

## VI-168

## 圧縮空気貯蔵空洞の温度変化に関する実験的検討

清水建設（正）○若林 成樹

清水建設（正）木下 直人

清水建設（正）八田 敏行

清水建設（正）安部 透

## 1. はじめに

変圧方式の圧縮空気エネルギー貯蔵発電施設（CAES）では圧力変動に伴い貯蔵空洞内の温度が変化する。温度変化の予測は貯蔵可能な空気重量の算定や気密ライニング方式であれば気密材の耐久性の検討、ライニングや空洞周辺岩盤に作用する熱応力の評価に必要となる。貯蔵空洞内の温度変化予測に関して既に筆者らは解析理論および解析例を示している<sup>1)</sup>。本論文では解析理論の検証のための基礎的なデータを収集することを目的に、圧力振幅・周期・波形および流入空気温度を変化させてアクリル容器に空気を繰返し流入出させ、容器内空気の温度・圧力、容器温度を測定した結果を報告する。

## 2. 試験装置

試験装置の構成および計測装置の配置を図-1に示す。貯蔵空洞を模擬した容器は内径200mm、肉厚16mm、長さ500mmのアクリル円筒を4個組み合わせている。容器の容量は0.126Nm<sup>3</sup>である。圧縮機と容器の間には圧力制御弁、流量計と流入空気温度を調整するためのアフタークーラーを設置した。また、空気温度は3断面の上・中・下部の3箇所にてT型熱電対で、同様に容器温度は4断面の上・中・下部でアクリル内側、外側にT型箔状熱電対を接着して計測した。計測データは全てパソコンに収録した。

## 3. 試験方法

7ケースの試験の圧力振幅・周期・波形、流入空気温度の一覧を表-1に示す。試験手順を以下に述べる。まず、容器内にゆっくりと下限圧力まで空気を送り込み、容器内空気、容器温度が一定になるまで放置する。次に圧力制御弁を用いて空気圧力が所定の振幅・周期・波形になるように制御しながら空気を流入出させる。所定の回数まで圧力変化を繰り返しながら温度・圧力を測定する。

## 4. 試験結果

試験結果の一例として圧力振幅0.196MPa、周期240秒、台形波のケース3の上・中・下部の平均空気温度を図-2に示す。空気温度はいずれの位置においても圧縮空気の流入時（昇圧時）には急激に上昇し、次の圧力一定時には容器の壁面から熱が流出するため低下する。逆に圧縮空気の流出時（降圧時）には急激に温度は低下し、次の圧力一定時には容器壁面からの熱の流入によって温度は上昇する。昇圧・降圧を繰返しても温度変動幅は上・下部で約15℃、中部で約12℃でほとんど変化しない。また、対流によって上下方向で顕著な温度差が生じ、上部は高く、下部は低くなっている。上下の温度差は約7℃あり、圧力変動による温度

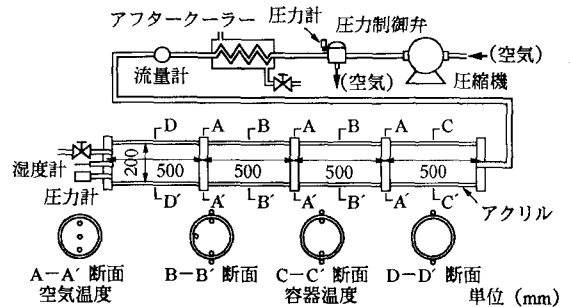


図-1 試験装置と温度・圧力計測配置

表-1 試験ケース一覧

| 試験<br>ケース | 圧力*         |                |             |           |     | 流入<br>空気<br>温度<br>(°C) | 繰返<br>回数 |
|-----------|-------------|----------------|-------------|-----------|-----|------------------------|----------|
|           | 振幅<br>(MPa) | 下限～上限<br>(MPa) | 中央<br>(MPa) | 周期<br>(秒) | 波形  |                        |          |
| 1         | 0.196       | 0.245～0.441    | 0.343       | 240       | サイノ | 25                     | 10       |
| 2         | 0.098       | 0.294～0.392    | 0.343       | 240       | 台形  | 25                     | 10       |
| 3         | 0.196       | 0.245～0.441    | 0.343       | 240       | 台形  | 25                     | 10       |
| 4         | 0.392       | 0.147～0.539    | 0.343       | 240       | 台形  | 25                     | 10       |
| 5         | 0.196       | 0.245～0.441    | 0.343       | 480       | 台形  | 25                     | 10       |
| 6         | 0.196       | 0.245～0.441    | 0.343       | 240       | 台形  | 40                     | 10       |
| 7         | 0.196       | 0.245～0.441    | 0.343       | 240       | 台形  | 50                     | 10       |

\*圧力は大気圧を0MPaとした。

変動幅の1/2程度にも達する。図-3にはケース3の上・中・下部の容器内側・外側の平均温度を示す。内側温度は空気とほぼ同様の変動傾向を示すが、変動幅は空気の約1/5程度と小さくなっている。また、内側上部の温度は徐々に上昇する。容器外側温度は空気温度の周期的な変動には連動しないが、上部温度だけは徐々に上昇する傾向がある。以上述べた温度変動傾向は変動幅は異なるが、他の全てのケースに共通している。

圧力の振幅を変化させたケース2、3、4の容器内の平均空気温度の変動を図-4に示す。圧力の中央値を固定して振幅のみ0.098、0.196、0.392MPaと増加させると温度変動幅は約7、13、22°Cと顕著に増加する。

圧力変動の周期、波形を変化させたケース1、3、5の結果を図-5に示す。台形波で周期240秒の場合で温度変動幅は約13°C、480秒で約11°Cとなっている。また、サイン波で周期240秒の場合は約10°Cとなっている。周期を短くしたり、サイン波から台形波にすれば昇圧・降圧時の圧力変動速度が大きくなるため空気の温度変動幅も大きくなると考えられる。

流入空気温度を変化させたケース3、6、7の結果を図-6に示す。流入する空気温度を25°Cから40、50°Cと上げて容器内の空気温度の変動幅は13°C程度でほとんど変化しないが、平均温度は0.5、2°C程度上昇する。また、空気の流入出を繰り返しても温度が上昇する傾向はみられない。

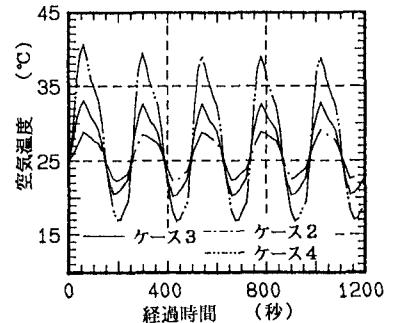


図-4 圧力振幅による平均空気温度の変化（ケース2, 3, 4）

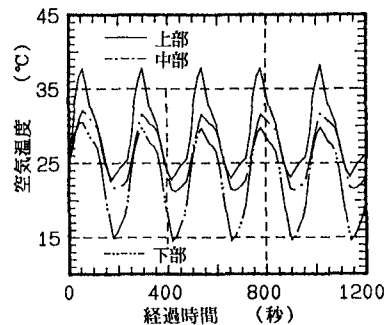


図-2 上・中・下部の平均空気温度（ケース3）

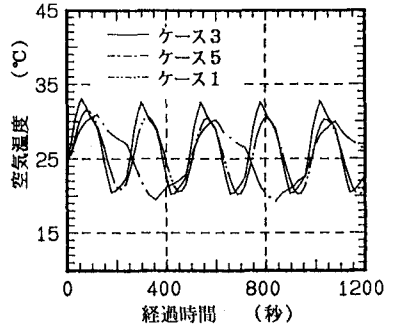


図-5 圧力周期、波形による平均空気温度の変化（ケース1, 3, 5）

## 5. まとめ

アクリル容器に空気を繰返し流入出させて、圧力の振幅・周期・波形および流入空気温度が容器内の空気温度、容器温度に及ぼす影響を調べた。その結果、容器の上下方向で顕著な温度差が生じること、圧力振幅や圧力変動速度を大きくすると温度変動幅が大きくなること、流入空気温度が高くなっても温度変動幅はほとんど変化しないが、平均温度は高くなることが得られた。

今後は解析との比較を行い、解析理論の検証を行う予定である。また、容器が長い場合には奥行き方向にも温度差が生じると考えられ、長さを変化させた試験も行う必要があると考えられる。

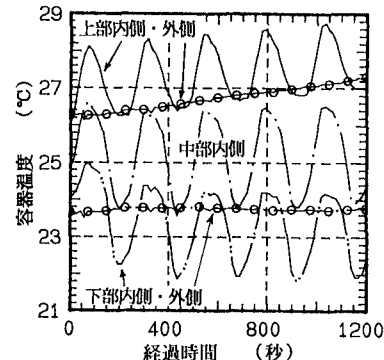


図-3 上・中・下部の平均容器温度（ケース3）

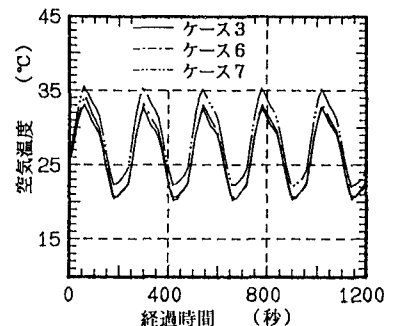


図-6 流入空気温度による平均空気温度の変化（ケース3, 6, 7）

## <参考文献>

- 1) 若林、木下ら、圧縮空気地下貯蔵空洞の温度変化に関する解析的検討、第25回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、PP251-255、1993。