

鉱山と共生する揚水発電システムのフィージビリティスタディー

長崎大学工学部 学生員 ○渡辺 徹
 長崎大学工学部 正会員 棚橋 由彦
 九州大学工学部 正会員 江崎 哲郎
 九州大学工学部 学生員 大久保洋介

1. まえがき

国は現在の新石炭政策(1992-2001年度)で「90年代を国内石炭鉱業の構造調整の最終段階と位置付け、国民経済的役割と負担の均衡点までは経営の多角化・新分野開拓を図りつつ、国内炭生産の段階的縮小を図ることが必要」という基本方針に立っている。こうした背景のもと、石炭や金属鉱山を所有する地域では、地元自治体と会社が一体となって、新分野開拓に向けての積極的な対応が求められている。休廃止した後の採掘跡や坑道を利用して再開発が行われた事例はいくつかある。産業廃棄物の処分場や農業栽培、食料貯蔵、観光坑道などがそれに相当する。しかし、その数は閉山した鉱山の総数に比べ、圧倒的に少ないのが現状である¹⁾。本研究では、鉱山を所有する地域における採鉱以外の利用法の一つとして、地下坑道を利用した地下揚水発電システムを取り上げ、検討を行う。

2. 地下揚水発電の概要

近年ますます増大する電力需要において、負荷変動に対する即応性をもった電力貯蔵の必要性が一層高まっていくものと考えられる。こうした中で、揚水発電は重要な役割を担っていると言える。従来の揚水発電は、上部貯水池、下部貯水池ともに地表に建設されているので、適地が限定される。それに対して、地下揚水発電は、発電の原理は従来の揚水発電と全く同様であるが、下部貯水池として地下に掘削された大規模地下空洞を利用するので、自然景観の保全や、国土の有効利用など多くの利点をもつ。また、条件さえ許せば、従来の揚水発電では成り立たなかった導水路の省略や水圧管路の立坑化が可能になる。ここでの地下揚水発電システムは既存の鉱山坑道を下部貯水池として利用する方式である。ここで、現在も稼働している某炭鉱をモデルとしてその概略設計を行うことにする。

3. 概略設計

3.1 条件設定: 某炭鉱における現存坑道の状況は表-1に示す通りである。ここで、坑道の断面積を 14.1m^2 とし、坑道の総延長を求め、全体の容量を概算する。その後で、発電力等の計算のため坑道に対し、下部貯水池としてのモデル化を行う。表-1をもとに考えられた地下揚水発電システムの概念図を図-1に示す。上部貯水池は、沿岸の締切り工による貯水池など海面を利用する。下部貯水池は、既存の坑道を利用する場合(ケース1)と、ケース1との比較のために同容量の空洞を新たに掘削したものを利用する場合(ケース2)の2通りを考える。ケース2の概念図は図-2に示す。発電所は、深度S.L.-700mの地質条件の良好な所に建設され、幅30m、高さ50m、長さ100m程度のきのこ型の空洞を新たに掘削する。発電電動機は2台設置する。水圧管路について、水圧鉄管(長さ1,000m、内径2.3m、粗度係数 $n=0.013$)を立坑形式に埋設する。

3.2 発電力の算出: 発電力の算出は、次に示す発電力の基礎式²⁾に基づいて行う。 $P=9.8 \times Q \times H_e \times \eta$ [KW] (使用水量: Q (m^3/s), 有効落差: H_e (m), 水車効率: $\eta_t=0.88$, 発電機効率: $\eta_g=0.97$, 合成効率: $\eta=\eta_t \times \eta_g=0.85$) 使用水量を $40\text{m}^3/\text{s}$, $60\text{m}^3/\text{s}$, $80\text{m}^3/\text{s}$ の3段階に分けて計算する。有効落差について、発電時間中に、上部貯水池と下部貯水池の水頭差が減少するため、有効落差は減少する。ここでは、上部貯水池の水位は一定とし、下部貯水池の水位上昇のみを考慮して計算する。また、損失落差は水圧管路についての摩擦損失の式により計算する。ただし、放水路、導水路などの損失は考慮していない。すなわち、水圧管路における損失落差及び下部貯水池の水位上昇による損失落差を総落差から引いたものを有効落差とする。

表－1 某炭鉱における現存坑道の状況

坑道深度	坑道延長	容量	水槽モデル
400～450m 斜坑	1,260m	17,766m ³	水槽－9
450～500m 斜坑	1,140m	16,074m ³	水槽－8
500m 水平坑道	3,300m	46,530m ³	水槽－7
500～540m 斜坑	6,540m	92,214m ³	水槽－6
540m 水平坑道	5,940m	83,754m ³	水槽－5
540～600m 斜坑	2,610m	36,801m ³	水槽－4
600m 水平坑道	25,830m	364,203m ³	水槽－3
600～650m 斜坑	2,490m	35,109m ³	水槽－2
650m 水平坑道	30,240m	426,384m ³	水槽－1
total	79,350m	1,118,835m ³	

3.3 計算結果と考察：計算結果を表－2に示す。また、図－3としてそれぞれの条件における発電力と発電継続時間の関係を示す。使用水量を一定の40m³/sにした時、ケース1，2ともに8時間弱の発電継続時間を得られるが、発電力においては、ケース2で200MW以上のほぼ一定の電力が得られるのに対し、ケース1での発電力は大幅に減少する。ケース1でも流量調整を行えば、一定の電力を確保し得るが、その分、発電継続時間は短くなる。

ケース2の場合、掘削時に生じる膨大なズリは採掘跡の充填や沿岸の埋立などに使用できる。既存の立坑に水圧鉄管を埋設できれば、新規に掘削するよりコスト面で有利である。海水を利用する場合は機器、貯水池、水路工作物に対し、防食、海生生物付着防止などの対策を施す必要がある。これについては、現在沖縄ですすめられている海水揚水発電所の実証試験を参考にする。

表－2 各々の条件における発電力と発電継続時間

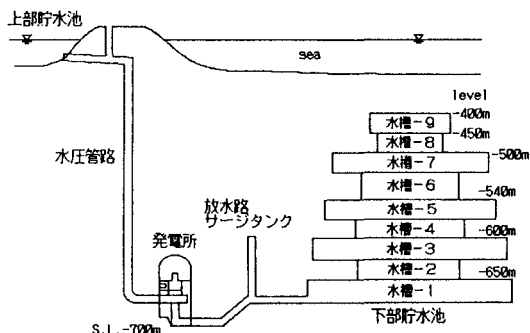
	使用水量 (m ³ /s)	有効落差 (m)	発電力 (MW)	発電継続時間 (hr)
ケース1	40	642 → 392	214 → 131	7.9
	60	632 → 382	316 → 191	5.3
	80	617 → 367	411 → 245	4.1
ケース2	40	642 → 622	214 → 207	7.9
	60	632 → 612	316 → 306	5.3
	80	617 → 597	411 → 398	4.1

4. あとがき

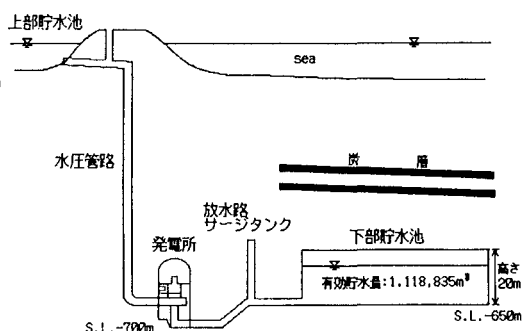
ここでは、再開発の一例として地下揚水発電システムを取り上げたが、国土が狭い我が国においては、土地の有効利用という観点からも、鉱山立地地域が再び活性化するよう様々な対策を講じていかなければならない。

【参考文献】

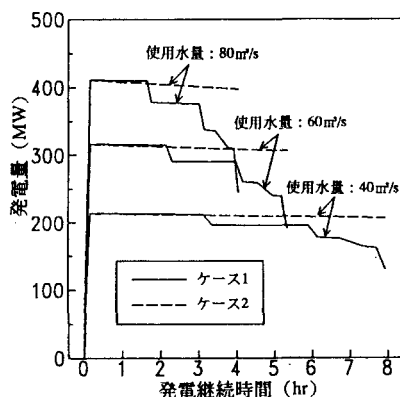
- 1) 石島洋二：鉱山の新しい利用価値の開発研究，財団法人 日本鉱業振興会研究助成による研究成果報告，pp.35-40，1993.
- 2) 新エネルギー財団 水力本部：中小水力発電ガイドブック，pp.75-87，1988.



図－1 地下揚水発電の概念図（ケース1）



図－2 地下揚水発電の概念図（ケース2）



図－3 発電力と発電継続時間の関係