



平成 26 年 3 月 6 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 三原 章司  
電話番号 03-6268-7110

秋田・福米沢<sup>ふくめざわ</sup>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

石油資源開発株式会社（以下、当社）は、当社の福米沢油田（秋田県男鹿市、<sup>きりかわ</sup>申川油田群の 1 つ）の女川層<sup>おんながわ</sup>において、我が国で初めてとなる多段フラクチャリング作業を伴うタイトオイル（シェールオイル）実証試験を計画しており、現在、これを平成 26 年度中に実施する方向で諸準備を進めているところです。

諸準備にあたっては、特に環境対策について万全を期すため、第三者の有識者のご参加を得たうえで、社内に「福米沢環境対策検討会」を設置し、この間、同対策の信頼性、透明性を高める取り組みに努めてまいりました。

また、これと並行し、地域住民の方々はもとより地元関係各位へのご説明の機会を頂いてきたところです。

今般、同会が検討結果を取りまとめるに至ったことから、これを別紙のとおり公表させていただきますので、改めて、本実証試験に係るご理解ご協力を賜りたく、お願い申し上げます。

なお、当社は一昨年（平成 24 年）から、独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構（JOGMEC）の支援のもと、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まいりました。平成 24 年 10 月、鮎川<sup>あゆかわ</sup>油ガス田（秋田県由利本荘市）の既存坑井である黒沢 AK-1 号井を用いて、当該層に対して酸処理を実施した結果、酸処理前（日量約 1.5kl）に比べ日量で 20 倍以上の生産量の改善に至りました（平成 25 年 7 月 25 日付当社ニュースリリース）。現在、早期の商業生産に向けた準備を進めているところです。

以 上

別紙：「福米沢環境対策検討会報告書」

# 福米沢環境対策検討会報告書

平成 26 年 2 月

石油資源開発株式会社  
福米沢環境対策検討会

## 目次

はじめに	2
1. 福米沢環境対策検討会	
(1) 設置の目的	3
(2) 設置日	3
(3) 構成委員・オブザーバー・事務局	3
(4) 検討事項	4
2. 検討会、個別説明会開催経過	4
3. 検討結果要旨	5
4. 検討内容	
(1) 検討対象の概要等	6
(2) 想定されるリスクと実施すべき環境対策等	
1) 想定されるリスク	7
2) 環境対策	9
3) モニタリング	13
4) 作業中断の判断基準	15
(3) リスクアセスメントの結果	16

## 添付資料

### 図面集

- 1 福米沢 Loc.H1・H1H 掘削作業・フラクチャリング作業現場周辺環境等
- 2 地質概要(帯水層、断層等を含む)
- 3 福米沢 Loc.H1・H1H 掘削作業・フラクチャリング作業計画(案)
- 4 福米沢 Loc.H1・H1H 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(案)
- 5 リスクマトリクス
- 6 リスクマトリクスにおける影響度(重大性)の具体的イメージ
- 7 福米沢 Loc.H1・H1H 掘削作業 リスクアセスメント
- 8 福米沢 Loc.H1H フラクチャリング作業 リスクアセスメント

はじめに

石油資源開発株式会社(当社)は、非在来型資源の開発をひとつの柱と掲げ、平成 24 年 10 月に独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)の支援を受け、鮎川油ガス田の黒沢 AK-1 号井を用いた、女川タイト層に対して酸処理テストを実施した。この実証試験の評価結果を踏まえ、平成 25 年 7 月 25 日に鮎川油ガス田と同様に女川タイト層が分布する当社の福米沢油田において、新たな実証試験、水平井掘削及びフラクチャリング作業に向けた基本計画を策定し、その実施に向けて準備を開始することのプレスリリースを行った。

フラクチャリングは坑井刺激法のひとつとして確立された技術であり、当社においても 1980-1990 年代において、秋田県申川油田及び福米沢油田において行った実績もある。

この既存技術を応用した水平井による多段フラクチャリングによる、シェールガス、シェールオイル開発は、2000 年代中盤から急速に展開し欧米各国で大きな成果を上げている。その一方で開発における様々な環境影響が指摘されている。

当社では本実証試験の実施に向け、環境に対して十分な配慮をすべく、あらゆる角度から調査・検討を実施しており、この取組みの一環として、当社が実証試験において講ずべき環境対策の信頼性、透明性を高める必要から、第三者の有識者よりコメントを聴取し、これを作業内容に反映させ万全な環境対策を構築すべく、福米沢環境対策検討会を設置し、3 回の検討会を実施した。

本報告書は検討会で議された以下の3点についての報告書である。

- ① リスクアセスメント(環境に対するリスク分析とその対策)
- ② 実施するモニタリング作業
- ③ 作業中断の基準

## 1. 福米沢環境対策検討会

### (1) 設置の目的

当社は、福米沢タイトオイル(シェールオイル)実証試験について、平成25年6月に方針決定後、平成26年4月及び11月より作業の開始が想定される水平井掘削及びフラクチャリング作業実施に向け鋭意諸準備を進めていたが、特にフラクチャリング作業に関しては、ステークホルダーの理解が重要であることから、Public Acceptanceにつき慎重な対応を図るべく種々検討を行ってきた。

この取組みの一環として、当社が本作業において講ずるべき環境対策の信頼性、透明性を高める必要から、第三者の有識者よりコメントを聴取し、これを作業内容に反映させ万全な環境対策を構築したうえで、今後のステークホルダーへの説明及び施業案等の作成に資するため、「福米沢環境対策検討会」を設置した。

### (2) 設置日 平成25年9月3日

### (3) 構成委員・オブザーバー・事務局

#### 第三者構成員

氏名	役職	専門分野
佐藤 時幸	秋田大学大学院 工学資源学研究科 地球資源学専攻 教授	地質学 層位・古生物学
西谷 忠師	秋田大学大学院 工学資源学研究科 地球資源学専攻 教授	物理探査
藤井 光	秋田大学大学院 工学資源学研究科 地球資源学専攻 教授	石油工学 地中熱工学
網田 和宏	秋田大学 工学資源学部 地球資源学科 助教	水資源・水環境
伊藤 高敏	東北大学 流体科学研究所 未到エネルギー研究 センター 地殻環境エネルギー研究分野 教授	ジオメカニクス

#### 当社構成員

氏名	役職
村橋 庸也	座長 秋田鉱業所長(保安統括者)
鈴木 正吾	HSE統括部長
武村 貢	技術本部 坑井技術部長
葉葺 真宝	技術本部 探鉱技術部長

#### オブザーバー

氏名	役職
土谷 諄一	秋田県 産業労働部 新エネルギー政策統括監
山本 春司	男鹿市 総務企画部長
岡津 弘明	(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油開発技術本部 技術部長

事務局： 国内事業本部秋田鉱業所 総務部・技術部

#### (4) 検討事項

福米沢Loc.H1Hの水平井掘削作業及びフラクチャリング作業が環境に与える影響につきリスクアセスメントを実施し、万全な環境対策を構築するため、以下の事項について検討を行った。

- 1) 周辺環境(地下水含む)
- 2) 地質(帯水層、断層等を含む)
- 3) 作業計画
  - ① 水平坑掘削作業
  - ② フラクチャリング作業
  - ③ AE計測作業
- 4) リスクアセスメント
  - ① 当社のリスク評価及びリスクアセスメント手法
  - ② リスク評価表(環境対策)
- 5) その他

#### 2. 検討会、個別説明会開催経過

【第1回検討会】 平成25年9月3日(火) (場所)サンルーラル大湯 会議室

作業現場の視察を行った後、検討会資料に基づき、現場周辺環境、地質概要、当社が計画している作業の概要、環境へのリスク・想定される事象、環境対応策、リスクアセスメント(案)について事務局より説明し、委員並びにオブザーバーより意見を伺った。

【個別説明会(西谷先生、網田先生)】

平成25年9月13日(金) (場所)秋田鉱業所 第1会議室

第1回検討会に日程のご都合がつかなかった両先生に作業現場の視察を行っていただき、その後、検討会資料に基づき、現場周辺環境、地質概要、当社が計画している作業の概要、環境へのリスク・想定される事象、それに対する環境対応策、リスクアセスメント(案)について事務局より説明し、意見を伺った。

【現地視察(伊藤先生)】 平成25年9月17日(火)

第1回検討会、個別説明会にご参加いただいていた伊藤先生を作業現場予定地に案内して、作業の概要等について説明を行った。

【個別説明会(網田先生)】

平成25年10月9日(水) (場所)秋田鉱業所 第1会議室

第2回の検討会に先立ち、日程上、ご都合のつかなかった網田先生に対して別途説明会を開催した。第1回検討会、個別説明会の議論を受け、事務局よりリスクアセスメント表の修正案を提示した。また、環境への影響度について具体的なイメージを提示し、ご意見を伺った。

【第2回検討会】 平成25年10月11日(金) (場所)秋田鉱業所 第1会議室  
第1回検討会、個別説明会の議論を受け、リスクアセスメント表の修正案を事務局より提示した。また、環境への影響度について具体的なイメージを提示し、ご意見を伺った。  
リスクアセスメントについて第1回提示のものからの変更された部分に関して議論した他、環境対策、発生確率や影響度及びこれらが対策後の再評価で変わる根拠に関して、質問、指摘を受けた。  
また、フラクチャリング作業の作業中断の基準に関する質問も受け、事務局より回答した。

【第3回検討会】 平成25年11月29日(金) (場所)秋田鉱業所 第1会議室  
第1、2回検討会、個別説明会の議論を受け、再評価の根拠を付したリスクアセスメント表の再修正案、環境モニタリングの全体計画案を事務局より提示した。また、第1、2回検討会、個別説明会において質問のあった活断層、断層に関する補足の説明、誘発地震対策としてのAEモニタリングによるフラクチャリング作業中断の判断基準等について案を提示し、議論した。  
最終的に再修正されたリスクアセスメントについて妥当であることを確認し、また作業中断に係る判断基準を策定した。

【個別説明会(西谷先生)】

平成25年12月5日(木) (場所)秋田鉱業所 第1会議室  
第3回検討会と同様のご説明を行い、西谷先生より、AEのモニタリング等に関する質問等を受けた。西谷先生からもリスクアセスメント、判断基準に関して妥当である旨の評価をいただいた。

3. 検討結果要旨

当社が来年度、秋田県男鹿市福米沢地区で計画している福米沢 Loc.H1・H1H 掘削並びに水平井で実施する多段フラクチャリングの各々作業実施によって生ずる可能性のある環境影響について、社内外の情報、これまでの知見等をもとにそのリスクを評価した。

その結果、本報告書後段に記載する環境対策、モニタリングを適切に実施し、かつ策定された作業中断の判断基準を遵守することにより、環境影響リスクの低減をはかることが可能と判断し、また、想定された全てのリスクについて、軽減策を講じリスクレベルが「L」となること(各作業の実施が当社基準に照らして許容されること)を確認した。

#### 4. 検討内容

##### (1) 検討対象の概要等

###### 1) 周辺環境等

今回作業を行う予定の敷地は農用地(野菜畑、転作田、休耕地)であり、周辺に民家はなく、最も近い集落までの距離は約 450m である(敷地の標高は約 19m)。

当該作業用地は自然公園等の指定範囲外であり、また、希少動物等の生息地にも指定されていない。

周辺環境等についての詳細は添付資料-1を参照願いたい。

###### 2) 地質概要(帯水層、断層等を含む)

敷地は福米沢油田の北部に位置している。福米沢油田の開発対象層までは上位から帯水層を主体とする完新統(～50m)、細粒層を主体とする更新統～鮮新統(笹岡層～船川層、主に泥質岩)、中新統(女川層、1200m～)となっている。

地質概要についての詳細は添付資料-2を参照願いたい。

###### 3) 作業計画概要

###### ① 水平井の掘削作業

福米沢タイト層(女川層)を対象にパイロット井と水平井を掘削する。掘削深度はパイロット井が 1600m、水平井が 2300m で、最初にパイロット井を掘削し、坑井検層の他、岩石コア試料採取を実施する。その後、パイロット井の一部を埋め戻した上で、サイドトラックして水平井を掘削する。水平井掘削後は DFIT (Diagnostic Fracture Injection Test) 作業を実施して、岩盤の特性を把握する。

###### ② フラクチャリング作業・フローバック(排泥)作業

水平区間長 650m に対して、5 区間に分けてフラクチャリング作業を実施する。流体圧入総量は 5 区間合計で約 750m<sup>3</sup>を見込む。

###### ③ AE モニタリング作業

フラクチャリング作業時における地下の微振動を計測するために AE モニタリング作業を実施する。

###### 4) スケジュール

① 敷地造成工事 平成 25 年 10 月～12 月

② 水平井掘削作業 平成 26 年 4 月～6 月

③ フラクチャリング作業・フローバック作業 平成 26 年 11 月～12 月

前記の作業概要・スケジュールについては添付資料-3を参照願いたい。

(2) 想定されるリスクと実施すべき環境対策等

1) 想定されるリスク

想定されるリスクに関してはこれまでの当社作業経験等を踏まえ、以下の通り、整理した。

① 地下水(生活用水)の汚染/土壌汚染

(掘削作業)

(イ) コンダクターパイプの打込み不足により生活用水層へ掘削泥水が浸入する。

(ロ) 17-1/2"坑掘進中の逸泥により生活用水層へ掘削泥水が浸入する。

(ハ) 12-1/4"坑掘進中の逸泥により生活用水層へ掘削泥水が浸入する。

(ニ) 8-1/2"坑掘進中の逸泥により生活用水層へ掘削泥水が浸入する。

(ホ) 泥溜ピットから坑廃水が地中へ漏洩する。

(ヘ) 地上泥水タンク等から漏洩し、地中へ浸透する。

(ト) 坑井敷地外へ油分を含んだ雨水等が流出する。

(チ) 掘削ザクが飛散する。

(フラクチャリング)

(イ) 本井のケーシングアニュラス部が漏洩通路となり作業流体が生活用水層に浸入する。

(ロ) 生活用水層までフラクチャーが進展し、作業流体が生活用水層に浸入する。

(ハ) フラクチャーと近傍断層とが導通し、作業流体が生活用水層に浸入する。

(ニ) 近傍坑井へフラクチャーが導通し、作業流体が生活用水層に浸入する。

(ホ) プロダクションケーシング(5-1/2")の破損により作業流体が生活用水層に浸入する。

(ヘ) 坑口装置または地上配管等から作業流体等が地中に漏洩する。

(ト) 作業流体用の地上タンクから作業流体が地中に漏洩する。

(チ) フローバック流体の不適切な処理で作業流体が地表・河川等に漏洩する。

② 騒音の発生

(掘削作業)

(イ) リグ施設(特定施設)から異常な騒音が発生する。

(ロ) セメンチング用のポンプエンジンから異常な騒音が発生する。

(ハ) 作業中に人為的な騒音が発生する。

(フラクチャリング)

(イ) フラクチャリング用のポンプエンジン等から異常な騒音が発生する。

(ロ) 作業中に人為的な騒音が発生する。

③ 大気汚染

(掘削作業)

(イ) リグ施設(特定施設)から異常なばい煙が発生する。

(ロ) 作業用車両から異常なばい煙が発生する。

(フラクチャリング)

(イ) フラクチャリング用のポンプ、大型機器のエンジンから異常なばい煙が発生する。

(ロ) 作業用車両から異常なばい煙が発生する。

④ 地震の誘発

(フラクチャリング)

(イ) フラクチャーが近傍の断層に導通し、作業流体の流入及び圧力伝播することで地震を誘発する。

(ロ) フラクチャリングで発生する微振動が、近傍断層を刺激することにより地震を誘発する。

⑤ その他

(掘削作業)

(イ) 粉塵等が発生する。

(ロ) 交通渋滞が敷地周辺で発生する。

(フラクチャリング)

(イ) 粉塵等が発生する。

(ロ) 交通渋滞が敷地周辺で発生する。

## 2) 環境対策

前述の想定されたりスクに係る対策について議論した結果、最終的に以下の対策を実施する計画とした。

### ① 地下水(生活用水)の汚染

(掘削作業時の対策)

- (イ) コンダクターパイプを生活用水層より深い深度 36m(目標値)にオーガーを用いて設置する。
- (ロ) 泥水を適正比重に保つため泥水性状の維持管理を徹底する。
- (ハ) 逸泥防止剤またはセメントにより、逸泥層を閉塞して逸泥を止める。
- (ニ) 坑井作業の規模を見越した適切容量のピット(泥溜)を設計、設置する。
- (ホ) 予備タンクを準備し、緊急時には移送可能な配管を行う。
- (ヘ) 早めの産廃処理を行い、ピット内の坑廃水量を低めに維持する。
- (ト) ピット(泥溜)をコンクリート製とし漏洩を防ぐ。
- (チ) ピット完成後、水張り検査により、漏洩がないことを確認する。
- (リ) タンク設置箇所等漏洩の可能性がある箇所はコンクリート敷きとし、仮に漏れた場合でも泥溜ピットへ流れる設計とする。
- (ヌ) 泥水タンク、バルブ、配管等を適切に配置し、点検・管理を徹底する。
- (ル) タンク設置後、水張り検査により漏洩が無いことを確認する。
- (ヲ) 敷地外へ流す雨水は 3 段ピット(油切り)を通す。3 段ピットのバルブは通常閉止でチェーンを掛け、施錠、大雨等の際は油分が無いことを確認後、開放する手順とする。
- (ワ) 敷地内での油分の取り扱い場所を限定(漏洩防止を施した場所)する。
- (カ) こぼした油は直ぐに吸着材で除去することを徹底する。
- (コ) 予備タンクを準備し、緊急時には汚水を保管できるよう備える。
- (ク) 固化材を用いて適切に固化し運搬中のザクの飛散を防止する。
- (ケ) 現場管理者が固化状況を確認する。
- (ク) 固化しないザク、廃泥は密閉型車両で運搬する。
- (ツ) 免許及び当社での作業実績を有する産業廃棄物処理業者にザクの産廃処理を委託し、運搬方法(運搬車両、運搬ルート)を事前に確認する。
- (ネ) 作業前に作業手順の確認を行う。

(フラクチャリング作業・フローバック作業時の対策)

- (イ) 最適なケーシングプログラム及びセメンチング計画の策定により坑井の健全性を確保する【図 5a-2 参照】。
- (ロ) 9-5/8"ケーシング、5-1/2"ケーシングの測定可能区間は CBL によりセメントボンディング状況を確認する。
- (ハ) 必要な場合は 9-5/8"ケーシングシュー周りの補強セメンチングを実施する。
- (ニ) AE モニタリングによってフラクチャーが計画を大きく上回って進展していないこと

を確認する。

- (ホ) 圧入圧力、量が計画値を上回らないよう、細心の注意を払って作業を行う。
- (ハ) AE モニタリングによる監視を行い、圧入流体が地表へ流れる動きが観測されたら作業中断とする(後述の作業中断判断基準参照)。
- (ト) 近傍坑井の坑跡と近づく箇所でのフラクチャリングを回避する計画とする。
- (チ) フラクチャリング作業中の圧力に比べ十分大きな内圧耐力を持ったプロダクションケーシングを使用する。
- (リ) プロダクションケーシングセット後にフラク圧以上でケーシング加圧テストを実施し、健全性を確認する。
- (ヌ) プロダクションケーシング降下の際はトルク管理を十分に行う(トルクターン装置の導入)。
- (ル) 事前に加圧テストを実施してフランジ等接続部の健全性を確認する。
- (ロ) サンプリング箇所など漏洩の可能性が高い場所はシート等で養生を行う。
- (ワ) バルブ、配管等の点検・管理・巡視を徹底する。
- (カ) タンク設置箇所等漏洩の可能性が高い箇所はコンクリート敷きとし、仮に漏れた場合でも泥溜ピットへ流れる設計とする。
- (コ) 貯蔵タンク、バルブ、配管等を適切に配置し、点検・管理・巡視を徹底する。
- (ク) 作業前に作業手順の確認を行う。
- (ケ) フローバック流体は免許及び当社での作業実績を有する産業廃棄物処理業者に産廃処理を委託する。また、最終処分までのマニフェストを確認する。

## ② 土壌汚染

(掘削作業時の対策(泥水・廃水処理))

- (イ) 坑井作業の規模を見越した適切容量のピットを設計、設置する。
- (ロ) 予備タンクを準備し、緊急時には移送可能な配管を行う。
- (ハ) 早めの産廃処理を行い、ピット内の坑廃水量を低めに維持する。
- (ニ) ピットをコンクリート製とし漏洩を防ぐ。
- (ホ) ピット完成後、水張り検査により、漏洩がないことを確認する。
- (ハ) タンク設置箇所等漏洩の可能性が高い箇所はコンクリート敷きとし、仮に漏れた場合でも泥溜ピットへ流れる設計とする。
- (ト) 泥水タンク、バルブ、配管等を適切に配置し、点検・管理・巡視を徹底する。
- (チ) タンク設置後、水張り検査により漏洩が無いことを確認する。
- (リ) 敷地外へ流す雨水は3段ピット(油切り)を通す。
- (ヌ) 敷地内での油分の取り扱い場所を限定(漏洩防止を施した場所)する。
- (ル) 固化材を用いて適切に固化し運搬中のザクの飛散を防止する。
- (ロ) 現場管理者が固化状況を確認する。
- (ワ) 固化しないザク、廃泥は密閉型車両で運搬する。
- (カ) 免許及び当社での作業実績を有する産業廃棄物業者にザクの産廃処理を委託し、運搬方法(運搬車両、運搬ルート)を事前に確認する。
- (コ) 作業前に作業手順の確認を行う。

(タ) 定期的な見回りを実施する。

(フラクチャリング作業(フローバック作業含む)時の対策)

- (イ) 事前に加圧テストを実施してフランジ等接続部の健全性を確認する。
- (ロ) サンプリング箇所など漏洩の可能性が高い場所はシート等で養生を行う。
- (ハ) バルブ、配管等の点検・管理・巡視を徹底する。
- (ニ) タンク設置箇所はコンクリート敷きとし、仮に漏れた場合でも泥溜ピットへ流れる設計とする。その他、コンクリート敷きでない部分の配管等において漏洩の可能性ある部分にはシート等を敷くなどの対策を可能な限り講じる。
- (ホ) 貯蔵タンク、バルブ、配管等を適切に配置し、点検・管理・巡視を徹底する。
- (ヘ) 作業前に作業手順の確認を行う。
- (ト) フローバック流体は免許及び当社での作業実績を有する産業廃棄物処理業者に産廃処理を委託する。また、最終処分までのマニフェストを確認する。

### ③ 騒音の発生

(掘削作業時の対策)

- (イ) (騒音を発生する機器の)十分な機械整備を実施していることを事前に確認する。
- (ロ) 防音装置付き、あるいは低騒音型の機器を使用する。
- (ハ) 防音壁を設置する。防音壁仕様：高さ5m、アルミ製防音パネルを予定。
- (ニ) 金属どうしの衝撃音を出さない工夫を取り入れる。
- (ホ) 民家付近での徐行運転、エンジンの空ぶかしを禁止する。

(フラクチャリング作業(フローバック作業含む)時の対策)

上述の(掘削作業時の対策)と同様とする他、以下の対策を講じる。

- (イ) 作業は日中に行い、夜間の作業を避けるよう計画を立てる。

### ④ 大気汚染

(掘削作業時の対策)

- (イ) (ばい煙を発生する機器類の)十分な機械整備を実施していることを事前に確認する。
- (ロ) 各機器エンジンのばい煙測定を事前に実施する。
- (ハ) 基準値内の機器を使用する。
- (ニ) 作業中の保守管理を徹底する。
- (ホ) 排ガス規制値を満たした車両を使用する。

(フラクチャリング作業(フローバック作業含む)時の対策)

上述の(掘削作業時の対策)と同様とする。

⑤ 地震の誘発

(フラクチャリング作業、DFIT、フローバック作業時の対策)

- (イ) AE モニタリングによって近傍の地震活動を監視する(フラクチャリング作業、DFIT 時)。
- (ロ) 断層の活動に伴うと推定される通常のレベルを超える AE が観測された場合は、作業を中止し、監視を継続する(後述の作業中断判断基準参照)。
- (ハ) 有感地震が発生した場合は、Hi-net(高感度地震観測網)によりその後の地震活動を継続モニタする。

⑥ その他

(掘削作業時の対策)

- (イ) 粉塵の発生しにくい固化剤を使用する。
- (ロ) ダストコレクターを使用し粉塵を防ぐ。
- (ハ) 舗装されてない道路での徐行運転を徹底する。
- (ニ) 資機材運搬車輛の適切な運用計画を作る。
- (ホ) 必要な場合には交通整理員を配置し交通の渋滞を防ぐ。

(フラクチャリング作業(フローバック作業含む)時の対策  
前述の(掘削作業時の対策)と同様とする。

### 3) モニタリング

前述の対策案に加え、以下のモニタリングを実施する計画とした。全体のスケジュールは「添付資料-4 環境モニタリング全体計画(案)」の通り、とりまとめた。

#### ① 帯水層地下水・生活水の調査

周辺地域で生活用水に使用されている帯水層の水質を調査し、万が一、坑井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こととする。

##### (イ) 調査地点【図 6 参照】

- (a) 水井戸(坑井に近い福米沢集落、土花集落に存在する民家の水井戸 3 箇所程度を選定する。利用者からサンプル採取の了解を得る。)
- (b) 帯水層地下水(掘削現場敷地内及び近隣坑井基地内に各 1 箇所新規ボーリングを計画。)
- (c) 滝の頭水源地(必要に応じて実施)

##### (ロ) 調査時期と頻度

- (a) 水井戸 平成 26 年 1 月(予定)～平成 27 年 11 月まで毎月 1 回調査を行う。
- (b) 帯水層地下水 掘削作業開始前、フラクチャリング実施後に各 1 回調査を行う。
- (c) 滝の頭水源地 (b)と同様とする。(必要に応じて実施)

##### (ハ) 分析項目

###### (a) 水井戸

pH、電気伝導度、水温、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{I}^-$ 、濁度、味、臭気、BOD、TPH or ノルマルヘキサン抽出物質、ベンゼン、溶存ガス( $\text{CH}_4$ )、フラクチャリング流体由来物質(流体仕様決定後に決定する予定)

###### (b) 帯水層地下水

pH、電気伝導度、水温、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、水素同位体( $\delta\text{D}$ )、酸素同位体比( $\delta_{18}\text{O}$ )、TPH or ノルマルヘキサン抽出物質、ベンゼン、溶存ガス( $\text{CH}_4$ )、フラクチャリング流体由来物質(流体性状決定後に決定する予定) ベンゼン～フラクチャリング流体由来物質はフラク後の分析のみを予定。

- (c) 滝の頭水源地 (b)と同様とする。(必要に応じて実施)

#### 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)を数箇所(帯水層調査井、水井戸(利用者許可前提))で掘削作業前に実施する。

#### 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)

水平井福米沢 Loc.H1H 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(後述の作業中断判断基準参照)。また、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。

(微振動(AE)モニタリングの具体的計画は「添付資料-3 福米沢 Loc.H1・H1H 掘削作業・フラクチャリング作業計画(案)」の P10 以降を参照願いたい。)

④ 騒音の発生

敷地境界において、掘削作業時、フラクチャリング作業時に毎月 1 回程度測定する。

⑤ 大気汚染

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

#### 4) 作業中断の判断基準(環境面)

フラクチャリング作業については以下の場合に作業を一時中断して、状況の把握、監視、作業再開の判断をあらためて実施するものとする。

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。

- 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<sup>\*</sup>を超える AE 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。
- 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(図 4c 参照)。
- 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。

(その他)

- ・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。
- ・保安管理者が環境汚染のおそれが高いと判断した場合。
- ・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)。

#### \* 閾値マグニチュード 1.0 の設定根拠

北米でのシェールガス開発フィールドの最新の研究(Warpinski, 2012)よれば、シェールガス開発で実施されるフラクチャリングの際に発生する AE については以下の特徴があるとされている(検討対象:北米の主だったシェール堆積盆の AE 計測データ(数千件のフラクチャリング))。

- ✓ 典型的な AE はマグニチュード-2.5 以下。
- ✓ 平均的にはマグニチュード-3.0。
- ✓ 最大でもマグニチュード 1.0 以下。
- ✓ AE 活動は堆積盆ごとに大きくは変わらない。
- ✓ AE マグニチュードは浅いほど小さくなる傾向がある。
- ✓ 坑井からの AE 源距離は~500m 程度。

北米において当該深度ではマグニチュード 0 未満の AE は多々発生しており、当該深度における最大 AE マグニチュードは 0 未満、また、深度を問わず、1.0 以上の AE はほとんど発生していないことから、この値を異常な状態が起こっている可能性がある閾値として設定した。

### (3) リスクアセスメントの結果

リスクアセスメントに先立ち、事務局では会社標準のものをベースに本プロジェクト向けにリスクマトリクス(添付資料-5)を作成し、また、影響度(重大性)のイメージを把握しやすくするため、その具体的事象を整理した(添付資料-6 リスクマトリクスにおける影響度(重大性)のイメージ)。

その上で前述の環境対策並びにモニタリング、また作業中断の判断基準の設定をし、作業を行った際に想定されるリスクに対して、対策前後でのリスクの評価、再評価を実施し、議論した。

その結果を「添付資料-7 福米沢 Loc.H1・H1H 掘削作業 リスクアセスメント」並びに「添付資料-8 福米沢 Loc.H1H フラクチャリング作業 リスクアセスメント」に最終的にとりまとめた。

一連の対策がなされない場合はリスクレベルが「L」～「M」と評価されたが、前述の環境対策・モニタリングを確実に実施するとともに作業中断の基準を遵守することにより、リスクレベルは全て「L」(各作業の実施が当社基準に照らし、許容されること)となることが確認された。

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

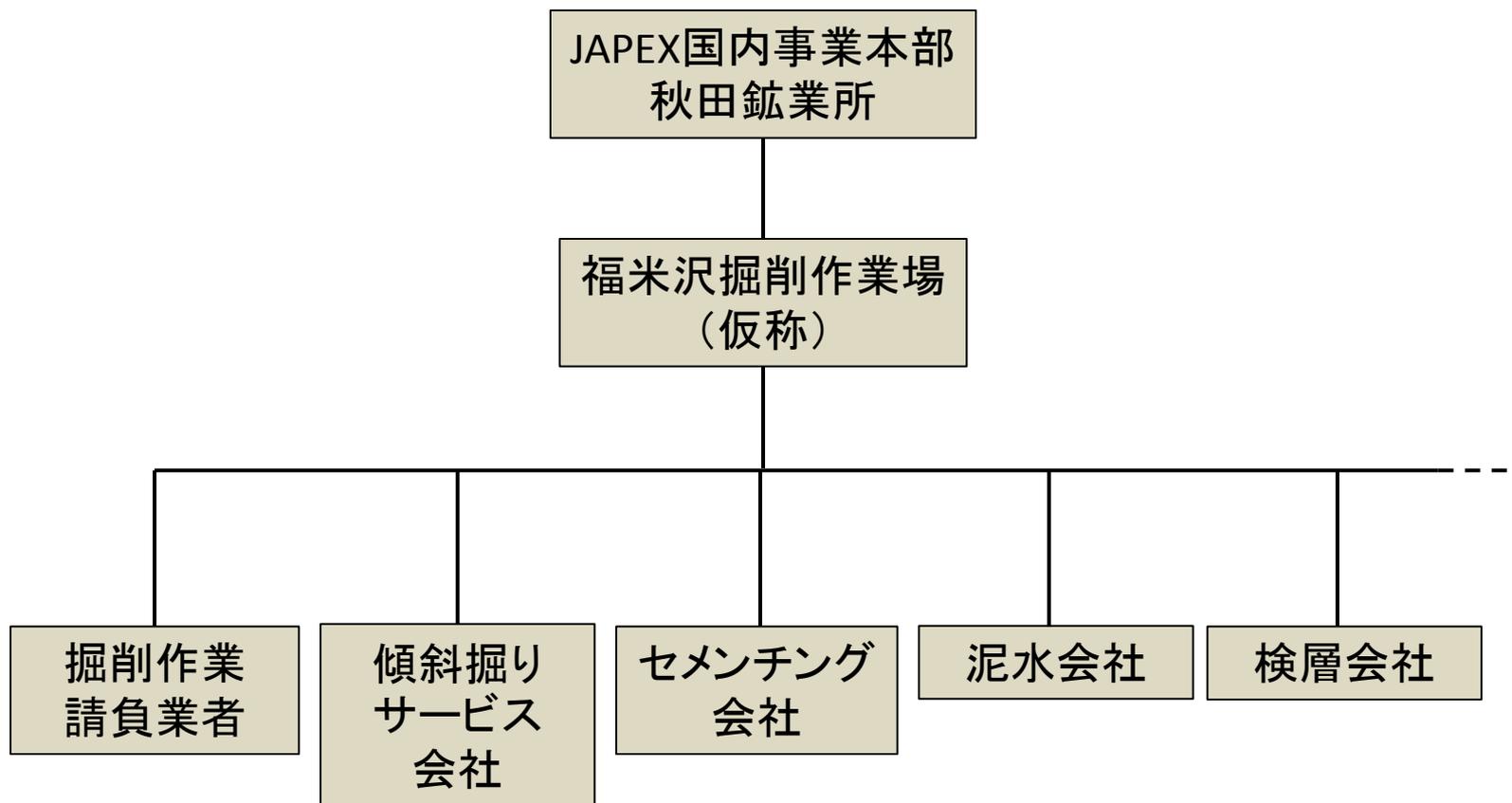


図1 作業体制(掘削作業)

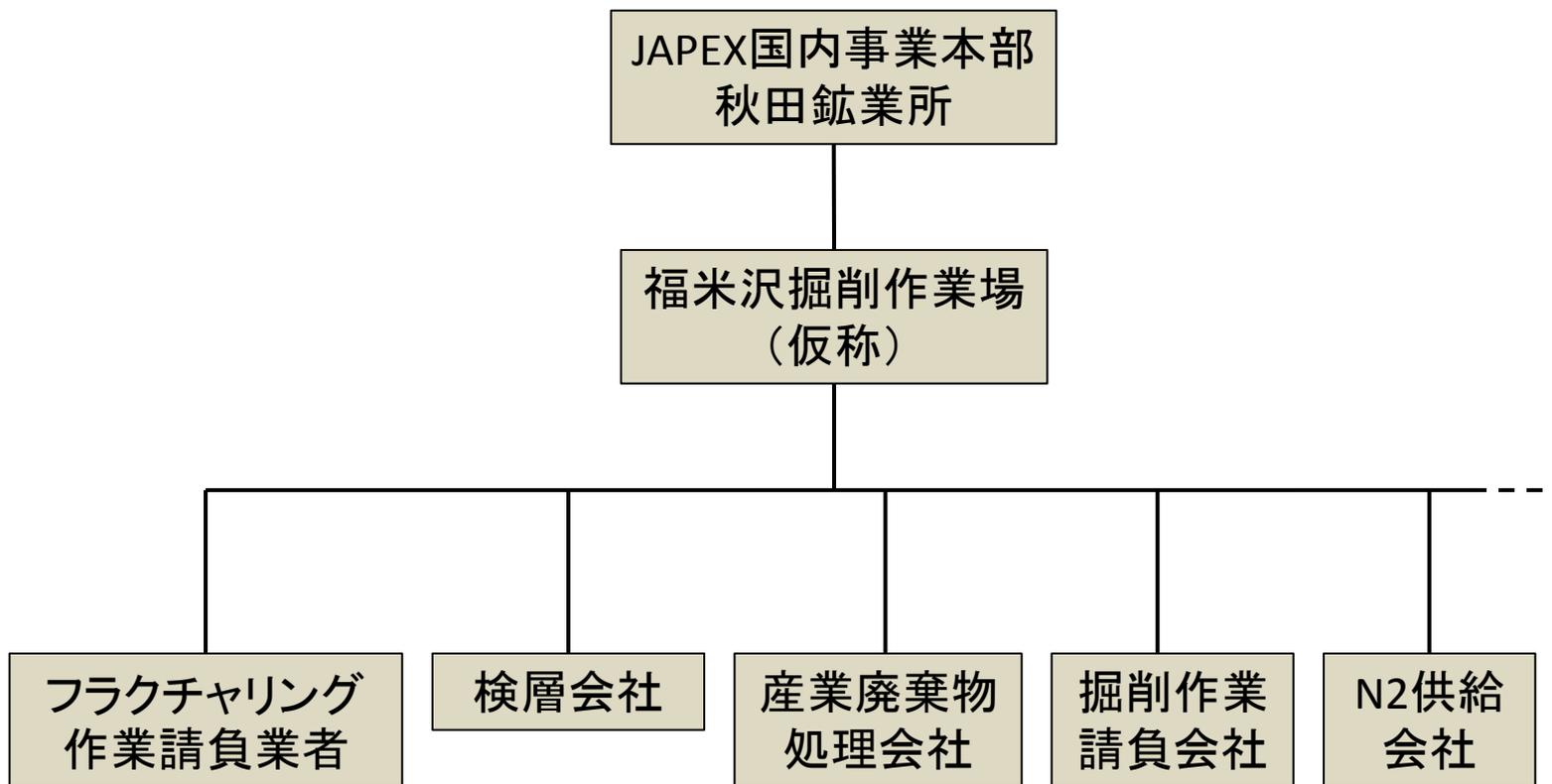
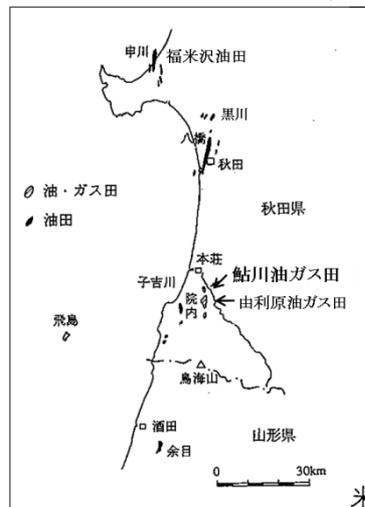
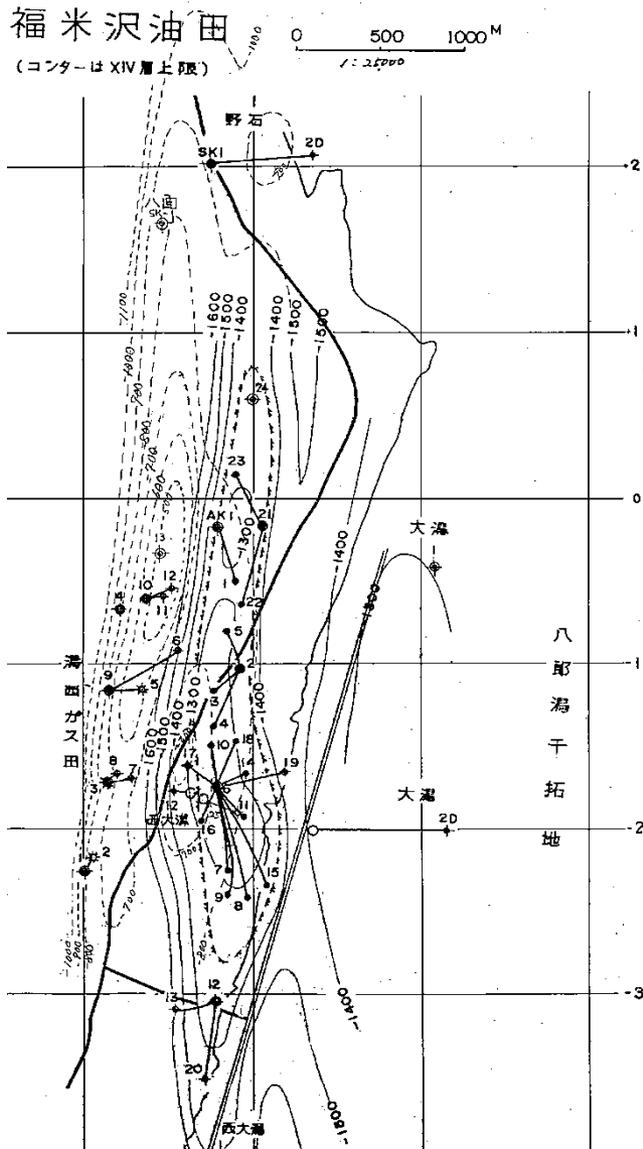


図2 作業体制(フラクチャリング・AEモニタリング作業)



図3 福米沢Loc.H1H位置図



米沢横断面図

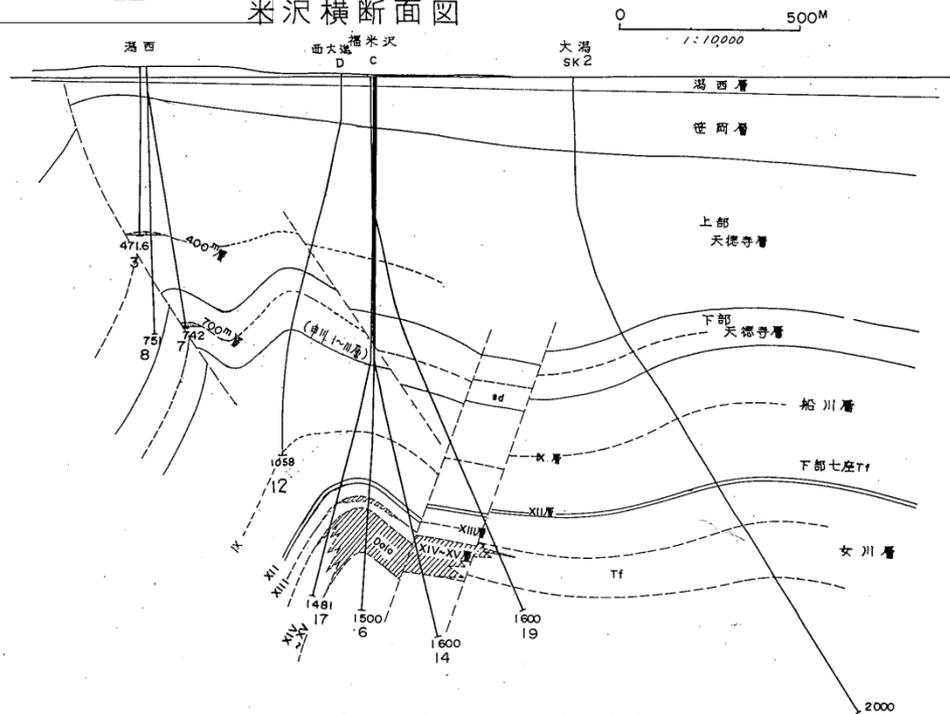


図4a 福米沢油田地下構造図  
(XIV層上限)

図4b 福米沢地質断面図

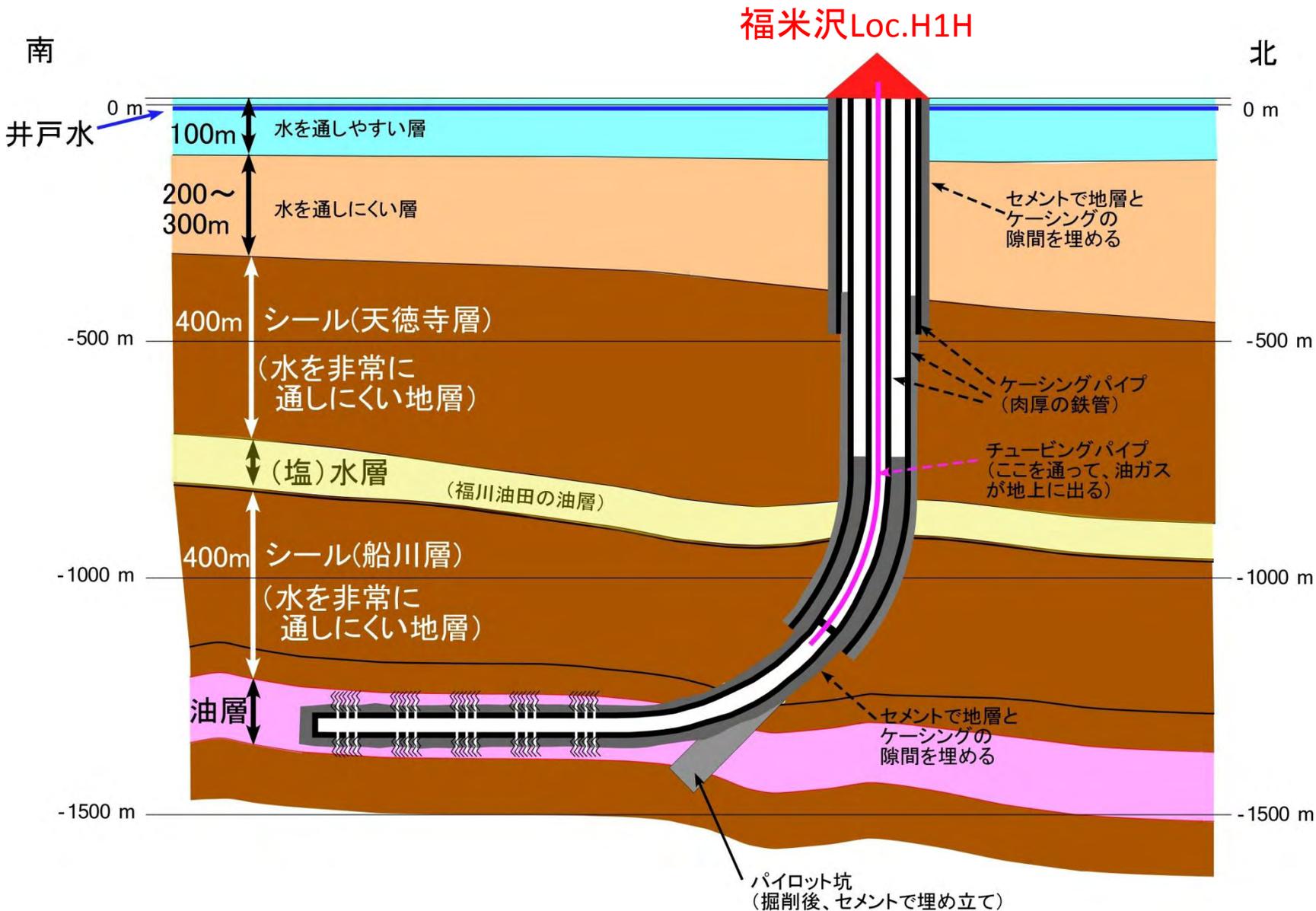
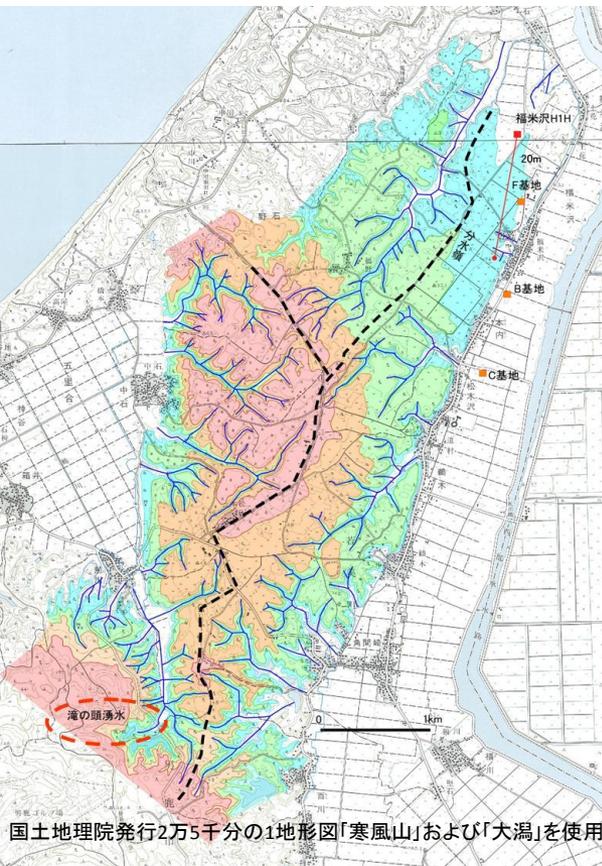


図4c 福米沢油田 地質断面図(水理地質)



国土地理院発行2万5千分の1地形図「寒風山」および「大渦」を使用

南西 北東  
 約6.5km

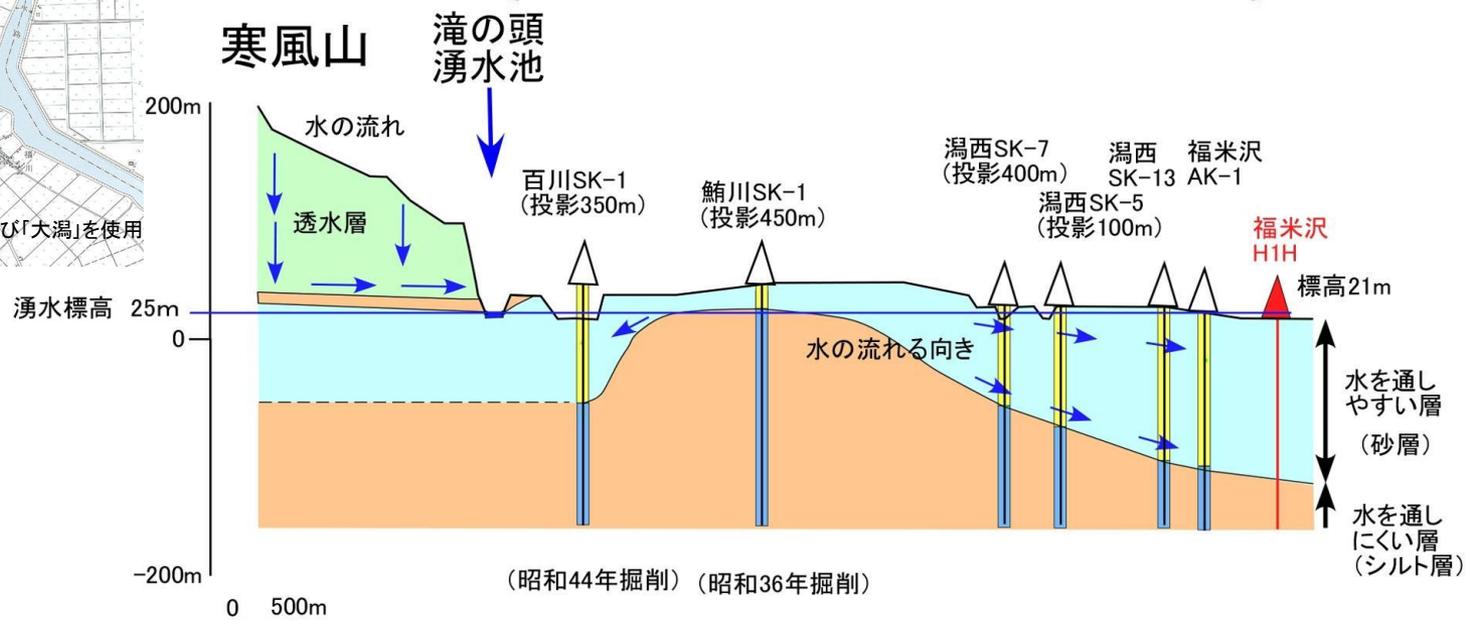
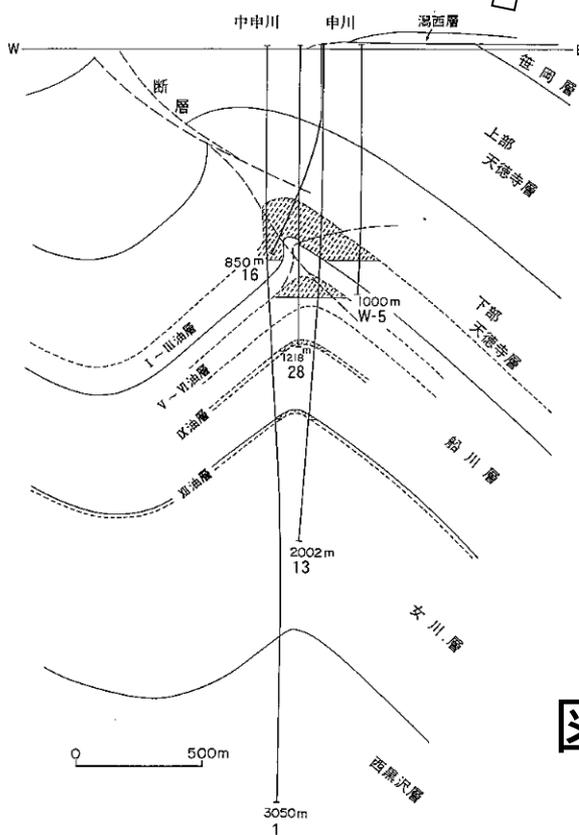
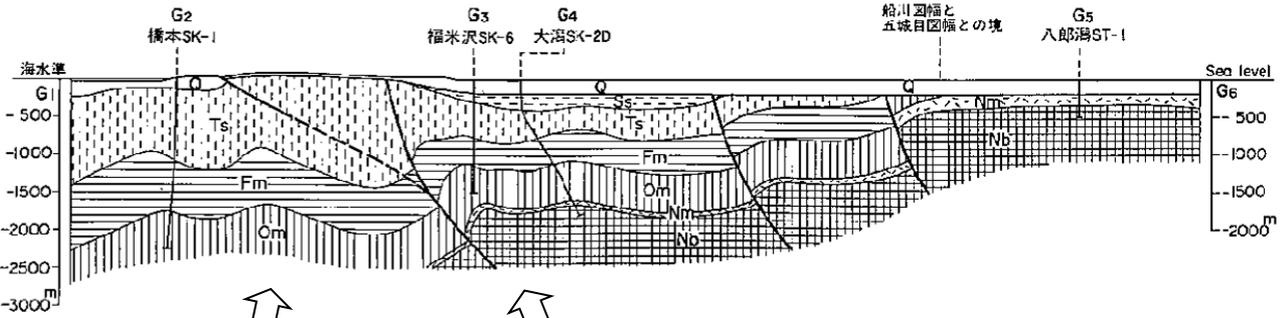


図4d 滝の頭～福米沢 模式断面図 (縦横比 10倍)

0 1 2 3 4 5km

羽後浜田地域地質図  
(地質調査所、1985)



第27図 中川油田中部地質断面図

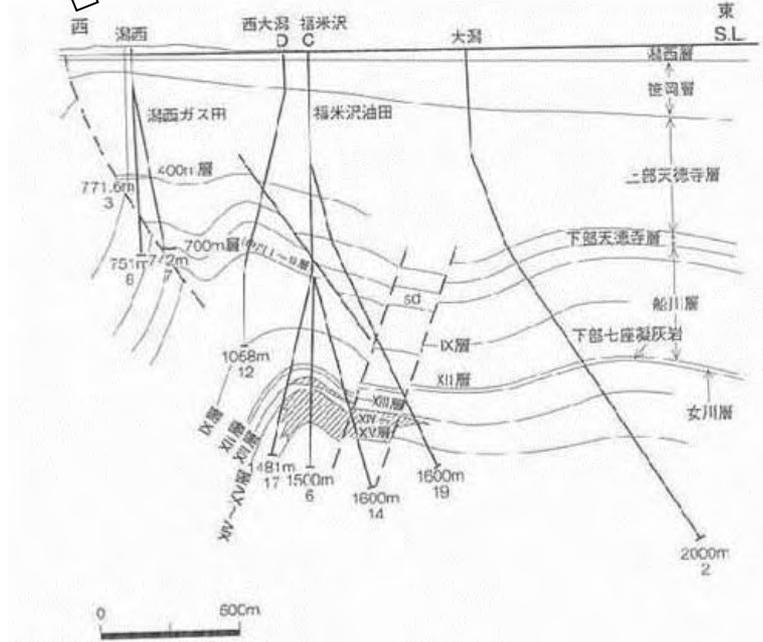
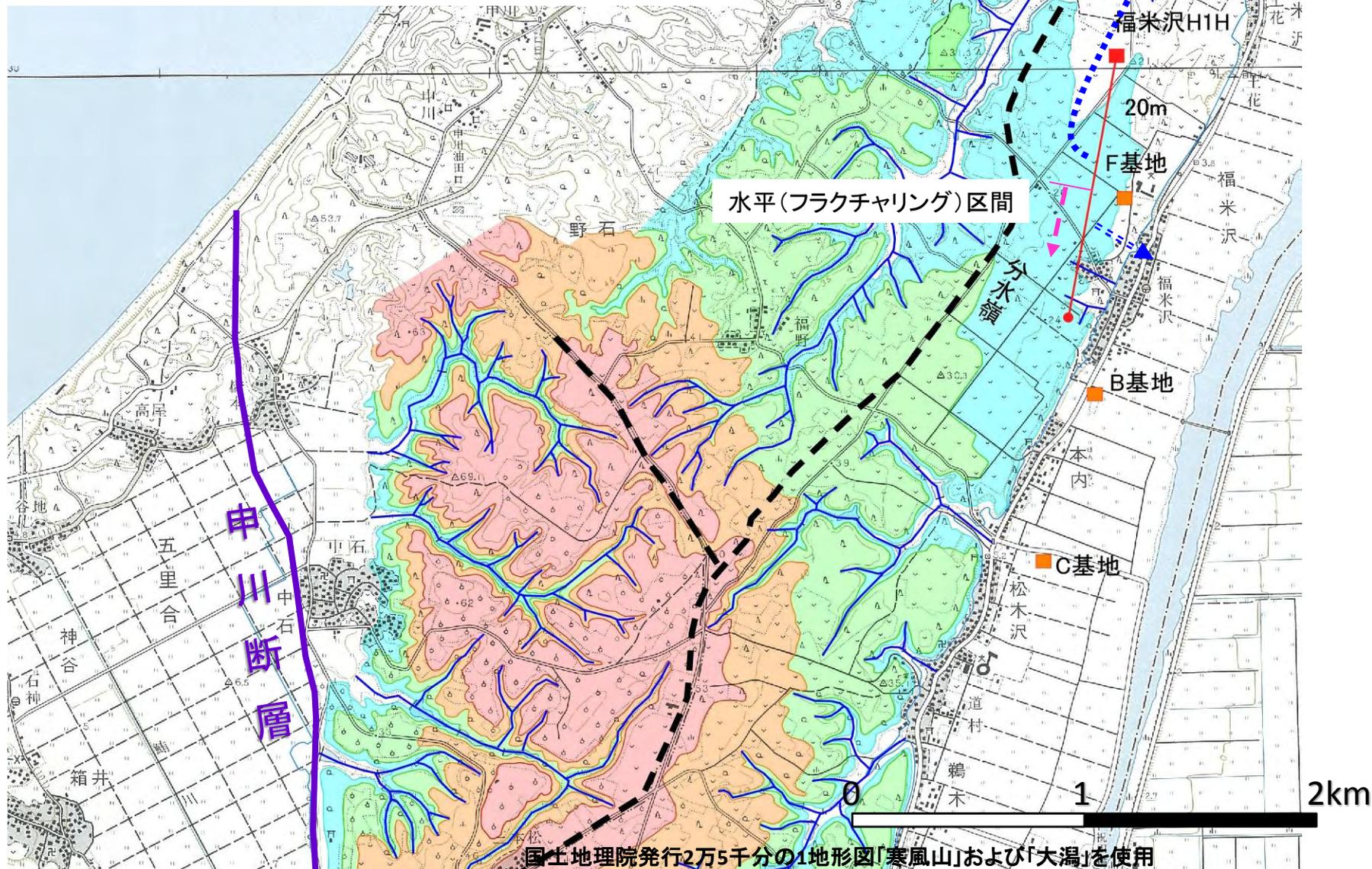


図4e 福米沢油田周辺 地質断面図  
(東西方向)



図4g 福米沢周辺 地形図  
坑跡(赤線)と申川断層(紫線)の位置関係



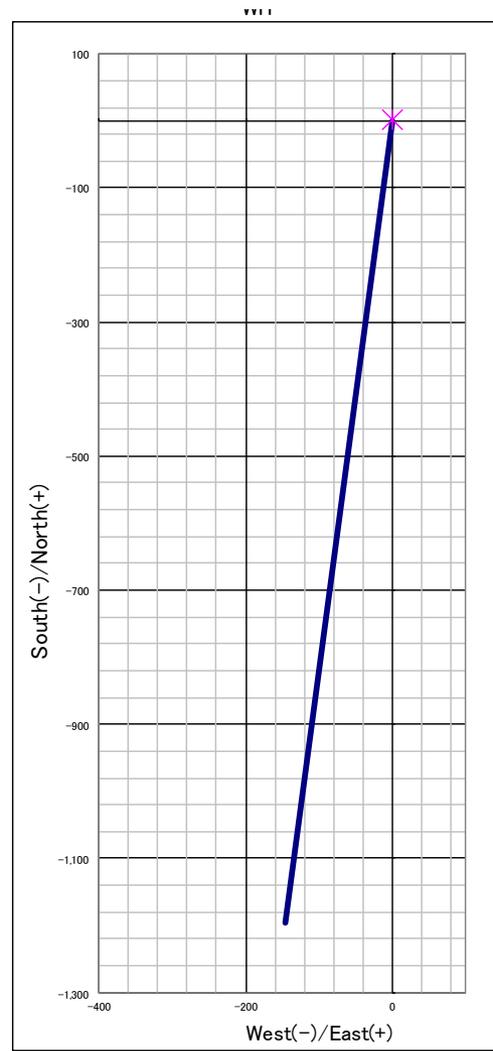
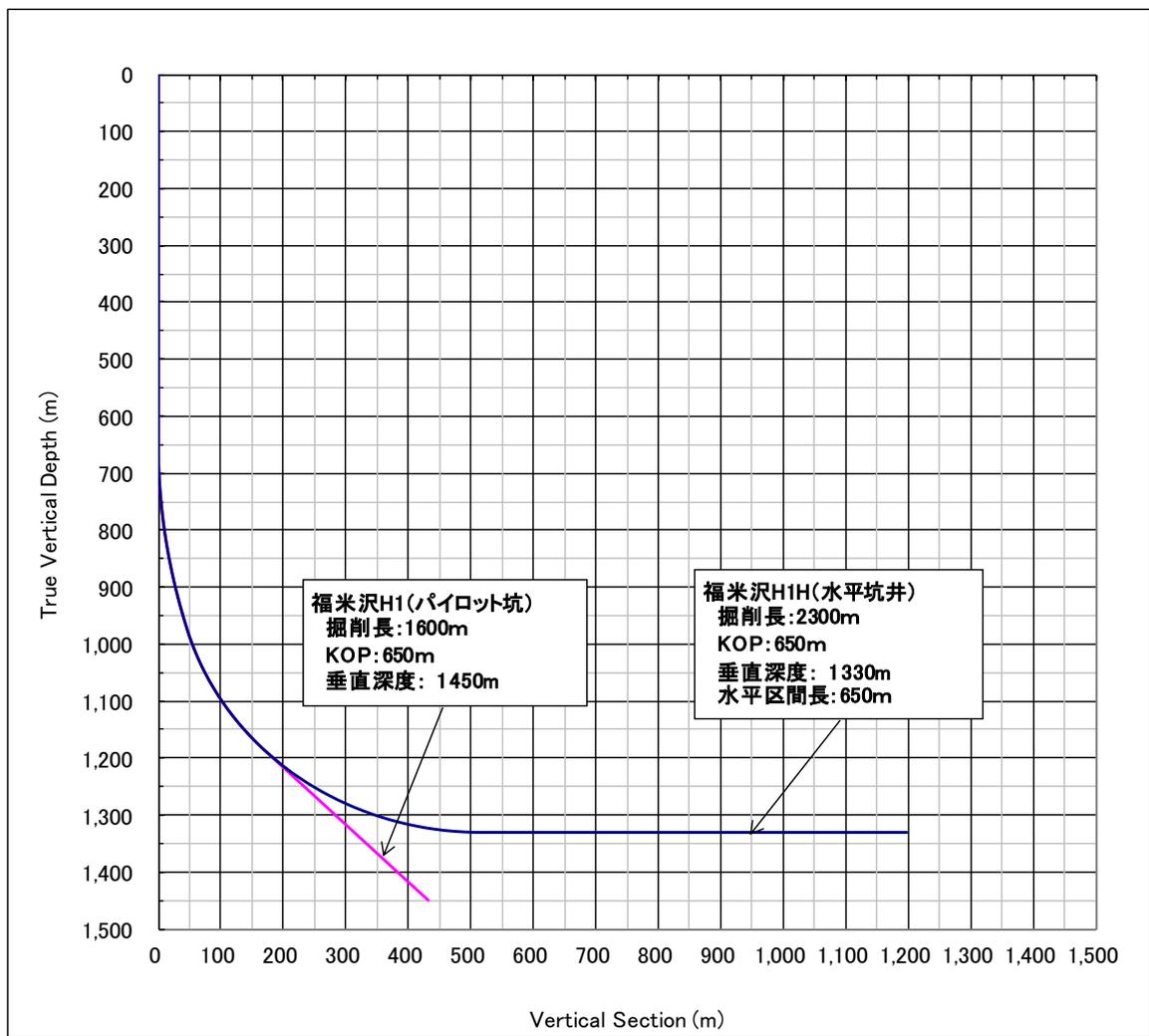


図5a-1 福米沢Loc.H1・H1H傾斜掘り計画

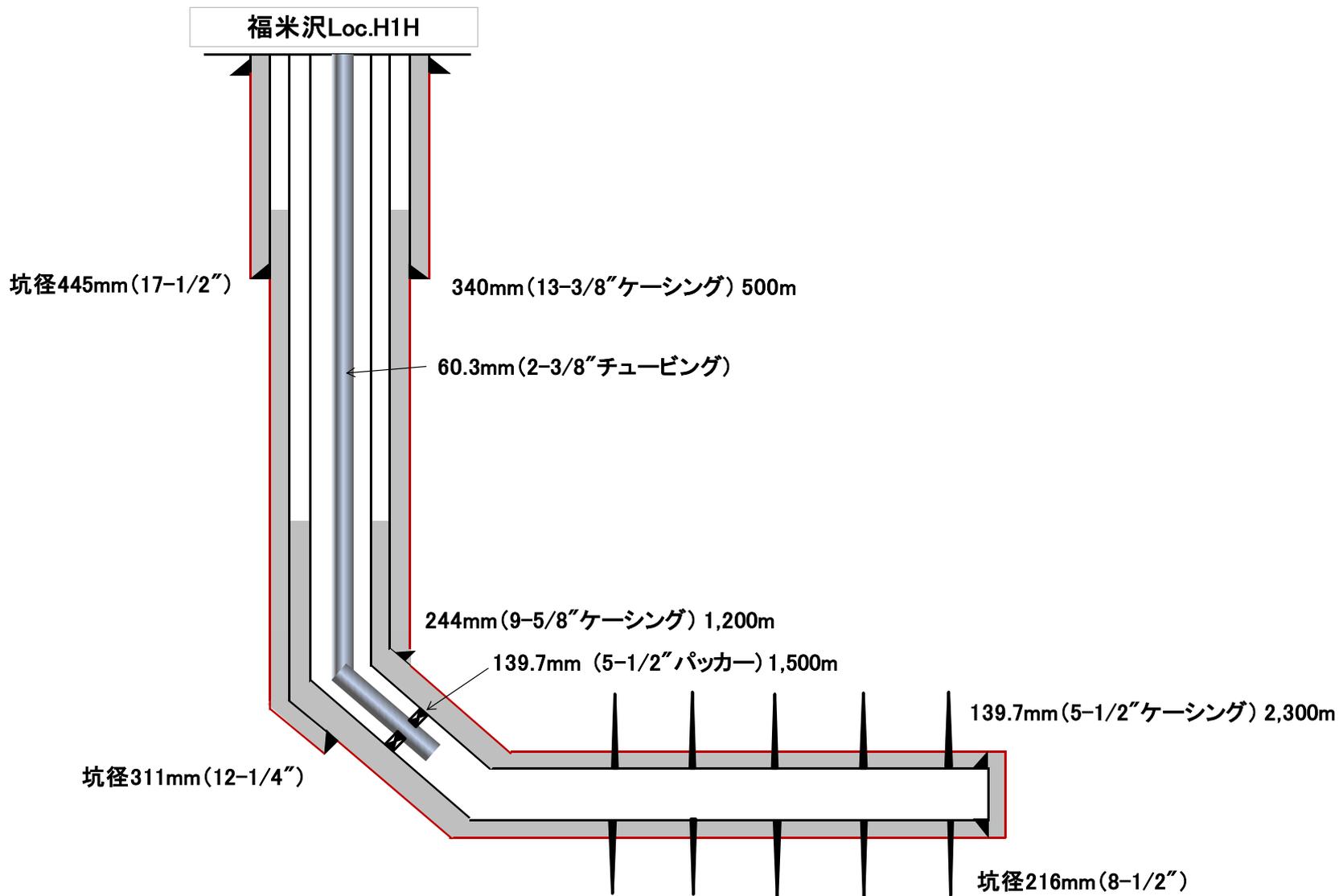


図5a-2 福米沢Loc.H1H仕上計画図

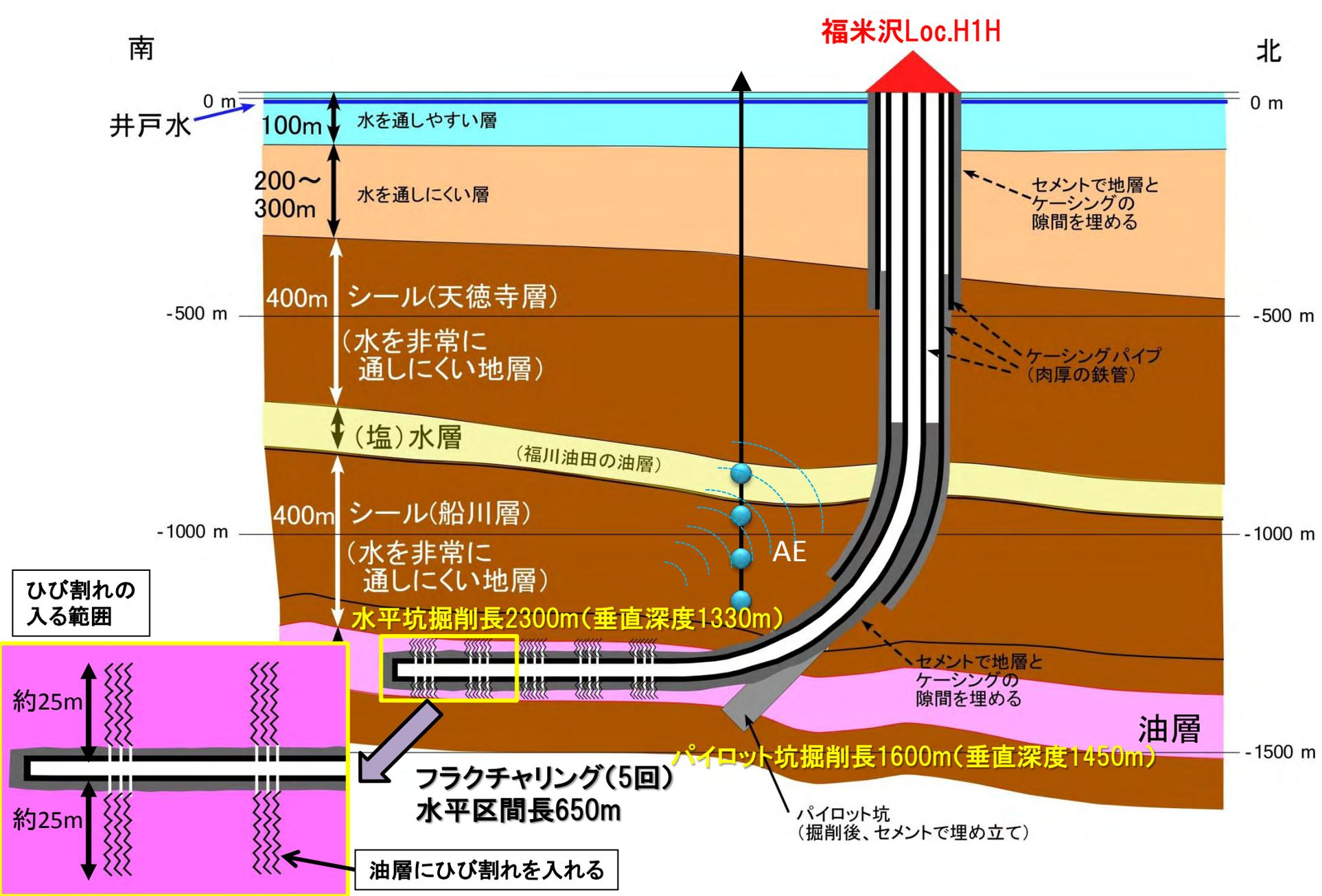
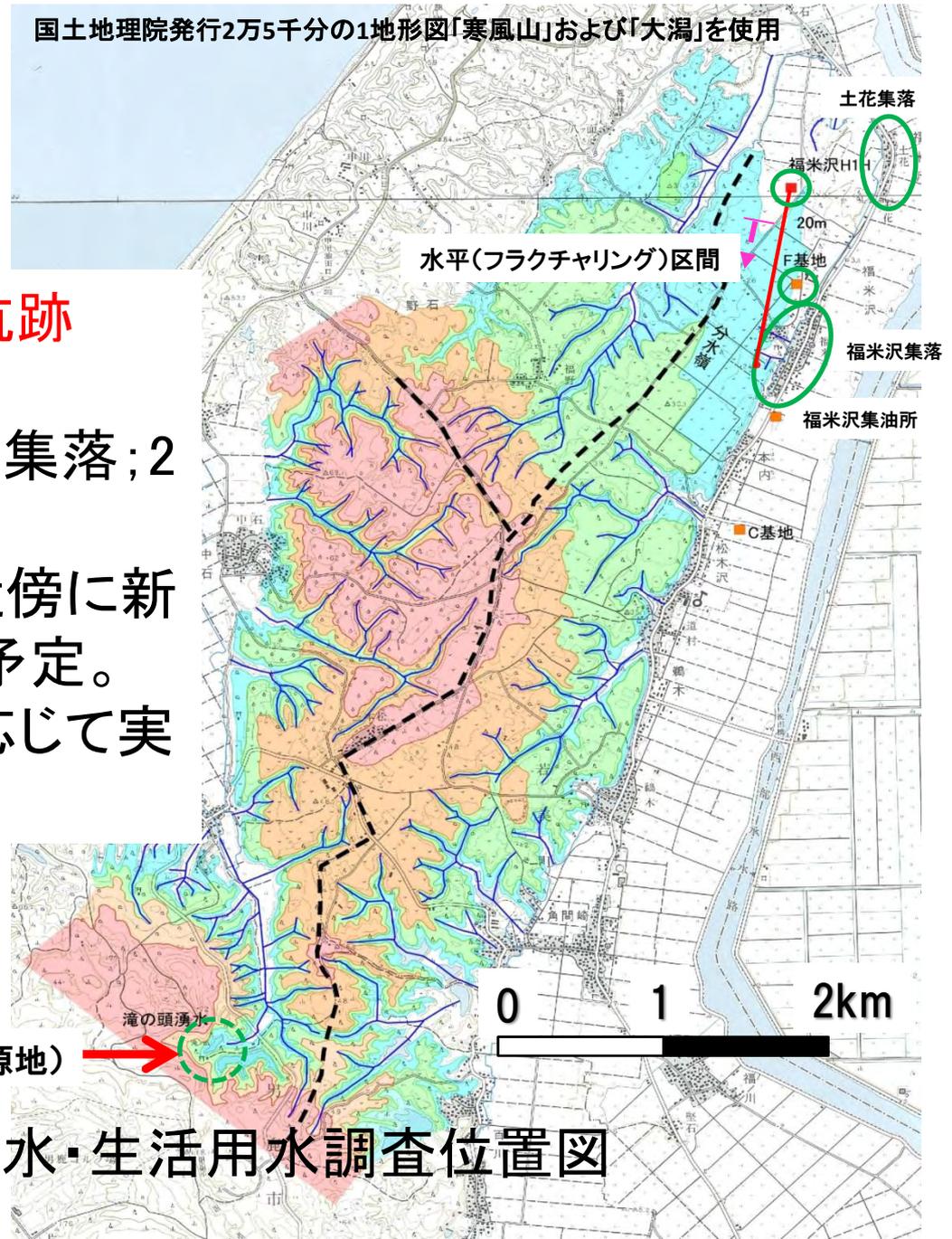


図5b フラクチャリング作業概念図

国土地理院発行2万5千分の1地形図「寒風山」および「大潟」を使用



赤線:福米沢Loc.H1H計画坑跡

緑:滞水層水質調査候補地

- 土花集落;1箇所、福米沢集落;2箇所を予定。
- 坑井敷地内またはその近傍に新規モニタリング井掘削の予定。
- 「滝の頭湧水」は必要に応じて実施。

図6 地下水・生活用水調査位置図

福米沢 Loc.H1・H1H 掘削作業・フラクチャリング作業現場周辺環境等

(1) 周辺環境

- ① 坑井敷地を含む周辺一帯は農用区域(農振農用地)に指定されている。  
※候補地は、野菜畑、転作田、休耕地からなる(敷地造成に際し農地転用(農地法 5条)の手続き要す)。
- ② 男鹿市道に隣接しているが、交通量は少ない。

(2) 自然環境

- ① 男鹿国定公園・・・範囲外  
男鹿半島西部、寒風山及び半島北部地域(海岸部・申川～北浦地区)が対象となっている。
- ② 鳥獣保護区・・・範囲外  
近隣では、八郎潟西部承水路及び寒風山が鳥獣保護区の対象となっている。
- ③ 東北自然歩道(「新・奥の細道」)・・・範囲外  
近隣では、コース 43「メロンの香りと、さざ波で奏でる道 15.4km」が対象となっている。
- ④ 希少生物関係・・・該当する生物はいない。
- ⑤ 埋蔵文化財包蔵地・・・包蔵地外  
但し 1,000 m<sup>2</sup>以上の開発が行われる場合は、遺跡の有無にかかわらず事前調査の必要がある(6/25～26 現地調査、遺跡存在ないことを確認)。

(3) 生活環境

- ① 地下水  
・滝の頭水源地との位置関係【図 4d 参照】
- ② 住宅及び学校との位置関係【図 3 参照】  
・住宅までの距離・・・土花集落<sup>つちばな</sup> 敷地より東方向 約 450m  
福米沢集落 敷地より南東方向 約 600m  
・学校までの距離・・・男鹿市立潟西中学校 敷地から南東方向 約 450m
- ③ 騒音  
・騒音に係る環境基準(環境基本法)・・・該当しない(指定地域外)  
・騒音規制法に関する規制・・・該当しない(都市計画区域外)  
・敷地外周に高さ 5mの防音壁の設置を計画している。
- ④ 雨水排水  
既設水路へ水質基準値内にて排水する。
- ⑤ 道路交通  
大型車両の通行ルートを予め設定し、関係機関(男鹿市及び地元)へ周知を行う。

以上

(公)

## 地質概要(帯水層、断層等を含む)

福米沢油田は、広域的には、八郎潟古隆起帯と男鹿基盤隆起帯の間の、厚い新第三系の成す褶曲帯に位置する。同油田は、南北 5kmの比較的タイトな西急東緩の背斜構造を成している【図 4a、4b】。

### (1) 地下地質

同油田において、開発対象層までの地層は大きく分けて 3 分できる。すなわち、上位より、帯水層を主体とする完新統(深度～50m)、以下、細粒相を主体とする更新統～鮮新統(笹岡層～船川層、主に泥質岩よりなり塩水層(砂岩層)を挟む)、そして開発対象を含む中新統(女川層)が 1200m 以深に分布する。開発対象層は、深度 1300m前後で凝灰岩と珪質岩(シェール)の互層よりなる。

### (2) 水理地質

浅部帯水層(地下水利用)と開発対象層は 1000m以上の不透水層で遮断されている【図 4c】。また、周辺における公共水源である滝の頭水源地は、地形あるいは地下地質から判断して、本坑井とは別の地下水流動系に属すると推定される【図 4d】。

### (3) 構造地質

油田西方の急斜帯に沿って相当規模の断層の存在が予想されるが(例えば地質図幅)、活断層として認定されている申川断層(油田西方)との連続性も含め未確認である。ただし、同油田においては笹岡層までが構造変形に参加し、潟西層は regional な傾動運動を示すことから、推定される断層も含め油田構造に伴う変形は、潟西層堆積前(25 万年～10 万年前)<sup>注)</sup>に終了していると推定される【図 4a、4b、4e】。

注)安田海岸におけるテフラ年代(潟西基底:Toya 10 万年、鮪川層:Aso-1 25 万年)

### (4) 断層

福米沢構造を含む当該地域は、新第三紀中新世(約 2500 万年前)を端緒とする日本海拡大の後、概ね東西方向を主応力方向とする圧縮場に置かれており、地質構造は基本的に主応力と直行する南北方向を主軸とする、狭長な背斜一向斜構造によって特徴付けられる。発達する断層系も、過去のものから活断層に至るまでこれらと調和的で、南北性で東傾斜の逆断層を主体としている。また、これらのうちのいくつかは断層伝播褶曲のかたちで油・ガス田を形成する背斜構造そのものの成り立ちにかかわっている【図 4e】。これ以外の断層は、これらの構造トレンドと直行する東西性の横ずれ断層の存在が、これまで掘削された坑井のデータに基づく解釈により、福米沢や申川といった油・ガス田を横切る「胴切り断層」として推定されている。

掘削場所の周辺には、主に 2 系列の活断層系の存在が知られている。1つは、八峰町(旧山

本郡峰浜村)から能代市を経て三種町(旧山本郡八竜町)に至る能代断層帯で、地表において確認される長さは約 22km 以上におよび、断層の東側が相対的に隆起する逆断層である【図 4f】。当断層系の平均活動間隔は 2000 年前後とされている。本断層は国により「活動により人的・経済的に大きな影響を被ると想定される活断層」に指定され、平成 12～13 年にかけて詳細な調査が実施されたが、近い将来において本断層を震源とする地震が起こる可能性は低いとの結論が出されている。もう 1 つは、申川背斜の西縁部に位置する申川断層で、陸上では橋本集落北方の海岸から中石集落を経て鮪川(しびかわ)集落南方へと至る、後期更新世の段丘堆積物の変位を伴う断層崖あるいはとう曲崖として認識され、断層露頭も確認されている【図 4g】。長さは約 5.5km におよび、能代断層帯と同様、東側が相対的に隆起する逆断層である。本断層は前出の能代断層帯よりもさらに活動度は低いとみられている。

前者の能代断層帯の南端は、地表では沈降域である旧八郎潟で途切れており、これより南方は地下に伏在して延長する可能性も指摘されているが、南方へ延長する場合でも掘削場所より最短で 5km 以上隔離し、地質構造系列も全く異なるため、本掘削作業との関連性は低いと判断される。一方、申川断層は、地表においては掘削場所とは最短で 4km 弱の距離に位置し【図 4g】、福米沢構造とは系列を異とする申川背斜に沿って発達するもので、地下におけるその延長は福米沢油田深部を通過すると推定されるが【図 4e】、やはり本掘削作業が直接の影響を及ぼす可能性は低いものと判断される。

また、活断層ではなく過去に活動した断層としては、東西圧縮による横ずれ運動により福米沢構造本体をブロック状に分ける東西性の「胴切り断層」や、西縁部に背斜構造の形成に関わる逆断層の可能性が指摘されるが、これらは疎らな坑井データの解釈により推定されたものであるため、両者ともその存在の蓋然性は高くない【図 4e】。なお、これらの“推定”断層のうち、相対的に規模の大きな西縁断層については、存在したとしても坑井から 300m 以上離れているため、想定されるフラクチャーの大きさ(直径 50m 強)を勘案しても余裕を持った離隔距離を確保している【図 4e】。

以上

## 福米沢 Loc.H1・H1H 掘削作業・フラクチャリング作業計画(案)

## 1. 作業目的

国内タイトオイル開発のための研究開発の一環として、また油回収率の向上により、申川鉱場の収支への貢献を目的とし、福米沢北部のタイトオイル層を対象にした水平井を掘削する。さらには、水平坑に対する多段フラクチャリング技術を本井で実施し、国内タイトオイルに適したフラクチャリング・デザインの追及及び掘削作業・モニタリング作業を含めたコスト削減に資するデータを取得するとともに、原油の早期効果的な回収を検証しようとするものである。

## 2. 作業の概要・スケジュール・体制

## (1) 作業概要

## ① 水平井の掘削作業

福米沢タイト層(女川層)を対象に水平井(+パイロット井)を掘削する。パイロット井の掘削深度は 1600m、水平井の掘削深度 2300m。はじめにパイロット井の掘削を行い、坑井検層の他、岩石コア試料採取を実施する。その後、パイロット井の一部を埋め戻した上で、サイドトラックして水平井の掘削を行う。水平井掘削後は DFIT (Diagnostic Fracture Injection Test) 作業を実施して、岩盤の特性を把握する。

## ② フラクチャリング作業・フローバック(排泥)作業

水平区間長 650m に対して、5 区間に分けてフラクチャリング作業を実施する計画である。流体圧入総量は約 750m<sup>3</sup>(5 回分合計)を見込んでいる。

## ③ AE モニタリング作業

フラクチャリング作業時における地下の微振動を計測するために AE モニタリングを実施する。

## (2) スケジュール

敷地造成工事 平成 25 年 10 月～12 月

掘削作業 平成 26 年 4 月～6 月

フラクチャリング作業・フローバック作業 平成 26 年 11 月～12 月

## (3) 作業体制

図 1、2 の通り、計画する。

なお、本作業は独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)の支援を受けて実施する。

### 3. 作業計画

#### (1) 掘削作業・DFIT 作業・仕上げ作業

##### ① 開発計画

##### (イ) 掘さく坑井数、坑井名、坑井位置(配置)選定理由

- ・坑井数: 2 坑(パイロット坑 1 坑、水平坑 1 坑)
- ・坑井名: 福米沢 Loc.H1・H1H (開坑後、福米沢 SK-26D・26DH)
- ・坑井位置選定理由: 福米沢油田は昭和 39 年(1964)年に発見され、以後今日に至るまで生産を継続している。福米沢北部地域においても生産性がメインブロックに比べて低いものの、過去数十年間継続して生産が行われている。本坑井は、この北部地区の女川層 XIV 層を主対象にしており、多段フラクチャリングを行って、坑井の生産性の向上の実証試験を行う。既存の坑井を地質のコントロールにつかうため、既存井の間を通る坑跡とし、5 段のフラクチャリングが行えるように掘削深度を 2,300m としている。

##### (ロ) 予定深度、目的層、目的層の種類とその深度【図 5a-1 参照】

- ・予定深度: パイロット坑 1,600m、水平坑 2,300m
- ・目的層の種類とその深度

深度(m)	地層名	主要岩層
1,485 ~ 1,555m	女川層 XIII 層	凝灰岩・頁岩
1,600 ~ 2,300m(PTD)	女川層 XIV 層	凝灰岩・頁岩
(1,550 ~ 1,580m)*	女川層 XV 層	凝灰岩・頁岩

(\*パイロット坑のみ出現)

##### (ハ) ケーシングプログラム【図 5a-2 参照】

外径(inch)	挿入深度(m)
13-3/8"	500m
9-5/8"	1,200m
5-1/2"	2,300m

##### (ニ) 掘削予定期間

自 平成 26 年 4 月 15 日  
至 平成 26 年 5 月 20 日(36 日間)

##### ② 掘削施設、装置

##### (イ) やぐらの形式、構造、規模、支持方法(陸域のみ)

- ・型式、構造 : 4 本脚鉄製カンチレバーマスト溶接型
- ・高さ : 地上~ドリルフロア) 7.00m  
ドリルフロア~やぐら頂部 43.15m
- ・檣強度容量 : 200ton(1,961KN)
- ・耐風圧 : 37m/sec(セットバック有り)、48m/sec(セットバック無し)

##### (ロ) 掘削機械の名称、型式、構造、能力、台数等

##### (ドローワークス)

- ・型式・台数 新潟鐵工所製 NE-2000 1 台
- ・最大巻上能力 181ton(1,775KN) × 10 本鋼

- ・動力 入力馬力 750HP  
メインブレーキ Disk brake (National Type)  
補助ブレーキ ベイラー社 5032 エルマゴブレーキ

(ロータリーマシーン)

- ・型式 ナショナル・ニイガタ社製 C-275
- ・最大開口径 698.5mm (27-1/2")
- ・静荷重容量 454ton (4,452KN)

(トップドライブ)

- ・型式 VARCO 社 TDS-10SH
- ・最大トルク 5,048kg-m
- ・静荷重容量 210ton (2,059KN)

(クラウンブロック)

- ・型式 新潟鐵工所製 540MCB
- ・静荷重容量 200ton (1,961KN)
- ・滑車数・直径 シーブ 径 56" × 1 車、40" × 5 車

(フックブロック)

- ・型式 ナショナル・ニイガタ社製 540-G-250 型
- ・能力 226ton (2,216KN)
- ・滑車数・直径 40" × 5 車

(掘管)

型式	5" × 19.5 ポンド	2-7/8" × 10.4 ポンド
材質	G-105	G-105
最大引張強度 (ton)	198	105
ツールジョイント部外径 (mm)	165.1	104.8
最小内径 (mm)	82.5	50.8
重量 (kg/m)	32.62	16.50

(ビット)

- 445mm (17-1/2") ビット
- 311mm (12-1/4") ビット
- 216mm ( 8-1/2") ビット
- 121mm ( 4-3/4") ビット

(スイベル)

- ・型式 ナショナル・ニイガタ社製 P-200
- ・静荷重容量 181ton (1,775KN)
- ・耐圧試験圧力 34.45MPa (351.5kg/c m<sup>2</sup>)

(ポンプ)

型式	個数	最高使用圧力	用途
ナショナル・ニイガタ社製 8-P-80 3筒往復動式	2	20.26MPa(206.7kg/c m <sup>2</sup> ) (5-1/2”ライナー使用時) 最大土出量 2.051kl/分 (6-1/4”ライナー使用時)	主力泥水 ポンプ

(ハ) 坑口装置の設置方法、名称、型式、操作方法

・設置方法

坑口装置(噴出防止装置)については、第1段目 13-3/8”ケーシングを深度 500m 付近にセットした後、耐圧 3,000psi(21MPa)の Hydrill GK 型並びに Cameron UD 型の2式を取り付ける。以後、第2段の 9-5/8”ケーシングを深度 1,200m にセットした後は、耐圧 5,000psi(35MPa)の Hydrill GK 型並びに Cameron UD 型の2式を取り付け 2,300m まで掘進を行う。第3段目 5-1/2”ケーシングをセットした後は、耐圧 10,000psi(70MPa)の Hydrill GK 型並びに Cameron UD 型の2式をセットして、ガンパー作業等の坑内作業を実施する。

・名称、型式

名称・型式	最高使用圧力	個数	摘要
13-5/8”-3M GK 型ハイドリル	20.67MPa(210.9kg/c m <sup>2</sup> )	1	
13-5/8”-3M カメロン UD ラム型	20.67MPa(210.9kg/c m <sup>2</sup> )	1	
11”-5M GK 型ハイドリル	34.46MPa(351.5kg/c m <sup>2</sup> )	1	
11”-5M カメロン UD ラム型	34.46MPa(351.5kg/c m <sup>2</sup> )	1	
7-1/16”-10M GK 型ハイドリル	68.92MPa(703.0kg/c m <sup>2</sup> )	1	
7-1/16”-10M カメロン UD ラム型	68.92MPa(703.0kg/c m <sup>2</sup> )	1	

・操作方法

アキュムレーターユニットをサブストラクチャー側方に設置し、開閉を行う。また、リモートコントロールパネルをドリラー直近に設置し、押ボタンで噴出防止装置を開閉する。

③ 掘削泥水成分と泥水検査の方法

(イ) 泥水成分

ベントナイト	粘土鉱物
バライト	重晶石
KCL	塩化カリウム剤
リグネート NC	リグニンスルホン酸誘導体
クリーンリユーブ	非油性高性能潤滑剤
KOH	水酸化カリウム剤
テルポリマー L	ポリアニオニックセルローズ
テルポリマー H	ポリアニオニックセルローズ
テルポリマー DX	有機重合体
テルクリーン	イオン系配合型活性剤
アステックス S	スルホン化誘導体

(ロ) 泥水検査方法

坑内の状況により、下記のとおり適宜測定する。

測定項目	測定回数	測定器具
比重	全深度	マッドバランス
粘性	全深度	ファンネル粘度計
PH	1日2回	ペーハーメーター
脱水	1日2回	濾過試験器
ゲルストレングス	1日2回	VGメーター
泥壁	1日2回	濾過試験器
砂分	1日2回	砂分測定シリンダー
塩分	1日2回	滴定装置
温度	1日2回	温度計
アルカリ度	適宜	滴定装置

④ 各種地層検査項目等

(イ) 各種分析、調査

調査試験項目	実施回数	主たる調査内容
マッドロギング調査	全深度	泥水検層
カッティング調査	全深度	地質調査
地化学調査	1,300-1,600m (パイロット坑)	ガス成分及び根源岩の 熟成度の分析
コア調査	2回	女川層貯留岩の岩相 調査及び各種分析資料 採集

岩石鉱物調査	1,350-1,600m (パイロット坑)	[薄片]検鏡による構成 鉱物調査 [XRD/XRF]X線回折に よる構成鉱物調査 [水銀ホロシメーター]水銀 圧入法による孔径分布 調査
--------	--------------------------	--

(ロ) 物理検層

Suite 1

種目	測定深度
DLL-GR	0~500m

Suite 2

種目	測定深度
HALS-TLD-GR	500~1,200m
FMI(dip)-DSI-PPC-GR	500~1,200m

Suite 3(パイロット坑)

種目	測定深度
HALS-MCFL-TLD-CNL-NGS-PPC	1,200~1,600m
FMI(scan)-DSI-PPC-GR	1,200~1,600m
UBI-GPIT-PPC-GR	1,200~1,600m

Suite 4(水平坑)

種目	測定深度
LWD(RAB-GR)	1,200~2,300m

⑤ 遮水及び遮水試験、仕上げの方法【図 5a-2 参照】

(イ) 遮水及び遮水試験

・20”コンダクターパイプ

アースオーガーによる作孔及び打込み工法により、地表から深度 36m(目標値)まで 20”コンダクターパイプをセットする。

・13-3/8”ケーシング

ケーシングシューを目的深度まで降下し、フルホールセメンチングにて遮水を行う。セメント硬化後、坑口装置を取付けて管内加圧テストを実施する。

・9-5/8”ケーシング

ケーシングシューを掘止深度付近まで降下し、1ステージセメンチング方式にてシュー位置から 13-3/8”ケーシング管内までセメントを上昇させる。セメント硬化後、坑口装置を取付けて管内加圧テストを実施する。

・5-1/2”ケーシング

ケーシングシューを必要な深度まで降下セットする。1ステージセメンチング方

式にてシュー位置から 9-5/8”ケーシング管内までセメントを上昇させる。

(ロ) 仕上げの方法

5-1/2”ケーシングセット後は、穿孔を行い、岩盤強度を調査するため圧入テスト(DFIT\*)を実施する。その後、坑口装置を密閉し、現場作業を休止する。フラクチャリング作業後に 2-3/8”チュービングを降下して坑井仕上げ作業を行う。

\* DFIT (Diagnostic Fracture Injection Test)

本格的なフラクチャリング作業の事前作業として DFIT を行う。DFIT は少量の流体を低レートで地層に圧入させるテストで、地層に亀裂を生じさせて亀裂閉合圧力、地層圧力(間隙圧力)、及び地層の浸透率を推定することを目的としている。これらのデータを取得しフラクチャリング計画を設計する。

DFIT を実施するためには、ケーシングに穿孔して坑内と地層とを導通させることが必要になるが、水平区間にはワイヤーラインが降下できないため、ドリルパイプの先端にパーフォレーターを取り付けて実施する TCP(Tubing Conveyed Perforation)を行う。ここで穿孔した孔は後日のフラクチャリングでも使用することになる。

⑥ 坑井封鎖の概要等

生産を実施後、枯渇あるいは水没に至った場合には、下記のとおり坑井を封鎖、廃坑する。なお、下記の計画については、実施時に経済産業省東北経済産業局と協議を行う。

- ・チュービング及びパッカーを回収し、穿孔した孔の上部にブリッジプラグ及び 30m 以上のセメントプラグを設置する。
- ・5-1/2”ケーシング及び 9-5/8”ケーシングを地表付近で切断回収後、30m 以上のセメントプラグを設置する。
- ・地表付近に 30m 以上のセメントプラグを設置する。
- ・坑口を地表面下 2m以深より切断し、19mm 鉄板で溶接閉鎖し土砂等で埋め戻す。

(2) フラクチャリング作業(フローバック作業含む)【図 5b 参照】

フラクチャーの設計及びフラクチャリングの作業仕様は、DFIT で得られるデータに基づいて詳細を見直した上で最終計画とする。

① 作業計画

(イ) 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、XV 層
- ・予定深度: 1,358 m ~ 1,404 m(垂直深度)
- ・フラクチャリング数 5 回
- ・フラクチャー形状 円形または楕円形
- ・フラクチャーサイズ: 50 m 程度(垂直方向)、50 m 程度(水平方向)、厚さ: ~ 40 mm(設計値)
- ・フラクチャー間隔 150 m

(ロ) 使用流体、量、成分(括弧内は 1 回分あたり)

- ・フラクチャー生成用粘性流体 175 kl (35 kl)
- ・支持材輸送用粘性流体 575 kl (115 kl)
- ・砂(フラクチャー支持材・プロパント) 85 m<sup>3</sup> (17 m<sup>3</sup>) [重さ 220 ton (44 ton)]

(使用流体成分表)

添加剤	フラクチャー生成流体	支持材輸送流体
	%	%
清水*	99.37	98.52
粘土膨潤防止剤	0.05	0.05
殺菌剤(SRB 等)	0.03	0.03
ゲル化剤	0.25	0.77
界面活性剤	0.15	0.15
架橋剤(クロスリンカー)	-	0.28
緩衝剤(pH 調整)	0.10	0.10
ゲル破壊剤	0.05	0.10

\* 清水については上水道(男鹿市と協議中)または申川鉱場給水場から取水する計画。

(ハ) フラクチャリングの方法

- ・坑底側より個別にフラクチャーを生成する。
- ・フラクチャー生成深度において、穿孔を行う。
- ・2 回目以降は、穿孔前にプラグを用いて、直前の穿孔、フラクチャー生成箇所との流れ・圧力を機械的に遮断する。
- ・フラクチャー生成に先立ち、フラクチャー生成流体 30 kl を用いた圧入テストを行う。
- ・対象層に引張フラクチャーを生成するために、フラクチャー生成流体 5 kl、支持材輸送流体 15 kl を順に毎分 3 kl レートで圧入する。
- ・生成したフラクチャーに支持材の砂を充填するために、支持材輸送流体 100 kl に砂 17 m<sup>3</sup> (44 ton)を段階的に混ぜながら、毎分 3 kl レートで圧入する。
- ・コア分析、DFIT 結果、及び圧入テストの結果を踏まえ、砂の充填量、流体圧入

量は適宜調整する。

(二) 作業予定

日程	内容
1日目	資機材設置、配管組立
2日目	資機材設置、配管組立、作業流体作液
3日目	配管耐圧テスト、圧入テスト・設計修正、No.1 区間フラクチャリング
4日目	ワイヤーライン作業準備、プラグ設置、No.2 区間穿孔
5日目	配管耐圧テスト、圧入テスト・設計修正、No.2 区間フラクチャリング
6日目	ワイヤーライン作業準備、プラグ設置、No.3 区間穿孔
7日目	配管耐圧テスト、圧入テスト・設計修正、No.3 区間フラクチャリング
8日目	ワイヤーライン作業準備、プラグ設置、No.4 区間穿孔
9日目	配管耐圧テスト、圧入テスト・設計修正、No.4 区間フラクチャリング
10日目	ワイヤーライン作業準備、プラグ設置、No.5 区間穿孔
11日目	配管耐圧テスト、圧入テスト・設計修正、No.5 区間フラクチャリング
12日目	コイルドチュービング準備、プラグ切削
13日目	TBG 設置

② 圧入施設、装置

型式	個数	最高使用圧力	用途
HQ-2000 相当 2250 HP 5 筒往復動式	2	23.7MPa 最大吐出量 3.86 kl/分 (5"ライナー使用時)	主力圧入ポンプ
HT-400 相当 1000 HP 3 筒往復動式	2	14.9 MPa 最大吐出量 1.91 kl/分 (5"ライナー使用時)	主力圧入ポンプ
Frac Blender	1	最大添加量 5443 kg/分	支持材混合作液装置
Gel Mixer	1	最大作液量 15.9 kl/分	ゲル作液装置

③ 仕上げ作業

フラクチャリング作業後、坑内にセットしたブリッジプラグを改修リグあるいはコイルドチュービングユニットを用いて切削する。その後、チュービング及びパッカーを降下し、坑井を仕上げる。

④ 排泥作業

- (イ) 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。
- (ロ) 坑井基地の仮設セパレーターにて、ガス・油・水に分離し、ガスは放散塔より焼却処分とし、油は仮設貯油タンクから申川鉱場へローリー移送とし、水は産業廃棄物として処分する。

### (3) AE モニタリング作業

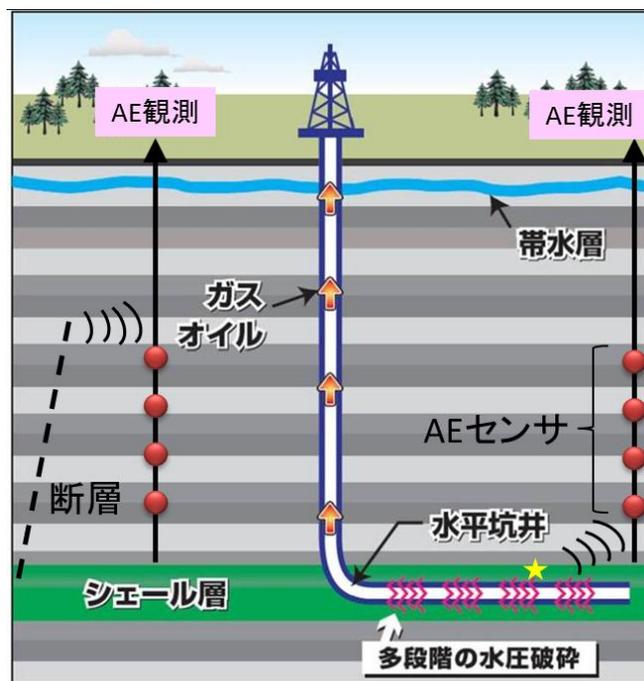
#### ① 作業目的

フラクチャリングによって地層が割れるとAE(Acoustic Emission;微振動)が発生する。AEは高感度な振動センサによって観測することができる。本作業の目的は、フラクチャリングに伴って発生するAEを連続的に計測し、その位置を特定することによりフラクチャリングが設計通りに進行しているか否かをモニタリングすることである。AE解析結果は、フラクチャーの形成のタイミング、広がりなどに関する情報を含んでおり、事前設計の検証と事後の生産量予測などに活用される。

また、AEモニタリングシステムは微小地震の信号を同時に記録することができる。したがって、AEモニタリングを行うと同時に、フラクチャリングによって作業場周辺の地震活動に変化がないかどうかを監視することができる。AEモニタリングは水平井掘削完了直後に実施するDFITとフラクチャリング作業に合わせて実施する。

#### ② AEモニタリングシステム

AEモニタリングの概念図を下図に示す。フラクチャリングに伴って発生するAEは非常に小さいため、高感度な振動センサをフラクチャリングターゲットの近くに置く必要がある。そのため、フラクチャリング坑井の近傍の坑井を観測井として利用し、複数レベルのAEセンサを設置する。信号はワイヤーラインケーブルを通じて地上に伝送され、記録されます。信号は地上のデータ解析システムによってリアルタイムで処理され、AEが発生するとその時刻、大きさ、位置などを計算する。



AEモニタリングの概念図

(イ) AE センサ仕様

- A) ツール径:  $40.64\text{mm} + \alpha$  ( $\alpha$ は安定化金具の張り出し分。2-3/8" 4.7lb TBG の内径以下。)
- B) 耐熱:  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$
- C) 耐圧:  $20,000\text{ psi}$
- D) センサタイプ: 3成分ジオフォンセンサ



(a) 概観

(b) 2-7/8"TBG 内設置イメージ

AE 計測ツール (OYO Geospace 社製 DSR-150)

(a)外観と(b)ツール姿勢安定化のための金具(Foot)を装着した場合の断面

(ロ) AE データ収録システム

- A) チャネル数: 3成分×レベル数
- B) サンプリング:  $4\text{kHz}$  以上
- C) 記録フォーマット: JGIWIN 形式あるいは SEGD 形式
- D) 波形モニタ: モニタ装置・波形表示用ソフトウェア等により、随時波形記録を確認する

(ハ) AE データ解析

現地では以下の解析を行う。

- A) センサ方位キャリブレーション: パーフレーション信号のホドグラム解析によるセンサ方位の較正。
- B) 自動 AE 信号検出: P 波、S 波到来時刻、P 波到来方向の検出。
- C) 目視による検出結果の QC。
- D) 自動 AE 源位置決定: P 波 S 波到来時刻情報、P 波到来方位情報を用い、AE 源位置を推定する。
- E) AE 源座標、AE 発生時刻、AE 源標定誤差の可視化。
- F) AE マグニチュード評価
  - ① 渡辺(1971)の式によるローカルマグニチュードの計算。
  - ② モーメントマグニチュードの計算。

事後の解析では、以下の解析を行う。

- G) AE 信号検出結果 QC
- H) 全イベントの P 波、S 波到来時刻、P 波到来方向の検出結果を目視により QC する。
- I) AE 源位置再決定: QC 後の P 波 S 波到来時刻情報、P 波到来方位情報を用い、

AE 源位置を推定する。

J) AE マグニチュード再評価

K) AE 源標定誤差トレンド評価

L) AE 観測点配置に起因する AE 源標定誤差の空間トレンドについて検討・評価し、AE 源分布により推定される構造の信頼性を評価する。

M) AE 検出感度評価

N) 実測のバックグラウンドノイズのレベルと比較して、検出可能な最小の AE マグニチュードを評価する。

(二) 微小地震データ解析

微小地震については記録データから自動検出した後目視で確認し、おおよその位置とマグニチュードを計算する。マグニチュードが 0 を超えると思われる場合は、防災科研の Hi-net システムの記録を確認し、作業場付近の地震活動の変化を検討する。

③ AE 計測

(イ) DFIT 時 AE 計測

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 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。また、DFIT に先立って行うパーフォレーション作業時の信号も記録し、センサのキャリブレーションを行う。使用する観測井や設置深度などに関する情報は以下の通りである。

A) 観測井: 福米沢 SK-22D

B) 設置深度: 深度 900m~1300m の区間内

C) センサアレイ構成: 4 レベル センサ間隔 100m アレイ全長 300m

(ロ) フラクチャリング時 AE 計測

フラクチャリングは 5 つのステージで行われる予定である。各ステージのフラクチャリングにおいて連続的な AE 計測を行い、刺激領域がどのように広がっているかをモニタする。想定している刺激領域を大きく上回ることがないことを監視する。また、それぞれのステージにおけるフラクチャリングに先立って行われるパーフォレーション信号を記録し、センサのキャリブレーションを行い、AE 源位置決定精度の向上を図る。さらに、微小地震イベントについても自動検出の対象とし、フラクチャリングによる作業場周辺の地震活動の変化を監視する。使用する観測井や設置深度などに関する情報は以下の通りである。

A) 観測井: 福米沢 SK-22D 及び SK-23D

B) 設置深度: 深度 900m~1300m の区間内

C) センサアレイ構成: 4 レベル センサ間隔 100m アレイ全長 300m

以上

福米沢Loc.H1・H1H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(案)

作業項目	主担当	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	検討会メンバー	▲	▲																									
地元説明	秋鉦総務G		▲(福米沢、土花)																									
官庁申請・届出 施業案申請	秋鉦総務G/環境保安G 作井G/貯留層G			▲(掘削工事)											▲(自噴線工事、フラク作業)													
工事計画届	秋鉦総務G/環境保安G 作井G/貯留層G/生産管理G					▲(掘削工事)									▲(自噴線工事、フラク作業)													
その他手続き 現況調査	申川鉦場																											
保安規程(変更)	申川鉦場						▲(保安委員会)																					
現場作業(リグアップ・ダウン含む)																												
坑井敷地工事	秋鉦施設G																											
福米沢Loc.H1・H1H掘削・DFIT・微振動(AE)モニタリング	秋鉦作井G/貯留層G/技研																											
フラクチャリング作業・微振動(AE)モニタリング	秋鉦貯留層G/技研																											
坑井仕上げ作業	秋鉦作井G																											
排泥・フローバック作業	秋鉦貯留層G																											
生産施設建設(現場工事)	秋鉦生産管理G																											
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H基地、F基地を想定。場合によって滝の頭水源地も調査)	秋鉦総務G/地質G/技研																											
地下水ポテンシャル調査 (流向・流速・地下水位、福米沢H基地、F基地、生活用水代表試料を想定)	秋鉦総務G/地質G/技研																											
生活用水調査(定期モニタリング) (福米沢地区2ヶ所、土花地区1ヶ所を予定)	秋鉦総務G/地質G/技研					★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★	★
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)	技研																											
微振動(AE)モニタリング	技研																											
騒音・振動測定	作井G/貯留層G/外注																											
ばい煙測定	作井G/貯留層G/外注																											

生活用水(井戸水)モニタリング項目(案)  
 ①pH ②電気伝導度 ③水温 ④Cl<sup>-</sup> ⑤I<sup>-</sup> ⑥濁度 ⑦味 ⑧臭気 ⑨BOD ⑩TPH or ノルマルヘキサン抽出物質 ⑪ベンゼン ⑫溶存ガス(CH<sub>4</sub>) ⑬(未定)フラクチャリング流体性状決定後に決定。

滞水層水質調査(分析)項目(案)  
 ①pH ②電気伝導度 ③水温 ④Na<sup>+</sup> ⑤K<sup>+</sup> ⑥Ca<sup>2+</sup> ⑦Cl<sup>-</sup> ⑧HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ⑨SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ⑩水素同位体(δ D) ⑪酸素同位体比(δ <sup>18</sup>O) ⑫TPH or ノルマルヘキサン抽出物質 ⑬ベンゼン ⑭溶存ガス(CH<sub>4</sub>) ⑮(未定)フラクチャリング流体性状決定後に決定。尚⑫~⑮はフラク後の分析のみ予定。

\*主担当は今後の打ち合わせにより決定。

## リスクマトリクス

影響度 (重大性)	人	施設	環境	発生確率				
				既知の業界 内事例なし	既知の業界 内事例あり	Japex内事 例あり	Japex内事 例あり (年に数回)	サイト内事 例あり (年に数回)
				A	B	C	D	E
1	負傷なし	損害なし	影響なし	L				
2	軽微の負傷	軽微の損害	軽微の影響					
3	重度の負傷	局所的損害	局所的影響			M		
4	死亡者有 (一人)	重度の損害	重度の影響					
5	死亡者有 (複数)	高価な損害	大規模な影響					H

リスクマトリクスにおける影響度(重大性)の具体的イメージ

影響度 (重大性)	D1、F1.地下水(生活用水)汚染	D1、F1 土壌汚染	D2、F2 騒音	D3、F3 大気汚染	F4 誘発地震	D4、F5 その他(粉じん)	D4、F5 その他(交通渋滞)
	生活用水の状態	土壌の状態	周辺の状態	周辺の状態	人の体感・建物の状態(地震の大きさ)	粉じんの状態	渋滞の状態
1 (影響無)	作業場及び生活用水への影響は全くない。 【影響期間】 -----	土壌への影響は全くない。 【影響期間】 -----	静かな状態(木の葉のふれあう音、静かな住宅地、図書館) 【騒音レベル】~30dB	空気がきれいな状態(郊外、田園地帯など)	人は揺れを感じない(無感地震)。 【マグニチュード/相当震度】<M1 / 0 【地震発生時の対策イメージ】AEモニタリングによる注視	粉じんの発生はない。	交通渋滞は発生しない。
2 (軽度)	流体の浸入があるが、作業場内に影響が留まる。 【影響期間】 -----	作業流体(有害物質含む)の土壌への浸透があるが、作業場内に影響が留まり、土壌中の有害物質濃度も基準値以内に収まる。 【影響期間】 -----	日常生活でも生じる程度(例:エアコン室外機、静かな事務所)で音はそれほど気にならない。短時間の騒音(自動車の走る音など) 【騒音レベル】~50dB	ばい煙が発生しても短時間で収まる。	静かにしている人が揺れを感じる(微小有感地震)。 【マグニチュード/相当震度】M1~M3 / 1~2 【地震発生時の対策イメージ】震源位置の確認、震源が近い場合は作業中止(目安は1km以内)	粉じんが発生しても短時間で収まる。	作業車両通行量が増え、地元の車両通行に制限が生じることがある。
3 (局所的)	生活用水への影響がごく限定的なエリアに出て、周辺民家の生活用水(井戸水)の使用に一時的な制限が生じる。 【影響期間】 1週間以内	作業流体(有害物質含む)が土壌へ浸透し、作業場内の土壌中の有害物質濃度が基準値を超えるが、土壌の入替えにより土地利用を再開できず。 【影響期間】 1週間以内	騒音がうるさいと感じる(騒々しい街頭、掃除機等)。 【騒音レベル】 ~70dB	ばい煙等によって作業場内または風向きによって一部周辺住民が都心の工場地帯程度で空気の汚れを感じる。 【影響期間】 数時間以内	ほとんどの人が揺れを感じる(有感地震(小))。 【マグニチュード/相当震度】M3~M4 / 3~4	粉じんが一定の時間、発生して、目にもはっきり捉えられる。長時間の暴露で作業員への健康障害が発生する可能性がある。 【影響期間】 数時間以内	作業車両通行量が増え、地元の車両通行ができないことがときどき発生する。
4 (重度)	周辺民家の生活用水(井戸水)が一定期間利用できなくなる。 【影響期間】 1年以内	作業流体(有害物質含む)が土壌へ浸透し、土地の利用に一定期間支障が生じる。 【影響期間】 1年以内	騒音が極めてうるさいと感じる(騒々しい工場、地下鉄の車内(窓を開けたとき)等)。500m離れたところでもうるさいと感じる。 【騒音レベル】 ~90dB	周辺住民が工業地帯程度の空気の汚れを感じ、多くの人々が不快と感じる。一部の住民に健康被害(目の痛み等)が発生する。 【影響期間】 1週間以内	木造建物の壁などに亀裂が見られることがある(有感地震(中)) 【マグニチュード/相当震度】M4~M5 / 5弱~5強	視界を遮るように粉じんが舞っている状態がたびたび発生する。作業場外に粉じんが広がる。長期間続いた場合に作業員、周辺住民への健康障害が懸念される。 【影響期間】 1週間以内	作業車両通行量が増え、地元の車両通行ができないことが頻繁に発生する。
5 (大規模)	生活用水(井戸水)が長期的に利用できなくなる、あるいは今後使用できなくなる。 【影響期間】 1年~無期限	汚染により土地自体が長期的に利用できなくなる。 【影響期間】 1年~無期限	長時間の暴露で聴覚機能に異常をきたす(ヘリコプターの近く、自動車クラクション等)。遠方(>500m)でも極めてうるさいと感じる。 【騒音レベル】 90dB~	広域の住民のほとんどが不快と感じ、生活に支障を生じる。作業場周辺が煙たくなる。多くの住民が目やのどの痛み等の健康被害を訴える。 【影響期間】 1週間以上	木造建物が傾いたり、倒れるものがある(有感地震(大)) 【マグニチュード/相当震度】M5< / 6弱以上	視界を遮るように粉じんが舞っている状態が継続する。作業場外に粉じんが広がり、作業員、周辺の住民への健康障害が発生する。 【影響期間】 1週間以上	作業車両通行量が増え、地元の車両通行が長期にわたり、できなくなる。

\* 有害物質とは、土壌汚染対策法で定められている特定有害物質であり、土壌汚染とは特定有害物質の基準値を超えた地下への漏洩をいう。  
(日本建築学会編/建築物の遮音性能基準と設計指針を参照)

福米沢Loc. H1・H1H掘削作業 リスクアセスメント その1

添付資料-7

分類項目	想定される事象	考えられる要因	起こりうる影響・結果 (環境に対する)	リスク評価			対策	リスク再評価			リスク再評価に関する説明	
				発生確率	影響度	リスクレベル		発生確率	影響度	リスクレベル		
D1. 地下水 (生活用水)/ 土壌汚染	D1-1 コンダクターパイプの打込み不足により生活用水層への掘削泥水が浸入する。	1-1-1 地盤が固く生活用水層を保護する深度(5-10m)まで打込めない。	生活用水の汚染	C	2	L	・コンダクターパイプを生活用水層より深い深度20m以上にオーガーを用いて設置する。	A	2	L	オーガーを用いてコンダクターパイプをH25.10.18に深度30.65mに設置済み。最後打ち込みで十分なN値を確認したことにより発生確率はC→Aとした。	
	D1-2 17-1/2"坑掘進中の逸泥により生活用水層へ掘削泥水が浸入する。	1-2-1 泥水比重の過度な上昇	生活用水の汚染	B	2	L	・泥水を適正比重に保つため泥水性状の維持管理を徹底する。	A	2	L	地表に近い深度30-500mを掘進中の計画泥水比重1.1-1.15SGはソリッドコントロールと水割りで十分達成可能であり、福米沢地区での掘削データによると比重1.25SG以下では逸泥しないことから発生確率をB→Aとした。	
		1-2-2 逸泥層の存在	生活用水の汚染	B	2	L	・逸泥防止剤またはセメントにより、逸泥層を閉塞して逸泥を止める。	A	2	L		
	D1-3 12-1/4"坑掘進中の逸泥により生活用水層へ掘削泥水が浸入する。	1-3-1 1-2-1と同様。	生活用水の汚染	A	2	L	・1-2-1の対策と同様。	A	2	L	計画泥水比重1.15福米沢地区では掘進中(泥水比重1.25-1.27SG)に逸泥した実績はないため、発生確率をAとした。	
		1-3-2 1-2-2と同様。	生活用水の汚染	A	2	L	・1-2-2の対策と同様。	A	2	L		
	D1-4 8-1/2"坑掘進中の逸泥により生活用水層へ掘削泥水が浸入する。	1-4-1 1-2-1と同様。	生活用水の汚染	A	2	L	・1-2-1の対策と同様。	A	2	L	同上。	
		1-4-2 1-2-2と同様。	生活用水の汚染	A	2	L	・1-2-2の対策と同様。	A	2	L		
	D1-5 泥溜ピットからの坑廃水が地中へ漏洩する。	1-5-1 ピット容量が小さいためにオーバーフローが発生。	生活用水の汚染	B	2	L	・坑井作業の規模を見越した適切容量のピットを設計、設置する。 ・予備タンクを準備し、緊急時には移送可能な配管を行う。 ・早めの産廃処理を行い、ピット内の坑廃水量を低めに維持する。	A	2	L	泥溜め容量163kl、貯泥タンク120klに加え豪雨時には予備タンク80klを利用することで、確実に泥水・廃水を収容する。予備タンクの下は予期せぬ漏洩に備えシート敷き養生を行う。以上対策を行うことで発生確率をB→Aとした。	
			土壌汚染	B	2	L		A	2	L		
		1-5-2 ピット底面、側壁から漏洩	生活用水の汚染	B	2	L	・ピットをコンクリート製とし漏洩を防ぐ。 ・ピット完成後、水張り検査により、漏洩がないことを確認する。	A	2	L		
			土壌汚染	B	3	L		A	2	L		
	D1-6 地上泥水タンク等から漏洩し地中に浸透する。	1-6-1 配管設置不良	生活用水の汚染	C	2	L	・タンク設置箇所等漏洩の可能性がある箇所はコンクリート敷きとし、仮に漏れた場合でも泥溜ピットへ流れる設計とする。 ・泥水タンク、バルブ、配管等を適切に配置し、の点検・管理を徹底する。 ・タンク設置後、水張り検査により漏洩が無いことを確認する。	A	2	L	設置時の水張り検査や点検等を確実に実施することで、泥水漏洩の発生確率を下げられる。タンク設置エリアはコンクリート敷きで基礎はポリプロピレンシートの上に盛土して造成しており泥水がシートの下の生活用水層や土壌に大量に侵入する可能性は極めて小さい。よって再評価では発生確率をAに、影響度を2に修正した。	
			土壌汚染	C	3	M		A	2	L		
		1-6-2 作業員のバルブ操作ミス	生活用水の汚染	C	2	L		・タンク設置箇所はコンクリート敷きとし、仮に漏れた場合でも泥溜ピットへ流れる設計とする。 ・泥水タンク、バルブ、配管等の点検・管理を徹底する。 ・作業前に作業手順の確認を行う。	B	2		L
			土壌汚染	C	3	M			B	2		L
	D1-7 坑井敷地外へ油分を含んだ雨水等が漏洩する。	1-7-1 発電機の燃料や潤滑油などの作業用油の取扱いを誤って、こぼす。	生活用水の汚染	B	2	L	・敷地外へ流す雨水は3段ピット(油切り)を通す。3段ピットのバルブは通常閉止でチェーンを掛け施錠、大雨等の際は油分が無いことを確認後、開放する手順とする。 ・敷地内での油分の取り扱い場所を限定(漏洩防止を施した場所)する。 ・こぼした油は直ぐに吸着材で除去することを徹底する。 ・予備タンクを準備し、緊急時には汚水を保管できるよう備える。	B	2	L	リスク評価の土壌汚染発生確率をCに訂正(過去に、燃料給油時に誤って外周側溝に漏洩した油が3段ピットに流れ込み、バルブが開放状態だったためそのまま敷地外へ流れ出た事例あり)。左記対策を実施することで再評価の発生確率はBとした。 取扱い場所の限定と漏洩油の吸着除去徹底で3段ピットに流れ込む油分は微量に抑えられるので影響度(土壌汚染)は3→2とした。	
土壌汚染			C	3	M	B		2	L			
D1-8 掘削ザクが飛散する。	1-8-1 掘削ザクの固化不良が発生	生活用水の汚染	B	2	L	・固化材を用いて適切に固化し運搬中の飛散を防止する。 ・現場管理者が固化状況を確認する。 ・固化しないザク、廃泥は密閉型車両で運搬する。	A	2	L	防止対策、管理をきちんと実行することで発生確率を下げることで、B→Aとした。		
		土壌汚染	B	3	L		A	2	L			
	1-8-2 掘削ザクを不適切な運搬方法で運搬	生活用水の汚染	B	2	L		・免許及び当社での作業実績を有する産業廃棄物業者に産廃処理を委託し、運搬方法(運搬車両、運搬ルート)を事前に確認する。	A	2		L	
		土壌汚染	B	3	L			A	2		L	

福米沢Loc. H1・H1H掘削作業 リスクアセスメント その2

分類項目	想定される事象	考えられる要因	起こりうる影響・結果 (環境に対する)	リスク評価			対策	リスク再評価			リスク再評価に関する説明
				発生確率	影響度	リスクレベル		発生確率	影響度	リスクレベル	
D2. 騒音	D2-1 リグ施設(特定施設)から異常な騒音が発生する。	2-1-1 消音器等の破損または整備不良	作業員及び近隣住民への悪影響	B	3	L	・十分な機械整備を実施していることを事前に確認する。 ・防音装置付き、あるいは低騒音型の機器を使用する。 ・防音壁を設置する。	A	2	L	使用機械管理の徹底の他、物理的な遮蔽、騒音源の縮小を図ることにより、発生確率及び影響度を低下(B→A、3→2)させることができる。
	D2-2 セメンチング用ポンプのエンジンから異常な騒音が発生する。	2-2-1 消音器等の破損または整備不良	作業員及び近隣住民への悪影響	B	3	L	・十分な機械整備を実施していることを事前に確認する。 ・防音装置付き、あるいは低騒音型の機器を使用する。 ・防音壁を設置する。	A	2	L	同上。
	D2-3作業中に人為的な騒音が発生する。	2-3-1 鉄管をハンマーでたたき金属音等、金属どうしの衝突音	作業員及び近隣住民への悪影響	C	3	M	・金属どうしの衝撃音を出さない工夫を取り入れる。	B	2	L	作業上の注意事項として作業員に十分周知して徹底することにより発生確率、影響度(騒音源)とも小さくできるため、C→B、3→2とした。
		2-3-2作業用車両の発生する騒音	作業員及び近隣住民への悪影響	B	3	L	・民家付近での徐行運転、エンジンの空ぶかしの禁止。	B	2	L	騒音はゼロにはできないが、作業員並びに業者に周知する対策を講ずることにより騒音レベル(影響度)を低下させることができる。
D3.大気汚染	D3-1 リグ施設(特定施設)からの異常なばい煙が発生する。	3-1-1 エンジン整備不良	作業員及び近隣住民への悪影響	B	2	L	・十分な機械整備を実施していることを確認する。 ・各機器エンジンのばい煙測定を事前に実施する。 ・基準値内の機器を使用する。 ・作業中の保守管理を徹底する。	A	2	L	対策を確実に実施することにより、作業期間中にトラブルが発生することを防止できる(発生確率B→A)。
	D3-2作業用車両から異常なばい煙が発生する。	3-2-1 重車両のエンジン整備不良	作業員及び近隣住民への悪影響	B	2	L	・排ガス規制値を満たした車両を使用する。	A	2	L	
D4.その他	D4-1粉塵等が発生する。	4-1-1固化剤使用時に粉塵が発生して敷地外へ飛散する	作業員及び近隣住民への悪影響	B	2	L	・粉塵の発生しにくい固化剤を使用する。	B	2	L	従来からの対策と変更なし。評価も変更なし。
		4-1-2セメントブレンド中に粉塵発生して敷地外へ飛散する	作業員及び近隣住民への悪影響	B	2	L	・ダストコレクターを使用し粉塵を防ぐ。	B	2	L	従来からの対策と変更なし。評価も変更なし。
		4-1-3車両の走行時に一般道上で埃をまきあげる	近隣住民への悪影響	B	2	L	・舗装されてない道路での徐行運転を徹底する。	A	2	L	車両走行上の注意事項として作業員、業者に十分周知して徹底することにより発生を防止できるため、B→Aとした。
	D4-2交通渋滞が敷地周辺で発生する。	4-2-1作業車両により近隣道路の交通渋滞	近隣住民への悪影響	B	2	L	・資機材運搬車輛の適切な運用計画をつくる。 ・必要な場合には交通整理員を配置し交通の渋滞を防ぐ。	A	2	L	

福米沢Loc. H1Hフラクチャリング作業 リスクアセスメント その1

添付資料-8

分類項目	想定される事象	考えられる要因	起こりうる影響・結果 (環境に対する)	リスク評価			対策	リスク再評価			リスク再評価に関する説明
				発生確率	影響度	リスクレベル		発生確率	影響度	リスクレベル	
F1. 地下水 (生活用水)/ 土壌汚染	F1-1 本井のケーシングアニュラス部が漏洩通路となり、作業流体が生活用水層に浸入する。	1-1-1 13-3/8"、9-5/8"ケーシングセメンチング不良	生活用水の汚染	B	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>最適なケーシングプログラム及びセメンチング計画により坑井の健全性を確保する。</li> <li>9-5/8"ケーシング、5-1/2"ケーシングの測定可能区間はCBLによりセメントボンディング状況を確認しておく。</li> <li>必要な場合は9-5/8"シュー周りの補強セメンチングを実施する。</li> </ul>	A	2	L	ケーシングの段数を3段(従来は2段のみ)に増やし、セメンチングをより確実に行えるように計画している。またプライマリーセメンチングが失敗しても、補修セメンチングを実施することによりこれまでの作業経験上、漏洩経路をほぼ遮断できる。また、セメンチングの状態はCBLによって確認できる。よって発生確率はB→Aとした。また、漏洩があるにしてもその経路はセメントにより塞がれており、漏洩量自体がほとんどなくなることから影響度を3→2とした。
	F1-2 生活用水層までフラクチャーが進展し、作業流体が生活用水に浸入する。	1-2-1 設定規模を上回るフラクチャーの形成	生活用水の汚染	A	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>AEモニタリングによってフラクチャーが計画を大きく上回って進展していないことを確認する。</li> <li>圧入圧力、量が計画値を上回らないよう、細心の注意を払って作業を行う。</li> </ul>	A	2	L	AEモニタリングでフラクチャー進展を監視して、異常な進展等みられた場合は作業中止とすること、並びに800~900m付近の中間層(砂層)がバッファーとなることで、フラクチャーが生活用水層まで到達する可能性はほとんどないと考えられる。よって発生確率はAとした。また、異常時を早期検知して直ちに圧入を中止することで作業流体の浸入量自体も抑制可能なので、影響度は3→2とした。
	F1-3 フラクチャーと近傍断層とが導通し、作業流体が生活用水層に浸入する。	1-3-1 断層の存在	生活用水の汚染	B	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>AEモニタリングによる監視を行い、圧入流体が地表へ流れる動きが観測されたら作業中断とする。</li> </ul>	A	2	L	800~900m付近の中間層(砂層)が存在することにより、作業流体が断層があった場合でも生活用水層まで影響を及ぼす可能性は低いこと、またAEモニタリングでフラクチャー進展を監視し、浅部までそれが進展するような兆候が見られた場合、作業を中断することで確率は低くなる と考え、B→Aとした。また異常なフラクチャーの進展が観測された時点で作業を中断することにより作業流体の浸入量自体も減ると考え、影響度は3→2とした。
	F1-4 近傍坑井へフラクチャーが導通し、作業流体が生活用水層に浸入する。	1-4-1 想定外のフラクチャー生成	生活用水の汚染	B	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>近傍坑井の坑跡と近づく箇所でのフラクチャリングを回避する計画とする。</li> <li>圧入圧力、量が計画値を上回らないよう、細心の注意を払って作業を行う。</li> <li>AEモニタリングによる監視を行い、圧入流体が近傍坑井を経由して地表へ流れる動きが観測されたら作業中止とする。</li> </ul>	A	2	L	想定されるフラクチャー生成範囲に近傍坑井が入らない様、フラクチャリングの位置を決定することで、直接導通する可能性が下がること、また、AEモニタリングにより、フラクチャーの進展を監視することにより浸入が疑われるような動きがあった場合に作業を中断すること、及び800~900m付近の中間層(砂層)がバッファーとなり、作業流体の地下水層への浸入量も小さくなると考え、発生確率をB→A、影響度を3→2とした。
		1-4-2 近傍坑井のセメンチング不良による	生活用水の汚染	B	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>近傍坑井の坑跡と近づく箇所でのフラクチャリングを回避する計画とする。</li> <li>AEモニタリングによる監視を行い、圧入流体が近傍坑井を経由して地表へ流れる動きが観測されたら作業中止とする。</li> </ul>	A	2	L	同上。
	F1-5 プロダクションケーシング(5-1/2")の破損により作業流体が生活用水層に浸入する。	1-5-1 プロダクションケーシングの強度不足	生活用水の汚染	B	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>フラクチャリング作業中の圧力に比べ十分大きな内圧耐力を持ったプロダクションケーシングを使用する。</li> <li>プロダクションケーシングセット後にフラク圧以上でケーシング加圧テストを実施し、健全性を確認する。</li> </ul>	A	2	L	作業中の想定最大坑口圧420kscに対し内圧耐力630kscのケーシングを選択(安全率1.5)>>通常の内圧設計係数1.1)し、事前に420ksc以上で加圧テストを行うことで健全性を確認する。よって、発生確率をB→Aとした。万が一5-1/2"ケーシングがバーストしても圧力異常を検知してポンピングを停止すれば、外側の泥水、ケーシング、セメントが緩衝帯となり一挙に生活用水層に大量のフラク流体が流入する可能性は低いので影響度を2に見直した。
		1-5-2 継手のシール性能不足	生活用水の汚染	B	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロダクションケーシング降下の際はトルク管理を十分に行う(トルクターン装置の導入)</li> <li>プロダクションケーシングセット後にフラク圧以上でケーシング加圧テストを実施し、健全性を確認する。</li> </ul>	A	2	L	プロダクションケーシングの継手部分の耐圧もケーシング本体の耐圧630ksc以上のタイプを採用する。またケーシング降下中の締付け不良を防ぐためにトルクターン装置を使用し、確実に継手部が締まったことを確認することにより発生確率をB→Aとした。影響度については再評価後、3→2とした。
	F1-6 坑口装置または地上配管等から作業流体が地中に漏洩する。	1-6-1 フランジ、配管接続部の締め付け不足によるリーク	生活用水の汚染	B	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>事前に加圧テストを実施してフランジ等接続部の健全性を確認する。</li> <li>サンプリング箇所などコンクリート敷き以外で漏洩の可能性がある場所はシート等で養生を行う。</li> <li>バルブ、配管等の点検・管理・巡視を徹底する。</li> </ul>	B	2	L	現行の対策で配管等の健全性を十分確認できるが、経験上、ヒューマンエラーの可能性も排除できないため、そのままBとした。
			土壌汚染	B	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>事前に加圧テストを実施してフランジ等接続部の健全性を確認する。</li> <li>サンプリング箇所などコンクリート敷き以外で漏洩の可能性がある場所はシート等で養生を行う。</li> <li>バルブ、配管等の点検・管理・巡視を徹底する。</li> </ul>	B	3	L	現行の対策で十分配管等の健全性を確認できるが、経験上、ヒューマンエラーの可能性も排除できないため、そのままBとした。影響度は地面から地中に作業流体が浸み込まないようできる限りの対策は講じるが、一旦事象が起こった場合の漏洩量については変わらないため3のままとした。
	F1-7 作業流体用の地上タンクから作業流体が地中に漏洩する。	1-7-1 配管設置不良	生活用水の汚染	C	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>タンク設置箇所等漏洩の可能性が高い箇所はコンクリート敷きとし、仮に漏れた場合でも泥溜ビットへ流れる設計とする。</li> <li>サンプリング箇所などコンクリート敷き以外で漏洩の可能性がある場所はシート等で養生を行う。</li> </ul>	B	2	L	左記対策で漏洩の可能性を小さくできるが、経験上、ヒューマンエラーの可能性は排除できないため、発生確率B、影響度もそのままとした。
			土壌汚染	C	3	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵タンク、バルブ、配管等を適切に配置し、点検・管理・巡視を徹底する。</li> </ul>	B	2	L	左記対策で漏洩の可能性を小さくできるが、経験上、ヒューマンエラーの可能性は排除できないため、発生確率Bとした。影響度はコンクリート敷きにより、地面に漏洩する量自体が減少すると考え、3→2とした。
		1-7-2 作業員のバルブ操作ミス	生活用水の汚染	C	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>タンク設置箇所等漏洩の可能性が高い箇所はコンクリート敷きとし、仮に漏れた場合でも泥溜ビットへ流れる設計とする。</li> <li>サンプリング箇所などコンクリート敷き以外で漏洩の可能性がある場所はシート等で養生を行う。</li> </ul>	B	2	L	左記対策で漏洩の可能性を小さくできるが、経験上、ヒューマンエラーの可能性は排除できないため、発生確率B、影響度はそのままとした。
土壌汚染			C	3	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯蔵タンク、バルブ、配管等の点検・管理を徹底する。</li> <li>作業前に作業手順の確認を行う。</li> </ul>	B	2	L	左記対策で漏洩の可能性を小さくできるが、経験上、ヒューマンエラーの可能性は排除できないため、発生確率Bとした。影響度はコンクリート敷きにより、地面に漏洩する量自体が減少すると考え、3→2とした。	
F1-8 フローバック流体の不適切な処理で作業流体が地表・河川等に漏洩する。	1-8-1 業者による不適切な処理	生活用水の汚染	B	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>免許及び当社での作業実績を有する産業廃棄物業者に産廃処理を委託する。また、最終処分までのマニフェストを確認する。</li> </ul>	A	2	L	これまでの経験から左記対策を講じることにより、不適切な処理が行われる可能性は極めて小さくなると考え、発生確率をB→Aとした。	
		土壌汚染	B	3	L		A	3	L	同上	

福米沢Loc.H1Hフラクチャリング作業 リスクアセスメント その2

分類項目	想定される事象	考えられる要因	起こりうる影響・結果 (環境に対する)	リスク評価			対策	リスク再評価			リスク再評価に関する説明
				発生 確率	影響度	リスク レベル		発生 確率	影響度	リスク レベル	
F2. 騒音	F2-1 フラクチャリング用ポンプのエンジン等から異常な騒音が発生する。	2-1-1 フラクチャリング作業中にはある程度の騒音が発生(不可避)。	作業員及び近隣住民への悪影響	B	3	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分な機械整備を実施していることを確認する。</li> <li>防音装置付き、あるいは低騒音型の機器を使用する。</li> <li>防音壁を設置する。</li> <li>作業は日中に行い、夜間の作業を避けるよう計画を立てる。</li> </ul>	B	2	L	左記対策をあらかじめ、請負業者と協議して実施することで可能性を十分小さくできるが、可能性をゼロにはできないため、発生確率はそのままとした。影響度は左記対策により十分小さくできるため、3→2とした。
	F2-2作業中に人為的な騒音が発生する。	2-2-1 鉄管をハンマーでたたく金属音	作業員及び近隣住民への悪影響	C	3	M	<ul style="list-style-type: none"> <li>金属どうしの衝撃音を出さない工夫を取り入れる。</li> </ul>	B	2	L	作業上の注意事項として作業員に十分周知して徹底することにより発生確率、影響度も小さくできるため、C→B、3→2とした。
F3. 大気汚染	F3-1 フラクチャリング用ポンプ、大型機器のエンジンから異常なばい煙が発生する。	3-1-1 エンジン整備不良	作業員及び近隣住民への悪影響	B	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>十分な機械整備を実施していることを確認する。</li> <li>各機器エンジンのばい煙測定を実施する。</li> <li>基準値内の機器を使用する。</li> <li>作業中の保守管理を徹底する。</li> </ul>	A	2	L	これまでに整備不良により基準値を超えるばい煙発生事例はほとんどないが、左記対策を施すことにより、ほぼゼロとすることができることから発生確率B→Aとした。
	F3-2作業用車両から異常なばい煙が発生する。	3-2-1 重車両のエンジン整備不良	作業員及び近隣住民への悪影響	B	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>排ガス規制値を満たした車両を使用する。</li> </ul>	A	2	L	
F4. 誘発地震	F4-1 フラクチャーが近傍の断層に導通し、作業流体の流入及び圧力伝播することで地震を誘発する。	4-1-1 断層の存在	有感地震の発生	B	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>AEモニタリングによって近傍の地震活動を監視する。</li> <li>断層の活動に伴うと推定される通常のレベルを超えるAEが観測された場合は作業を中止し、監視を継続する。</li> <li>(有感地震が発生した場合は、Hi-netによりその後の地震活動を継続モニタ)</li> </ul>	A	2	L	現時点で有感地震を誘発する可能性のある活断層の存在は作業場から約4km以内には確認されていないこと、またAEモニタリングによる地震活動監視により、作業エリア内でM1.0以上の大きさのAEが観測された場合に作業を中断するとすることで実際に地震を誘発する発生確率はほぼゼロに近くなると考え、B→Aとした。
	F4-2 フラクチャリングで発生する微振動が、近傍断層を刺激することにより地震を誘発する。	4-2-1 断層の存在	有感地震の発生	A	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>AEモニタリングによって近傍の地震活動を監視する。</li> <li>断層の活動に伴うと推定される、通常のレベルを超えるAEが観測された場合は作業を中止し、監視を継続する。</li> <li>(有感地震が発生した場合は、Hi-netによりその後の地震活動を継続モニタ)</li> </ul>	A	2	L	フラクチャリング作業によるAEが断層を刺激して地震を誘発したとされる事例はこれまで報告されていない。理論的にもAEにより伝搬する圧力は極めて限定的であることから、これが地震を誘発させるきっかけとはなり得ない。
F5.その他	F5-1粉塵等が発生する。	5-1-1車両の走行時に一般道上で埃をまきあげる	近隣住民への悪影響	C	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>舗装されていない道路での徐行運転を徹底する。</li> </ul>	B	2	L	舗装路を優先的に通行することにより、埃等の巻き上げは防止できると考えているが、一部運搬業者等の未舗装路での徐行不徹底等もありえるため、C→Bとした。
	F5-2交通渋滞が敷地周辺で発生する。	5-2-1作業車両により近隣道路の交通渋滞	近隣住民への悪影響	B	2	L	<ul style="list-style-type: none"> <li>資機材運搬車輛の適切な運用計画をつくる。</li> <li>必要な場合には交通整理員を配置し交通の渋滞を防ぐ。</li> </ul>	A	2	L	作業場周辺は交通量が非常に少ないため、渋滞が起こる可能性は極めて小さいが、適切に運搬車両の運用計画を策定することで確実に防ぐことができると考え、発生確率をB→Aとした。