

波方基地プロパン貯槽気密試験における溶存気体量の計測方法と気密性評価

大成建設(株) 正会員 ○岡嶋 和義 正会員 工藤 直矢 正会員 平塚 祐介
 応用地質(株)四国支社 長岡 弘晃
 (独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構 正会員 前島 俊雄

1. はじめに

LPG の国家備蓄を目的とする波方国家石油ガス備蓄基地では、水封式地下岩盤貯蔵方式が採用されており、LPG の貯蔵に先立ってタンクとしての貯蔵性能を確認するために、貯槽気密試験を実施した。気密試験では、試験開始からの貯槽内圧力変動量 ΔP を評価指標として可否の判定を行う。 ΔP の正確な評価には、貯槽内温度や気相体積の変化の他、排水中に含まれる溶存気体の排出に伴う圧力低下の影響を補正する必要がある。本報では、波方基地プロパン貯槽気密試験¹⁾において用いた貯槽内湧水の溶存気体の計測方法について述べ、その計測結果と飽和溶解量の予測値との比較や、溶存気体が貯槽気密性評価に及ぼす影響について報告する。

2. 貯槽内湧水への空気溶解による貯槽圧力の補正量

貯槽内湧水は、貯槽内圧力で空気溶解飽和とすると、気密試験開始から t 時間後の湧水への空気溶解に起因する圧力補正量 $\Delta P_t''$ はボイル・シャルルの法則 ($P \cdot V = n \cdot R \cdot T$) から式-1 で表される。

$$\Delta P_t'' = \frac{\Delta n \cdot R \cdot T_i}{V_i} = P_t \cdot \frac{\{\gamma \cdot (Q \cdot t)\}}{V_i} \cdot \frac{T_i}{T_t} \quad \gamma = q_t \times \frac{P_t - p_0}{p_0} \times \frac{p_0}{P_t} \times \frac{T_t}{273.15} \quad \dots \text{式-1}$$

- Δn : 試験開始から t 時間後までの総湧水量に対する空气の溶解量 (モル)
 P_t : t 時間後の補正された圧力測定値 (貯槽内での乾燥状態での空気圧) (Pa abs)
 γ : 空气の飽和溶解度 (水 1m³ に溶解可能な空气量) (m³/m³)
 R : 気体定数
 T_i : 試験開始時の貯槽内の平均温度 (K)
 V_i : 試験開始時の貯槽内の気相容積 (m³)
 Q : 貯槽内への湧水量 (m³/hr)
 t : 試験開始から経過時間 (hr)
 T_t : t 時間後の貯槽内の平均温度 (K)
 q_t : 水 1m³ への空气の飽和溶解度 (Nm³/m³)
 p_0 : 標準大気圧 (101,325 Pa)

3. 貯槽内湧水の溶存気体量の計測方法

前項の補正式の適用にあたっては、貯槽内湧水が飽和状態にあることが前提であり、実地で確認する必要がある。以下、湧水内の溶存気体量の計測方法について述べる。

① 貯槽内湧水の採水方法

貯槽内湧水の採水装置を図-1 に示す。ユニット化された採水装置を湧水の排水系統に接続することで、管内圧力を保持したままサンプリングボトル内に湧水を封入できるようにした。また、貯槽内圧が管内圧力より高くなる場合に発生する遊離ガスを回収できるように、アクリル製耐圧容器および流量計を備えてある。

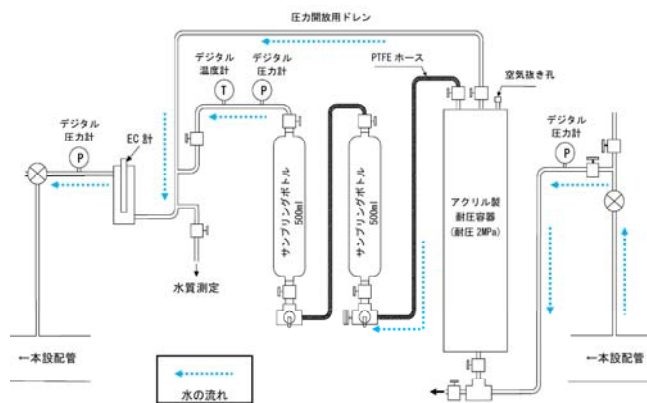


図-1 貯槽内湧水採水装置

② 溶存気体抽出方法

溶存気体の抽出方法は、測定時間が短時間かつ空気溶解度に依らず確実な測定が可能である「真空抽出+超音波振動法」を採用した。この方法は、内部を真空にしたガラス容器を使って水試料から溶存気体を抽出する方法であり、真空による抽出と同時に超音波振動を与えることにより、水中の溶存気体を高い収率で脱気させることができる。抽出および定量方法の概念図を図-2 に示す。

キーワード 岩盤貯槽、気密試験、溶存気体、ボイル・シャルルの法則、ヘンリーの法則

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5296 FAX 03-3342-2084

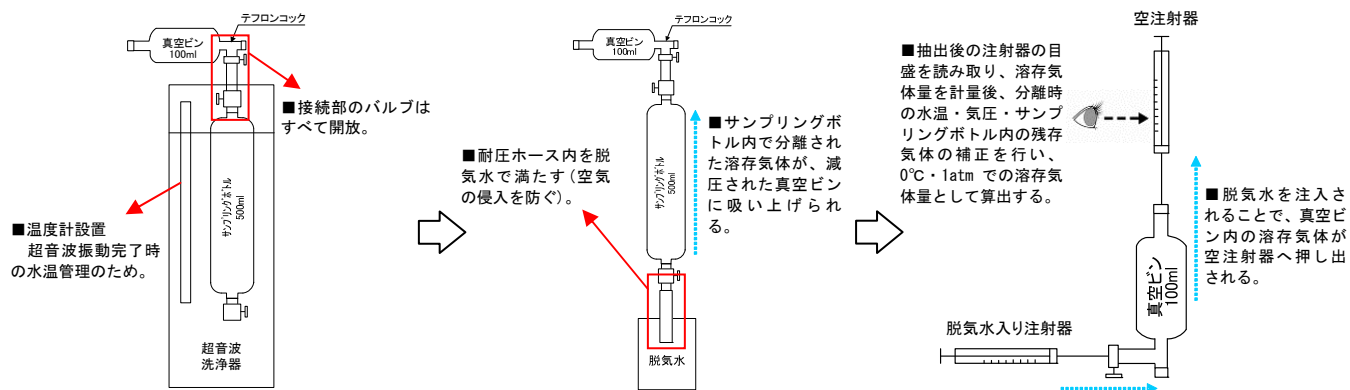


図-2 溶存気体量の抽出および定量方法の概念図

4. 溶存気体量計測値と飽和溶解量との比較

図-3 に貯槽昇圧時の溶存気体量の計測値と飽和溶解量との比較を示す。飽和溶解量は、ヘンリーの法則（水温、水質および気体組成が一定の条件下で、気体の溶解度が圧力に比例するという法則）に基づき、20℃の水に対する気体の溶解量（理科年表より引用²⁾）を用いた場合と、水温と塩分濃度を考慮した気体の溶解量（Weiss の式³⁾）を用いた場合の2通りの手法により予測を行った。

貯槽昇圧の過程で湧水の塩分濃度は0.11%から0.12%、水温は21.0℃から22.5℃まで上昇しており、2つの予測線の違いは水温の影響が大きいと思われる。溶存気体量の計測値は水温と塩分濃度の変化を考慮したWeissの式による予測線と整合しており、昇圧開始から気密試験完了まで湧水に含まれる溶存気体はほぼ飽和状態であったと推定される。

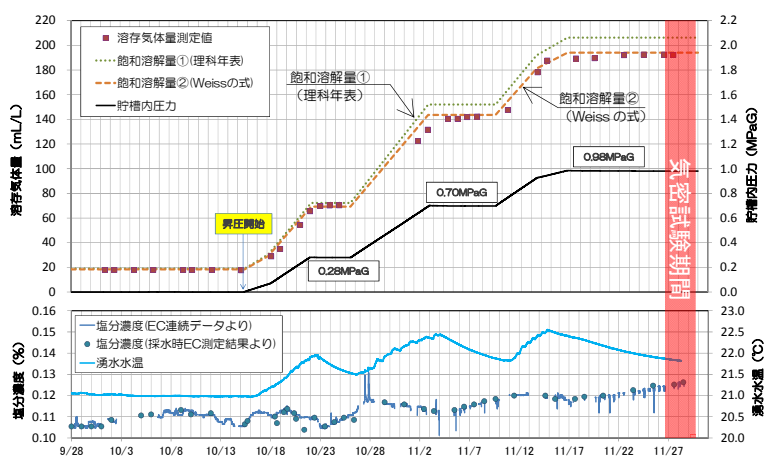


図-3 貯槽内昇圧に伴う溶存気体量の経時変化

5. 溶存気体が貯槽気密性評価に及ぼす影響

気密試験時の空気溶解による貯槽圧力の補正量は、図-4 より試験開始から72時間後で0.040kPaであった。これは、気密試験評価基準 $\pm 0.5\text{kPa}$ に対して8%、全圧力変動量0.360kPaに対して約11%を占めており、無視できない量である。また、温度変化補正、体積変化補正および溶存気体量補正を行った後の貯槽内圧力変動量 ΔP は0.022kPaであり、気密性評価の指標となる $\Delta P = \pm 0.5\text{kPa}$ に対して十分小さく、貯槽内の気密性を確認することができた。

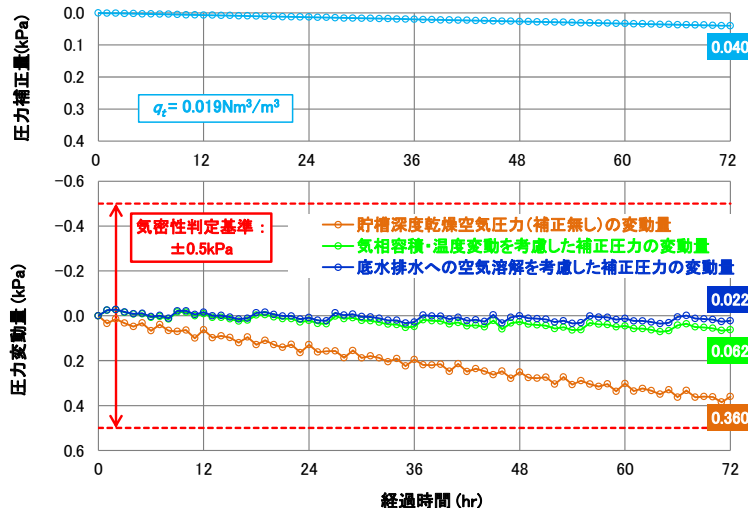


図-4 気密試験期間の空気溶解に起因する圧力変動量

参考文献

- 1) 下茂道人, 島屋進, 板垣賢, 前島俊雄: “波方基地プロパン貯槽における気密試験”, 第69回土木学会年次学術講演会, 2014年9月(投稿中)
- 2) 菅原正雄: “気体の水に対する溶解度”, 国立天文台編, 理科年表 平成20年度版 丸善; 2007. P. 503
- 3) R.F. Weiss: “The solubility of nitrogen, oxygen and argon in water and seawater”, Deep-Sea Research and Oceanographic, Vol.17, August 1970, pp. 721-735.