

地下揚水発電における下部調整池空洞の概念設計

(財)新エネルギー財団 正会員 橋本 敦美
 関西電力(株) 正会員 松本 明男
 (株)ニュージェック 正会員 伊藤 成輝

下部調整池を地下空洞とする地下揚水発電については、これまで実現に際して必要な地下深部地質調査機器開発や超高落差発電機器設計等に関する検討がなされておらず、計画から施工までを体系的に整理したものがなかった。そこで、今回、下部調整池の設計・施工や地下施設の最適レイアウトについて特に重点的な検討を実施し、計画・調査・設計・施工・積算の考え方を体系的に整理した。その結果、地下揚水発電の技術的・経済的可能性を確認することができ、実用化の見通しを得た。本報告では、これらの成果のうち下部調整池空洞の概念設計結果について述べる。

なお、本報告は、経済産業省資源エネルギー庁からの委託により(財)新エネルギー財団が実施した「地下揚水発電技術調査」の成果の一部をまとめたものである。

1. 地下揚水発電とは

地下揚水発電は、下部調整池を地下空洞とし、上部調整池に人造湖・天然湖の淡水を用いる淡水地下揚水と、上部調整池に海を用いる海水地下揚水に大別される。

今回の検討では、地下揚水発電における計画・調査・設計・施工・積算の考え方を体系的に整理するにあたり、地形などを勘案した現実的なレイアウト検討を行い、図-1に示すようなレイアウトを決定した。

2. 下部調整池空洞の設計

下部調整池空洞は地下揚水発電特有の地下施設であり、その仕様は地下1,000mにおける1,000万 m^3 規模の大規模空洞となることから、設計時には、下記のような一般的特徴および留意点を踏まえる必要がある。

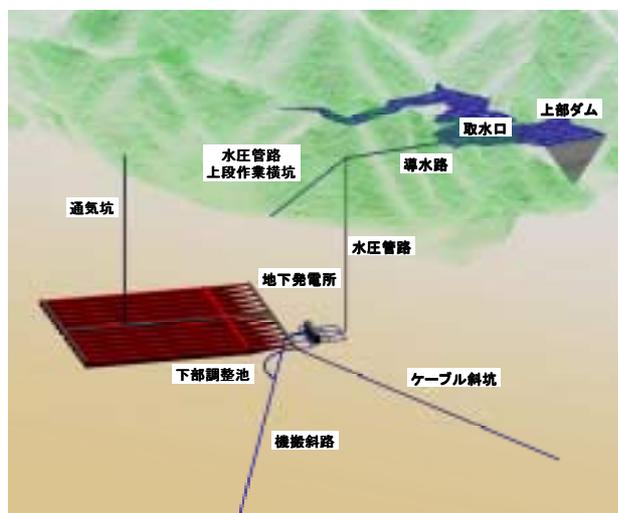
地下深部において堅硬な岩盤分布が期待できる位置に配置する。

機能面、施工面、維持管理面を総合的に判断して空洞配置を決定する。

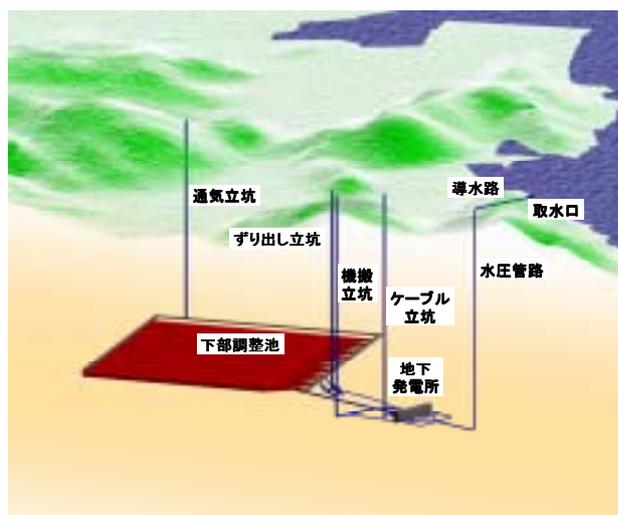
できる限り合理的な断面寸法を決定する。

今回、まず下部調整池の空洞配置について、機能面、施工面、維持管理面の各項目に対する定性的な評価を実施し、すべてがバランスよく信頼性を有すると思われる横型空洞方式を選定した。

横型空洞方式による空洞配置を行うに当たり、図-1に示したように、水流の安定性を考慮して、下部調整池内の水流が流速の小さな開水路流となるように配慮し、開水路流が常に維持されるよう、各調整池は同じ寸法の



(a) 淡水地下揚水



(b) 海水地下揚水

図-1 地下揚水発電概念図

キーワード 空洞配置, レイアウト, 複数切羽, パーティー制, 放射性廃棄物処理施設への応用
 連絡先 〒542-0082 大阪市中央区島之内 1-20-19 (株)ニュージェック電力土木部 TEL 06-6245-4901

連絡坑で連結した。作業坑は各空洞の天端にアクセスしており、放水口は朝顔型で1箇所とし、下部調整池連絡坑中央に設置した。

また、揚水時にスムーズに水が流れるように、連絡坑と本体空洞には、放水口から奥に向かって若干の上り勾配を有することとした。これらの勾配は、既往の検討¹⁾を参考に、それぞれ1/200, 1/1,000とした。

下部調整池空洞の標準断面は、経済性を重視し、将来的に人が入る必要がないことも考慮に入れて、ロックボルト+吹付のみによる軽微な支保工で設計可能となる断面を設定することとした。今回、ロックボルトの最大長は、作業面と流通面の両面から6mとし、掘削に伴うゆるみ領域の大きさが、ロックボルト最大長から計算される最大許容ゆるみ領域4m内に収まるような断面として、図-2に示すような標準断面とした。

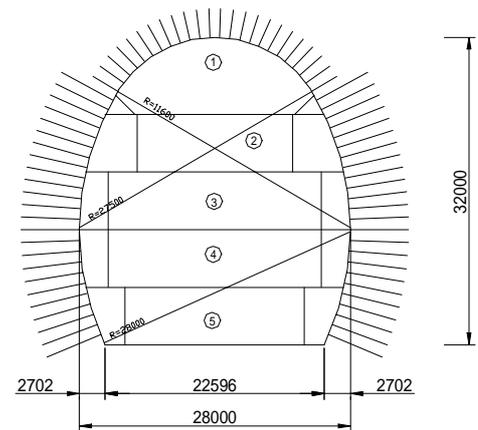


図-2 下部調整池の標準断面

3. 下部調整池空洞の施工

下部調整池空洞の施工は、全体工程のクリティカルパスとなるため、急速な大量掘削を行う必要があるが、空洞レイアウトが地下1,000mに複数の横型空洞が並列する形式であることと、地表からのアクセストンネル本数が制限されることが課題となる。課題解決策として、複数切羽における同時掘削を基本とした大量掘削が可能な施工法の採用が考えられる。

今回、大量掘削を可能とし、かつ、アクセス坑道を最大限有効に活用する施工法としてずり搬出量を平準化できるパーティ制による掘削を採用した(表-1)。

パーティ制による掘削とは、3本の空洞を1パーティにして、削孔・発破、ずり出し、支保工の3作業を担当する3チームの機械と作業員が順次切羽を巡回し、機械を待機させることなく、3本の空洞の内、1本では削孔・発破作業、1本ではずり出し作業、残りの1本では吹付・ロックボルトの支保作業を常に実施して、作業を効率化しようとするものである。

今回、パーティ制を採用した場合の下部調整池工期を算出したところ、地下揚水全体の標準工程88ヶ月に対し、42.8ヶ月で掘削可能となった。

4. 地下揚水発電の概略工期と概略工事費の算出

下部調整池以外の主要構造物についても同様の概念設計を実施し、2,000MW級地下揚水発電所の概略工程及び概略工事費を算出したところ、淡水、海水ともに、概略工期88ヶ月、概略工事費19万円/kW程度となった。概略工事費については、一般揚水発電所の建設単価20万円/kWと比較しても経済的な結果となった。

5. おわりに

本調査で得られた下部調整池空洞の概念設計に関するノウハウは、地下揚水発電以外の他分野にも展開可能であり、特に、今後の地下空間利用に資するという点からも大きく評価すべきものである。例えば、地下揚水発電と同等程度の地下深部に大規模な地下施設を構築する放射性廃棄物処理施設等においては、下部調整池の設計・施工・積算に関する検討結果を直接応用することができる。

参考文献

- 1) U.S. DEPARTMENT OF ENERGY AND ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE : Preliminary Design Study of Underground Pumped Hydro and Compressed-Air Energy Storage in Hard Rock, 1981

表-1 パーティ制によるずり搬出の平準化概念

調整池No.	工程	0 (時間)	
		開始	終了
1	①穿孔、発破	0	10
	②ずり出し	5	15
	③支保工	10	20
2	①穿孔、発破	10	20
	②ずり出し	15	25
	③支保工	20	30
3	①穿孔、発破	20	30
	②ずり出し	25	35
	③支保工	30	40