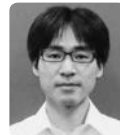


省エネ型散水消雪設備制御システムの効果検証



田中 寛*¹



八木 秀隆*²



柏 隆之*³

Effect validation of a High Efficiency Water-sprinkler Snow Melting System

Hiroshi TANAKA*¹, Hidetaka YAGI*² and Takayuki KASHIWA*³

*¹ Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

*² Manager, Section of Machinery, Tohoku Construction Office (previously at Environmental Engineering Research Laboratory)

*³ Chief Researcher, Environmental Engineering Research Laboratory, Research and Development Center of JR EAST Group

Abstract

In order to secure high-speed and stable operation of the Shinkansen in heavy snowfall regions, water-sprinkler snow melting systems are installed in a section totaling 76km along the Joetsu Shinkansen. We installed a high efficiency water-sprinkler snow melting system that had been developed in Environmental Engineering Research Laboratory at Nakajima snow melting base in 2017. Then we report verification result of the system.

●**Keywords:** Control, Energy saving, Snow melting, Stable transportation, Heat engineering

1. 緒言

豪雪地帯における新幹線の高速安定輸送を確保するために、上越新幹線では約76kmの区間で散水消雪を行っている。2017年度に環境技術研究所で開発した省エネ型散水消雪設備制御システムを上越新幹線の中島消雪基地に導入した。本稿では、省エネ型散水消雪設備制御システムの概要、及び2017年度冬季の稼働実績に基づく本システムの省エネ効果の検証結果について報告する。

2. 省エネ型散水消雪設備制御システムの概要

2・1 散水消雪設備の仕組み

上越新幹線の散水消雪設備は、図1に示すように河川などから採取した水を消雪基地にある熱源機で温めて、高架上の新幹線の軌道に散水することにより消雪する設備である。高架上に散水された水は高架上を流下して消雪基地の貯水槽に回収され、再び熱源機で温められて高架上に散水される。このように散水消雪設備は、高架上に散水した水を循環させて再利用している。

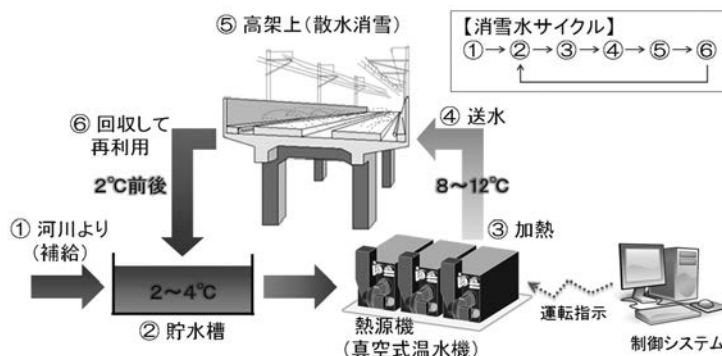


図1 散水消雪設備の仕組み

2・2 省エネ型散水消雪設備制御システムの構成

2017年度に導入した省エネ型散水消雪設備制御システムは、高出力熱源機と高効率制御システムにより構成される。次節以降で、各々の概要を記載する。

2・3 高出力熱源機の概要

高出力熱源機は、従来のものと比較して大きさは同等のまま出力を25%高出力化している。また、従来の出力の調整は50%と100%の2段階であったが、33~100%の間で1%刻みに出力を調整できるものとなっている。¹⁾ これらにより、従来と比較して適切な運転制御が可能となっているほか、設置台数の削減が図れるものとなっている。

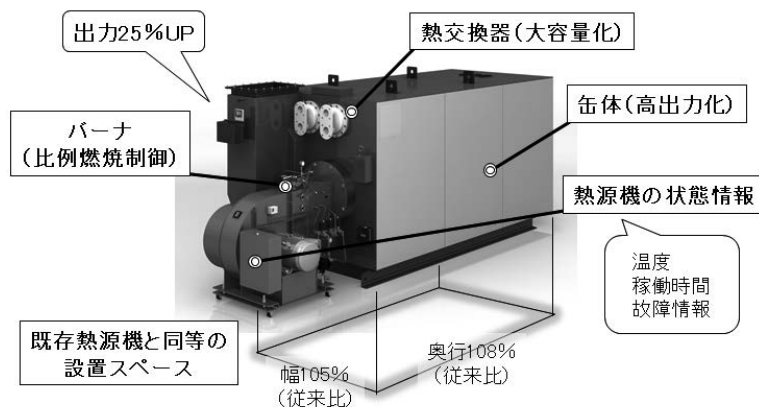


図2 高出力熱源機の概要

2・4 高効率制御システムの概要

高効率制御システムでは、高架上に散水する水の温度制御の適正化を図ったほか、熱源機の運転制御についても高出力熱源機の機能を活用するための改良を行っている。これらの改良点について以下に示す。

(1) 再起動時の散水温度の見直し

散水開始（起動）時の散水温度は10℃としている。これは、雪を融かすのに必要な熱量だけでなく、冷え切った高架上で失われる熱量を加味して設定されている。従来の制御システムでは、条件にかかわらず散水開始時の散水温度は10℃で固定していた。

前回の散水時間から一定時間以内に再び散水開始となった場合（再起動時）、高架上は比較的温まっており、雪を融かす以外に失われる熱量が減少していることから、高効率制御システムでは、再起動時の散水温度を10℃よりも低い温度で行うものとしている。再起動時の散水温度は、降雪の状況や外気温度を加味しつつ、散水公式と呼ばれる散水温度を求める計算式から算出した温度と再起動時の貯水槽の水温を比較して高い方としている。これにより余分な熱量の投入を抑制することが可能となっている。

(2) 散水温度下限値の取止めと最小投入熱量の設定

散水開始から一定時間経過し定常状態になると、散水温度を状況に応じて変化させる制御を行う。従来の制御では、散水温度の制御には下限値を設けている。これは、確実に高架上を消雪するという安全面を担保するために設定されており、散水温度が必要以上に下がらないように制限しているものである。

一方、本来であれば下げられるはずの散水温度が下限値の制限により下げられず、エネルギーのロスが発生している。高効率制御システムでは、散水温度の制御における下限値を取り止め、省エネを図っている。その代わりとして、散水温度の制御値が低くなりすぎたとき、必要以上に実際の散水温度が低下することがないように、散水運転時に熱源機が発生させる熱量の下限値として、最小投入熱量という設定値を設けた。

(3) 熱源機の最適制御

図3に示すように、従来の制御では、消雪に必要な熱量に応じて、熱源機の稼働する台数を制御している。高効率制御システムでは、熱量を制御値として、熱源機全台で協調して熱量の調整を行う最適化手法を行っている。高出力熱源機では出力調整が可能となったほか、高効率となる領域が低出力側にあるため、全台で必要熱量を均等に配分して高効率な領域で運転するよう制御を行っている。

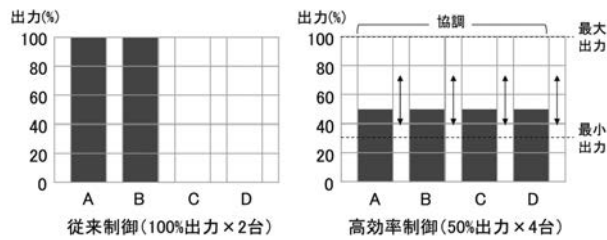


図3 熱源機の運転制御の比較 (例：200%出力時)

3. 省エネ型散水消雪設備制御システムの効果検証

3・1 省エネ効果検証

(1) 検証期間

2018年1月1日～2018年3月31日 90日間

(2) 検証場所

上越新幹線 中島消雪基地

(3) 検証方法

①熱源機の運転効率

稼働実績から各熱源機の出力と積算時間、効率を求め、その結果から熱源機全体の運転効率を算出する。効率は排ガス損失法により求める。自動運転時であり、降雪による負荷がある稼働実績を運転効率の算出に用いる。

②高効率制御システムによる省エネ効果

高効率制御システムの「再起動時の散水温度の見直し」、「散水温度下限値の取止め」の省エネ効果を削減したエネルギーを算出して確認する。

再起動時の散水温度の見直しによる削減エネルギー $Q1$ は式1で求まる。 TI' は稼働実績値を用いる。

$$Q1 = \rho \times C \times V \times (TI - TI') \tag{1}$$

削減エネルギー	$Q1$	(kcal/min)	
従来制御の散水温度	TI	(℃)	$TI=10$
高効率制御の散水温度	TI'	(℃)	
密度	ρ	(kg/m ³)	$\rho=1000$
比熱	C	(kcal/(kg・℃))	$C=1$
流量	V	(m ³ /min)	$V=23.1$

散水温度下限値の取止めによる削減エネルギー $Q2$ は以下の式で求まる。 $T2a'$ 、 $T2b$ 、 $T2b'$ は稼働実績値を用いる。

$$Q2 = Q2a - Q2b \tag{2}$$

$$Q2a = \rho \times C \times V \times (T2a - T2a') \quad (3)$$

$$Q2b = \rho \times C \times V \times (T2b - T2b') \quad (4)$$

削減エネルギー	$Q2$	(kcal/min)	
従来制御の消費エネルギー	$Q2a$	(°C)	
高効率制御の消費エネルギー	$Q2b$	(°C)	
散水温度下限値 (従来制御)	$T2a$	(°C)	$T2a=6$
			※3月は $T2a=4$
貯水槽の水温	$T2a'$	(°C)	
散水温度	$T2b$	(°C)	
冷水配管内の水温	$T2b'$	(°C)	
密度	ρ	(kg/m ³)	$\rho=1000$
比熱	C	(kcal/(kg・°C))	$C=1$
流量	V	(m ³ /min)	$V=23.1$

3・2 検証結果

(1) 熱源機の運転効率

稼働実績を分析し、2018年2月5日と2018年2月8日の稼働実績をもとに熱源機の運転効率を算出した。その結果、熱源機全体の運転効率は92.7%であった。これまで中島消雪基地に設置されていた熱源機の運転効率が89%であるため、熱源機として3.7%効率を向上したこととなる。効率向上による燃料の削減量を試算する。高出力熱源機の運用による2017年度冬季の燃料使用量の実績(403.9kL)から従来の熱源機の運用による燃料使用量を推定すると、 $403.9 \times ((92.7) / 89) = 420.7$ (小数点第2位四捨五入)となる。削減量は $420.7 - 403.9 = 16.8$ kLとなる。

(2) 高効率制御システムによる省エネ効果

再起動時の散水温度の見直しによる省エネ効果は、2018年2月15日に1事例のみ確認できた。このときの散水温度は3.5°Cで、この散水温度が31分間継続した。式1により削減エネルギーを求めると、約 $4,655 \times 10^3$ kcalとなり、燃料(灯油)に換算すると、534Lに相当する。

散水温度下限値の取止めによる省エネ効果は、検証期間中に36日間確認できた。この36日間の削減エネルギーの合計は、約 247×10^3 kcalとなり、従来の熱源機の燃料消費量に換算すると32.3kLに相当する。

上述の(1)、(2)の燃料削減量は合わせて49.1kLとなり、この削減量から効率を算出すると、 $49.1 \div (403.9 + 49.1) \times 100 = 11$ (%) (小数点第1位四捨五入)となる。すなわち、省エネ型消雪設備制御システムとして約11%の効率向上を実現したこととなる。

4. 結言

今回、省エネ、環境負荷低減を目的として省エネ型散水消雪設備制御システムの開発を行った。本システムは、高出力熱源機と高効率制御システムで構成されている。さらに、本システムを上越新幹線の中島消雪基地に導入し、2017年度冬季の稼働実績を元に省エネ効果を検証した。その結果、システム全体で約11%の効率向上を実現した。

参考文献

- 1) 八木秀隆、山口慧祐、田仲寛、散水消雪設備用省スペース高出力型熱源機(真空式温水機)の開発、JR EAST Technical Review No.60 (2017), pp.51-54.