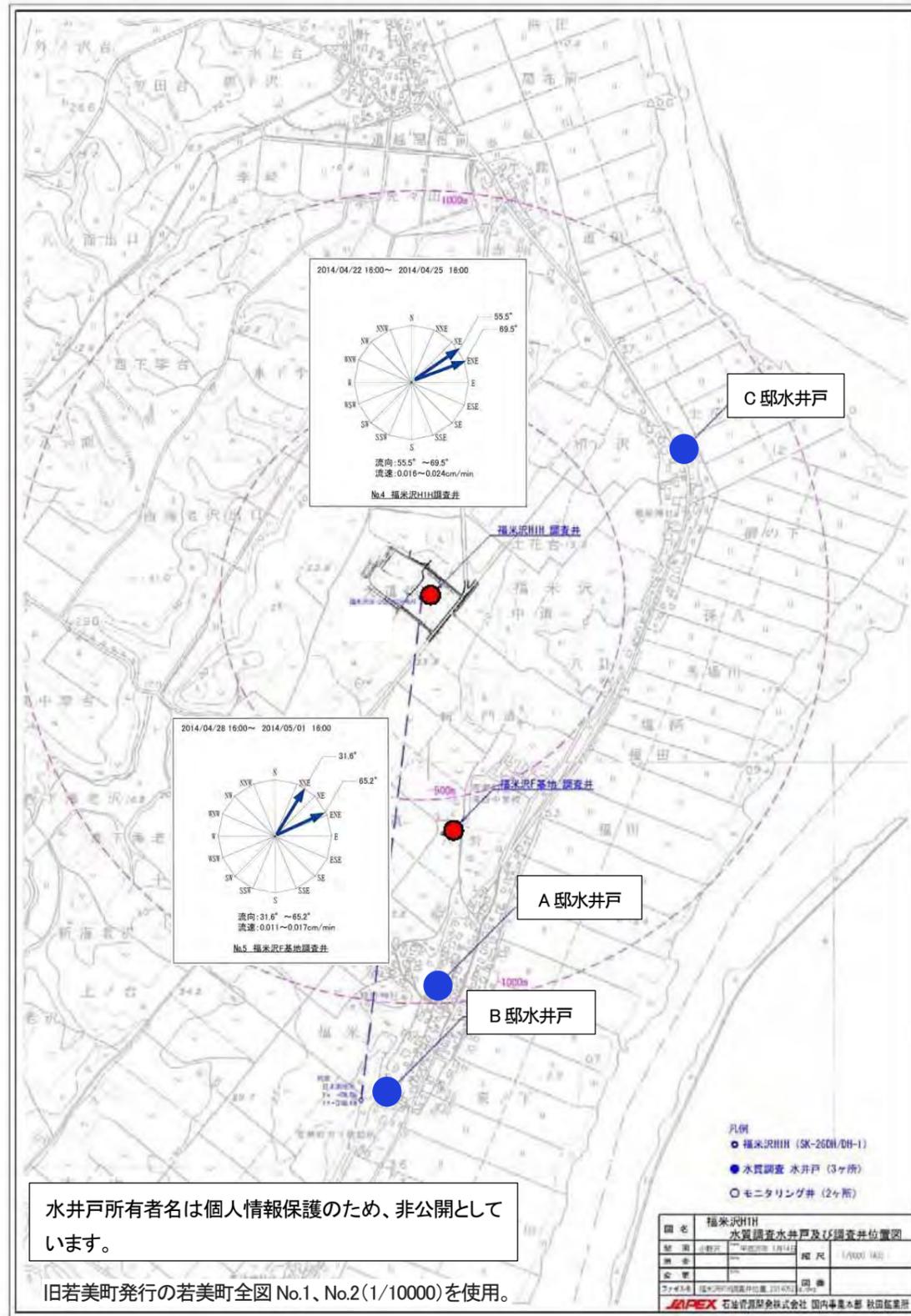


図 2-1 流向流速測定結果(4 月)

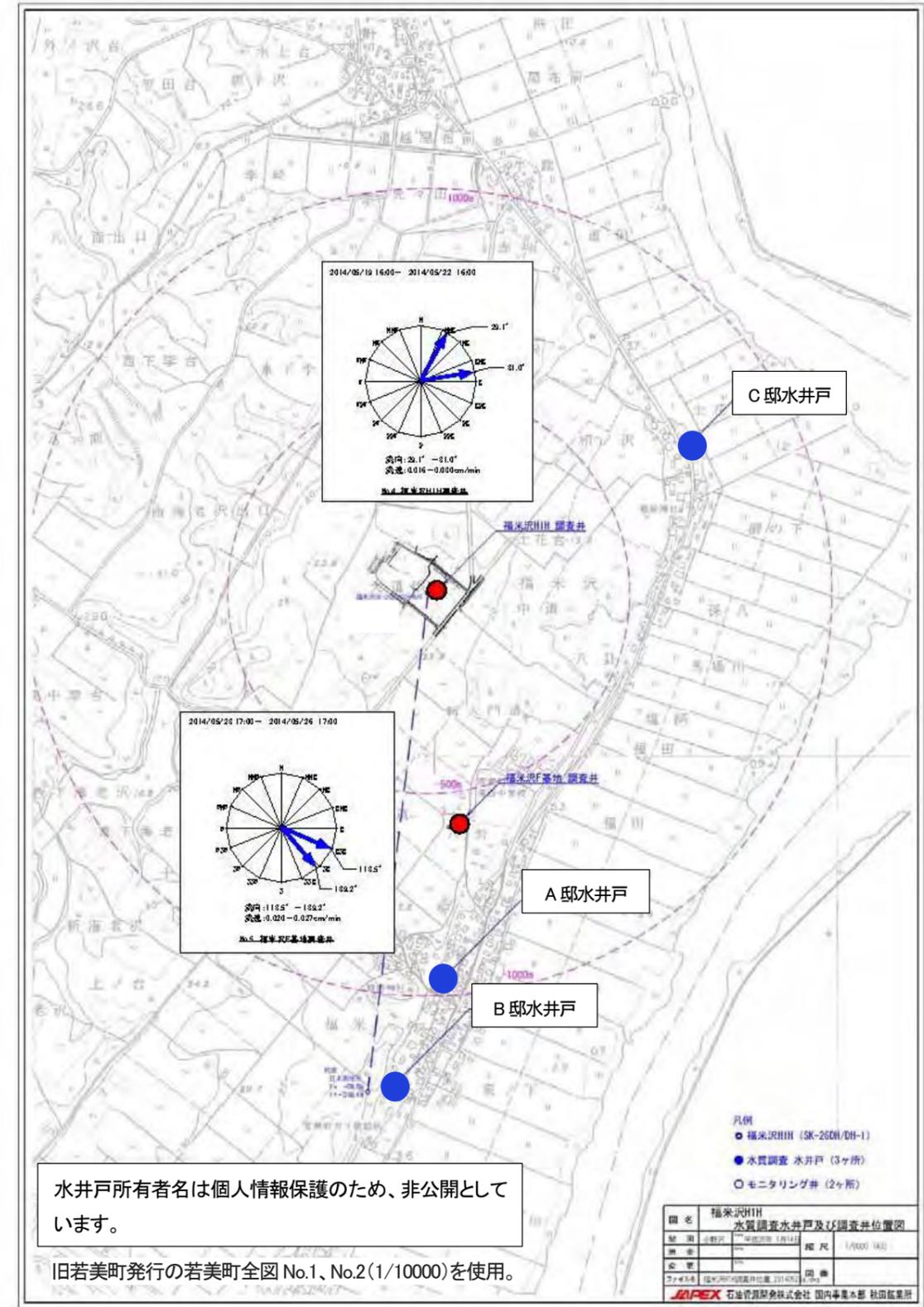


図 2-2 流向流速測定結果(5 月)

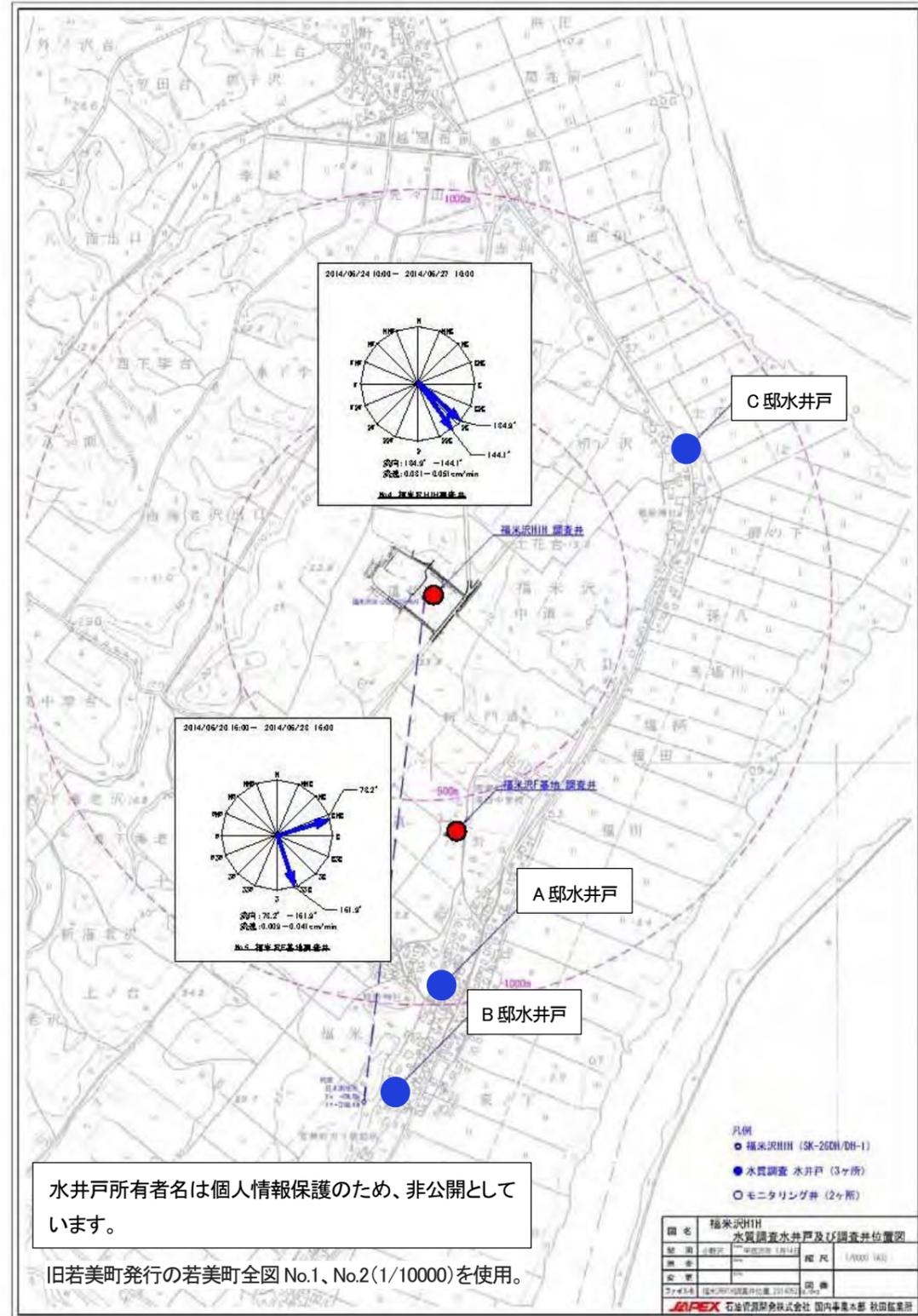


図 2-3 流向流速測定結果(6月)

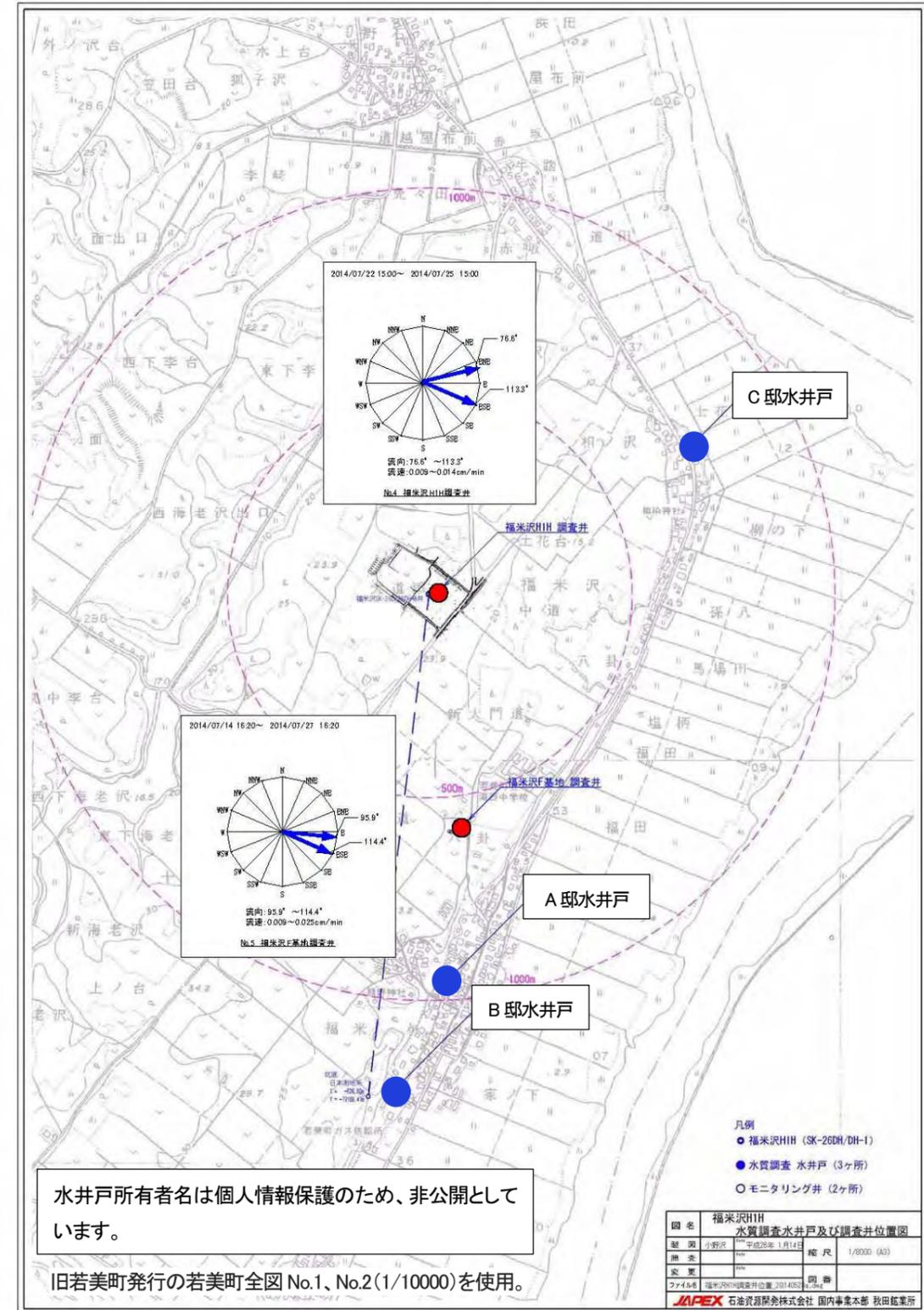
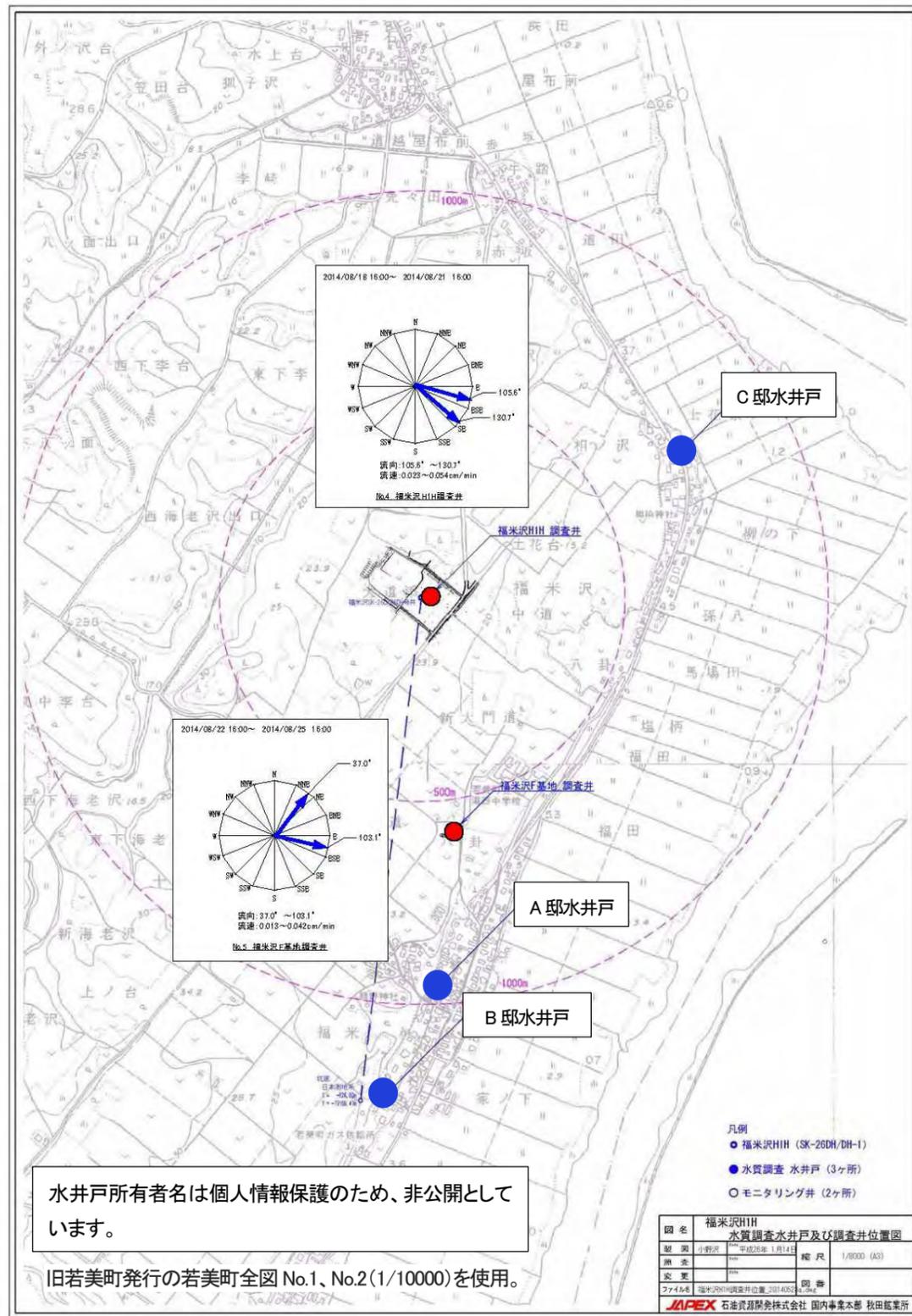


図 2-4 流向流速測定結果(7月)



水井戸所有者名は個人情報保護のため、非公開として
 います。

旧若美町発行の若美町全図 No.1、No.2(1/10000)を使用。

図 2-5 流向流速測定結果(8月)

3. 評価

本調査は、福米沢 HIH 周辺地域において、作業騒音の与える影響を調査することを目的としていることから、環境騒音（Bn1～5）の測定結果を表-3.1 に示す環境基準と比較し、その結果を表-3.2 に示す。

環境基準は、24 時間連続測定の結果を昼間（6:00～22:00）、夜間（22:00～6:00）の時間区分毎にエネルギー平均した等価騒音レベルで基準が定められているが、本調査は、10 分間の測定で得られた当該時間の代表的な等価騒音レベルにより比較評価した。

福米沢 HIH 周辺地域は、都市計画法に定める都市計画区域の指定がないことから、環境基準に示す「地域の類型」の指定が成されていないが、利用状況を勘案し Bn2～5 については「A 及び B」類型、Bn1 は中学校に隣接していることから「AA 類型」との比較とした。

比較結果は、2 2 時台が Bn1～5 の全地点で基準を上回ったが、これは蛙の鳴き声の影響によるものであり、掘削作業に起因するものではない。Bn3 は 2 時台も基準を上回ったが、周囲に水田が多いことによる蛙の影響である。

掘削作業による音は、日中は殆ど感じられず、2 時台に Bn4 及び Bn5 で発電機と思われる低い音が僅かに感じられた程度であった。この 2 地点は掘削作業現場に向って障害物が殆ど存在しておらず、調査当日は南からの風が多かったことも一因であると考えられる。

表-3.1 騒音に係る環境基準

*評価手法は、等価騒音レベルによる。

[道路に面する地域を除く地域]		
地域の類型	基準値	
	昼間 (6:00～22:00)	夜間 (22:00～翌 6:00)
AA	50 デシベル以下	40 デシベル以下
A 及び B	55 デシベル以下	45 デシベル以下
C	60 デシベル以下	50 デシベル以下
注		
AA：療養施設、社会福祉施設等が集合して設置される地域など特に静穏を要する地域		
A：専ら住居の用に供される地域		
B：主として住居の用に供される地域		
C：相当数の住居と併せて商業、工業等の用に供される地域		

平成10年9月30日環境庁告示第64号 改正平成12年3月28日環境庁告示第20号

表-3.2 環境基準との比較

調査地点	環境基準 dB (A)		測定時間		調査結果 LAeq dB (A)	評価	
			開始	終了		適:○ 否:×	dB (A) 差
Bn1: 瀧西中学校付近	昼間	50	14:01	~ 14:15	45.4	○	-4.6
			18:02	~ 18:16	41.6	○	-8.4
	夜間	40	22:03	~ 22:13	54.2	×	14.2
			2:00	~ 2:10	31.0	○	-9.0
	昼間	50	6:00	~ 6:10	41.0	○	-9.0
			10:03	~ 10:13	49.0	○	-1.0
Bn2: 福米沢地内	昼間	55	14:00	~ 14:14	44.8	○	-10.2
			18:01	~ 18:13	40.8	○	-14.2
	夜間	45	22:01	~ 22:11	43.1	○	-1.9
			2:00	~ 2:10	35.2	○	-9.8
	昼間	55	6:00	~ 6:13	42.1	○	-12.9
			10:01	~ 10:11	45.3	○	-9.7
Bn3: 八掛地内	昼間	55	14:20	~ 14:35	44.0	○	-11.0
			18:05	~ 18:18	44.8	○	-10.2
	夜間	45	22:06	~ 22:16	60.9	×	15.9
			2:03	~ 2:13	46.3	×	1.3
	昼間	55	6:00	~ 6:15	43.7	○	-11.3
			10:05	~ 10:16	43.4	○	-11.6
Bn4: 土花地内	昼間	55	14:43	~ 14:56	43.3	○	-11.7
			18:22	~ 18:44	42.3	○	-12.7
	夜間	45	22:25	~ 22:35	69.5	×	24.5
			2:26	~ 2:36	38.2	○	-6.8
	昼間	55	6:22	~ 6:32	46.3	○	-8.7
			10:24	~ 10:37	45.2	○	-9.8
Bn5: 赤坂地内	昼間	55	14:44	~ 14:57	43.7	○	-11.3
			18:38	~ 18:51	40.1	○	-14.9
	夜間	45	22:27	~ 22:37	46.7	×	1.7
			2:22	~ 2:32	40.8	○	-4.2
	昼間	55	6:25	~ 6:35	40.3	○	-14.7
			10:21	~ 10:34	40.9	○	-14.1

平成 26 年 9 月 8 日(改)

福米沢油田タイトオイル実証試験 フラクチャリング作業の
作業中断・作業再開基準(案)及び緊急時の連絡体制について

石油資源開発株式会社
国内事業本部 秋田鉱業所

当社福米沢油田タイトオイル実証試験の内、フラクチャリング作業実施時の作業中断基準、作業再開の基準については AE 並びに水質モニタリングにより、以下の通り、設定するものとする。

これらの基準等については申川鉱山保安規程の下位基準として制定する。

1. 作業中断の基準(案)

(1) AE モニタリングによるもの

福米沢環境対策検討会の結論と同様とする。

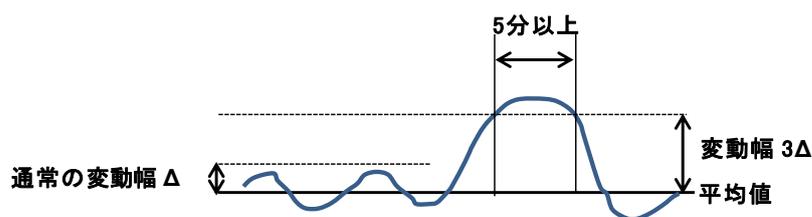
- AE-1** フラクチャリング箇所から距離 1km 以内の範囲においてマグニチュード 1.0 を超える AE/微小地震が観測された場合(マグニチュード 0~1.0 の AE が観測された場合はモニタリング強化、Hi-net の情報も収集、確認するものとする)。
- AE-2** 規模の大きさによらず AE が深度 800m 前後に存在する塩水層に達した場合。
- AE-3** 機器の故障等で AE モニタリングができなくなった場合。

(2) 水質モニタリングによるもの

関東東北産業保安監督部東北支部「申川鉱山タイトオイル環境対策評価検討会」での議論を踏まえ、以下の通り、新たに中断基準を設けるものとする。

- WA-1** 各水井戸(3箇所)でモニタリングしている電気伝導率(EC)が1箇所以上、井戸毎に設定する基準値を5分以上超えた場合。
(基準値はフラクチャリング作業前1週間の EC 平均値に平成 26 年 4 月以降観測された変動幅(最大値と平均値の差)の 3 倍の値を加えた数字とする。)

(例)1 週間の EC 平均値 27.0[mS/m] 変動幅 5.0[mS/m] → 中断基準値 42mS/m



水質モニタリングによる作業中断判断イメージ

(設定の考え方等)

- ✓ 本年4月からの連続測定においては本地域の地下水の電気伝導率は概ね20~40mS/mの範囲内(次ページ表参照)となっているが、井戸、時期によってベースライン、変動の幅が異なっている。よって個別に基準を設定する。
- ✓ 変動幅についてはフラクチャリング作業前(10月)までのデータをもとに決定する。
- ✓ リアルタイムによる監視は5分間隔で実施する予定(データ自体は1分間隔で記録する予定)。

【各生活用水水井戸の電気伝導率(EC)測定結果(4/25~8/18)】

	A 邸 水井戸 [mS/m]	B 邸 水井戸 [mS/m]	C 邸 水井戸 [mS/m]	H1H 調査井 [mS/m]	福米沢 F 基地調査井 [mS/m]
最大値	32.6(5.2)	28.6(0.7)	27.7(4.9)	35.6(8.8)	39.2(11.4)
最小値	25.3(2.1)	26.2(1.7)	19.9(2.9)	24.3(2.5)	21.1(6.7)
最大-最小	7.3	2.4	7.8	11.3	18.1
平均値	27.4	27.9	22.8	26.8	27.8
データ数	11,036	11,038	11,034	9,705	9,380

* ()内は平均値との差(変動幅)

* 個人情報保護のため、水井戸所有者の氏名等は非公開。

(3) その他

EX-1

申川鉱場(福米沢集油所)において震度4以上の地震を検知した場合。

EX-2

保安管理者が環境汚染のおそれが高いと判断した場合。

尚、環境汚染のおそれが高いと考えられるケースとしては以下のケースを想定する。

- ① 生活用水層への圧入流体の侵入を防止するバリア(セメントやケーシング)の健全性が失われた場合、その恐れが大きくなった場合(9-5/8"×5-1/2"ケーシングアニュラス坑口圧モニタリングでフラクチャリング中の坑底圧が9-5/8"ケーシングシュー戻まで伝わったことを示唆する圧力上昇が観察され、リークオフ圧力(アニュラス泥水柱圧を考慮すると坑口圧で4.8MPa相当)を超えた場合)。
- ② リアルタイムでの水質モニタリングデータ(電気伝導率)に明らかな上昇傾向が見られ、過去測定されている変動幅を超えて、さらに中断の基準値を超えると見込まれる場合。
- ③ 各フラクチャリングのステージ毎に実施する事前の圧入テスト、メインのフラクチャリング作業においてブレークダウン圧力が事前に想定した圧力を下回る場合。

EX-3

作業現場において環境汚染が実際に発生した場合(復旧に時間を要さない小規模なものは除く)。

EX-4

作業現場において事故・災害が発生した場合。

2. 作業再開、取り止めの基準(案)

作業再開の判断は情報を収集した上で、事故・災害・環境への影響発生のおそれが無くなったと保安統括者が判断した後に行うものとする。

作業の再開、取り止めのための具体的な基準(要件)、対応は 1.の各中断の原因毎に以下(→)の通りとする。

(1) AE モニタリング

AE-1 フラクチャリング箇所から距離 1km 以内の範囲においてマグニチュード 1.0 を超える AE/微小地震が観測された場合

→当該ステージのフラクチャリング作業は取り止めとする。

→AE の収束確認後、当該 AE が自然由来のものと判断された後、次のステージの作業を実施(作業再開)する。

→次のステージで連続して同様の AE が発生した場合は全作業を中断する。その後、福米沢環境対策検討会に諮った上で発生 AE 等が当社作業に起因しないことを確認すること、地元自治体の了承を得ることを再開の要件とする。

AE-2 規模の大きさによらず AE が深度 800m 前後に存在する塩水層に達した場合。

→当該ステージでのフラクチャリング(圧入)は取り止めとする。

AE-3 機器の故障等で AE モニタリングができなくなった場合。

→モニタリング機器での観測ができるようになることを再開の要件とする。

(2) 水質モニタリング

WA-1 各水井戸(3箇所)でモニタリングしている電気伝導率(EC)が1箇所以上、井戸毎に設定する基準値を5分以上超えた場合

→モニタリング値が通常値(平均値からの変動幅3倍未満)に1時間以内で復帰した場合は復帰後24時間基準値を超えないことを再開の要件とする。基準値を超える時間が1時間を超えた場合は、水質分析を行って異常がないことが確認されることを再開の要件とする。

→作業再開後、再び基準値を超えた場合は水質分析を行って異常がないことが確認されることを再開の要件とする。

(3) その他

EX-1 申川鉱場(福米沢集油所)において震度4以上の地震を検知した場合。

→地震発生後、震源を確認して、当該作業地域周辺でないことを確認し、かつ機器等の点検を実施して異常が無いことを再開の要件とする。

EX-2 保安管理者が環境汚染のおそれが高いと判断した場合。

→① 全ステージの圧入を取り止めるものとする。

→② 上記 WA-1 の再開要件に準じることとする。

→③ 当該ステージでの圧入は取り止めとして、次のステージに進むものとする。

EX-3 作業現場において環境汚染が実際に発生した場合(復旧に時間を要さない小規模なものは除く)。

→汚染物質の除去を実施した後、原因調査を実施、対策を講じて再び汚染が発生する

おそれが無いと保安管理者が判断することを再開の要件とする。

EX-4

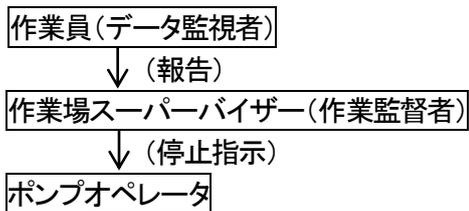
作業現場において事故・災害(上記③を除く)が発生した場合。

→事故・災害発生後、原因調査を実施、再発防止対策等を講じて事故・災害が発生するおそれが無いと保安管理者が判断することを再開の要件とする。

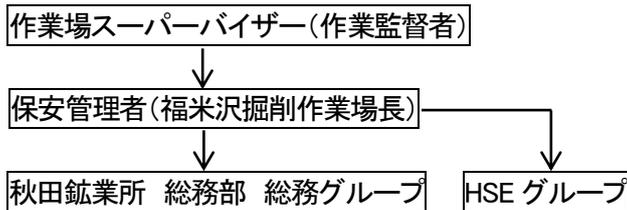
3. 緊急時の連絡体制

前述の作業中断となる事象が生じた場合は以下のルートで作業指示及び連絡を行う。

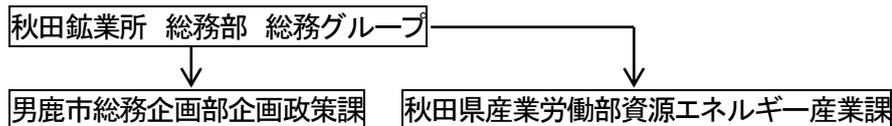
【現場での報告・指示】



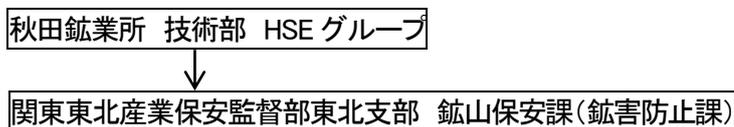
【社内連絡】(現場での停止指示後、会社が定める緊急連絡網に従い、速やかに連絡)



【地元自治体への連絡】(保安管理者からの報告を受け、速やかに連絡)



【関東東北産業保安監督部東北支部への連絡】(保安管理者からの報告を受け、速やかに連絡)



尚、事故、災害等法令に基づく報告の必要が生じた場合の連絡体制は通常の鉱山保安体制と同様に会社が定める緊急連絡網に従って行う。また、法令に基づく関係官庁への連絡、報告は会社が定める「災害等発生時の通報・連絡要領」に基づき、実施する。

以上