

液化石油ガス岩盤貯槽について

コンビ則第2条第1項第9号の2による液化石油ガス岩盤貯槽は、「液化石油ガスを貯蔵するための貯槽（当該貯槽の内面の零パスカルを超える圧力を受ける部分に岩盤を使用するものに限る。）であって、当該貯槽の周囲に作用する水圧により液化石油ガスの漏えいを防止する機能（以下「水封機能」という。）を有するもの」と定義されている。

また、コンビ則第5条第1項64号の2では、「液化石油ガス岩盤貯槽にあっては、次に掲げる措置を講ずること。」と以下の項目が要求されている。

イ. 水と液化石油ガスの境界面を測定する計器（以下「界面計」という。）の設置

ロ. 水封機能を維持するための措置

ハ. 腐食の恐れのある金属管には、腐食を防止するための措置

ニ. 金属管の破損により液化石油ガスが漏えいしたときに安全に、かつ速やかに遮断するための措置

ホ. 金属管の地上部分の破損を防止するための措置

岩盤貯槽の特徴は、貯槽周辺地下水圧を貯槽内圧より高く保つことにより貯蔵物の液化石油ガスの漏えいを防ぐ方式（水封方式）を採用していることである。

従来の貯槽は、鋼板製の構造物により、液化石油ガスの液密、気密を確保するのに対し、岩盤貯槽は、地下深い堅固な岩盤を掘削した空洞を貯槽とし、岩盤の空隙、割れ目等を満たしている地下水による水封機能により液密、気密を確保している。特定設備としての岩盤貯槽の概要を図A、構成説明表を表Aに示す。

この方式による貯蔵を安定状態に保つ上での主たる留意点は、貯槽空洞周辺の水圧が、所定の水圧に確保されていること（水封機能の確保）と貯槽空洞が安定していることに集約される。

貯槽空洞は、健全な岩盤内に空洞を計画・設計した上で、入念な施工、施工中検査を行い、貯槽空洞の変位が収束したことを確認すること等により、完成時に貯槽空洞の安定性を確認することができる。操業中は液化石油ガスによる内圧が作用することにより、安定性が増す状態となるが、万が一、貯槽空洞の安定に支障が生じた場合には、水封状態に変化が生じる。

水封機能を維持することは、保安管理上最も重要な要素である。この水封機能の維持の確認は、完成時の気密試験により異常のないことを確認し、操業中は地下水圧の確保、貯槽内圧を設計圧力以下に維持することが重要なポイントとなる。

また、金属管の健全性も重要である。金属管（水封機能により気密性を有する部分に囲まれた空間に通じる金属製の配管）が損傷を受ければ、配管竪坑内に液化石油ガスが漏えいし、水中を上昇して配管竪坑上部に達し、地表部に漏えいする。この金属管には耐久性、耐腐食性を考慮した材料が使用されているが、長期的にみた健全性を定期的に確認する必要がある。万一の金属管の損傷に対しては、漏えいを遮断するフェールセーフバルブシステムを採用している。

岩盤貯槽は耐圧性能及び強度に係る検査は適用しないため、この点を十分考慮に入れた点検・検査方法を検討する必要がある。

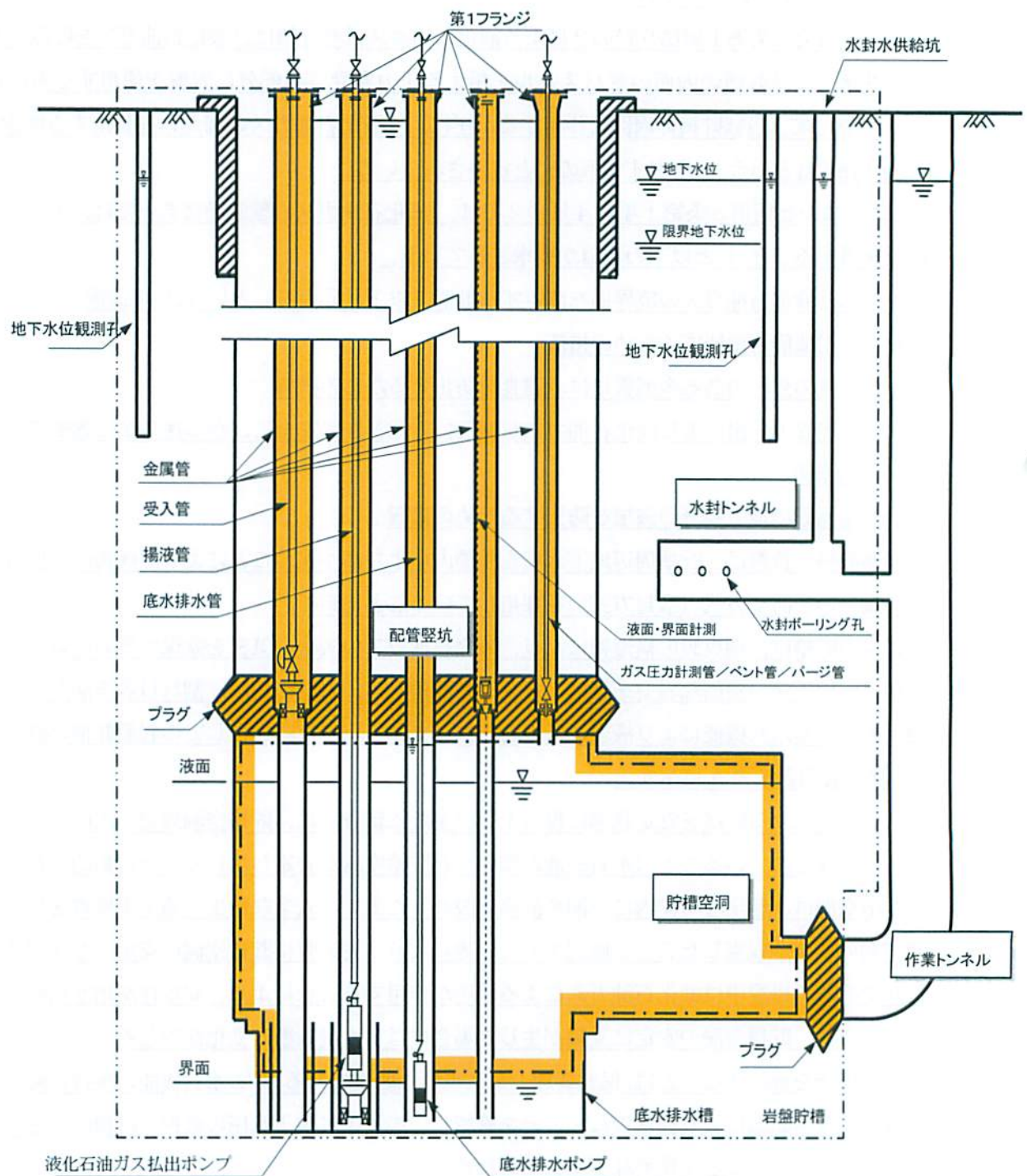


図 A 特定設備としての岩盤貯槽の概要図

表 A 特定設備としての岩盤貯槽の構成説明表

名 称	構 成	表 示 (図 A 参照)	備 考
岩盤貯槽 (特定設備)	作業トンネルを除き、地下に設置される設備 1. 貯槽本体 貯槽空洞 (底水排水槽を除く)、プラグ、金属管 (第一フランジまで) 2. 付属設備 配管竪坑、水封トンネル・水封ボーリング孔、地下水位観測孔、底水排水槽	-----で囲まれた部分	1. 図のポンプ、揚液管、底水排水管、水封水供給坑等を除いた部分は特定則に基づいて建設される。 2. 液化石油ガス払出ポンプは高圧ガス設備である。 3. 底水排水ポンプ、底水排水管、水封水供給坑等は高圧ガス設備ではないが、コンビ則の「水封機能を維持するための設備」である。
貯槽本体	貯蔵可能な部分で貯槽本体 (耐圧部分) 貯槽空洞 (底水排水槽を除く) プラグ、金属管 (第一フランジまで)	■で囲まれた部分	・ 金属管を含め液化石油ガスが貯蔵される部分
貯槽空洞	金属管を除いた貯蔵可能な部分	プラグ、岩盤部分で-----で囲まれた部分	・ 掘削された空洞 (底水排水槽を除く) 及びプラグ内面
付属設備	1. 配管竪坑 金属管を収納する竪坑でプラグ上面より地表面まで。 2. 水封トンネル・水封ボーリング孔 貯槽空洞周辺の水圧を確保するために必要に応じ、水を供給するトンネルとボーリング孔 3. 地下水位観測孔 貯槽空洞周辺の地下水位を観測するためのボーリング孔 4. 底水排水槽 貯槽空洞に侵出して来た水を一時的に溜めるピット		・ 底水排水槽は貯槽本体ではないが、機能上、保安上必要な部分

海外では下記に示すように多くの実績がある。我が国では愛媛県今治市と岡山県倉敷市に建設されている。地下水圧を利用して貯蔵するため貯蔵LPガス中に水分が浸透するが、水分の溶解は250ppm程度で飽和状態に達すること等により、LPガスの品質が劣化する恐れはない。出荷時に容易かつ低コストの脱水処理により、輸入LPガスと同一水準まで溶解水分を下げる事が可能である。

岩盤貯槽の特徴としては、地下深部に設置されているため地震の影響が小さく、地上火災、台風等の災害が貯槽内に及ばず、施設の大部分が地下にあり景観等の環境保全に優れている点にある。

1. 海外の岩盤貯槽実績 (p.5)

2. 備蓄基地の立体図 (p.5~7)

波方基地はプロパン貯槽が30万トン、ブタン・プロパン兼用貯槽が15万トンの2貯槽、倉敷基地はプロパン貯槽の40万トン1貯槽が建設されている。

3. 受入・払出フロー図 (p.7)

地上設備は現行コンビ則の適用を受ける。

4. 貯槽空洞 (p.8)

岩盤貯槽は活断層、膨張性地山、地熱地帯を避けた強固な岩盤内に、波方基地は地下-150m、倉敷基地は地下-160mより深い位置に建設されている。地下深部の岩盤内は地震加速度で地表部の1/2~1/3程度と言われており、変位については地表部では増幅されるが地下深部ではほとんどない。

5. 水封機能について (p.9) (第64号の2ロ)

水封機能によって、貯槽の液密・気密を確保している。貯槽内の湧水を排除するため界面計(第64号の2イ)を設置している。

6. 配管堅坑について (p.10~11)

配管堅坑、金属管等は耐震設計を行っている。金属管は貯槽と地表とを繋いでいるため、耐腐食性の高いSUS316Lを使用するとともに腐食対策(第64号の2ハ)として電気防食及び金属管表面をコーティングしている。万が一金属管が破損した場合の対応として金属管内に設置しているFSV(第64号の2ニ)が作動し地表と貯槽との間を遮断する構造となっている。

7. 防護構 (p.11) (第64号の2ホ)

金属管の破損防止の一環として防護構を設けている。

8. 保安電力等について (p.12)

波方基地の排水ポンプの保安電力として貯槽の余裕空間で対応することとしている。

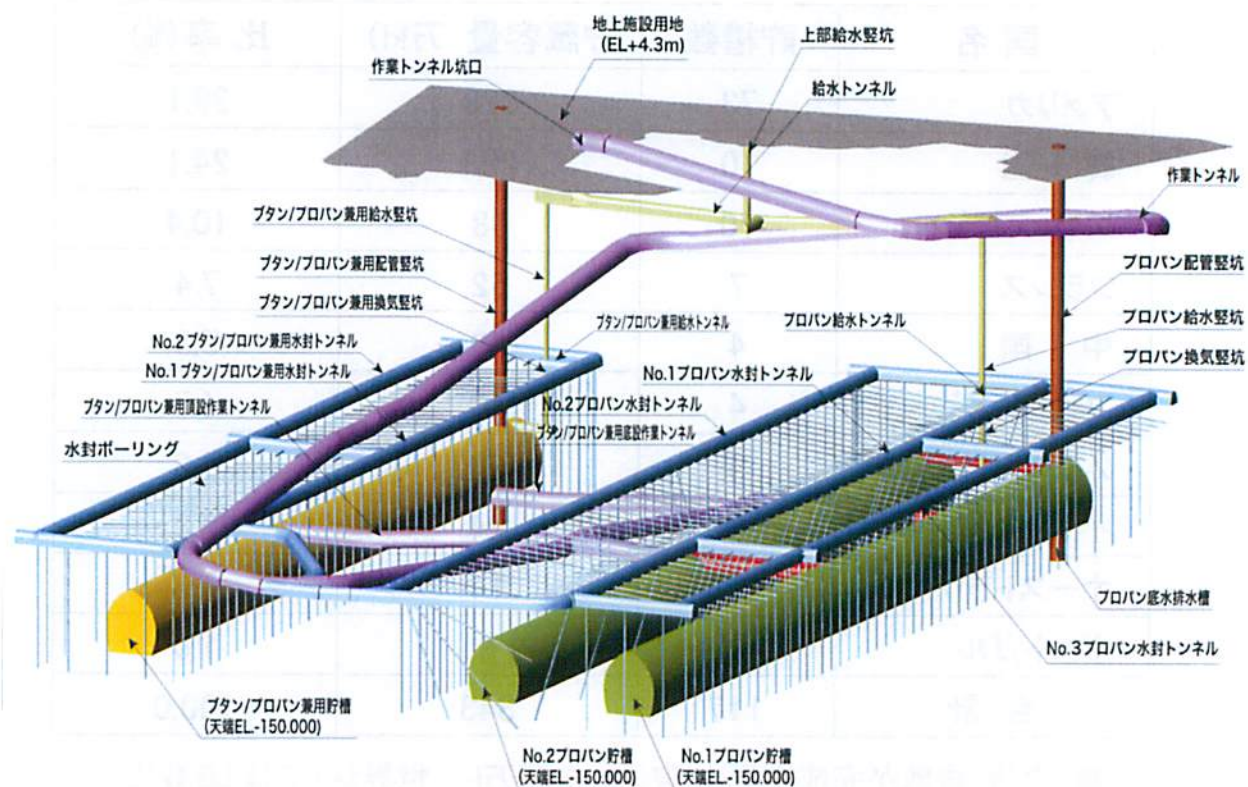
操業中の世界のLPG地下岩盤貯槽

国 名	貯槽数	貯蔵容量(万kl)	比 率(%)
アメリカ	73	329	39.1
韓 国	10	203	24.1
スウェーデン	10	88	10.4
フランス	7	62	7.4
中 国	4	49	5.9
フィンランド	4	40	4.7
ノルウェー	5	26	3.0
イギリス	2	24	2.8
オーストラリア	1	14	1.6
ポルトガル	1	8	1.0
合 計	117	843	100.0

■ 今治・倉敷が完成すると、容量約170万kl、世界シェアは16.8%

波方基地 全景

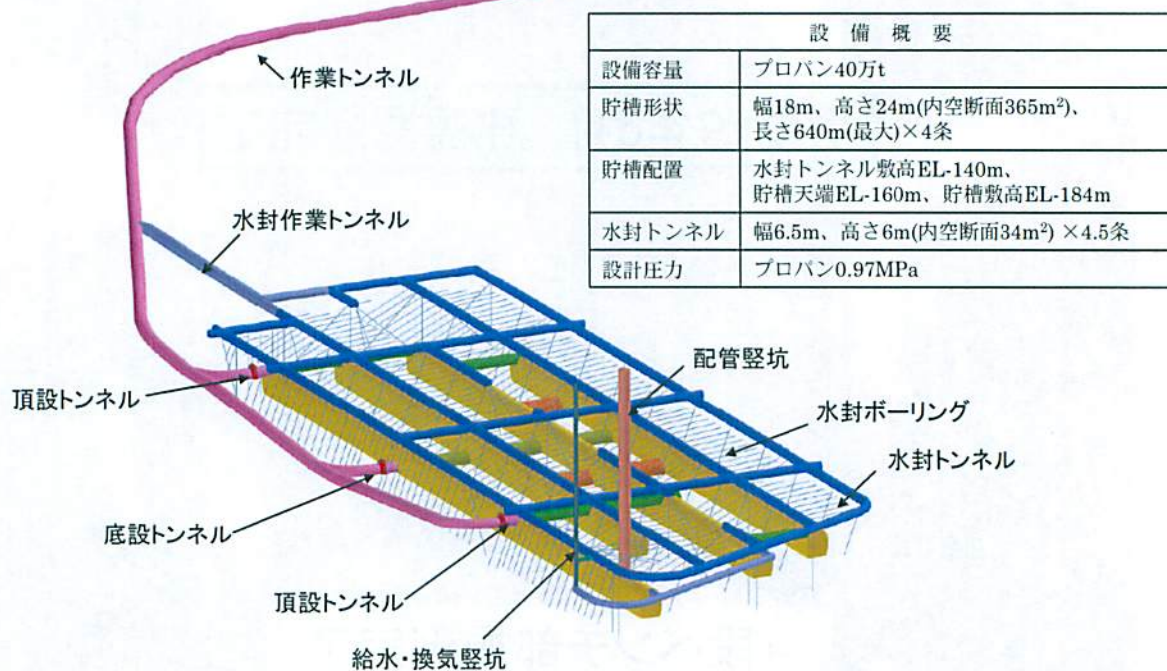




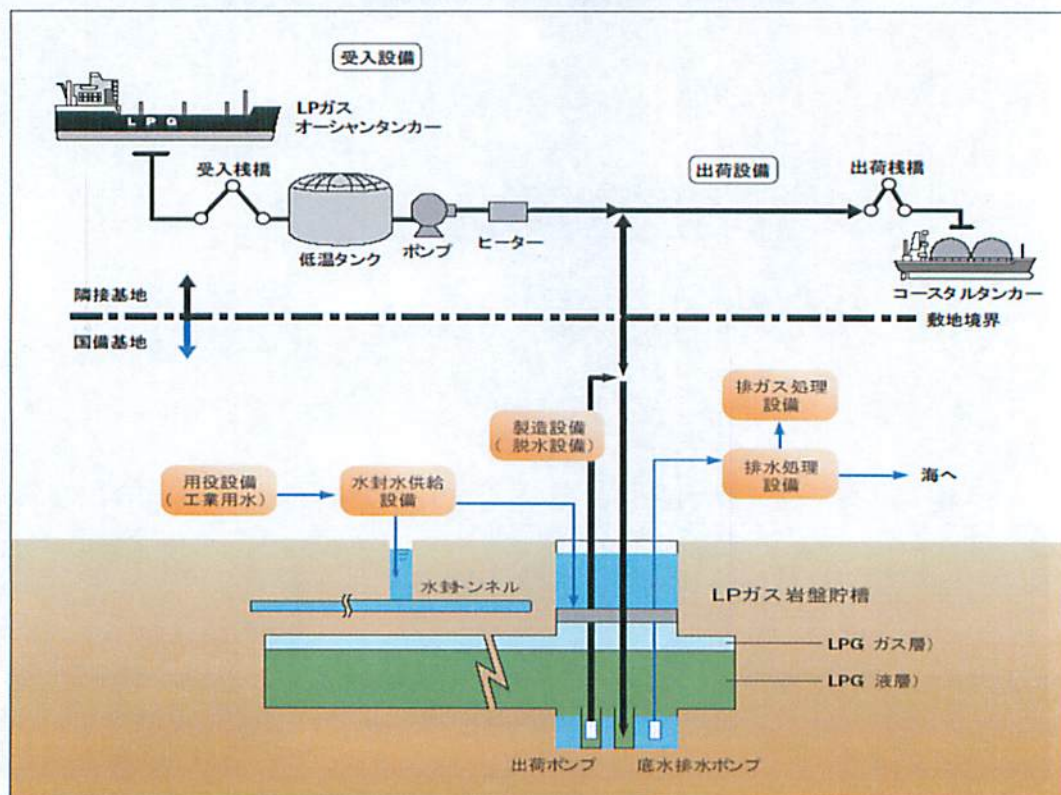
倉敷基地 全景



倉敷基地 レイアウト図



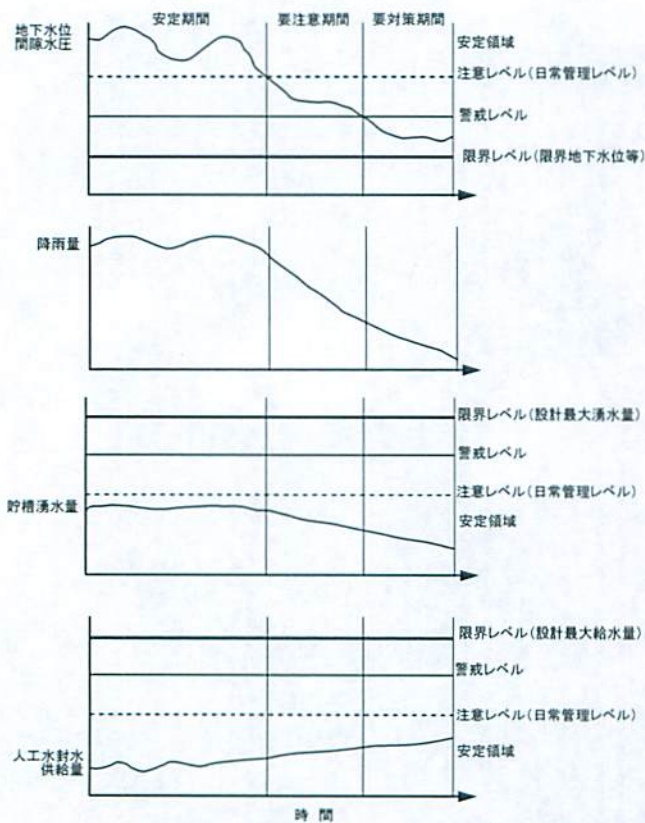
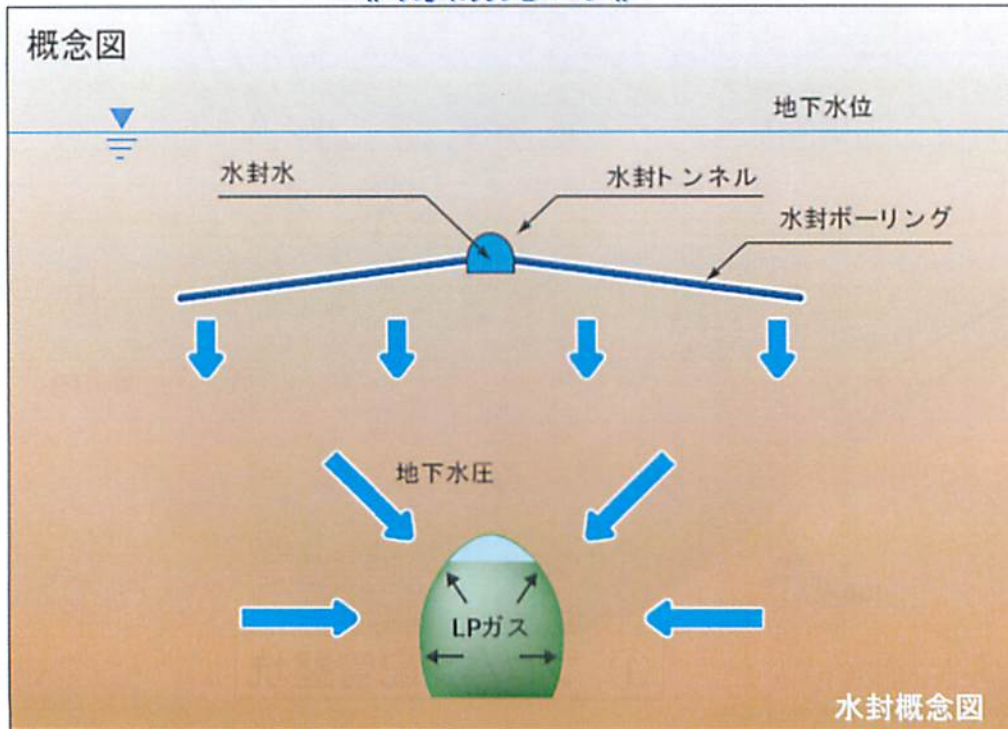
LPガス受入・払出フロー





地下岩盤貯槽

《 貯蔵方式 》



安定領域
計測データが安定した状況にあり、特に問題がない範囲（安定期間に対応）

注意レベル
この値を超える場合には計測データを注意深く監視する必要がある、データを分析し、警戒レベルに入るかどうかの検討を行うことが求められる。（要注意期間に対応）

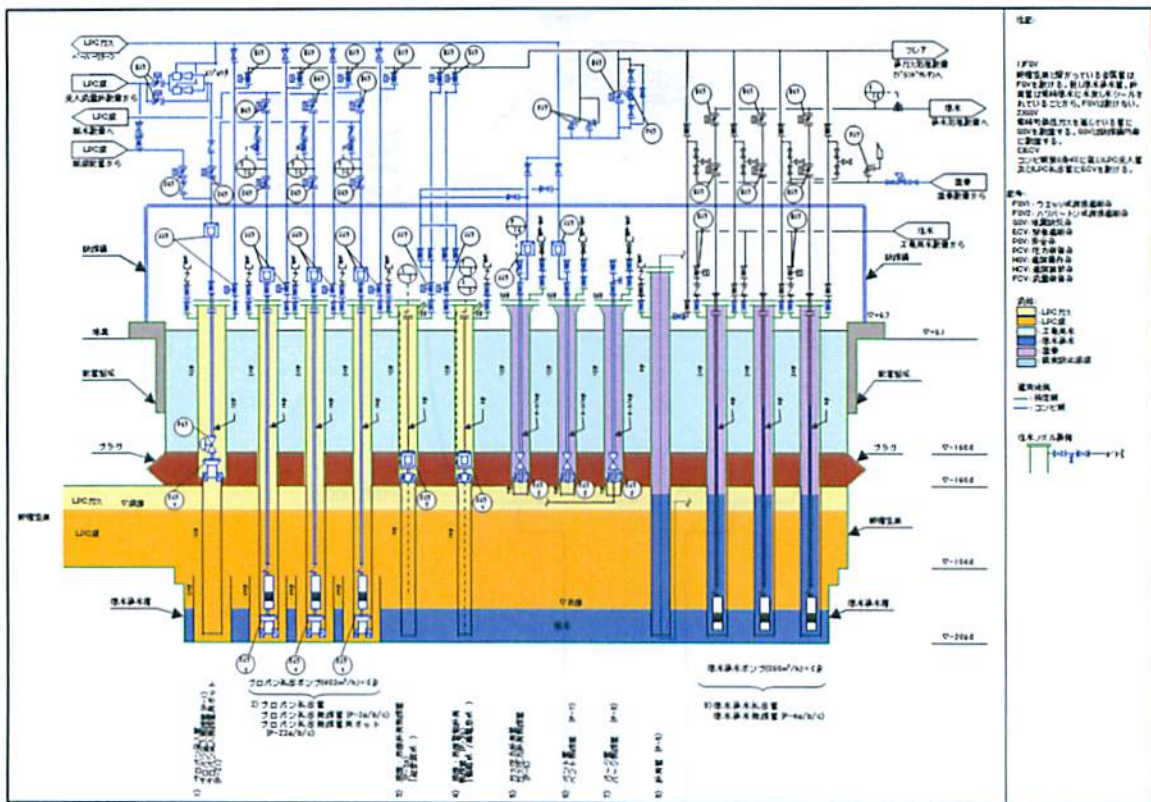
警戒レベル
この値を超える場合には、データの分析、評価及びその対策の必要性を検討するとともに、必要と判断された場合には、所要の対策を実施することが求められる。（要対策期間に対応）

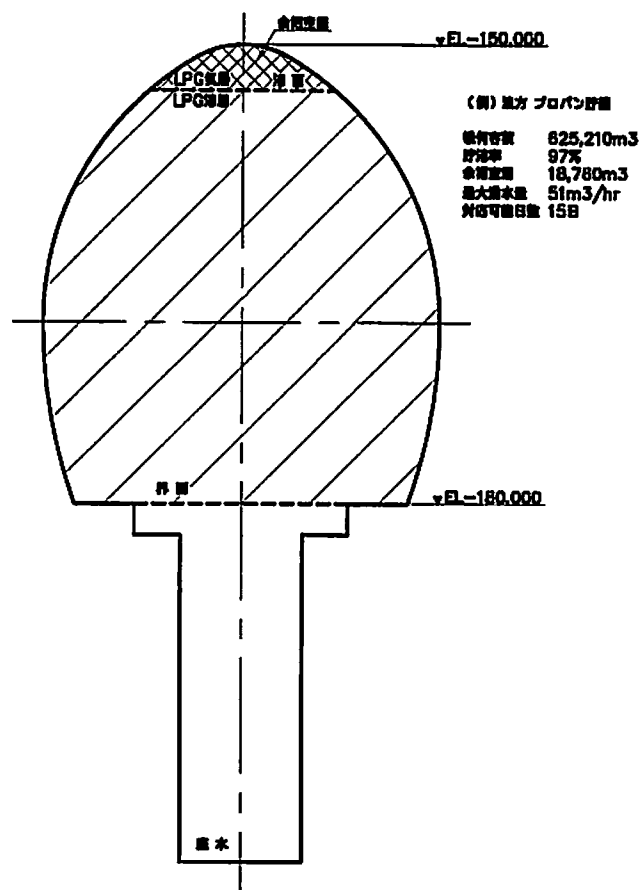
限界レベル
法的に超えてはならないレベル

水封機能管理の概念

（大規模な湧水等で自然涵養量が減少したと考えた場合等に想定される変化状況例）







1 耐震設計構造

岩盤備蓄保安検査基準案には以下のように記載されている。

3.2 耐震設計構造

耐震設計構造に係る検査は記録（図面を含む。以下この細分箇条において同じ。）確認及び目視検査とし、次による。ただし、記録確認については、前回保安検査以降耐震設計上変更のないことを記録により確認した場合は、その確認をもって記録確認に代えることができる。

3.2.1 記録確認

耐震設計構造に係る計算結果等について、1年に1回記録により確認する。

3.2.2 一般構造物の目視検査

基礎立ち上り部、ベースプレート、スカート、サドル、支柱及び本体接合部、アンカーボルト等について、腐食、損傷、変形及びその他の異常のないことを1年に1回目視（目視での検査が可能な部分に限る。）により確認する。

3.2.3 液化石油ガス岩盤貯槽¹⁾に係る構造物の目視検査

- a) 防護構等の基礎立ち上り部、支柱及び本体接合部、アンカーボルト等について、腐食、損傷、変形及びその他の異常のないことを1年に1回目視（目視での検査が可能な部分に限る。）により確認する。
- b) 目視可能な部分（気液界面近傍を含む。）の金属管、金属管サポート架構及び配管竪坑等について、腐食、損傷、変形及びその他の異常のないことを1年に1回目視により確認する。
- c) 水没部の金属管、金属管サポート架構、配管竪坑等は、損傷、変形及びその他の異常のないことを10年²⁾以内に1回目視（目視での検査が可能な部分に限る。）により確認する。ただし、b)の目視検査で異常が認められた場合には、その都度確認する

注¹⁾岩盤貯槽空洞は、耐震設計構造に係る検査は適用しない。

注²⁾10年以内に1回の検査周期（時期）については6.11の金属管の腐食防止措置に合わせた。

1.1 概要

耐震設計構造の目視検査及び記録確認の検査は、コンビ則保安検査基準によるものと同様の考え方であるが、岩盤貯槽特有の耐震設計構造物としては①岩盤貯槽、②配管竪坑、③配管竪坑内金属管及び金属管サポート架構、④防護構がある。

以下に各構造物の耐震の考え方と検査方法について述べる。

(1) 岩盤貯槽

岩盤貯槽は、地下 150m～200m の岩盤に幅 18～26m、高さ 24m～30m、長さ 430m～640m の大規模な空洞を掘削し、その空洞内に液化石油ガスを貯蔵することを目的としたものである。立地条件として、計画時に活断層、大きな断層・破碎帯及び特殊地盤（火山活動、石灰岩等溶解性地盤、洞穴、陥没、膨潤性地山）を避けた岩盤を選定し、岩盤の特性に対応した適切な支保により補強されている。

耐震設計では、耐震告示の静的震度法に従ってレベル 2 地震動に対する設計地震力を地震荷重として設定し、空洞の安定性を評価している。空洞の安定解析により算定したゆるみ域を網羅するように支保パターンを設定している。

(2) 配管竪坑

配管竪坑は、液化石油ガスの受払いを行うための配管類（以下、金属管）を設置する竪坑であり、岩盤貯槽とは貯槽天端の位置でコンクリート製のプラグで仕切られている。配管竪坑は、地表からプラグ上面までの部分であり、上部は鉄筋コンクリートにより補強され、下部はロックボルトと吹付けコンクリートにより補強されている。

配管竪坑は、岩盤貯槽の耐圧部には該当しないが、金属管の支持構造物の基礎に該当するため、耐震設計構造物として扱う。耐震設計では、配管竪坑上部は地盤の地震応答解析の結果から得られる応答変位・慣性力を地震荷重として設定し、配管竪坑下部は耐震告示の静的震度法に従ってレベル 2 地震動に対する設計地震力を地震荷重として設定し、それぞれの安定性を評価している。

(3) 配管竪坑内金属管及び金属管サポート架構

金属管は、受入管、ベント管、サブマージドポンプ、液面計等を保護する管として設置され、破断した場合に貯槽内と外界が遮断できるよう、配管竪坑プラグの位置又はその下部にフェールセーフバルブが設置されている。金属管サポート架構は、金属管の振れ止め架構として配管竪坑壁面に固定されたものである。金属管及び金属管サポート架構は、耐腐食性に優れている SUS316 系の材料を使用し、表面に厚さ 2000 μ m の超厚膜型被覆を行って電気防食を施している。

耐震設計では、配管竪坑の地盤の地震応答解析結果から得られる応答変位及び応答加速度を金属管への地震入力として、レベル 2 代替評価法により金属管の安定性を評価している。

(4) 防護構

防護構は配管竪坑の上部に設置し、メンテナンス時の落下物等から金属管を保護する目的で設置されるもので、防護構内から外につながる高圧ガス配管の支持構造物を兼ねている。防護構の基礎は配管竪坑の上部と一体となった構造である。耐震設計では、耐震告示の修正震度法に従ってレベル 1 地震動及びレベル 2 地震動に対する設計地震力を地震荷重として設定し、防護構の安定性を評価している。

1.2 検査

(1) 検査の目的

岩盤貯槽、配管堅坑及び防護構はコンクリート又は吹き付けコンクリートで構築されているため腐食の恐れはなく、金属管及び金属管サポート架構は電気防食を施しているとともに外部をコーティングしているため、基本的には腐食の恐れはない。

構造物の構造に変更がなく、かつ使用している材料に有害な劣化や損傷がなければ、その構造物の耐震強度は維持される。すなわち、耐震設計構造物の検査では、構造に変更がないこと及び材料に有害な腐食、損傷、変形及びその他の異常がないことを確認することを目的として行われる。

(2) 検査の方法

① 岩盤貯槽

岩盤貯槽の構造体は岩盤であり、耐震強度に影響を及ぼす材料の腐食、損傷、変形及びその他の異常はない。したがって、岩盤貯槽の耐震性能は継続的に維持されるとして、岩盤貯槽本体の検査は必要ない。

② 配管堅坑

配管堅坑は、その設置状況から構造の変更及び外的要因による損傷の可能性は少ない。配管堅坑の検査では構造変更の有無の検査と鉄筋コンクリートの経年劣化の有無を確認する目視検査である。一方、配管堅坑は温度の安定した水封水で満たされ直射日光が遮られた環境であり、鉄筋コンクリートの経年劣化の恐れもほとんどない。したがって、目視検査の頻度はそれほど必要ではなく、次に示す配管堅坑内金属管及びサポート架構の水中検査にあわせて実施する。

③ 配管堅坑内金属管及び金属管サポート架構

配管堅坑内金属管及び金属管サポート架構は、その設置状況から構造の変更及び外的要因による損傷の可能性は少ない。したがって、配管堅坑内金属管及び金属管サポート架構の耐震構造の検査では、構造変更の有無の検査と構造の強度に影響のある腐食や経年劣化の有無を確認することである。2.5 項に示す金属管の腐食防止措置の目視検査と同様の検査であるため、頻度は腐食防止措置の目視検査に合わせた。

④ 防護構

防護構の耐震設計構造の検査では、構造変更の有無の検査と耐震構造に有害な腐食、損傷、変形及びその他の異常の有無の検査である。その構造から、基礎立ち上がり部等の目視検査が主である。なお、この防護構は、2.7 項に示す金属管地上部分の破損防止措置に関わる設備であり、これに関わる検査に合わせて実施する。

2 高圧ガス設備の気密性能

岩盤備蓄保安検査基準案には以下のように記載されている。

4.3 高圧ガス設備の気密性能

4.3.1 岩盤貯槽（特定設備）及びその他の地下設備の気密性能

岩盤貯槽（特定設備）の気密性能に係る検査は、当該高圧ガス設備の運転状態の圧力で、運転状態の高圧ガスを用いて1年に1回漏えい等の異常がないことを4.3.1.1に掲げる方法により確認する。その他の地下設備については、4.3.1.2に掲げる方法により確認する。

4.3.1.1 岩盤貯槽（特定設備）

漏えい等の異常のないことを次により確認する。

- a) 貯槽内圧の状況¹⁾
- b) 金属管第一フランジへの発泡液の塗布
- c) 配管竪坑内の水面の状況（連続した気泡の有無）
- d) 貯槽液位に異常な低下がないこと

注¹⁾ 貯槽内圧が常用圧力以下で安定していること。

4.3.1.2 その他の地下設備

高圧ガス設備の開放（分解点検・整備、清掃等のために行う開放を含む。）時に行う。原則として、当該高圧ガス設備の常用の圧力以上の圧力²⁾で、危険性のない気体を用いて気密試験を実施する。

注²⁾ 検査の状況によって危険がないと判断される場合は、当該高圧ガス設備の常用の圧力以上の圧力で、運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施してもよい。

ただし、運転状態の高圧ガスを用いることが適当な場合には、当該高圧ガス設備の運転状態の圧力で、運転状態の高圧ガスを用いて気密試験を実施することができる（附属書 G 参照）。

2.1 概要

水封式岩盤貯槽は、当該貯槽内の周囲に作用する水压を保持することで、その気密性を確保・維持している。すなわち、岩盤貯槽の気密性能を確保することは、水封機能を維持するための措置を行うことであり、これについては「2.8 水封機能を維持するための措置」に別途記述し、ここでは、岩盤貯槽の気密性が現に維持され、漏れがないことを確認するための検査について記述する。

(1) 貯槽圧力の状態

岩盤貯槽の気相部は常に気液平衡状態にあり、受入れや払出に伴う気相部の容積変化に対してもそれが維持されるように液化石油ガスの状態が変化（蒸発又は凝縮）する。すなわち、岩盤温度が一定であるので、液化石油ガス液の量に関わらず気相部の圧力は岩盤温度における液化石油ガスの蒸気圧で一定である。受入時や払出時のようにガスや液の量が大きく変化

する場合においても、時間遅れはあるが、気液平衡により気相部の圧力は一定となる。

(2) 気密性能の維持の確認に関わる設備

気密性能の維持の確認に関わる設備としては、貯槽の圧力を監視する圧力計及び漏えいの有無を検知する可燃ガス検知器がある。

① 圧力計

岩盤貯槽内圧は DCS で記録し管理を行う。上記(1)に示すように、原則として岩盤貯槽内圧は気液平衡状態にあることから、大量の漏れ以外は圧力計で検知することは困難である。

② 可燃性ガス検知器

岩盤貯槽に関わる可燃性ガス検知器の配置について、高圧ガス保安法の例示基準には規定がないため、事前評価申請では消防法の「岩盤タンクに係わる屋外タンク貯蔵所の規制に関わる運用基準等について」を参考に次の個所に設置することで認可されている。

- a. 配管竪坑坑口（配管竪坑内の検知用 2 個、配管竪坑坑口床面 1 個）
- b. 水封水供給坑坑口（1 個）
- c. 地下水位観測孔（貯槽外周から水平距離 100m の範囲について 1 ヶ所 / 40,000m² の割合で設置）
- d. 底水排水放流口
- e. 配管竪坑坑口部の防護構排気ダクト（1 個）

2.2 検査

(1) 検査の目的

岩盤貯槽に関わる気密性能の検査は、気密性が維持されていることを確認するのが目的に実施される。したがって、現に漏えいがないこと及び漏えいがない状態が維持されていたことを確認する必要がある。

(2) 検査の方法

液化石油ガスは地下に貯蔵されているため、漏れの有無を直接視認することは困難であり、また、貯槽容量が非常に大きいため、圧力の変化を検知することで、気密性能の確認を行う方法も現実的ではない。そこで、以下の方法とした。

① 貯槽内圧の状況

貯槽内圧は受圧がなければ岩盤温度の平衡圧力で安定している。万一、安定していなければ漏れている可能性があるため、安定していることを確認する。

② 金属管第一フランジ部への発泡液の塗布

岩盤貯槽と外部との接点のうち金属管第一フランジは、直接目視することが可能で発泡の有無を確認する。

③ 配管竪坑内の水面の状況

岩盤貯槽と外部との接点のうち、配管竪坑内の水面は、直接目視することが可能で金属管からの連続した気泡の有無を確認する。(金属管から漏えいが発生した場合、配管竪坑内の水圧が漏えい圧力より高い位置では水が金属管内に入り、逆に水圧が低い位置では連続した気泡となって水面に現れる。)

④ 貯槽液位に異常な低下がないこと

貯槽内温度は受払がなければ岩盤温度が一定であるため液位の変化はない。万一、貯槽液位が受払以外で低下すれば漏れている可能性があるため、液位の低下が無く安定していることを確認する。

3 液面計・界面計

岩盤備蓄保安検査基準案には以下のように記載されている。

5.1.2 液面計

液化石油ガス岩盤貯槽に設けられた液面計に係る検査は目視検査及び精度検査とし、次による。

5.1.2.1 目視検査

外観¹⁾に破損、変形及びその他の異常のないことを1年に1回目視により確認する。

注¹⁾ 外観には、位置、方向等を含み、地上部で目視可能な部分に限定して実施する。

5.1.2.2 精度検査

超音波式液面計は各反射板までの伝播時間を測定し、これを距離に換算した値と設定値を比較し、両者の差が許容差以内であることを1年に1回確認する。

5.1.3 界面計

液化石油ガス岩盤貯槽に設けられた界面計に係る検査は目視検査及び精度検査とし、次による。

5.1.3.1 目視検査

外観¹⁾に破損、変形及びその他の異常のないことを1年に1回目視により確認する。

注¹⁾ 外観には、位置、方向等を含み、地上部で目視可能な部分に限定して実施する。

5.1.3.2 精度検査

複数の界面計の指示値の差が許容差以内であることを1年に1回確認する。

超音波式界面計は各反射板までの伝播時間を測定し、これを距離に換算した値と設定値を比較し、両者の差が許容差以内であることを1年に1回確認する。

3.1 概要

岩盤貯槽には、超音波式液/界面計と振動式液面計及び導電率式界面計の2方式がある。

(1) 液面計・界面計の構造及び設置状況

超音波式液面計は、底部に受信機能を備えた超音波発信器（以下、超音波センサーという）を設置し、液面（界面）からの反射波の到達時間を計測して液面の位置を測定するものである。また、振動式液面計は、貯槽内に振動センサー（界面用は導電率式センサー）をアレイ状に配置し、センサーの位置に液面（界面）が達すれば振動数(導電率)が変化することを利用して液面（界面）の位置を検知するものである。

超音波式液面計は任意の液面を検知し、振動式液面計は設定された固定液位を検知するものである。岩盤貯槽の日常の液位管理は超音波式液面計で行い、振動式液面計は設定液位における警報計として使用する。

超音波式液面計は、超音波の伝播速度は液の密度により異なるので、補正機能を有したものとなっており、下部に超音波センサーがある液面計測筒と下部に超音波センサーがあり途中は複数の反射板を備えた補正筒で構成されている。補正筒の反射板の位置は固定されており、超音波センサーと各反射板との距離は固定値としてあらかじめ計測されている。

超音波式液面計・界面計及び振動式液面計・導電率式界面計の設置概要を図 3-1 超音波式液面計及び振動式液面計設置概要図に示す。

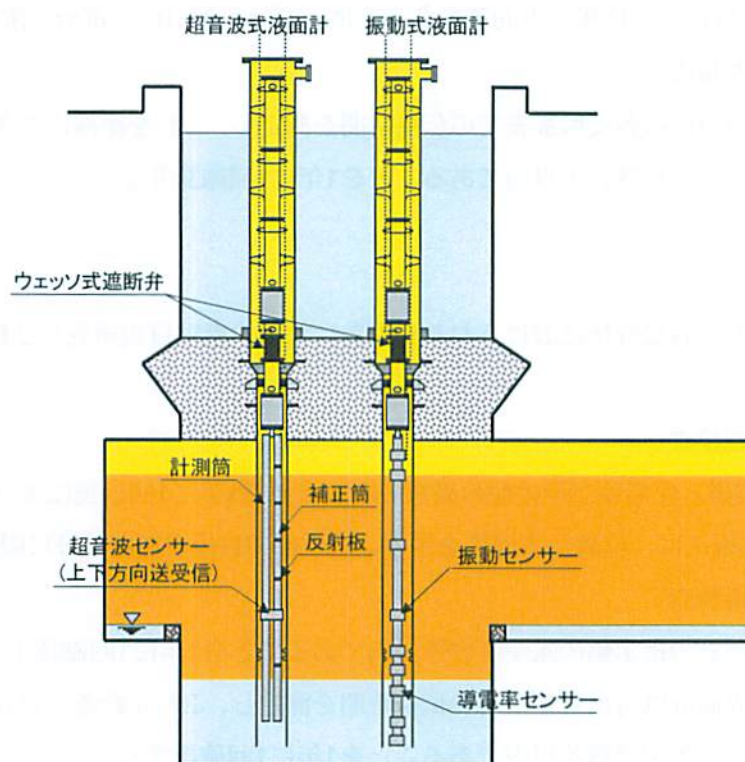


図 3-1 超音波式液面計及び振動式液面計設置概要図

(2) 超音波式液面計の計測原理

超音波式液面計の計測原理及び方法を、反射板 R5 と R6 の間に液面がある図 3-2 超音波式液面計計測概念図で示す。

計測方法の基本は、計測誤差を最小限とするために、計測値（超音波の往復時間）を基に算出する距離の範囲を最小限にして液面位を算出するものである。この例では、反射板 R5 までの距離はあらかじめ計測してある固定値を使用し、液面と反射板 R5 間を距離計算して合計する。

- ① 補正筒のセンサーで反射板 R4、R5 までの往復時間（ T_4 、 T_5 ）を計測
- ② 計測筒のセンサーで液面までの往復時間（ $T_{液}$ ）を計測

- ③ 反射板 R5、R4 間の音速 (V_{5-4}) を計算

$$V_{5-4} = L_{5-4} / ((T_5 - T_4) / 2), L_{5-4} = L_5 - L_4$$

- ④ 液面までの往復時間と反射板 R5 までの往復時間からこの間の所要時間 ($T_{液-5}$) を計算

$$T_{液-5} = (T_{液} - T_5) / 2$$

- ⑤ 音速 (V_{5-4}) と液面-R5 間の所要時間 ($T_{液-5}$) からこの間の距離 ($L_{液-5}$) を計算

$$L_{液-5} = V_{5-4} \times T_{液-5}$$

- ⑥ 反射板 R5 までの距離 (L_5 : 固定値) と距離 ($L_{液-5}$) からセンサーと液面間の距離 ($L_{液}$) を計算 $L_{液} = L_5 + L_{液-5}$

これにより、超音波センサーの位置を基準とした液面位に変換することができる。

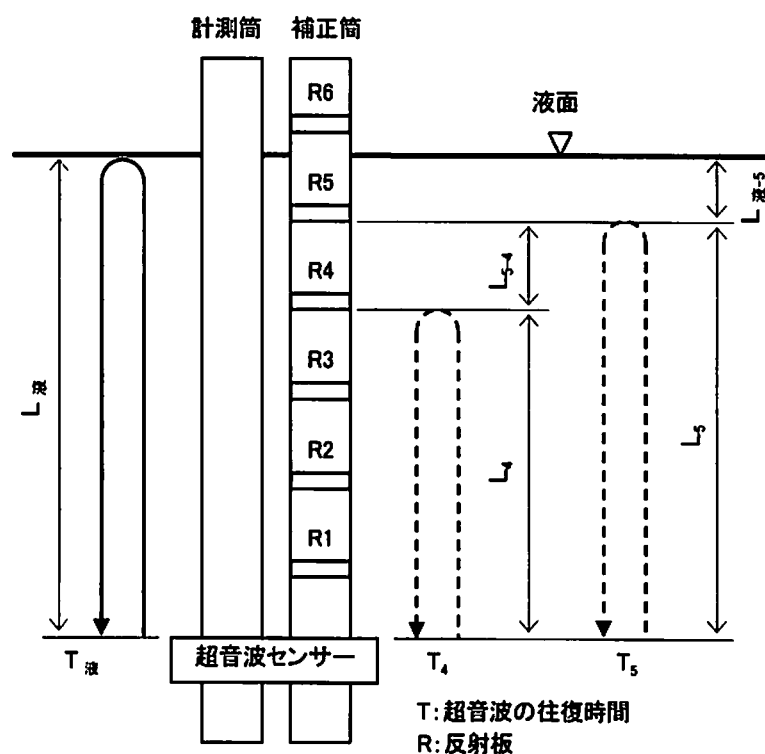


図 3-2 超音波式液面計計測概念図

底水との界面の計測も、原理及び方式は液化石油ガス液面計測と同じで、上方に向けて超音波を発信する超音波センサーと下方に向けて発信する超音波センサーの双方を備えることで液面計・界面計として使用する。

3.2 検査

(1) 検査の目的

液面計は、液化石油ガスの保有量を正確に把握することに用いられるが、常に保有量を把握することは、大量流出等の不足の事態を未然に防止することにもなる。また、岩盤貯槽にあっては、界面計機能が併設されており、底水排水設備の制御に使用されている。底水排水運転は水封機能にも関連する重要運転と位置付けることができる。この観点から、液面計・界面計の検査は、目視検査の他に精度検査を行うことが必要である。

(2) 検査の方法

① 目視検査

地上部の目視検査可能な部分について破損、変形及びその他の異常がないことを確認する。

② 精度検査

任意液位を連続計測するのは超音波式液面計・界面計であるので、精度検査はこれを対象に行う。液面計の精度については、事前評価申請において「液面計及び界面計の許容差は石油類の数量確認にレベル計を使用する場合の取扱について（蔵関第 545 号平成 4 年 6 月 9 日改正財関第 752 号平成 22 年 6 月 30 日）」の「検尺とレベル計による測定の違いが $\pm 10\text{mm}$ 以内にとどまるものを合格とする」を参考に「許容差は $\pm 10\text{mm}$ 以内」で認可されているが、岩盤貯槽にあっては、操業後の検尺が困難なことから、以下に示すような方法で精度を確認する。

図 3-3 超音波式液面計計測概念図に示すように、補正筒内にある反射板は据え付けた状態でその位置が変動することはない、超音波センサー、反射板の相互距離は常に一定でかつ既知である。すなわち、この既知の距離を検尺値とし、計器測定値(往復所要時間から計算される距離)と比較することで精度確認が可能となる。具体的な例として、反射板 (R3、R4、R5) からの反射波 (T_3 、 T_4 、 T_5) を測定して算出した反射板 R5 までの距離 (L_{5C}) と、R5 までの既知の距離 (L_5) を比較する場合を以下に示す。

a. 補正筒のセンサーで反射板 R3、R4、R5 までの往復時間 (T_3 、 T_4 、 T_5) を計測

b. 反射板 R4-R3 間の音速 (V_{43}) を計算

$$V_{43} = L_{43} \div ((T_4 - T_3) \times 2), L_{43} = L_4 - L_3$$

c. 反射板 R4 までの往復時間と反射板 R5 までの往復時間からこの間の時間 (T_{54}) を計算

$$T_{54} = (T_5 - T_4) \times 2$$

d. 音速 (V_{43}) と R4 と R5 間の所要時間 (T_{54}) からこの間の距離 (L_{54}) を計算

$$L_{54} = V_{43} \times T_{54}$$

e. 既知の反射板 R4 までの距離 (L_4) と距離 (L_{54}) からセンサーと R5 までの計測距離 (L_{5C}) を計算 $L_{5C} = L_4 + L_{54}$

f. R5 までの計測値 (L_{5C}) と既知の固定値 (L_5) を比較

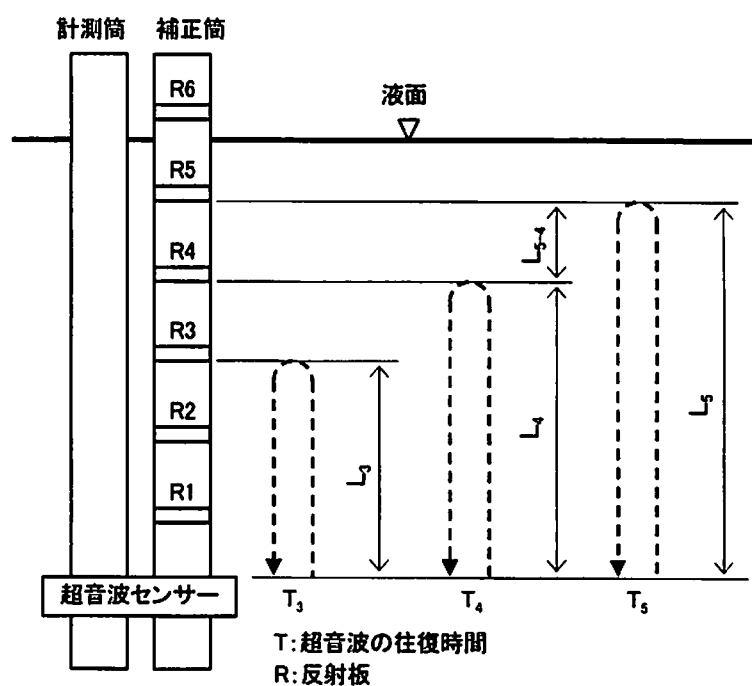


図 3-3 超音波式液面計計測概念図

界面は、底水排水運転により一定の範囲で任意に変動させることができる。したがって、界面計の計測精度は、前記の他超音波式界面計と導電率式界面計との差が許容値以内であれば合格とすることもできる。

4 保安電力等について

岩盤備蓄保安検査基準案には以下のように記載されている。

5.2 電気設備

5.2.1 電気設備の防爆構造

可燃性ガスの高圧ガス設備に設けられた電気設備の防爆構造に係る検査は目視検査とし、外観¹⁾に破損、腐食、変形及びその他の異常²⁾がないことを1年に1回目視により確認する。

注¹⁾ 外観には、取付位置、構造等を含む。

注²⁾ ボルト緩み、腐食、異物衝突等による電気設備本体、端子箱の合わせ面等の破損、変形等をいう。

5.2.2 保安電力等

保安電力等に係る検査は目視検査及び作動検査とし、5.2.2.1 及び 5.2.2.2 による。ただし、岩盤貯槽（特定設備）の水封機能を維持するための措置に係る設備のうち、底水排水ポンプの保安電力等を余裕空間で対応する場合は測定とし、5.2.2.3 による。

5.2.2.1 目視検査

保安電力等について、次に掲げる事項を1年に1回目視により確認する。

a) 設備の状態

1) 電源装置

状態表示灯、電圧・周波数、スイッチ類の位置、各部の温度や異音の有無等を確認する。

2) 停止待機中のエンジン駆動発電機等

表示灯、燃料や潤滑油のレベル、スイッチ類の状態等について確認する。

b) 周囲の状態

保安電力等が作動した時に運転に支障となる物がないことを確認する。

5.2.2.2 作動検査

停電等により設備の機能が失われることのないよう、直ちに保安電力等に切り替わることを、1年に1回模擬の停電状態にして作動させ、確実に保安電力が供給できることを確認する。また、買電2系統受電や買電と自家発電との組合せ受電設備にあっては、保安電力が給電されていることを電圧確認で行う。

5.2.2.3 測定

底水排水ポンプの保安電力等を余裕空間で対応する場合は、気相部の容積を測定し、規定の容積以上であることを1年に1回確認する。

4.1 概要

(1) 電気設備の防爆構造

使用状態における岩盤貯槽内は JLPA001 における非危険場所として認可を受けている。しかし、岩盤備蓄基地には防爆構造が必要な施設があるため規定した。

(2) 保安電力等の対象

岩盤貯槽に特有の水封機能を維持するための措置に関わる保安電力等について、以下の設備に対し保安電力を保有する等の措置を講ずる必要がある。

① 水封機能を維持するための措置に係る設備

- a. 底水排水設備：底水排水ポンプ
- b. 水封水供給設備：水封水供給ポンプ
- c. 運転監視設備：地下水位観測孔水位計、水封水供給坑（給水竪坑）水位計、
界面計、配管竪坑水位計、底水排水流量計、水封水供給流量計

② 漏洩したときに遮断する措置に係る設備：フェールセーフバルブ

③ 防護構内排気設備

(3) 保安電力の方式

波方基地及び倉敷基地の保安電力の方式を表 4-1 に示す。

表 4-1 波方基地及び倉敷基地の保安電力の方式

設備 \ 保安電力等	買電	自家発電	蓄電池装置	エンジン駆動発電	その他
① 水封機能を確保するための措置に係る設備					
底水排水ポンプ	○	○（倉敷）			○（波方）
水封水供給ポンプ	○	○（倉敷）		○（波方）	
運転監視設備	○	○（倉敷）	○	○（波方）	
② 漏洩したときに遮断する措置に係る設備					
フェールセーフバルブ	○	○（倉敷）	○	○（波方）	
③ 防護構内排気設備					
防護構内排気設備	○	○（倉敷）		○（波方）	

波方基地では、底水排水ポンプの保安電力については、電源ではなく貯槽の余裕空間で対応する。岩盤貯槽は、高圧ガス保安法上、貯槽容積の 3%以上を余裕空間として確保することが求められている。岩盤貯槽ではスロッシングによるオーバーフロー等の懸念はなく、この余裕空間は、湧水が排水できない場合に備えるものである。湧水により余裕空間がなくなると、比重の軽い液化石油ガスが押し上げられて岩盤内に入り漏えいの懸念が生じることになる。

る。波方基地では、この余裕空間を湧水が満たす期間を算定し、買電復旧までの期間と比較して保安電力の保有に替えている。

底水排水ポンプの保安電力に替えて貯槽の余裕空間で対応することが事前評価申請において下記により認可されている。

- ① 石油岩盤備蓄の消防法運用基準では、予備電力を必要とする設備及び必要運転時間として圧力安全設備、安全制御設備、運転監視設備、漏油・漏気検知設備、自動火災設備及び中央監視制御設備にあつては72時間以上。
- ② 平成7年に発生した兵庫県南部を震源とする阪神大震災の災害復興対策によれば、電気については発災の6日後に停電が解消した。

なお、石油岩盤タンク基準報告書における湧水量に対応するものとして「石油岩盤タンクの余裕空間は7日間の湧水量に相当する値又は内容積の1%の値のうちのいずれか大なる値以上の空間容積を確保すること」と記載されており、「7日間は、地下部での火災等の消火及び作業開始までに4日+交換等の作業日数を3日間として定めた。」と記載されています。

なお、東日本大震災を踏まえた今後の対応については、保安電力とは異なり地震防災規程と同様に各事業所の実情や実態に則して規定していく必要がある。

図4-1に示す例での余裕空間に対する底水排水ポンプ停止猶予日数の計算を以下に示す。貯槽の幾何容積が625,210m³の場合の余裕空間は18,760m³であり、最大設計湧水量が51m³/hの場合の対応可能日数は約15日(625,210m³×0.03+51m³/h÷24h/日≒15日)となる。

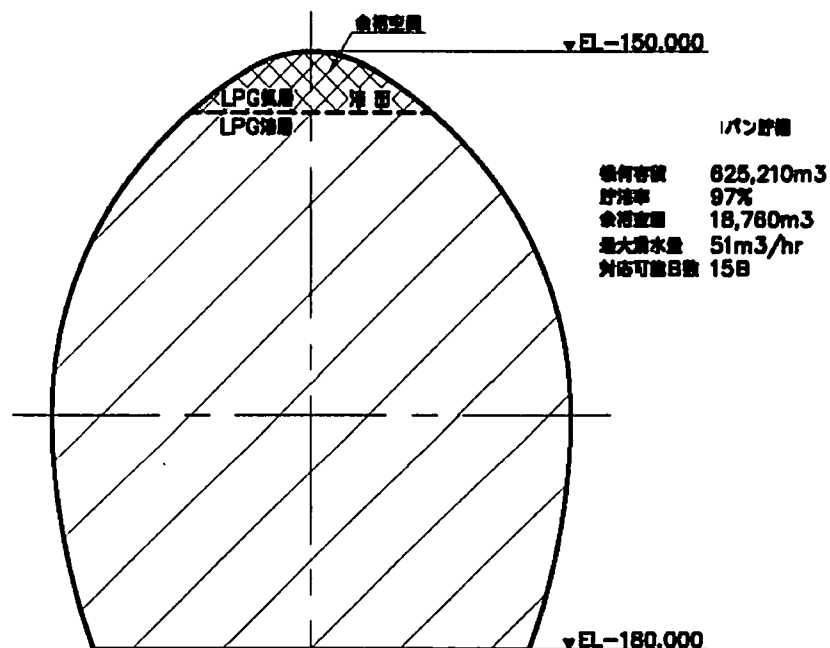


図 4-1 余裕空間と底水排水ポンプ停止猶予日数の計算例

4.2 検査

(1) 電気設備の防爆構造

① 検査の目的

地上には計器室、脱水設備、水封水供給設備、底水排水設備、排水処理設備等があるため、防爆構造について検査する必要がある。

② 検査の方法

従来の防爆構造に係る検査と同様に、目視検査とした。

(2) 保安電力等

① 検査の目的

非常用発電機、蓄電池設備等の保安電力設備に対しては、目視検査や切り替わり状況を確認する作動検査が可能であるが、底水排水ポンプの保安電力等を岩盤貯槽の余裕空間で対応する場合は、目視検査や作動検査を行うことができない。この場合の検査は、下記で行うことができる。

② 検査の方法

a. 測定

岩盤貯槽本体の容積は変化しないので、貯蔵液化石油ガスが岩盤貯槽容積の 97%を超えていないことを液位測定とタンクテーブルを照合することで、余裕空間が確保されていることを確認する。