

## 岩盤タンク (串木野基地) の第3回定期保安検査を実施しました!

土木審査部

資源エネルギー庁より(独)エネルギー・金属鉱物資源機構が管理を受託し、同機構より日本地下石油備蓄株式会社(以下「JUOS」という。)が操業及び保守管理等を受託している国家石油備蓄基地(水封式地下岩盤タンク方式)において、令和4年8月に、串木野基地の岩盤タンク定期保安検査が、JUOSよりいちき串木野市長に申請されました。当協会(以下「KHK」という。)は、定期保安検査の実施を、所轄のいちき串木野市消防本部様から受託し、今回、岩盤タンクの第3回定期保安検査を実施しましたので、その内容や結果等について紹介します。

### 1 岩盤タンクの概要

昭和48年及び54年のオイルショックを背景に、昭和50年代半ば以降、大規模な国家石油備蓄基地が全国に建設されましたが、岩盤タンクもその一つであり、岩手県久慈市、愛媛県今治市及び鹿児島県いちき串木野市の3箇所に建設されました。各基地の概要を表1に、岩盤タンクの概要図を図1に示します。

岩盤タンクは、地下水面下の岩盤にトンネルを掘削して建設されますが、表1に示すように、トンネルの大きさは1本当たり、幅・高さが約20m、長さが約500mあります。トンネルの壁面は、吹付コンクリートで覆い、鋼板等の内張はありません。

岩盤タンクの原理を図2に示しますが、岩盤タンクは、周辺の岩盤に存在する地下水の圧力を、貯蔵された原油及び蒸発ガスの圧力より高く保持することによって、漏油・漏気を防止する、いわゆる水封システムを採用した構造となっています。タンク内部に浸み出た地下水(以下「湧水」という。)は、岩盤タンク底部に溜まり、その上に原油が浮いた状態で安全に貯蔵されています。タンク底部に溜まった湧水は、一定以上の水位になると、底水排水ポンプで地上部へ排出されます。

表1 岩盤タンクの各基地の概要

基地名	久慈基地	菊間基地	串木野基地
備蓄容量(万 kL)	175	150	175
タンク(ユニット)数	3	2	3
タンク寸法(m) 幅×高さ×長さ	18×22×540	20.5×30×230~448	18×22×555
タンクのトンネル本数(本)	10	7	10
完成検査	平成5年7月	平成5年12月	平成4年11月(TK-101) 平成6年3月(TK-102,103)

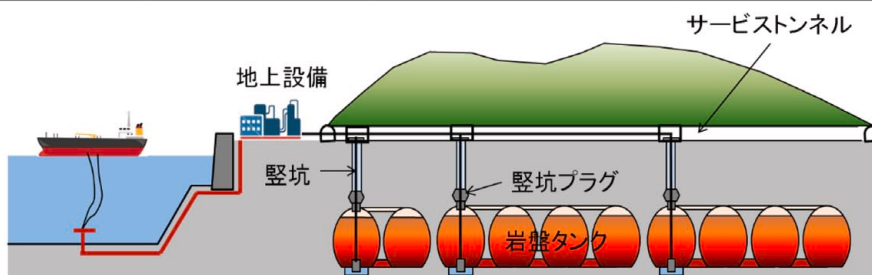


図1 岩盤タンクの概要図

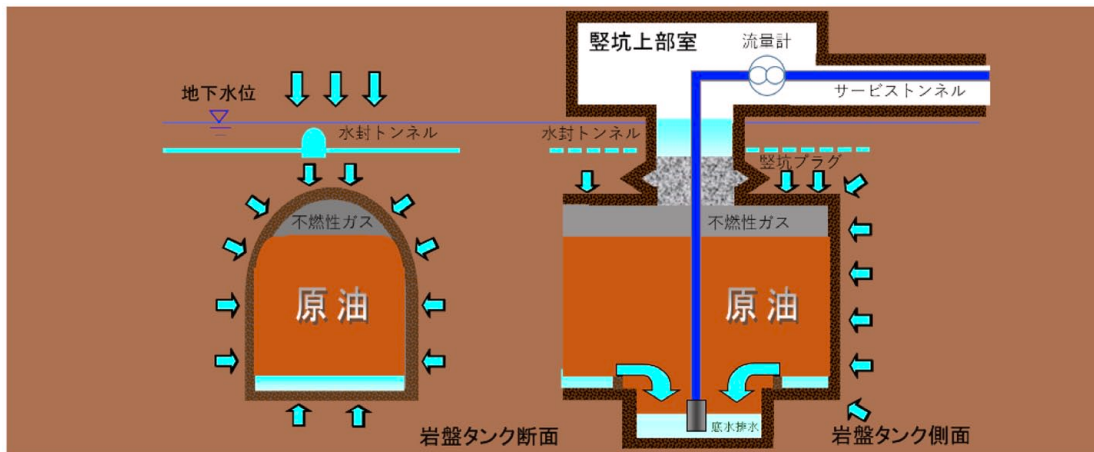


図2 岩盤タンク原理図

以上のように、岩盤タンクは、周囲の地下水が高い圧力で維持されることが非常に重要であることから、図3に示すように、岩盤タンク上部の地上部には、「地下水位観測孔」と呼ばれるボーリング孔が設置され、常時、地下水位や漏油・漏気の有無を監視しています。図3にある「限界地下水位」とは、岩盤タンクの水封機能を安全に維持するために必要とされる地下水位の下限値であり、これ以上の地下水位を安定・継続して維持することが技術基準として規定されています。

仮に、岩盤タンクの岩盤に大きな亀裂が生じる等、何か異常が発生した場合は、岩盤タンク内に浸み出てくる湧水量は長期的に増加傾向が継続することとなり、地下水位観測孔の孔内水位も長期的に低下傾向が継続することになります。このように、岩盤タンクを安全に維持・管理するためには、地下水位等の各種データの傾向等の把握に努め、安定した地下水位を維持することが重要となります。

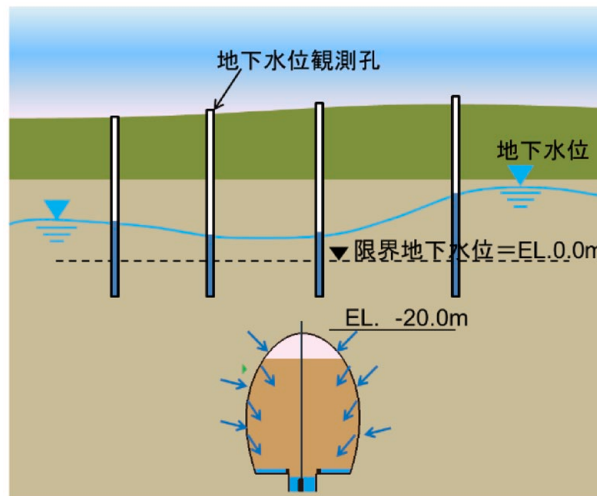


図3 岩盤タンク周辺の地下水位のイメージ

## 2 岩盤タンクの定期保安検査

岩盤タンクの定期保安検査は、容量10,000kL以上の地上式の特定屋外タンク貯蔵所と同様に、消防法第14条の3第1項に基づき、政令で定める時期ごとに、消防法第10条第4項の技術基準に従って維持されているかどうかについて、市町村長等が行うこととされています。また、定期保安検査を受ける時期については、政令第8条の4第2項第2号に基づき、完成検査を受けた日又は直近に行われた保安検査を受けた日から起算して、10年(±1年)とされています。

前述の表1で示したように、3基地ともに、平成4～6年に完成検査を受けていますので、これまで2回の定期保安検査を受検済みです。令和4年度に、串木野基地が、他基地に先行して、3回目の保安検査を受検することとなりました。なお、久慈基地は令和5年度、菊間基地は令和6年度に、3回目の定期保安検査を受検する予定です。

岩盤タンクの定期保安検査の内容は、政令第8条の4第3項第2号に、岩盤タンクの「構造」及び「設備」に関する事項と定められ、その具体的な検査項目・方法は、「岩盤タンクに係る屋外タンク貯蔵所の保安検査に関する運用基準について(平成4年1月29日付消防危第6号)」(以下「6号通知」という。)で示されています。

岩盤タンクは、常に地下水位を高く維持することが重要であるため、定期保安検査時には、限界地下水位以上を保持した通常の運転状態とし、岩盤タンク内部の開放は行わない、と6号通知で規定されています。6号通知で示された岩盤タンク定期保安検査の方法等を表2に示しますが、岩盤タンク内部に立ち入って、目視確認等、直接的な検査は不可能であるため、地下水位や湧水量等の水封機能に関する各種データから確認する、間接的な検査とされています。

表2 岩盤タンク定期保安検査の検査項目・検査方法等

保安検査時の条件	・通常の運転状態において水封機能を正常に維持するための限界地下水位を保持することとし、岩盤タンクの内部開放は行わない。	
	検査項目	検査方法
構造	・地下水位の安定性	・設置者が測定、記録した通常の運転状態における地下水位、湧水量、人工水封水供給量等の測定記録に基づき、水封機能の安全性に関する分析を行う
	・サービストンネル等坑道の割れ、変形	・定期点検等で蓄積されたデータと保安検査による点検データを対比させ、データの傾向について調査する
設備	・堅坑に設置された油中ポンプ等の保護管等の外面の腐食・変形	・水中カメラ等による目視検査を行う
坑道	・坑道内空相対変位	・サービストンネル等坑道に定点を設け、相対変位を測定する

### 3 現地審査

岩盤タンクの定期保安検査は、審査項目も多岐にわたり、かつ、現地の立会審査も広範囲に及ぶことから、令和4年11月15日(火)～11月17日(木)の「前半検査」と、11月29日(火)～11月30日(水)の「後半検査」の2回に分け、検査を実施しました。

岩盤タンクの定期保安検査の流れを図4に示しますが、6号通知でも記載されているように、検査の対象が、岩盤の「構造」に関する事項と「設備」に関する事項に大別されるため、保安検査では、消防本部、JUOS 及び KHK とともに、「構造」と「設備」の2グループに分かれて検査を実施しました。構造、設備のグループともに、まず書類審査を実施し、タンクごとの特徴や着目点等を把握したうえで、現場での立会審査を実施し、書類審査での蓄積データ等が妥当であるか否か、確認を行いました。

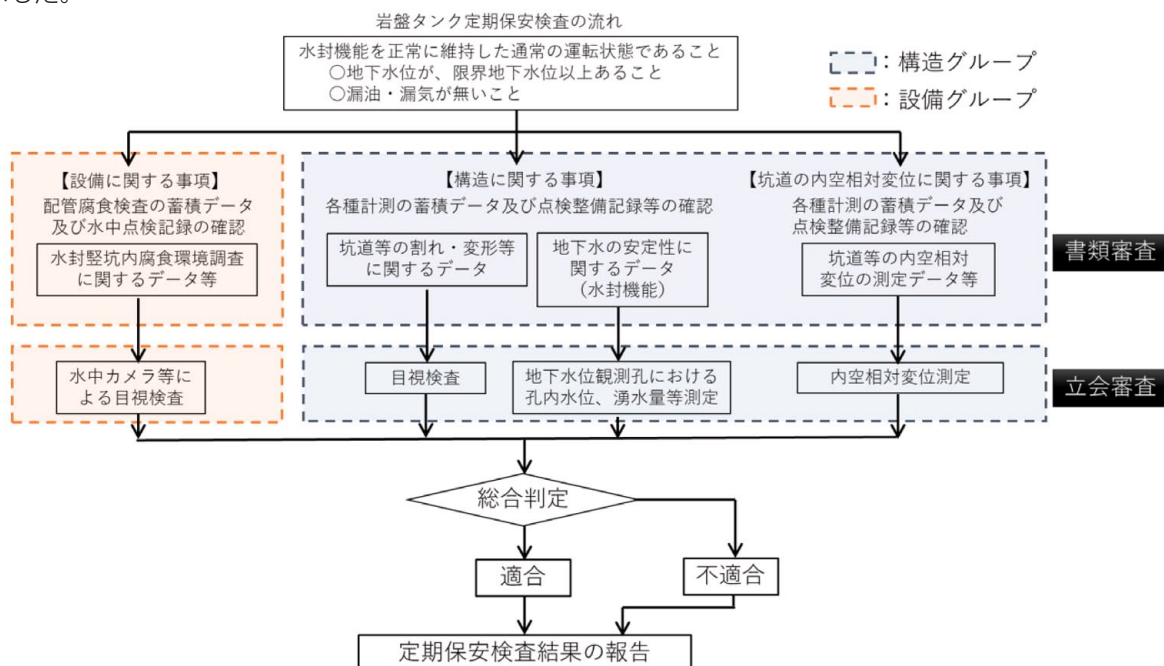


図4 岩盤タンク定期保安検査のフロー



### 3.1 運転状態の確認

地下水位観測孔の孔内水位や漏油・漏気、岩盤タンク内に浸み出た湧水量等、岩盤タンクの水封機能に関する各種データは、「中央計器室」にて一括で監視・管理されています。

岩盤タンクの定期保安検査は、限界地下水位以上を保持した通常の運転状態で実施することとされているため、保安検査を開始する前に、消防本部、JUOS 及び KHK の三者で、中央計器室において、地下水位及び漏油・漏気の有無等の運転状態を確認しました(図5)。

確認の際は、JUOS 担当者より、管理システムの概要や表示図・表示値の見方等に関して丁寧な説明があり、理解を深めることができました。また、運転状態を確認した結果、地下水位観測孔の孔内水位は、限界地下水位に対して十分に高く、また各場所で、漏油・漏気のアラーム等が表示されていないことを確認しました。このように、通常の運転状態が維持されていることを確認した後、構造と設備のそれぞれのグループに分かれ、実務的な定期保安検査を開始しました。



図5 中央計器室における運転状態の確認(※紺の作業服がKHK 検査員)

### 3.2 岩盤タンクの構造に関する検査

ここでは、岩盤タンクの「構造」に関する検査について、その概要を紹介します。前半検査及び後半検査で実施した書類審査や現地の立会審査は、主に、以下の内容・順番で行いました。

#### 【前半検査】

- ◆ 水封機能等に関する蓄積データの確認(書類審査)
- ◆ 各種計測機器の整備・点検記録等の確認(書類審査)
- ◆ 地下水位観測孔における地下水位等の確認(立会審査)

#### 【後半検査】

- ◆ 湧水量の確認(立会審査)
- ◆ 坑道等の内空相対変位等の確認(立会審査)
- ◆ 坑道等の割れ・変形等に関する目視検査等(立会審査)

#### (1) 水封機能等に関する蓄積データの確認(書類審査)

岩盤タンクは、大規模であり、かつ、岩盤や地下水といった自然を相手にしたものであることから、地下水等の水封機能に関する安定性等については、長期的な観点から蓄積データの確認を行う書類審査が非常に重要になります。このようなことから、6号通知でも、「設置者等が測定・記録した地下水位や湧水量等の測定記録に基づき水封機能の安定性の分析を行い、岩盤タンク周囲の地下水位の異常の有無を総合的に確認すること」とされています。

保安検査では、蓄積データをグラフ等で取りまとめた「技術資料」に基づき、担当者からの詳細な説明を受けながら、書類審査を実施しました(図6)。技術資料は、タンクごとに整理され、また、グラフ等は保安検査の対象期間の「直近10年分」と「オイルイン以降の30年分」のものが作成され、中・長期両方の観点からデータ傾向等について、確認を行いました。

また、直近10年間で特異な事象等があった場合は、調査等が実施され、原因究明や対策等について JUOS 内で

検討されますが、保安検査項目に深く関係する事項は、「補足説明資料」としてその内容を取りまとめられており、書類審査の中で確認しました。

書類審査は、3タンク分の膨大な蓄積データに関して質疑応答を繰り返しながらであったため、1日目午後～2日目午前の長時間にわたりましたが、ポイントを絞った説明により、各タンクの特徴や水封機能の傾向等について確認を行うことができました。

書類審査の結果、地下水位や湧水量等の水封機能、坑道等の割れ・変形及び内空相対変位等に関する蓄積データについては、長期的に異常な変動傾向はみられず、問題ないことを確認しました。



図6 岩盤の構造に関する書類審査状況

## (2) 各種計測機器の整備・点検記録等の確認(書類審査)

水封機能等に関する書類審査の後、各種計測機器の整備・点検記録の確認を行いました。

前述したように、岩盤タンクの定期保安検査は、長期的な各種蓄積データに基づき評価する必要がありますが、これらデータの正確性や信頼性を保証するためには、日常継続的に計測している機器等の測定精度の確保が必要不可欠となります。したがって、保安検査では、水位計や漏油・漏気計等の点検・整備記録、校正記録等の書類審査も実施しました(図7)。

確認の結果、計測機器等は、定期的に点検が実施されており、整備された機器については、専門業者が実施した補修・校正記録等が保存され、補修履歴も確実にトレースできる状況であり、適切な管理体制が確保されていることを確認しました。



図7 各種計測機器の整備・点検記録の確認状況

## (3) 地下水位観測孔における地下水位等の確認(立会審査)

地下水位観測孔は、岩盤タンクのエリアにおいて、「40,000m<sup>2</sup>以内ごとに1箇所以上及び地下水位の低下が予想される等重要な地点に設置すること」と規定され、常時、中央計器室にて孔内水位がモニタリングされています。また、



漏油・漏気については、地下水位観測孔内に検知器が設けられ、中央計器室で常時モニタリングされているほか、現場盤も設置され、現地の表示器においても漏油・漏気の有無が確認できるシステムとされています。

「地下水位が限界地下水位以上ある」こと、「漏油・漏気が無い」ことは、岩盤タンクの運転監視において極めて重要な事項であることから、定期保安検査では、書類審査での長期蓄積データの分析の他、現場でも孔内水位の計測や漏油・漏気の有無を確認しました(図8)。

地下水位は、地形・地質、植生等の影響を受けることから、場合によっては、図9に示すような急峻な地形の先にも地下水位観測孔が設置されています。立会審査では、こうした場所へも行き、地下水位観測孔が設置されている地形等の確認も行っています。

現場における地下水位は、図10に示す地下水位観測孔の孔口から、ロープ式水位計を孔内に下ろし、孔内水位(孔内水位=孔口標高-下したロープ長)を算出・確認しました。また、中央計器室でも孔内水位が表示されているため、無線で中央計器室での表示値を聞き取り、現地での計測結果との比較確認も行いました。両者の値は、それぞれの計器の特性や精度等により誤差を含みますが、その誤差については所内で許容値が定められ、その誤差内に収まっているかの確認も行いました。

現場では、図11に示すような記録紙が掲示され、各計測データを記載し、孔内水位、漏油・漏気の有無及び計測誤差等について、全員で確認を行いました。

地下水位等に関する立会審査は、測定方法や監視設備等の説明を受けながら、2日目午後~3日目午前の長時間にわたりましたが、担当者による迅速、かつ、的確な作業・進行により、全17孔を確認することができました。

全17孔のうち、最低水位はEL+13.91mでしたが、その他の孔はEL+60m以上を維持し、いずれの観測孔も限界地下水位(EL±0m)以上であること、また、漏油・漏気も無いことを確認しました。



図8 地下水位観測孔設備の全景

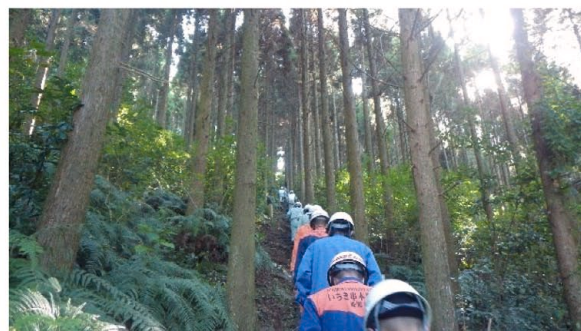


図9 岩盤タンク上部の地形状況



図10 地下水位観測孔の孔口

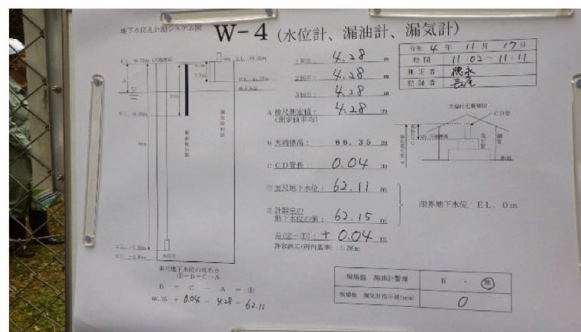


図11 各計測データの記録紙

#### (4) 坑道等の内空相対変位等の確認(立会審査)

##### 【内空相対変位測定】

サービストンネルや豎坑上部室の坑道の内空相対変位は、大規模地震発生時の力学的評価のための基礎データとするために、定期的に計測が行われています。6号通知では、保安検査においても坑道等の内空相対変位を測定することとされています。

内空相対変位は、図12に示す「コンバージェンスメジャー」と呼ばれる機器にて測定します。その測定方法は、図13に示すように、サービストンネル等の壁面に設けられた定点(コンバージェンスボルト)に、コンバージェンスメジャー端部のソケットを取り付け、所定の張力を与えたスチールテープとダイヤルゲージにより、その定点間の距離を測定します。

図14に示すように、定期保安検査でも内空相対変位を測定し、これまでの蓄積データの傾向と比較しましたが、定期点検での測定結果と同程度であり、蓄積データの妥当性と変動傾向に問題が無いことを確認しました。



図12 コンバージェンスメジャー

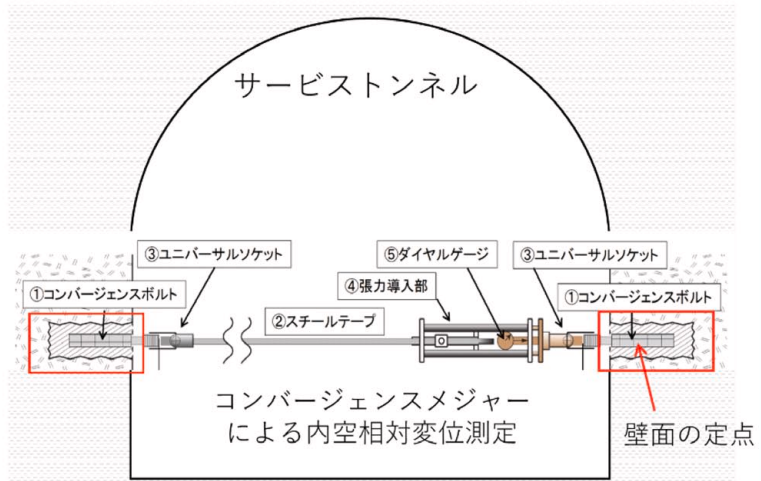


図13 サービストンネルの内空相対変位(水平方向)測定概要図



図14 内空相対変位測定状況

【堅坑上部室間距離測定】

また、内空相対変位の他、「堅坑上部室間距離測定」の立会審査も行いました。堅坑上部室間距離とは、図15に示すように、各タンクの堅坑上部室前のサービストンネル床面に、測定点が設けられており、光波測距儀により、この間の距離測定を行うことを言います。この距離測定も大規模地震等が発生した際の異常有無の確認を行うことを目的として、定期的に測定され、データが蓄積されています。

図16に示すように、定期保安検査でも、3タンク間の堅坑上部室間距離測定を実施しましたが、定期点検での測定結果と同程度であり、蓄積データの妥当性と変動傾向に問題が無いことを確認しました。



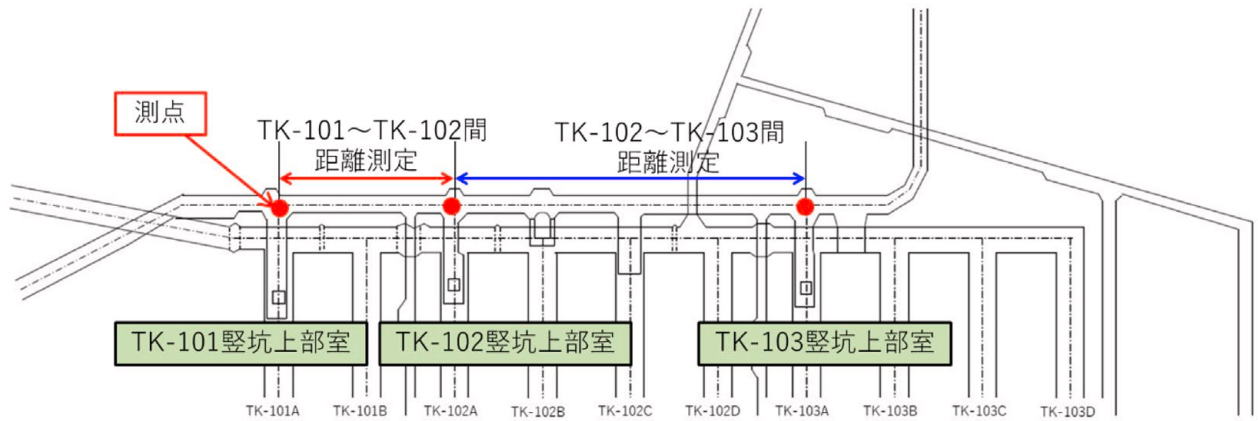


図 15 竖坑上部室間距離の測定箇所

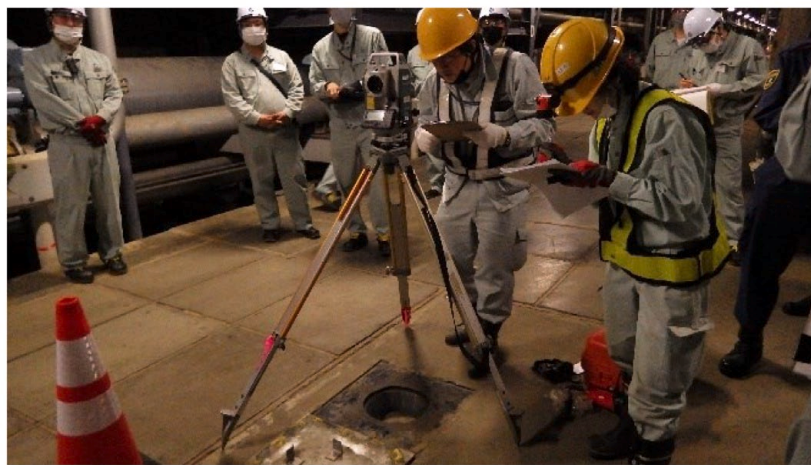


図 16 光波測距儀による竖坑上部室間距離測定状況

(5) 坑道等の割れ・変形等に関する目視検査等(立会審査)

サービストンネル等坑道の変位やクラックは、測定箇所のごく近傍の吹付コンクリートや岩盤表面の挙動を反映したもので、地中深くにある岩盤タンクそのものの挙動を示すものではありませんが、唯一岩盤の挙動が目視確認でき、計測できるものであることから、6号通知では、「定期保安検査時に測定し、蓄積データとの傾向を調査すること」とされています。

坑道の壁面には、図 17 に示すようなクラック幅測定の定点が設けられており、定期保安検査時も、クラック幅測定を行いました(図 18)。また、図 19、20 に示すように、坑道全線の目視検査も行いました。

確認の結果、クラック幅は蓄積データと同等で安定しており、また壁面の異常な変状は認められませんでした。



図 17 クラック幅測定点



図 18 クラック計による測定





図19 サービストンネルの目視検査状況



図20 サービストンネル壁面の打音確認

### 3.3 設備に関する検査

これより、岩盤タンクの「設備」に関する検査について、その概要を紹介します。前半検査及び後半検査で実施した書類審査や現地の立会審査は、主に、以下の内容・順番で行いました。

#### 【前半検査】

- ◆ 水質分析及び試験片腐食検査に関する技術資料の確認(書類審査)
- ◆ 検査対象配管の選定及び自主検査結果記録の確認(書類審査)
- ◆ 検査対象配管及び使用資機材の確認(立会審査)
- ◆ 水中カメラによる配管目視検査(立会審査)

#### 【後半検査】

- ◆ 前半検査の結果を取りまとめた配管検査報告書、水中カメラ記録動画の確認(書類審査)

#### (1) 水質分析及び試験片腐食検査に関する技術資料の確認(書類審査)

岩盤タンク定期保安検査における「設備」検査については、図21に示す「堅坑水封部」に設置されている油中ポンプ等の保護管や危険物配管(以下「配管等」という。)を水中カメラにより目視検査を実施し、耐力・気密に支障のある腐食や変形がないことを確認することとされています。

堅坑水封部に設置された配管等は十数本有りますが、オイルイン後初めての定期保安検査では、検査対象配管全数の目視検査を行いました。対象配管全数の目視検査を実施すると、多くの時間を要する他、何より、ダイバーの潜水作業に係る労働安全衛生管理面上からの課題もみられました。

このようなことから、平成13年度及び14年度に実施された旧石油公団からの委託による調査検討委員会において、「堅坑水封部に設置された配管等の腐食の確認は、水質検査による腐食環境の確認並びに堅坑に設置した配管等と同材質の供試体腐食状況の確認を同時に実施することによって、ほぼ代替することが可能である。」と結論付けられました。この検討結果を受け、平成18年度に堅坑水封部に試験片が設置され(図22)、以降、所定の期間ごとに試験片を引上げて腐食状況の調査を実施するとともに、水質分析も実施し、堅坑水封部の腐食環境の評価を行っています。この評価の結果、「堅坑水封部が腐食環境に無い」とされた場合は、各タンク代表配管4本での目視検査を実施することとされました。

堅坑水封部の腐食環境評価は、保安検査の前年度のKHKの技術援助業務で実施し、代表配管4本の選定案も併せて実施していますが、保安検査では、消防本部の方も含めて、堅坑水封部の腐食環境評価の再確認の書類審査を実施しています(図23)。

書類審査の結果、3タンクともに、「堅坑水封部は腐食環境に無い」ことが再確認されたため、代表配管4本による目視検査を実施することとしました。

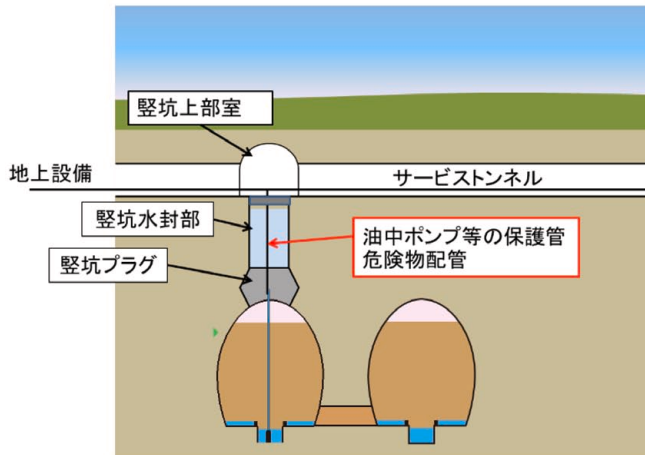


図21 設備検査の対象（堅坑水封部の配管等）

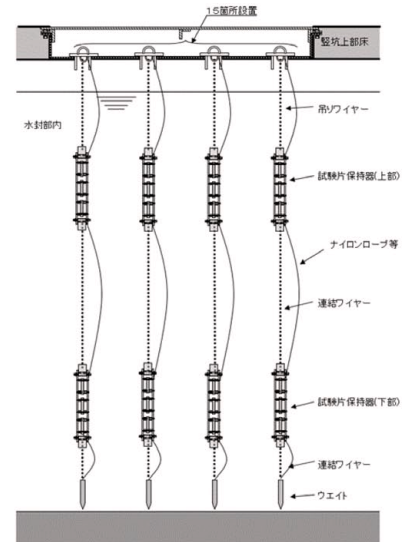


図22 堅坑水封部の試験片設置状況



図23 設備検査での書類審査状況

(2) 検査対象配管及び使用資機材の確認（立会審査）

目視検査前には、図24に示すように、配管等の位置確認を行い、第3回定期保安検査での目視検査の対象配管4本の確認を行いました。また、図25、26に示すように、ダイバーの潜水具や水中カメラ等、使用資機材の確認を行ったうえで、目視検査を開始しました。



図24 検査対象配管の確認



図25 ダイバーの潜水具等の確認



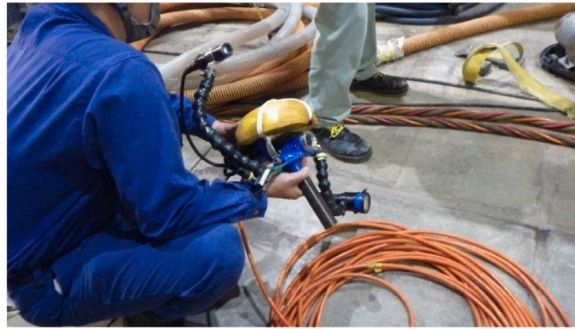


図26 目視検査用の水中カメラ

(3) 水中カメラによる配管等の目視検査(立会審査)

配管等の目視検査は、図27、28に示すように、ダイバーが水中カメラにより撮影した映像を、豎坑上部室内に設置されたモニターで確認する方法により実施しました。

豎坑水封部の水深は、約13mありますが、ダイバーは、その中を水中カメラ片手に、上下方向に移動しながら配管等表面を撮影し、配管等に水平継手溶接線がある箇所は、360度撮影し、モニターを通してその映像を確認しました。また、配管が貫通する豎坑プラグコンクリート表面も重要となることから、当該箇所も360度確認しました(図29)。

目視検査において、確認が必要と思われる箇所等があった場合は、検査員がダイバー指揮者に、水中カメラの撮影アングルの変更やワイヤーブラシ等による付着物の除去等を指示し、腐食等であるか否かの確認を行いました。

また今回、保安検査前の自主点検時に、配管板厚が、他の箇所より薄い箇所が1箇所確認されていたため、保安検査の目視検査でも、当該箇所の板厚測定を行いました(図30、31)。板厚測定結果は、自主点検時と同値であり、配管表面には腐食はみられず、また板厚はJIS公差内に収まっていたことから、腐食による減肉では無いものと判断しました。

設備の前半検査は、タンクごとに書類審査と立会審査を実施し、1タンクで一日の時間を要しました。

検査の結果、豎坑水封部の配管等に、耐力・気密に支障を及ぼすような腐食や変形が無いことを確認しました。

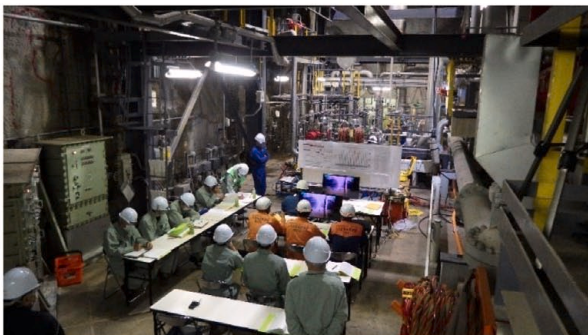


図27 豎坑上部室での設備検査状況



図28 モニターによる目視検査状況



図29 配管等の豎坑プラグコンクリート貫通部



図30 ダイバーによる配管の板厚測定状況



図31 超音波厚さ計

(4) 前半検査の結果を取りまとめた配管検査報告書、水中カメラ記録動画の確認(書類審査)

岩盤タンク定期保安検査における「設備」検査は、基本的には、前半検査における水中カメラによる目視検査が主となりますが、後半検査では、前半検査での配管検査報告書と水中カメラ記録動画の確認を、第1回定期保安検査から実施しています。

今回も、過去の保安検査同様、前半検査の結果を取りまとめた配管検査報告書の確認と記録動画の確認を行いました。配管目視検査の記録動画は、第1回定期保安検査のものから保存されているため、必要に応じ、今回の記録動画と過去の映像と比較して、今回の付着物は過去からあったものか、プラグコンクリート部に変化は無いかなどを確認も行いました。

結果、今回保安検査対象期間の10年間で、新たに生じたような変状等は特段みられなかったことを再確認しました。



図32 後半検査の状況

#### 4 さいごに

以上のように、完成検査から30年が経過した申木野基地において、第3回定期保安検査を実施しました。検査の結果、申木野基地の岩盤タンクは、「消防法に定める技術基準に従って、適切に維持されている」ことを、いちき申木野市消防本部の皆様と一緒に確認しました。

いちき申木野市消防本部の皆様におかれましては、計5日間の保安検査に立会いいただき、また、従前よりKHK技術援助業務の内容や結果等にもご理解いただき、誠に感謝申し上げます。

今回の第3回定期保安検査を受検するに当たっては、検査の約1年前から、消防本部と申木野基地とで、月1回程度の頻度で、事前の調整を行う協議会を実施されたと聞いております。このような早い段階からの調整等が実施されたことから、今回、保安検査がスムーズに、また滞りなく実施できたと感じております。いちき申木野市消防本部の皆様には、重ねて感謝申し上げます。

KHKは、今回の保安検査を実施するに当たって、令和2年頃より、消防本部はもとよりJUOS本社や申木野基地と技術援助業務や多くの打合せ等を重ねてきました。特に、基地の皆様にとっては、長期にわたる検査の準備、技術資料の



作成及び検査当日の対応等、ご苦勞が多かったことと思います。予定どおりに、かつ、スムーズに定期保安検査が実施できたことは、日頃より岩盤タンクの水封機能を正常に維持することに注力し、安全管理されてきた結果と感じております。

まだ、本年度と来年度には、他基地の第3回定期保安検査が控えていますので、JUOSの皆様には引き続きの準備・調整等、よろしく願い申し上げます。今回の定期保安検査の経験を踏まえ、より一層充実した保安検査の実施を期待します。