

(株) 開発計算センター ○正員 村田 満 井田文雄  
(財) 電力中央研究所 正員 駒田広也 正員 中川加明一郎

## 1. まえがき

新電力貯蔵技術として、さまざまな方式の研究が進められているが、その1つに岩盤内圧縮空気貯蔵による発電システムがある。このシステムは、余剰電力により高压空気を作り、岩盤内空洞に貯蔵し、必要に応じて発電に供給しようとするものである(図-1参照)。この発電システムは、大規模電力貯蔵技術として有力であり、岩盤空洞内貯蔵では既に実績があるが、岩盤空洞内貯蔵は、未だ可能性の検討段階である。

特に、本方式をわが国のような節理等の分離面の発達した岩盤に適用しようとする場合、特に空洞からの漏気が重要な問題となる。これに対しては、飽和・不飽和浸透流解析を適用することにより、検討が加えられている。ここでは、さらに実際の現象を考慮するため新しく開発された気液二相流解析を岩盤内圧縮空気貯蔵の可能性検討に適用したのでその結果を報告する。

## 2. 解析モデル

270MWで6時間の発電に供する30気圧で約230,000 $\text{m}^3$ の圧縮空気の貯蔵に対応するものとして、地表面下337mの岩盤中に設置した4本の馬蹄形空洞(幅10m, 高さ15m)を考えた。そして、解析モデルとして、図-2のような二次元モデルを考える。これは、対称面よりその半分を解析領域としたものである。なお、空洞周辺のゆるみ領域は、空洞壁面より3mであるとして、今回の地下水及び貯蔵空気の挙動解析では空洞の一部として扱った。

また、地盤は均一であるとして、解析に使用した諸物性値を以下に示しておく。なお、以下に示す諸量は基準状態を1気圧、10℃としたものであり、赤字は空気を、wは水を表わすものとする。1). 飽和透過係数:  $K_a = 7.4 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ ,  $K_w = 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$ ; 2). 不飽和相対透過係数: 図-3に示す。3). 毛管圧特性: 図-3に示す。4). 密度:  $\rho_a = 1.247 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho_w = 999.7 \text{ kg/m}^3$ ; 5). 体積構成率:  $B_a = 1.0366 / P_a$  ( $P_a$ は空気圧であり、単位はatm),  $B_w = 1.0$ ; 6) 気化率:  $R_a = 9.4 \times 10^{-6} / (P_a - 1.21 \times 10^{-3})$ ; 7). 溶解率:  $R_s = 0$ 。なお、本解析手法は非定常状態も解析可能であるが、ここでは、気液二相流の定常状態で評価した。

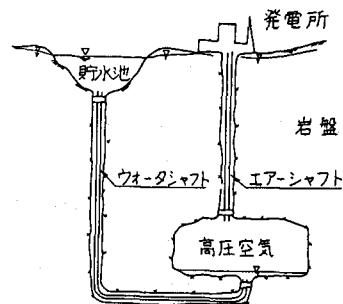


図-1 高压空気貯蔵発電システムの概要

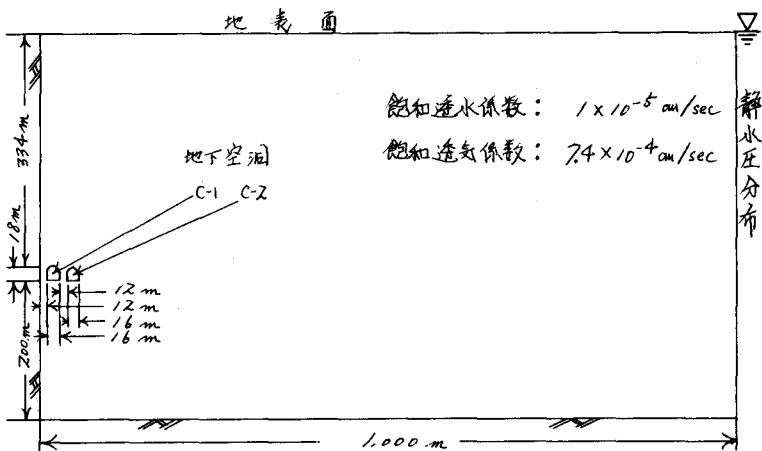


図-2 解析の対象とした地盤モデル

### 3. 解析結果

解析結果として、地下水面形状を図-5に示す。これは、空洞内圧力を増加させると、地下水面が上昇し、一方、空洞周辺地盤では、不飽和領域が成長する。さらに、上部の地下水面が空洞周辺の不飽和領域に到達し、地下水面が地下空洞以下まで低下しているものと評価できる。また、各空洞圧力に対する漏水量、漏気量を図-4に示しておく。すなわち、図-4、図-5より、地下水面下334mの位置にある空洞に35気圧の圧縮空気を貯蔵した場合でも、地下水面は、空洞上部にあり、その漏気量はほとんどない。さらに、60気圧の圧縮空気を貯蔵した場合には、約13.32kl/Rr/m(280g/sec/mを体積換算した量)の漏気量となる。

また、解析の対象とした二つの空洞の貯蔵容量は、仮定より139.27kl/mであることから、充滿時間の1時間当りの漏気率は13.32/139.27=9.56%/Rr程度となる解析結果となっている。

### 4. おわりに

岩盤内圧縮空気貯蔵の可能性の予備解析として、発電効率も考慮して貯蔵空気圧力を30気圧以上とした検討を行った。また、本解析では、いわゆる空気と水の二相流解析であることから、従来までの飽和・不飽和浸透流解析では、扱えなかった漏気の問題も同時に考慮できる。そして、本貯蔵システムの特徴である地下水による漏気防止のための水封効果は、数値解析上、より実際に則いた形で検討された。

浸透流解析結果によると、漏気防止対策として、空洞上方の地表面に貯水池を設置し、貯蔵圧を空洞深さ相当の静水圧の約75%以下にする必要があった。しかし、今回の検討結果では、特に漏気防止対策を行わなくとも、空洞深さ相当の静水圧まで空気圧を上げても貯蔵可能の見通しを得た。

参考文献； 1) Mattick et al.: "Huntorf - The world's first 290-MW gas turbine air storage peaking plant", Proceedings, American power Conference, Illinois Institute of Technology, 1975, pp 322-330  
2) "International Conference on Underground Pumped Hydro and Compressed air Energy Storage" a collection of technical papers, San Francisco, California, Sept. 20-22, 1982 3). 中川, 駒田, 日比野: "浸透流解析による岩盤内圧縮空気貯蔵の検討", 電研報告, No. 382023, 1982 4). 駒田, 中川, 村田, 井田: "気液二相流解析による岩盤内圧縮空気貯蔵の検討", 第19回土木工学研究発表会(1984)投稿中

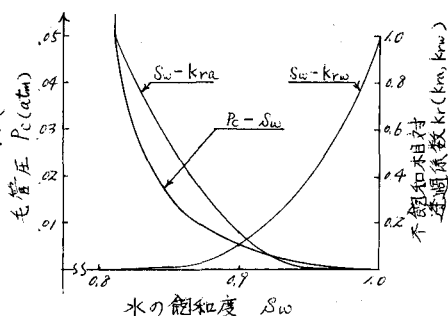


図-3 飽和度と不飽和相対透過係数, 毛管圧の関係

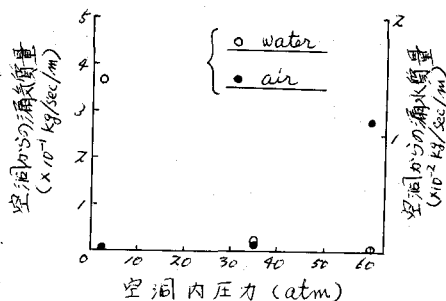


図-4 地下空洞圧力と漏水量、漏気量の関係

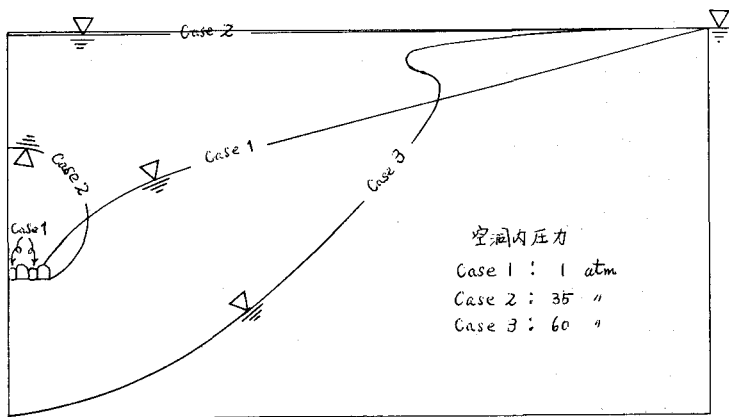


図-5 地下空洞気圧と地下水面形の関係