

天然ガス高圧貯蔵技術開発における実証試験結果（気密試験結果）

清水建設	正会員	○奥野 哲夫
清水建設	正会員	若林 成樹
日本ガス協会	正会員	小松原 徹
大林組	正会員	並木 和人
大成建設	正会員	板垣 賢

1. はじめに

（社）日本ガス協会では、経済産業省より補助を受け、平成16年度より「次世代天然ガス高圧貯蔵技術開発事業」を実施している。岐阜県飛騨市の神岡鉱山・茂住坑道内に鋼製ライニング式岩盤貯蔵施設の実証試験施設を建設し、最大20MPaでの耐圧試験、気密試験、繰り返し・長期載荷試験を実施している^{1), 2), 3)}。このうち、本論では気密試験結果の概要を報告する。

2. 気密試験の目的および試験方法

気密試験は、参考文献3)に示す耐圧試験により耐圧性が確認されたのち実施した。本試験の目的は、設計圧力20MPaまで空気で加圧し、実証試験施設の気密性を確認することである。気密試験の荷重パターンを図-1に示す。はじめに1.5MPa/hourの加圧速度で10MPaまで加圧し、全てのバルブを閉鎖（シャットイン）して圧力、温度および貯槽各部の挙動を計測する。10MPaでの気密性が確認された後、再度同一の加圧速度で20MPaまで加圧し、シャットインして同様の計測を行ない20MPaでの気密性を確認する。なお、加圧速度は加圧装置（コンプレッサ）の能力により設定している。一方、減圧速度は貯槽内および周辺が断熱膨張的な現象に伴う温度低下により氷点下にならないよう制御した。これは、貯槽周辺の地下水の凍結による悪影響を防止することが目的である。主要な計測機器は図-2に示すもので、参考文献3)に示す耐圧試験時と同一である。

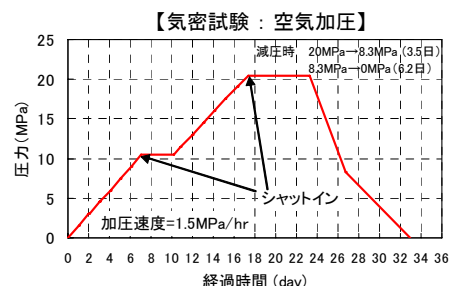


図-1 気密試験の荷重パターン

気密性の確認方法は、シャットイン状態において、圧力(P)、温度(T)、貯槽容積(V)の変化量から、気体の状態方程式に基づき貯槽内空気量の有意な変化がないことをもって確認する。この際、貯槽内温度分布ならびにクリープ変形による貯槽の容積変化を考慮した評価を行なう。また、高圧気体の状態変化を評価する際に、理想気体を仮定した評価と実在気体（非理想気体）を仮定した評価を行ない比較・検討する。この理由は、実際の気体では、分子体積が0でない、分子間力が作用する、ことにより、理想気体を仮定した気体挙動と現実の挙動の間に差異が生じる可能性があり⁴⁾、これを考慮した高圧気体の気密試験の評価方法について検討を行なうためである。

3. 試験結果と気密性の評価

0MPaから20MPaまでの加圧における実証試験施設の各部の変位（あるいはひずみ）は、耐圧試験終了時の残留変位量³⁾から増加し始め、20MPaにおいて耐圧試験の20MPa時とほぼ同様の値を示した。一例として、図-3には20MPa載荷時の岩盤表面に設置した光ファイバによるひずみ分布計測結果を示す。耐圧試験時と気密試験時の値を比較して示しており、気密試験時の

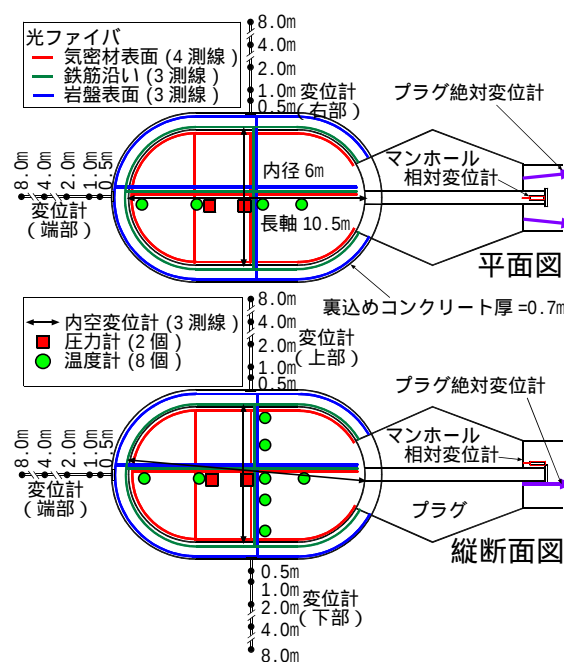


図-2 主要計測機器配置図

キーワード 地下空洞、岩盤貯蔵、天然ガス高圧貯蔵、鋼製ライニング、実証試験、気密試験

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3丁目4-17 清水建設（株）技術研究所 TEL 03-3820-8356

方が若干ひずみ進展しているもののほぼ同様のひずみ分布であることがわかる．なお，後述する空気質量の評価における貯槽容積の変化（補正）は，内空変位の変化量から評価した．

ここには貯槽内の温度分布を図示していないが，図-2に示す上下方向の温度計測位置に依存し，上部が高く，下部が低い値を示した．特に，加圧・減圧期間中の温度差は相対的に大きくなる．シャットイン直後の計測温度差の最大値は3程度で，シャットイン期間中の温度は徐々に低下し温度差も小さくなる．気体の状態方程式により空気質量を評価するためには，貯槽内の代表温度(T)を評価する必要がある．この方法として，図-2の8点の温度計測結果の単純平均を用いた．なお，単純平均とは別に，温度計測位置周辺の空気の占める体積割合による重み付け平均も検討したが，その結果に有意な差はなかった．図-4には約20MPaでのシャットイン期間中の空気質量を示している．これは貯槽内の圧力と温度から理想気体を仮定して算定した値である．図より，加圧による貯槽容積の増加を補正して算定した空気質量（青線）は，シャットイン中も加圧前の貯槽容積（幾何容積：240m³）のまま一定と仮定して算定した空気質量（緑線）よりは大きな値を示すものの，共に見かけ上は空気質量の低下傾向を示す．一方，実在気体（非理想気体）を想定し，貯槽容積の変化も考慮した空気質量を図-5に示す．図-5では空気組成を窒素：79%，酸素：21%と仮定してDaltonの法則から各分圧を求め，成分毎にLee and Keslerに基づきBenedict-Webb-Rubin(BWR)式を使用して各温度・圧力毎に圧縮係数Zを算定し，空気質量を評価した⁴⁾．この図より，シャットイン後3日目以降は空気質量の算定値はほぼ一定値を示している．以上より，実証試験施設の気密性が確認され，高压気体の気密性を評価する手法として，実在気体（非理想気体）を想定した評価方法の方が気密性をより良く評価できると考える．

4. おわりに

本論では，「次世代天然ガス高压貯蔵技術開発事業」のうち，実証試験の一つである気密試験結果について報告した．気密試験におけるシャットイン期間中の貯槽変位を把握すると共に，貯槽内の温度，圧力の計測値から貯槽内の空気質量の変化を評価した．この評価方法として，理想気体に換えて実在気体（非理想気体）の理論を用いた評価方法を用いることで，実証試験施設の気密性が確認された．本手法は，高压気体の実際の挙動をより良く評価でき気密性の確認に有効と考える．

謝辞

本内容は，東京ガス，大阪ガス，東邦ガス，西部ガス，北海道ガス，帝国石油，ならびに天然ガス高压貯蔵技術開発共同企業体（代表者：清水建設，大林組，大成建設，石川島播磨重工業，三井造船，三菱重工業）の関係各位にご協力を頂いた．ここに記して謝意を表します．

参考文献

- 1) 小松原 徹 他：天然ガス高压貯蔵技術開発における実証試験計画と実証試験サイトの岩盤特性，土木学会第62回年次学術講演会，，2007.9
- 2) 新美 勝之 他：天然ガス高压貯蔵技術開発における実証試験施設の設計，土木学会第62回年次学術講演会，，2007.9
- 3) 若林 成樹 他：天然ガス高压貯蔵技術開発における実証試験結果（耐圧試験結果），土木学会第62回年次学術講演会，，2007.9
- 4) Robert C. Reid, John M. Prausnitz and Bruce E. Poling：The properties of gases & liquids, Fourth edition, McGraw-Hill, 1987.

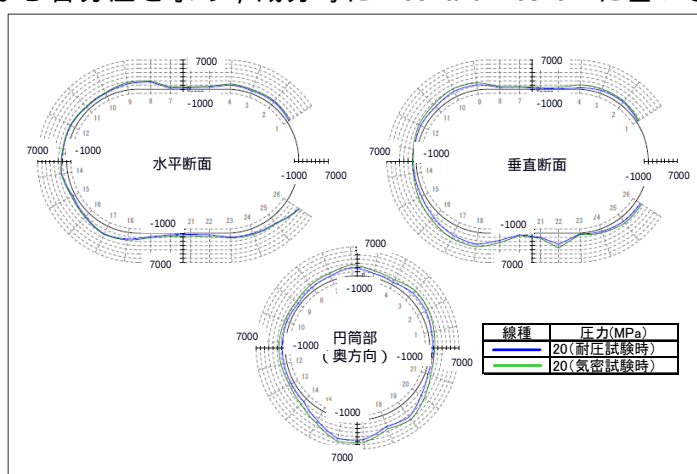


図-3 岩盤表面上のひずみ分布（単位：μ）

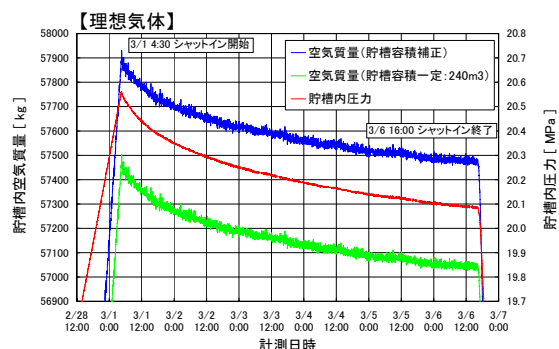


図-4 空気質量の算定値（理想気体）

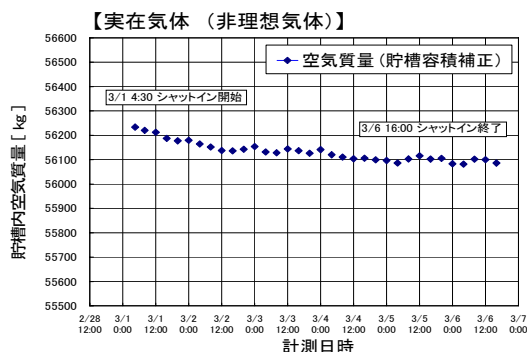


図-5 空気質量の算定値（実在気体）