

水力発電土木設備のライフサイクルマネジメントに関する一考察

日本工営(株) 正会員 松田貞則

1. はじめに（水力発電事業を取り巻く環境の変化）

現在稼働している水力発電所の約6割は建設後50年以上経過した古いものであり、全体として高経年化が進行している。このため、保守管理を怠ると維持修繕費が増大し、事業経営を圧迫しかねない状況にある。

一方で、これまで総括原価主義の下で安定した経営基盤を維持してきた電力会社や地方自治体の電気事業者は、平成7年と平成12年の電気事業法の改正を受けて、電力自由化という環境の変化に機敏に対応し、経済性を発揮するという企業原則を果たしていかなければならない。また、地方自治体の公営電気事業においては、平成22年度以降より卸供給事業者と位置づけられ、より厳しい競争の中に組み込まれることが予想される。したがって、事業経営においては、発電コストなどについて長期の見通しを立てて対応していくことが必要になる。

2. 水力発電設備が受ける機能障害とその原因

一般に水力発電は、ダムや堰堤などの取水設備で発電用水を取水し、途中の沈砂池を経て、5～10kmもの長距離を水路で緩やかに流下させて、最後は急勾配の水圧鉄管で発電所のポンプ設備に送り込み、水量と落差を利用して発電している。このように水力発電設備は、広範囲に複数の構造物が連鎖して構成されるため、それぞれに立地環境が異なる。ダムや堰堤、沈砂池、水圧鉄管の固定台などの地表にあるコンクリート構造物では、中性化による鉄筋腐食や凍害によるコンクリートの劣化などのほかに、地すべりや斜面表層崩壊の影響を受けて構造物全体が大きく損傷することもある。

一方で、地中に建設された水路トンネルの場合、変化に富んだ我が国の地形・地質条件では、地圧の増大を受けて覆工にひび割れや段差が生じたり、埋没谷地形で地下水が集まりやすいところでは、覆工背面地山の突発的な不安定化で覆工が落盤したりすることもある。古い資料ではあるが、電力9社の平均で、発電所の停止を伴った土木設備の事故のうち33%が水路で発生しており（水路事故の占有率が65%の電力会社もある）、他の構造物に比べるとその発生頻度は高く、土木関係修繕費の約半数近くが水路に費やされている。

このほかにも水生昆虫が水路覆工表面に着生し、長期にわたり減電被害に悩まされている事例もある。

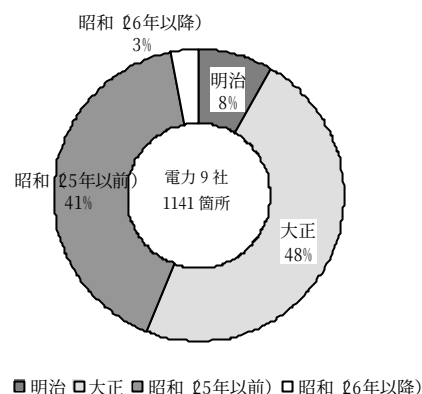


図-1 発電所の経年（電力9社）

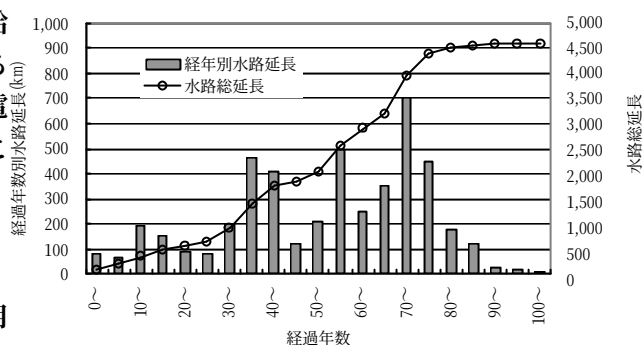


図-2 水力発電用水路の建設の推移

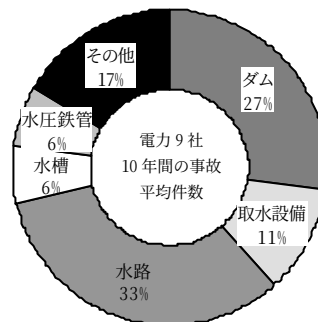


図-3 設備別事故件数（電力9社）

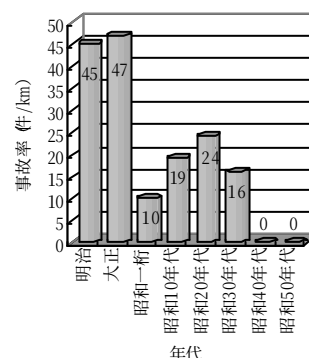


図-4 建設年代と事故数（A電力）

キーワード：リスク、フランジリティカーブ、劣化予測、ライフサイクルコスト、保守管理

〒102-0083 東京都千代田区麹町4-2

TEL:03-3238-8116 FAX:03-3238-8094

3. 水力発電設備のライフサイクルマネジメント

一般に水力発電は、火力等の発電方式に比べ、設備の経年による機械的劣化が緩やかで、かつ、技術進歩による陳腐化が少なく、適切な維持管理を行っていけば長期にわたり稼働させることが可能である。また、水力発電設備の法定耐用年数は40～50年程度であるが、減価償却以降は維持費だけで運転できるため発電原価は安くなる特徴を有している。このような償却後の既設一般水力が持つ潜在価値を活かすためには、①発電所毎の収益管理によって投資計画を策定し、採算性・収益性の高い保守管理を行う、②設備を供給設備上の重要性、設備の公衆安全性といった観点から保守管理の優先度を決定し、画一的な保守管理を排除することでコスト縮減を図る、などの方策が考えられる。

一方で、立地環境によっては深刻な機能障害に直面し、保守管理に多大な費用を要する場合もある。このような設備に対しては、変状の進行を状態監視しながら重大な問題に進展するのをコントロールし、長い視点から費用効率の高い対策を講じて、長期有効活用することが基本である。発電所の停止を伴う事故に発展すれば、物理的損失だけでなく、復旧に要する期間の営業損失もあわせて生じるため、事業にとって大きなロスになる。

以下に、筆者が行った水力発電施設の保守に係わるライフサイクルマネジメントの事例を紹介する。

4. モデル事例

(1) 検討概要

ここに紹介するモデル事例は、地すべり滑動によって長期にわたり変状が進行している水力発電設備（沈砂設備）を対象にしたものである。地すべりと構造物の計測データをもとに、構造モデル（構造耐力 x_1 ）と変状の速度（年あたりの作用荷重 x_2 ）を設定し、地すべり被害を評価するための性能関数 z を x_1 - x_2 と設定した。これを前提条件に供用開始から耐用年数までの57年間を評価対象期間として、損傷度曲線を作成した。また、地すべり被害のリスク曲線は、損失の大きさを構造物のもつ価値（初期建設費相当額）に対して百分率で表し作成した。

(2) 検討結果

この結果によれば、無対策のまま事業を継続することは困難な可能性が高く、例えば、設備の補強対策を平成19年に実施した場合、耐用年数を迎えた段階で表-1に示す至急改善が必要なリスクレベルに達すると予測された。補強を実施したことで、設備の延命化が図られ、概ね耐用年限で物理的な寿命を迎える可能性のあることが把握できた。

表-1 リスクレベルと対策レベルの関係

リスクレベル	対策レベル	発生確率 P	損失の大きさ C	リスクの大きさ R (=P×C)
V. 許容できない	至急改善	75%以上	75%以上	56%以上
IV. 重大な問題に進展する可能性大	改善優先	40～75%	40～75%	16～56%
III. 問題になる可能性大	改善検討	15～40%	15～40%	2～16%
II. 許容可能（経過観察）	注意行動	5～15%	5～15%	0.3～2%
I. 許容可能	通常行動	5%以下	5%以下	0.3%以下

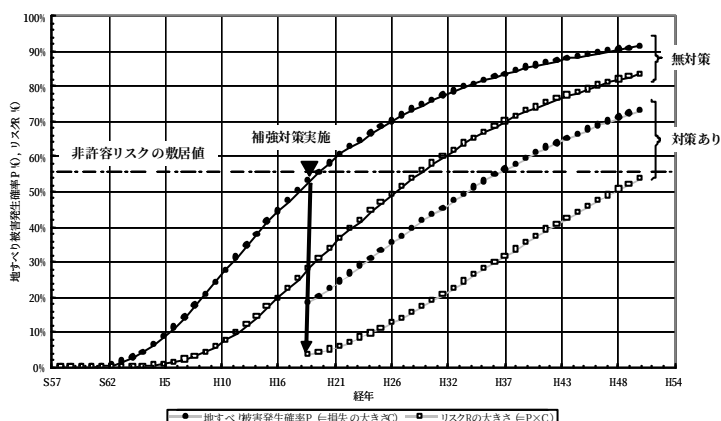


図-5 モデル事例の損傷度曲線及びリスク曲

5. まとめ

今回のモデル事例は、変状の速度を一定としたもので、今後、安全管理を徹底して適時に検証していく必要があるが、合理的な意思決定を下す上で有益な情報が得られる手法であり、今後も検討を進めていきたい。

参考文献

- 1) 阿部他：水力発電所導水路の事故分析について、電力土木、No.199、pp.13-25、S60.11
- 2) 日本トンネル技術協会「保守管理委員会」：連載講座「建設・保守管理へのフィードバック（1）」、トンネルと地下、第29巻5号、pp.69-78、1998.5