

水路トンネル水虫除去車の開発と効果の検証について

東日本旅客鉄道株式会社	信濃川発電所	正会員	○大湊直樹
東日本旅客鉄道株式会社	信濃川発電所	正会員	小野桂寿
東日本旅客鉄道株式会社	エネルギー管理センター	正会員	池田泰博
東日本旅客鉄道株式会社	信濃川発電所	正会員	梶谷宜弘

1. はじめに

信濃川発電所は、千手、小千谷及び小千谷第二発電所の総称であり、宮中取水ダム、3調整池の他、調整池と発電所をつなぐ水路橋や水路トンネル等にて構成されている。宮中取水ダムから取水された水は、水路トンネル等を経由して、各発電所へ導水される（表－1、図－1）。

当該施設の水路トンネルは、トンネル壁面に付着するトビゲラ類の幼虫（以下、水虫）によって導水の流速抵抗が増加し、発電出力に影響する課題がある。それを除去するため水虫除去車を開発したので、概要と効果の検証について本稿で報告する。

2. 現状の課題

2.1 水路トンネルに付着する水虫問題

信濃川発電所の1期、2期、5期水路トンネルは河川から直接導水している。水中に生息する水虫が水路トンネル壁面に有機生物を捉える捕獲網を作るため、水路トンネルの流速に影響を与えている。

水虫は、適度な流速（0.5m/s以上）、酸素供給が豊富で比較的水質の綺麗な水域に生息しており、当施設の1期、2期、5期水路トンネルの坑口から約3km区間に特に多く付着している（写真－1）。

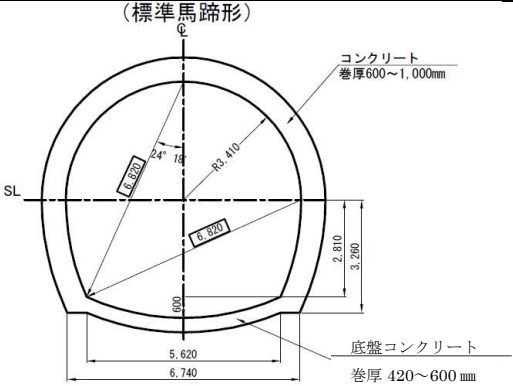
信濃川発電所では、建設当時から水虫の付着が確認されており、他電力会社の水力発電所においても同様に付着が確認されている（写真－2）。水路トンネル壁面に水虫が付着すると捕獲網の固着巣によって、水路トンネルの粗度係数が上昇する。これにより流速が減少し、単位時間当たりの取水量が減少することで、発電出力が低下する。国鉄技術研究所や電力中央研究所では、平均で10%（2～16%）発電出力が低下した報告事例¹⁾がある。

2.2 従来の水虫除去方法

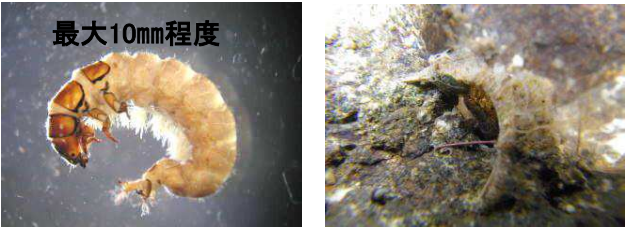
従来の水路トンネル壁面に付着する水虫除去対策は人力によるヘラやブラシ等で清掃を行っていたが、信濃川発電所の水路トンネルは、内空断面が大きく（図－1）水虫付着のある約3km区間を清掃するため、膨大な労務コストが必要となる。また発電停止してトンネルを排水してから作業するため、発電への影響を考慮して1日～7日間という短期間で清掃を完了しなければならないので、膨大な作業員（約90人程度）が必要となる（写真－3）。

表－1 水路トンネル概要

名称	建設年 (経年)	直径 (m)	延長 (m)
1期水路トンネル	1939 (77)	6.82	7,631
2期水路トンネル	1944 (72)	6.82	7,633
3期水路トンネル	1951 (65)	7.00	15,651
4期水路トンネル	1969 (47)	7.00	15,710
5期水路トンネル	1990 (26)	7.32～8.22	27,044



図－1 水路トンネル標準断面図(1期水路トンネル)



写真－1 シマトビゲラの幼虫と捕獲網の固着巣



写真－2 水路トンネル壁面の水虫付着状況



写真－3 人力作業による水虫除去状況

3. 水路トンネル水虫除去車の開発

水路トンネル壁面に付着する水虫を効率的に除去する対策として、「水路トンネル内水虫清掃器具（水虫除去車）名称：SENJU」の開発を行った。これは2tトラックに鋼材ユニットと市販のハンドブラシ（お風呂掃除用の硬質ブラシ）を組合せた構造で、水路トンネル断面に合わせた専用フレームとバネによりブラシをコンクリート壁面に圧着させる（写真-4）。水虫は、水路トンネル坑口から下流3kmまでに多く付着していることから坑口～3km区間を清掃する。

トンネル底盤部分の清掃は、トラックでけん引できるブラシのついた鋼製台車により、走行（10km/h程度）しながら行う。

今回は初期開発時のトンネル清掃機具にブラシ部分の増設改良と、清掃装置架台の現場組立・解体工数を減らした改良タイプを使用して水虫除去作業を行った（写真-5）。

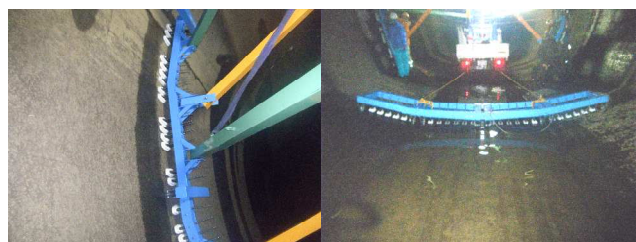


写真-4 水虫除去車による清掃状況



水虫除去前

水虫除去後

写真-5 水虫除去前後の水路トンネル壁面

表-2 水虫除去作業のコスト比較(1水路トンネル当り)

	従来施工（人力）	水虫除去車
作業時間（時間）	8	4
作業人員（人）	90	8
施工費（万円）	260	85

表-3 水虫除去前後の測定結果(1期水路トンネルで検証)

測定日	貯水位 [m]	入口水位 [m]	出口水位 [m]	発電出力 [MW]
2014/11/20 水虫除去前	168.07	165.08	162.29	26.49
2015/1/20 水虫除去後	168.07	164.81	162.26	27.35
差	0.00	-0.27	-0.03	0.86

4. 水虫除去車の効果検証

4.1 従来施工とのコスト比較

水虫除去作業のコスト面について、従来の人力作業での清掃と水虫除去車による施工で比較したところ、約175万円/回のコストダウンとなった。また、近年土木作業員の調達が難しい中、短期間に90人規模の作業員手配が省略できるという効果も得られた（表-2）。

4.2 水虫除去による発電量への効果

水路トンネル壁面に付着する水虫の除去により、発電所の発電量にどのような効果が現れるか1期水路トンネルで検証を行った。検証条件として、除去前と除去後で取水条件を合わせて発電出力を測定した（表-3）。その結果、発電出力は水虫除去前と比較して0.86MW（860kwh相当）回復させることができた。これは山手線1週分の電力量（約700kwh）と同程度である。

5. 今後の検討課題

水虫除去車の開発と効果検証の課題点として、①水虫除去車の清掃ブラシをコンクリート壁面に圧着させるバネストロークが短いことで、部分的に清掃ブラシが壁面に密着していない箇所が発生した点、②水虫除去による発電改善効果が、どれくらいの期間持続するのかが未解明という点がある。今後この2点について改良、検討を継続していく。

参考文献

- 1) 水力発電所におけるトビケラ類付着被害の実状と対策事例、電力中央研究所報告、（財）電力中央研究所、平成17年7月

キーワード トビケラ、水路トンネル、粗度係数

連絡先 〒947-0012 新潟県小千谷市山本316番地 エネルギー管理センター 信濃川発電所 TEL0258-82-4531