

LED 式信号灯器着雪・凍結対策の実用化に関する研究

— 青森県重点事業「LED 信号灯器着雪・凍結対策実用化研究事業」 —

Study on realization snow and ice accretion on LED traffic lights

宮田 和弥、小野 浩之

年々増加している LED 式信号灯器は、冬期間に着雪し、視認性が低下するという問題が生じている。青森県では、信号灯器の着雪・凍結による交通障害等を未然に防止するため、信号灯器に取り付ける融雪機能を有するヒータ等（以下、対策品という。）の試作開発が進められている。

本研究開発では、県内企業が開発した対策品について、実用性を評価することを目的に、光学性能、消費電力及び着雪防止効果に関する性能評価並びに屋外設置による実証を行った。

光学性能では、交通信号灯器仕様書に準拠した方法で評価を行い、対策品は規定以上の光度となっていた。

消費電力では、対策品の消費電力を測定したところ、1 灯あたり 8W で、青森県警察の指示を満たしていた。

着雪防止効果では、着雪実験を行い信号灯器の照度を測定したところ、対策を施すことで着雪による照度低下が軽減した。

屋外設置では、着雪のしやすい西向きに対策品を設置したところ、対策品は部分的な着雪のみで、対策品の効果を確認できた。



写真 1 対策品の外観

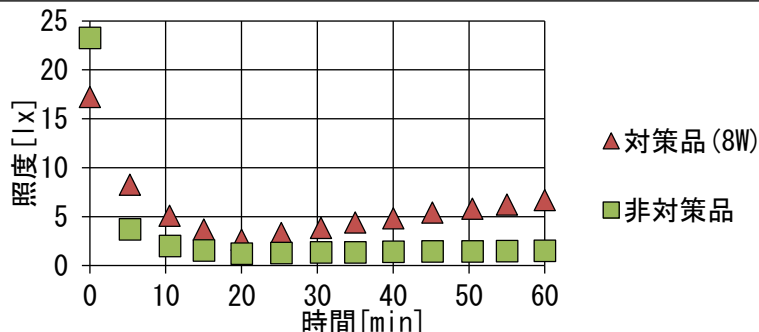


図 1 着雪防止効果の比較

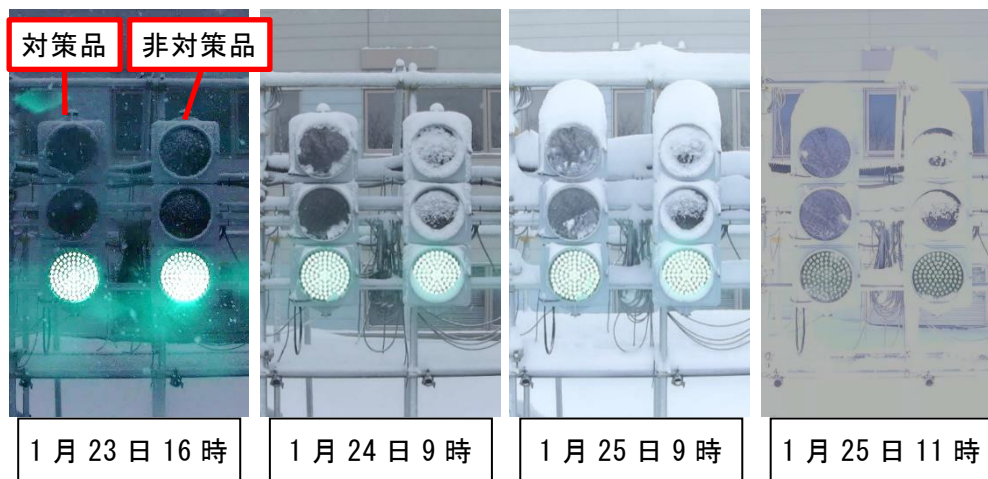


図 2 屋外設置の様子

1. はじめに


従来の電球式信号灯器は、太陽光により点灯しているように見えること、消費電力が高く電気料金が高くなること、毎年電球の交換を行わなくてはならないこと等から、LED 式信号灯器に変わりつつある。平成 29 年度末までに、青森県内に設置されている車両用灯器の 51.0%が、LED 式となっている。しかし LED 式信号灯器は、冬期間に着雪し、視認性が低下するという問題が生じている。そこで青森県では、LED 式信号灯器の着雪・凍結による交通障害等を未然に防止するため、LED 式信号灯器に取り付ける融雪機能を有するヒータ等（以下、対策品という。）の試作開発に対する補助を行い、実用化を目指す事業を推進している。

本事業では、補助対象企業が開発した対策品について、性能評価試験及び屋外設置試験を行い、実用性を検討することを目的とした。

2. 実験方法

平成 30 年度 LED 信号灯器着雪・凍結対策実用化研究事業の補助対象企業は 1 社であり、その開発した対策品を表 1 に示す。この対策品について、性能評価試験及び屋外設置試験を行った。

表 1 対策品に関して

材料	ポリカーボネート
ヒータ機能	有（ステンレス線）
振動・衝撃機能	無
親水・撥水処理	無
外観	

2. 1. 光学性能に関する評価試験

LED 式信号灯器の前面に対策品を取り付けた場合、LED 式信号灯器の明るさが低下する。そこで、対策品を取り付けた LED 式信号灯器が、信号灯器の明るさに関する仕様を満たしているかどうか評価を行った。

信号灯器の明るさに関して、警察庁作成の交通信号灯器仕様書の警交仕規第 1014 号「版 3」¹⁾9.3 光度分布に準じた測定を行った。仕様書には 10m 離れた位置で測定された光度の仕様が記載されている。信号機メーカーでは、照度計により測定された照度を光度に換算し、規定値との比較を行っていた^{2, 3)}。工業総合研究所では、10m 離れた位置で照度を測定し、換算式(1)を用いて照度から光度へ換算した。

この実験に対策品及び対策品を取り付けていない LED 式信号灯器（以下、非対策品という。）に対して行い、交通信号灯器仕様書に記載されている規定値と比較を行った。

照度測定を行うために設定した光学性能評価試験系を図 1 に示す。信号灯器から 10m 離れた位置に照度計を設置する。照度計の前方には、塩ビ管の内側を反射防止布で覆った外乱光防止筒を設置し、壁や床からの間接光を照度計受光部に取り込まないようにした。

$$\text{光度}[\text{cd}] = \text{照度}[\text{lx}] \times (\text{距離}[\text{m}])^2 \quad \dots \text{式 1}$$

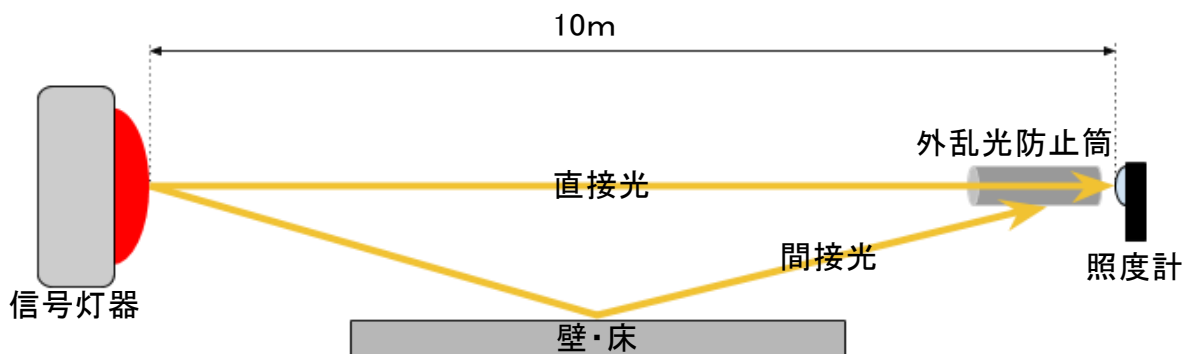


図 1 光学性能評価試験系

2. 2. 消費電力に関する評価試験

青森県警察から補助対象企業に対して、対策品の消費電力は、信号灯器と一体で 40W 以内とすることと指示があった。そこで、対策品の消費電力を測定し、青森県警察の指示を満たしているかどうか評価を行った。

補助対象企業が作製した対策品はセンサー等が付属せず、対策カバー 3 枚を直列に接続し、AC100V を印加するものであった。そこで、対策カバー 1 枚に 33V を印加し、消費電力の測定を 30 分間行った。

2. 3. 着雪防止効果に関する評価試験

対策品の着雪防止効果を、屋外環境において定量評価することは難しいと考えられた。そこで工業総合研究所内に、屋外と同様の降雪環境を再現し、着雪状態の定量化及び着雪防止効果が改善したかどうかの評価を行った。

降雪環境の気温、降雪量及び風速条件に関しては、これまでの実験及び気象庁のデータを基に設定した。気温に関してはこれまでの実験から、1℃以上で着雪しやすいことが分かっているため、気温の条件を1℃とした⁴⁾。降雪量に関しては気象庁のデータから、青森市では雪が多く降る日でも6cm/hであるため、降雪量の条件を6cm/hとした。風速に関しては気象庁のデータから、青森市では冬の平均風速が4m/sであるため、風速条件を4m/sとした。これら条件となるように、1℃に設定した恒温室内で、20分間で1kgの氷を削り、扇風機を用いて風速4m/sで吹き付けることとした。削られた氷が着雪することで低下する信号灯器の明るさを測定し、着雪状態の判断に用いることとした。

着雪防止効果を評価するために設定した着雪防止効果評価試験系を図2に示す。照度計の前方には、外乱光防止筒を設置し、壁や床からの間接光を照度計受光部に取り込まないようにした。

実験手順に関して、まずは表面温度を安定させるために、信号灯器及び対策品に電力を供給し30分間待機し、その後20分間降雪、40分間観察を行った。照度変化の記録は、降雪開始後から60分間行った(図3参照)。信号灯器の点滅パターンは、30秒点灯、33秒消灯とした。

この実験を、対策品及び非対策品に対して、3回実験を行い、照度を平均した。

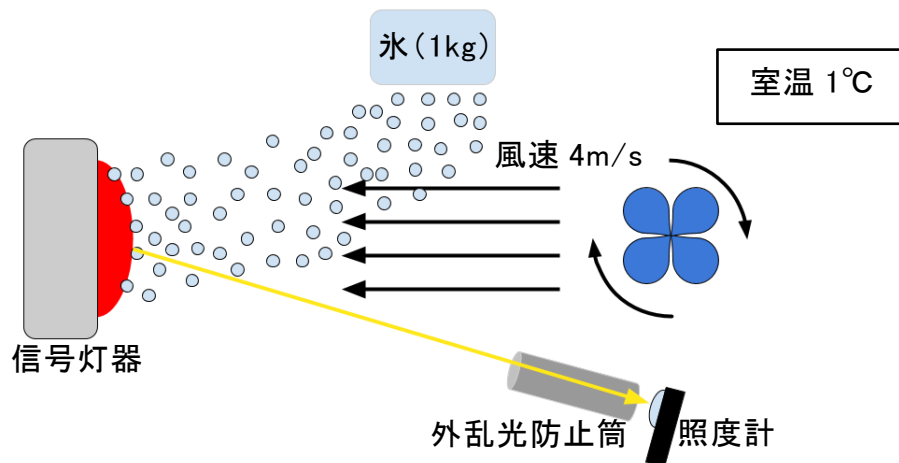


図2 着雪防止効果評価試験系

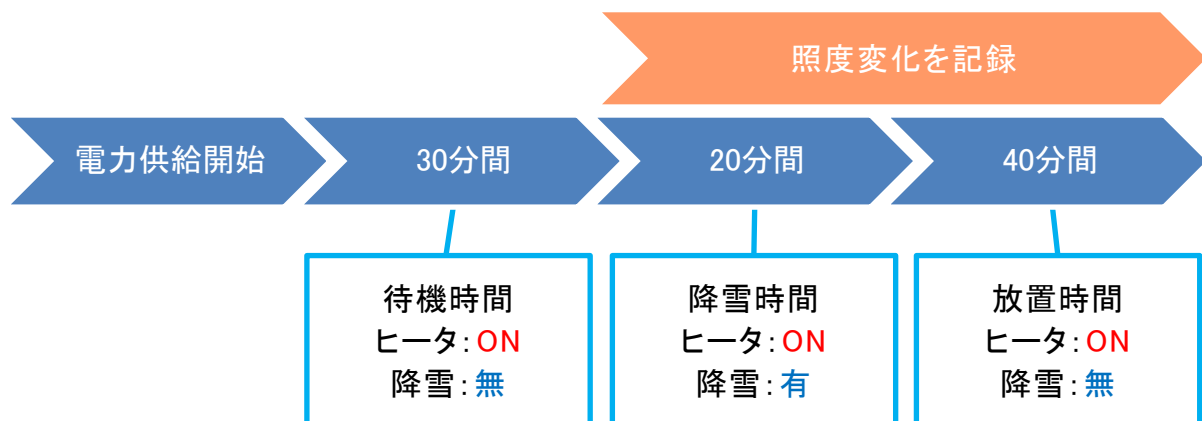


図3 着雪防止効果評価試験プロセス

2. 4. 屋外設置試験

実際に屋外に対策品及び非対策品を並べて設置し、着雪するかどうかの観察を行った。

2. 5. 電球式信号灯器との比較

対策品の着雪防止効果が、これまで着雪問題が生じていなかった電球式信号灯器よりも劣っている場合は、気象条件によっては着雪する可能性がある。そこで、電球式信号灯器の着雪防止効果評価試験を実施し比較を行った。

対策品が劣っている場合は、対策品の消費電力を変更して着雪防止効果評価試験を行い、電球式信号灯器と同等の着雪防止効果となる、対策品の消費電力を求めることとした。

3. 実験結果

3. 1. 光学性能に関する評価試験

実際に照度測定を行った環境を図4に示す。対策品及び非対策品を、垂直に設置した状態(0°)から徐々に下方向に傾け照度を測定し、求めた6点の光度及び規定値を表2に示す。

対策品を取り付けることで、光度は低下するが、全ての傾斜角度で規定値を上回っていた。



図4 照度測定を行った環境

表2 光学性能評価試験の結果

角度	0°	5°	10°	20°	33°	45°
対策品 [cd]	317	294	235	96	19	10
非対策品 [cd]	421	390	310	122	24	14
規定値 [cd]	288	96	20.4	7.2	3.6	2.4

3. 2. 消費電力に関する評価試験

消費電力を測定した結果を図5に示す。

対策品1灯当たりの消費電力は8.0Wであり、青・黄・赤信号の3灯に取り付ける場合は、24W（直列接続）となる。LED式信号灯器の消費電力がおよそ10Wであるため、信号灯器と一体で40W以内となり、青森県警察の指示を満たしていた。

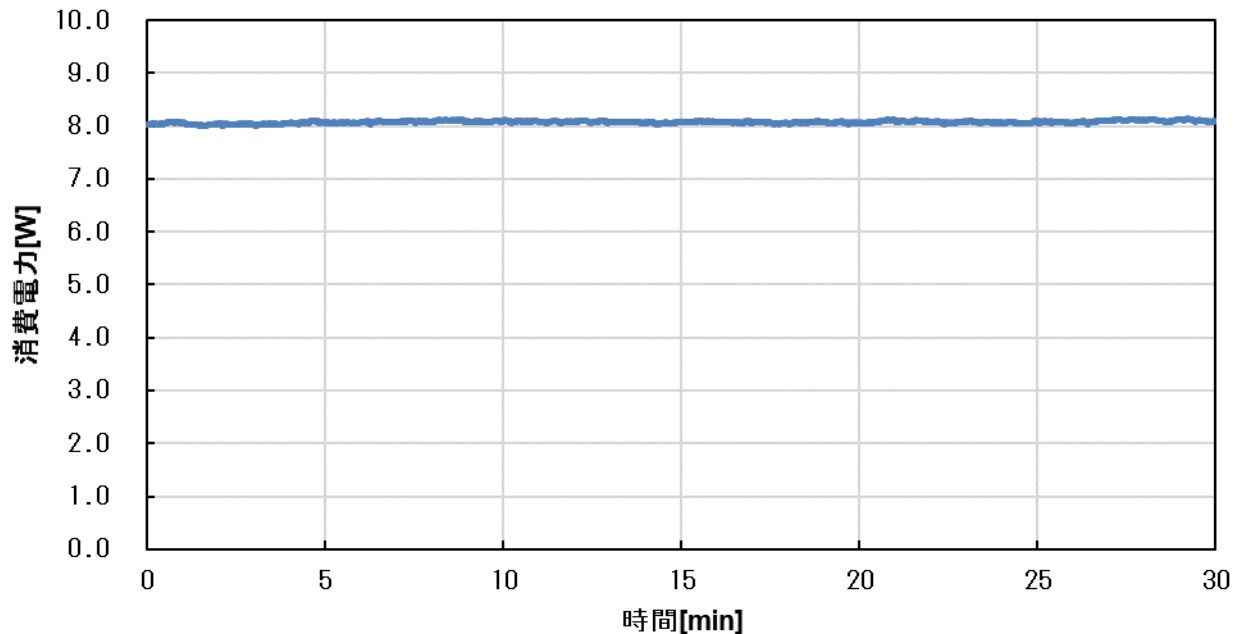


図5 消費電力測定の結果

3. 3. 着雪防止効果に関する評価試験

実際に着雪防止効果評価試験を行った環境を図6に示す。対策品及び非対策品に対して着雪防止効果評価試験で得られた照度の時間変化を図7に示す。

対策をすることで、着雪しづらく、最低照度が高くなった。また降雪終了後、対策品は徐々に着雪状態から回復し、照度が高くなった。

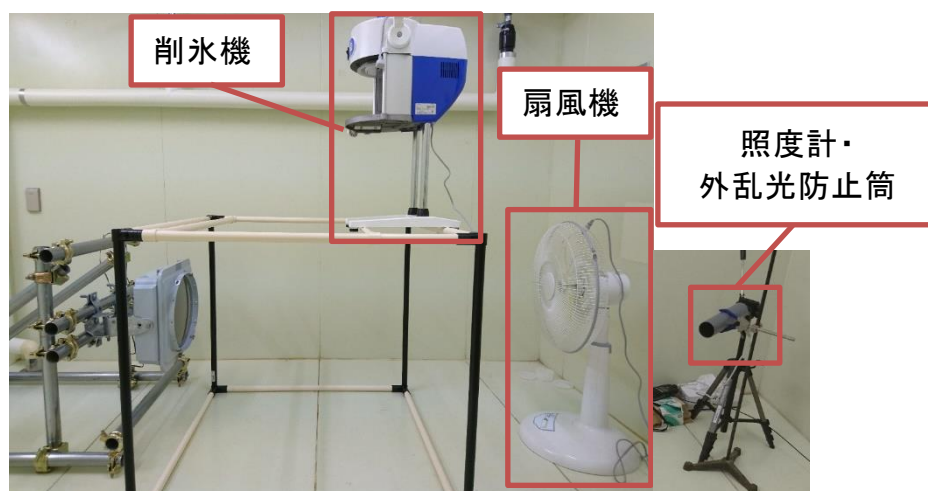


図6 着雪防止効果を評価した環境

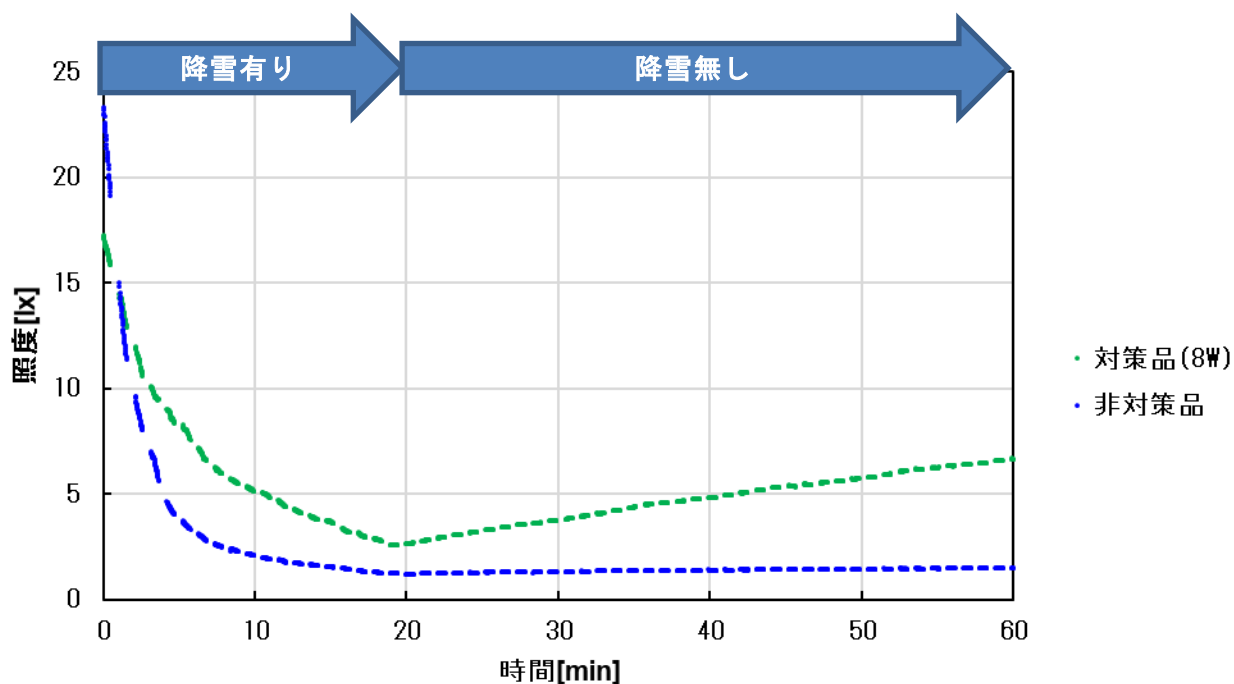


図7 対策品及び非対策品の照度の時間変化

3. 4. 屋外設置試験

対策品及び非対策品を屋外設置した様子を図8に示す。

2019年1月23日16時から、雪は20cm降り続き、翌日24日9時には非対策品の赤色全面に着雪が確認された。一方の対策品は、部分的な着雪のみであった。25日11時には、非対策品は着雪した状態だが、対策品には着雪しておらず、気象条件にもよるが対策品の効果が確認できた。

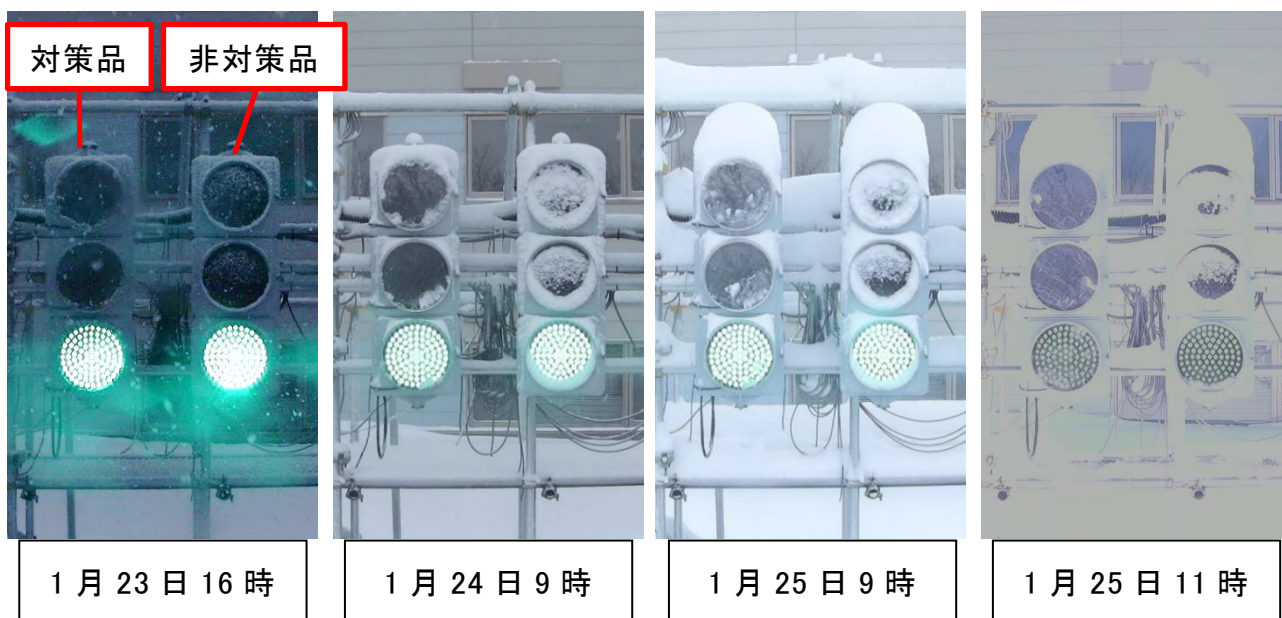


図8 屋外設置試験の様子

3. 5. 電球式信号灯器との比較

電球式信号灯器に対して、着雪防止効果評価試験を行った結果を図9に示す。

対策品の着雪防止効果は、電球式信号灯器よりも劣っていた。そこで、対策品の消費電力8Wを20W及び30Wに変更し、着雪防止効果評価試験を行った。その結果を図10に示す。

対策品の消費電力を20Wとすることで、電球式信号灯器よりも最低照度は高くなり、降雪終了後も同等の明るさで見えていた。また対策品の消費電力を30Wとすることで、電球式信号灯器よりも、常に明るく見えるという結果となった。

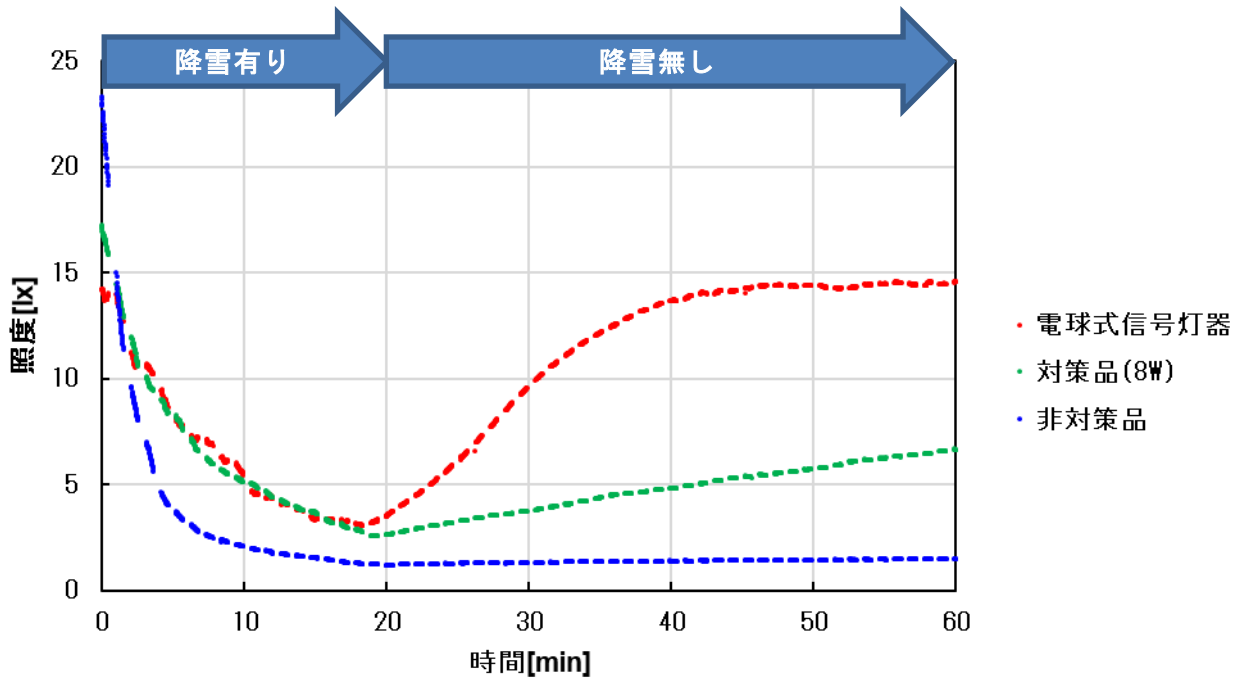


図9 電球式信号灯器の照度の時間変化

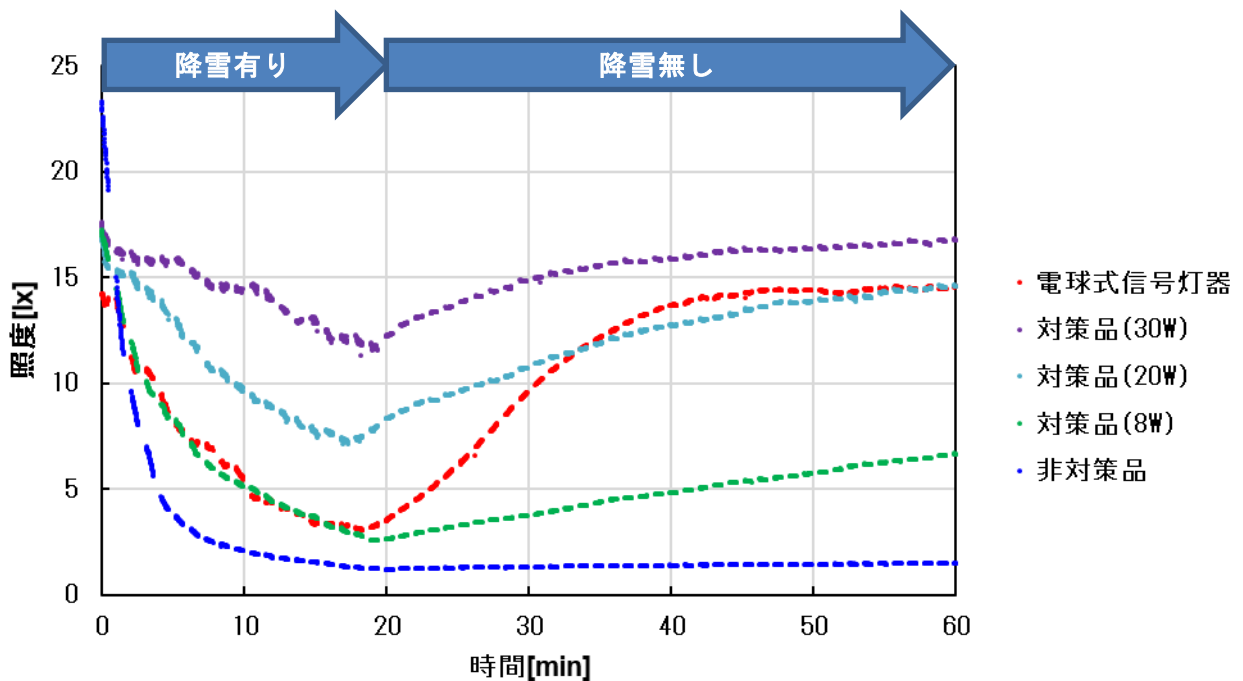


図10 対策品の消費電力を20W及び30Wに変更した結果

4. 考察

対策品を実際に導入する場合には、電気料金の上昇を抑えることが求められることから、次に着雪・凍結対策の有無による電気料金について考察した。信号灯器の電力料金は従量制ではなく、最大消費電力で決まる定額制であるため、対策品の消費電力を高くすると、電気料金も高くなってしまう。表3に、信号灯器の契約形態と電気料金を示す。青森県警察が指示した信号灯器と対策品合わせて40Wの場合、電気料金は年間2,418円36銭となる。一方で、対策品の1灯あたりの消費電力を20W～30Wにした場合、電気料金は電球式信号灯器と同額の5,734円80銭と大幅に高くなる。しかし、着雪が心配される冬期間の3カ月間のみ対策品を動作させることとして、契約電力を変更することができれば、電気料金は年間2,418円30銭と抑えられた契約で、電球式信号灯器と同等の着雪防止を見込むことができる。

表3 信号灯器の契約形態と電気料金に関して

契約形態	月額料金	契約期間	合計料金
電球式信号灯器 (70W) 【現行電球式】	477円90銭	12カ月	5,734円80銭
LED式信号灯器 (10W) 【現行LED式】	109円40銭	12カ月	1,312円80銭
LED式信号灯器 (10W) + 対策品 (10W) × 3灯 【青森県警察指示】	201円53銭	12カ月	2,418円36銭
LED式信号灯器 (10W) + 対策品 (20W～30W) × 3灯	477円90銭	12カ月	5,734円80銭
LED式信号灯器 (10W) + 対策品 (20W～30W) × 3灯	109円40銭	9カ月	2,418円30銭
	477円90銭	3カ月 (12月・1月・2月)	

5. まとめ

- (1) 光学性能に関して、対策品を取り付けた信号灯器を、6通りに傾けて光度を測定したところ、全ての傾斜角度で規定値を上回っていた。
- (2) 消費電力に関して、対策品1灯あたりは8.0Wであり、3灯のLED式信号灯器に対策品を取り付けても、合計の消費電力は40W以内となり、青森県警察の指示を満たしている。
- (3) 8.0Wの対策品では、電球式信号灯器よりも着雪防止効果が劣っているが、対策をしていないLED式信号灯器よりは着雪しづらくなった。
- (4) 電球式信号灯器と同等の着雪防止効果にするためには、対策品の消費電力を20W～30Wにする必要があると考えられる。また、最大消費電力上昇に伴う電気料金の上昇については、冬期間(12月・1月・2月)のみ最大消費電力を上げる契約を検討することが望ましい。

6. 参考文献

- 1) 警察庁交通局交通規制課：交通信号灯器仕様書，警交仕規第 1014 号「版 3」.
- 2) 宮内真人他：道路交通信号灯器の光度分布，照明学会誌，82(11)，pp. 917-920，(1998).
- 3) 本郷一隆他：ファントムボードを用いた LED 交通信号灯器の開発，照明学会誌，99(11)，pp. 589-593(2015).
- 4) 宮川大志他：LED 信号灯器着雪・凍結対策評価技術に関する検討，平成 28 年度版地方独立行政法人青森県産業技術センター工業部門事業報告書(2017).