

人工霧防冷法に関する研究 (第1報)

三原義秋・谷 信輝

農林省農業技術研究所

Studies on Protection against Cold
by an Artificial Fog (Report I)

By

Y. MIHARA and N. TANI

National Institute of Agricultural Sciences, Tokyo

Summary

1. Development of mass sprayers. Aiming at obtaining an apparatus which would spray about 10 l of water per minute by making it into fine particles, two systems of such apparatus were developed and their study models were tested.

a) System by crushing with a rotating disk at high speed. In this system the spray liquid is extended by utilizing the centrifugal force of a disk rotating at high speed and is transformed into fine particles by crushing plates attached to the rim of the disk. Tests in this year have shown that only the water amount of about 2 l per minute is sprayed as fog, and that, when larger amounts are sprayed out, coarse particles of the fog are remarkably produced.

b) System by emission of heated liquid. The spray liquid, after compressed by the pressure of about 10 kg/cm², is heated with burners up to about 180°C and emitted out of small slits and made into fine particles. In this year it was possible to elevate the emitted amount up to 8.3 l per minute, but about 35% of it became coarse particles of larger falling velocity, so that the floating quantity was 5 l/min, namely, roughly a half of the expected quantity.

2. Open-air tests. On the days 1 - 10 December 1966, open-air tests were conducted at the National Stadium in Tokyo. Throughout this period the weather conditions did not show desirable developments, but some observations under comparatively good circumstances showed that the radiation from the ground was reduced by about 30%, and that the reduction of air temperature was somewhat obstructed.

1. はしがき

不乾性の微水滴からなる人工霧によって、地面の夜間放射を阻止軽減できることは昭和39年度の総合研究において確かめることができた(防災科

学技術総合研究報告第6号)。すなわち、高級アルコールの誘導体の蒸発防止剤を乳化懸濁させた水を微水滴にすると、水滴表面は蒸発防止剤の単分子膜によって被覆され、低温下ではその蒸発は

著しく抑制される。水滴の径を40 μ 以下にするときは、被覆水滴は長時間空中に滞留する。この微水滴からなる霧層によって地面からの放射を抑制するときは、夜間地表面の温度低下が緩和されることが予想されたが、野外実験の結果は、地面放射の減少は明らかに認められたが、被覆が小面積であったので、外部からの冷気の移流のために、温度効果は確認できなかった。

以上の経過を継いで、昭和41年度に再び人工霧防冷法の研究が開始された。研究の焦点は当然のこととして、大量の噴霧を可能とする装置を得て実際に屋外に大面積の霧層を形成し、それによって確かな保温効果を見定めることに置かれた。

本研究は、その出発が遅れたために、初年度に予定した計画を完全に果たすことはできなかったが、あげられた成果と、今後の問題点の概要を述べることにした。

2. 人工霧発生装置の開発

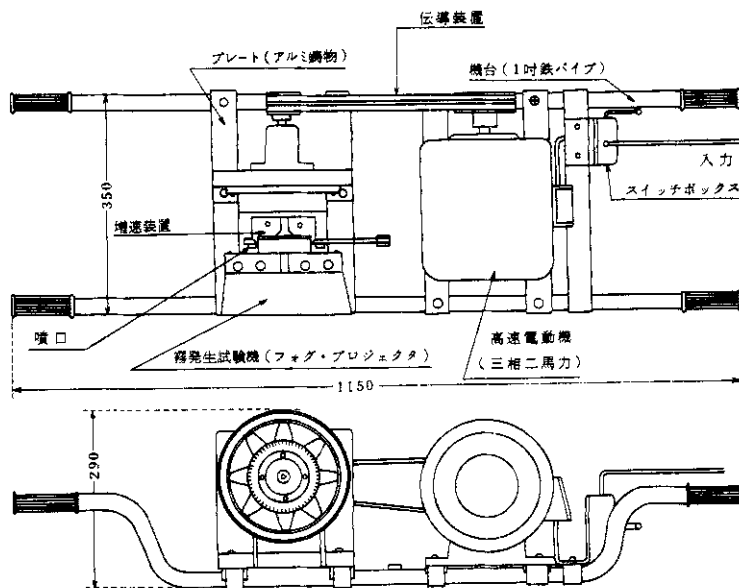
毎分10 ℓ の水を霧化することを目標にして、二つの方式の霧発生装置が試作された。一つは宿谷特殊工業K.K.の高速回転円板による破碎式微粒噴射装置(以後破碎式噴霧装置と略称)で、他は晶和工業K.K.の加熱噴射方式装置である。

2.1 破碎式噴霧装置

本方式は、1万回前後で回転する円板の外周を鋸歯状にして、水滴を破碎する方式である。回転板と同軸の送風機で微細滴は毎秒約20mの速度で空中に噴射されるが、粗大滴は、遠心力のために外筒の内面に付着するので、送風翼下の負圧を利用して回収し、再度破碎にかけるという自動選別の方法を採用している。本方式による霧発生機の試作は本年度2回行なわれた。第一次は1.5IPの小型エンジン駆動のものを、第二次は2IPの電動機に増速器を組合せたものが作られた。

1.5IPエンジンを直結したものは回転板の直径が120mmで回転数は約7000回であった。低回転数のため、噴霧量を毎分1 ℓ 以上にするときは、急激に粗粒が増えて、滞留性の細滴は減少した。加えて本試作機は激しい騒音を出す欠点があった。

第二次の試作機は、破碎円板の直径は同じく120mm、回転数は最高11400rpmであった。噴出量の85~90%を滞留性細滴(直径40 μ 以下)とするためには、噴出量を毎分2 ℓ 以下にしほらねばならなかった。目標とした毎分10 ℓ に対し約1/5に過ぎない結果となった。本方式で目標量の噴霧を達成することは、理論的には容易であるが、



特許 309537 270350 260914

図-1 破碎式霧発生試作機

回転数と回転板の直径を現在以上にすることには技術的困難があって、実際的には大きな障壁が存在するようである。

第二次試作機の噴口とその動力部の構造の概略は、図-1に示される。

2.2 加熱噴射方式噴霧装置

本装置の原型は、機械洗滌用のスチームクリーナーである。昭和39年度においては、毎分5ℓの噴出量のスチームクリーナーを使用、その噴口を改造して噴霧装置としたが、滞留性細霧は3割前後に過ぎなかった。

本年度においては、噴出量を最大8.3ℓとしたほか、噴霧口に二つの改良を加えた。その一つは、噴出直前の加熱液に気泡を吹き込みその膨張力によって微粒化を促すものであった。小コンプレッサーによって圧縮した空気を噴液温度に等しい温度まで加熱し、これを多孔質の焼結金属板を通して噴液中に送り込む構造とした。第二の改良は、

噴出管の構造についてである。初期のものは1本の直管に7個の細隙が15cmごと配置されていたので、噴出微滴の衝突肥大の機会が多かった。噴出管の長さや角度、管径、材質、噴口の構造等について多くの試験が行なわれた結果、外径15mmのステンレス管2m2本をV字型に立て、各々に3個の細隙を外方に向かって切ったものが最良の結果を与えた。細隙は、間隙0.5mm、長さ15mmで、管軸に対して45°の角度で切込まれている。

本方式試作機の配置略図は図-2に示されるとおりである。上述の主要部分に対する改良試作のほか、各部分についても種々の工夫が加えられた。それらの改装あるいは開発の主要な点を各部分について述べると次のようである。

(A) 本体M-900スチームクリーナーについて

① 噴射圧を向上(7 kg/cm² → 10 kg/cm²)するため、点火動力を昇圧動力に転換する必要があるため、そのために点火用マグネット発電機をはずして5000V変圧器を取付けて連続自動点火式とした。

② 安全弁を改装して作動圧を8 kg/cm²より12 kg/cm²とした。

③ 従来のスチームクリーナーは水道に連結してボールタップによる一定レベルの水源プールより給水する装置のみであるので、更にこれに二組の三又路配置と三個のストップの組合せによる切替で、O.E.D.薬液をカクハンタンクより吸入しうるように改装した。

④ 焼結ガス排出煙筒上に圧気加熱用螺管を取付けた。

⑤ 蒸気吐出部にステンレス細網を装備した砲金製耐圧ろ過装置と切替用三方コックおよびマフラーを取付け、また外装部に噴射管取付け用ブラケットを取付けた。

⑥ エンジン兼用の分には、エンジン駆動用プーリーと更にエンジン台連結用ブラケットを機体フレームの下部に取付けた。

(B) 乳剤分散用振動カクハン機

340ℓ入りの長方形舟底型タンクの底部に近くほぼ方形の流路中に4枚羽のカクハン用プロペラを具えたステ

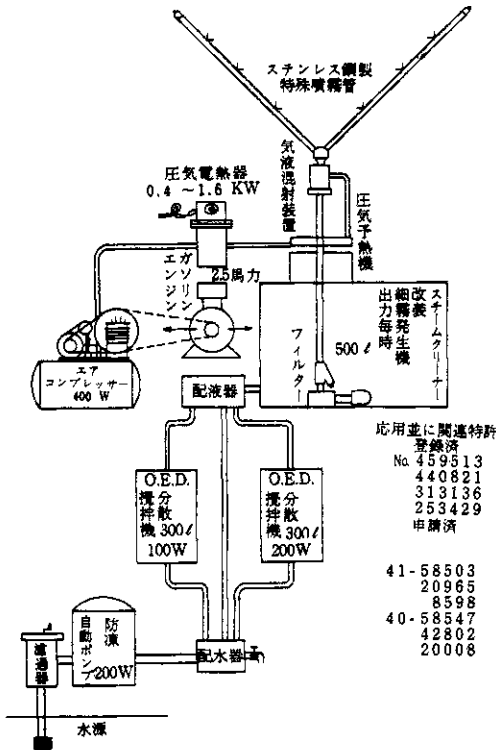


図-2 加熱噴射式霧発生試作機配置略図

ンレスシャフトをバビットメタルの水中軸受と水密玉軸受によって弾性カップリングを介して単相200W 4極電動機に連結し満タンクの時ほぼ全負荷となって全液が回流すると同時にプロペラおよび4極モーターの振動等がタンクに共振して毎秒約100~200回の粗振動を生じてO.E.D.の分散を助長するものである。

(C) 乳剤分散用衝撃カクハン機

Aと同様のタンクの外側に100W 4極電動機で駆動する多羽カスケードポンプによってタンク内の液を循環せしめると同時にその噴射を液中と液外とに2個のバルブ操作で切換えうるものであってカスケードポンプ内の毎秒数千回のカスケード衝撃を利用してO.E.D.の分散を助長するものである。

(D) 圧縮空気送入手用エアコンプレッサー

ニッサルコ製品のブリーと調圧部を改装して送気量をほぼ2倍まで増大しうるようにしたものである。

(E) 圧気予熱用電熱タンク

耐圧タンク内にステンレス骨格に耐熱磁器碍子の組合せによってくもの巣形に懸架された800W ニクロム線電熱器2個を並列、単独および直列の三段切換スイッチによる1600W, 800W および400Wの三容量の発熱量によってコンプレッサーよりの圧気を可調に予熱するものである。

(F) 圧気加熱管

改装スチームクリーナーの燃焼排気筒の上部に取付けた螺旋管中に圧気を通過せしめて加熱して熱圧気を銅管によって気液混射装置に送入するも

のである。

(G) 気液混射装置

黄銅製二重筒の中央を通過するスチームクリーナーよりの噴射物中に焼結多孔金属内筒を浸透して圧気を混射する装置である。

(H) 配水配液切換装置およびろ過器

砲金製高圧用三方コック2個を組合せて2個のカクハンタンクよりの液の切換えおよび液とポンプよりの送水との切換えを可能とすると同時にその間にそう入された耐圧ろ過機中に特製したステンレス細網のストレーナーを具えたものである。

(I) エンジン兼用装置

減速器を具えた2.5 HP ガソリンエンジンに特殊クラッチを組合せてコンプレッサーと改装スチームクリーナーを連結したフレームに設置して両者を駆動するものである。

以上のような過程の下で2基の試作機が組立てられ、2回の運転試験ののち、夜間屋外における予行および本試験が実施された。写真に運転中の試作機と噴液カクハン機が示されている。

3. 屋外噴霧実験

上記加熱噴出式2基と、別途借上げによる圧縮空気噴霧機一式を使用して、夜間の噴霧実験を行った。後者の圧縮機は、G.M.C. 製159HP、実噴出量 $15\text{ m}^3/\text{min}$ で、これに共立農機K.K. 製の噴霧ノズル38個2組を連結した。

実験場は、都内の国立競技場を使用した。同競技場は長径120m、短径80mのだ円形のグラウンドの全周を高さ20~25mのスタンドが取巻く完全な鉢地形である。しかしながらスタンドの中腹全周に19個の通路が開口しているので、それを通り抜ける風量も少なくなかったが、それよりも本実験に大きな支障となったのは、スタンド内部に発生するうずであった。スタンド上端で1~2m以上の風速の下では、グラウンド上に水平のうずと鉛直のうずが絶えず発生して、グラウンドの北隅で噴霧される霧を容易にスタンド上に巻き上げて搬出する働きをした。

噴霧実験の日時、内容を列記すると付表のとおりである。

付表のように前後10日の噴霧実験を試みたが、乱気流のために、噴出霧が競技場内に滞留せず、ほとんどの場合が10~20分の噴霧で実験は中止された。わずかに、12月8日夜半から早暁にやや良好な気流状態となって数十分間の連続噴霧を行な



写真 加熱噴射式人工霧発生装置

実験 番号	月 日	噴霧時間	噴霧方式	噴霧量 (l/min)
	12・1	気象観測	(22h~7h)	
1	2	2243-2310	加熱式2基	10
2	3	0037-0055	加熱式2基	10
3	3	2314-2325	圧縮空気式1基	(試運転)
4	4	0027-0128	圧縮空気式1基	11
5	7	2255-2326	{ 加熱式1基 圧縮空気式1基	5 12
6	8	0003-0045	同 上	同上
7	8	0257-0334	圧縮空気式1基	15
8	8	0430-0520	同 上	12
9	8	2235-2250	同 上	12
10	9	0705-0735	同 上	5

った。しかし、その場合も、競技場の風下側半分はほとんど被覆されることはなかった。北北西風が競技場内に流れ込むとき、両側のメインスタンドを吹き上げるうずが起これり、それが競技場の中央辺まで流れた霧を運び上げたためである。

4. 人工霧下の地面放射および気温の変化

夜間の風はいわゆる陸風で、スタンド上端での風向はNかNNWであった。この風向にほぼ平行してスタンド最上段に2点、グラウンド上に3点の

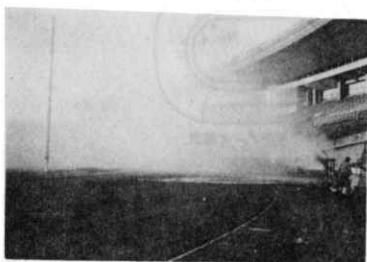


写真 人工霧 (毎分5 l 噴霧) の流れ状況
噴霧装置は圧縮空気式、ただし、ポンプ故障のため、別途小型ポンプ流用
(国立競技場, 1966年12月9日午前7時15分撮影)

観測定点を置き、気温はそれらの5点で、放射は2~3点で測定された。それらの位置と噴霧点は図-3, 4のなかに示される。

今、霧の滞留がやや良好であった12月8日の実験7, 8について霧の下での放射と気温の変化について述べる。

図-3は、噴霧前後の地面純放射の、また図-4は同じく地上の高さ40cmの気温の変化を示す。

図-3において、A点は噴霧点の風下30m, B点は中央メインスタンド寄りで80mの距離である。いずれも半導体サーモモジュールを感熱部とする小型通風純放射計による記録である。B点の純放射が少ないのは、メインスタンド上の傘下に近いからである。基準点はスタンド最上部である。

実験7, 8ともにA点上には比較的濃い霧が流れたが、うずのために噴霧点へ押し戻されるかあるいは、メインスタンド沿いに巻き上げられたためにB点では薄い霧が流れたにすぎなかった。

実験8において、A点では40~50%の放射の減少が起こったが、B点では10~15%にとどまった。実験7の場合はA点で20%, B点では15%内外の減少である。

これらにおける霧の濃度の測定は行なわれなかったが、実験8のA点では、天空の星が認められなかった。しかし、15~20%の放射減少時は明るい星は透視できる程度の霧であった。

図-4に示される気温は、バイメタルを利用した通常の自記温度計の記録である。温度計は地面上30cmの台におかれ、温感部の上面は2枚の、下面は1枚の反射板をつけて、放射よけとした。

霧が上空にほとんど来なかった地点No.1, No.4に対して、霧層が絶えず頭上にあったNo.2の温度変化は二つの特徴が見られる。

一つは、噴霧の開始に伴って気温が急降下すること、その二は、数分の降下あとは噴霧時間中ほとんど低下しないことである。

No.2点は他のいずれよりも噴霧前から高温である。その理由は、多分、日中の日射を含む地温がスタンドの障壁によって守られているためと考えられる。噴霧開始直後の急冷は、吹きおろし気流による温度変動か、噴霧初期にポンプ中の水が噴射されての蒸発冷却のせいかなと判然としない。

第二の特徴である噴霧中のNo.2点(放射記録のA点に近接)の気温不低下は、No.4の低下の傾向と対比して歴然としている。この原因としてまず

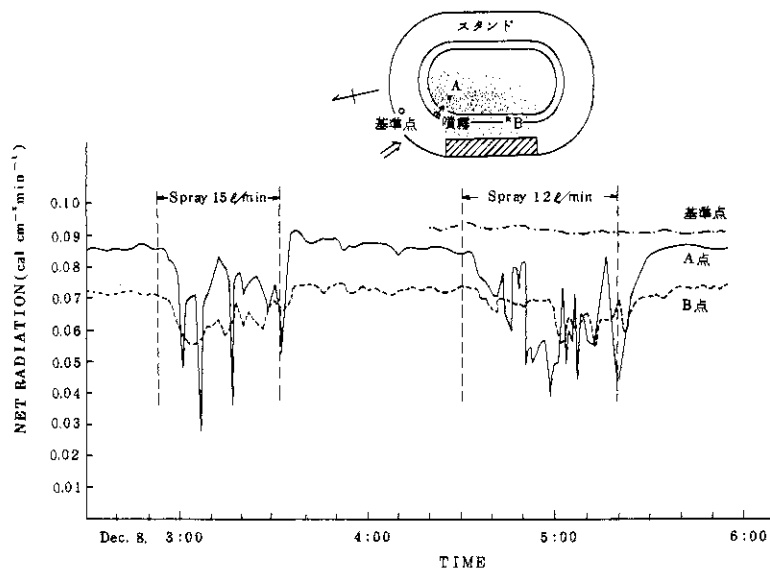


図-3 噴霧による純放射の変化 黒点は霧のかかった範囲

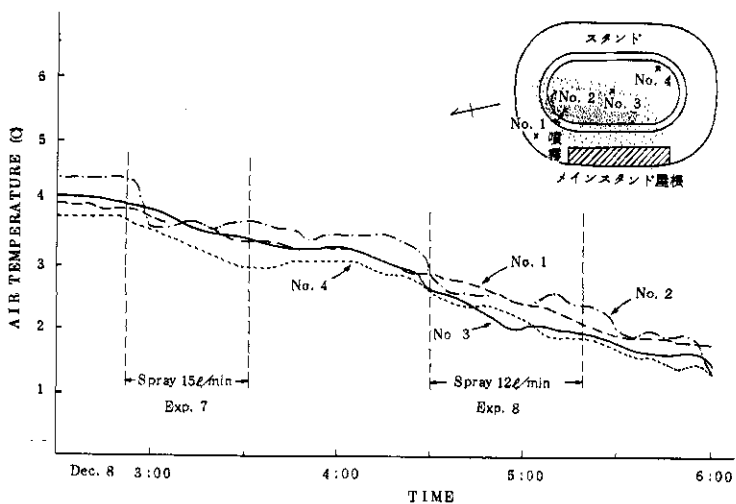


図-4 噴霧による気温変化 黒点は霧の範囲

放射の低減が考えられるが、それにしてはやや顕著にすぎるといえる。別の理由として、圧縮空気の高温の影響が疑われるが、断熱膨張の冷却と、膨張後の空気量が毎秒250ℓであることを考えるとき、図に示されるような昇温は見積りがたい。なぜならば、霧は幅20～30m、高さ10～15mの範囲に広がって、毎秒1～2mの速度で流れたからである。そのほかには、このような温度保持の原因が考えられないことから、放射減少を主要因と見るのが妥当であろう。しかし、正しい答は今後の実験に待たねばならない。

5. 研究結果に対する考察と今後の問題点

初年度は研究の期間が短かったために、大量噴霧装置の開発が、当初の目標に達せず毎分5ℓ程度の噴霧装置の試作を終えたにとどまった。この試作機は、高圧・高熱の液を直径10mmの管にあげられた細長いすき間から噴出させるという簡単な構造を採るために、粗粒の水滴も多く噴出する欠

点が残っている。この噴出部を根本的に改良する考案はすでにたてられている。それは、液自体の圧力を使い、かつ液自身を潤滑油とする超高速の回転破砕板を噴口とする方式である。5～10万回転の破砕板を利用するときは、直径は数cmの円板でも毎分5ℓ程度の水は十分に細滴となしうる見込みであるので、次年度にこれの完成を期したい。

大量噴霧による霧層の保温効果を確かめるために、在来の圧縮空気方式の超大型機を使用、毎分12～15ℓの噴霧を実施したが、実験場の選択を誤ったために十分に目的を達し得なかった。しかしながらわずかに2例ではあるが、放射減少のためと思われる温度低下の緩和の実例を得ることができた。また今回の実験の結果からこの種の屋外実験には、人工的な凹地形はむしろ不適当で、気流があっても乱れの少ない平たん地形がまさることを学んだ。