

5.2 微細ミストの効果検証

(1) 概要

泥亀公園南側に設置されたミストについて、事前シミュレーションでは風下側に仕切り(防風壁)を設けることで、冷却効果を高められることが確認できた。この結果を検証するため、実際に仕切りを設けた条件での実測調査と実測日時に対する数値シミュレーションで実証を試みた。

その結果、実測調査からも仕切りを設けミストを滞留させることで、冷却効果を高められることが分かった。また実際に仕切りを導入する場合は、仕切りによって風を完全に遮断してミストの拡散を抑制する必要はなく、風速を6~8割に減衰させる程度で良いことが分かった。

(2) 背景と目的

5.1章の取組では、泥亀公園南側に設置されたミストは、潜熱による冷却効果によってミスト直近では涼しさが感じられるものの、風が吹くと風下側に拡散して流され、冷却効果が弱まっていることが推察された。このことから、風下側に仕切り(防風壁)を設け、ミストによって冷やされた空気を滞留させることで、ミスト周辺の涼しさを保ち、クールスポットとしての活用ができないかを検討した。

JAMSTEC が実施したシミュレーションにより、フィージビリティスタディ(以下、FS:計画された事業やサービスなどが、実現可能かどうかを事前に調査し、検証すること)を行った結果、仕切りを設けることで、冷却効果を高められることが確認できた。この結果を検証するため、実際に仕切りを設けた条件での実測調査と実測日時に対する数値シミュレーションで実証を試みた。

(3) 方法

ア シミュレーションによる FS

夏季は海陸風の影響により、泥亀公園周辺における卓越風向が南西寄りのため、ミスト噴霧位置の風下側にあたる北側及び東側に仕切り(防風壁)を設けて風通しを遮り、噴霧されたミストの拡散を抑制するように設定した。この条件下において、仕切り周りの暑熱環境についてシミュレーションにより試行実験を行った。実際の運用では、仕切りは移動可能な植栽(プランター等が植えられた背丈2m程度の植物)を想定しているため、風通しの度合いを設定するシミュレーション上でのパラメータとして、植栽の葉面積密度(LAD)を採用した。LADとは単位体積当たりの葉面積を示し、この葉面積密度は値が大きいほど(葉が良く茂っているほど)、ミストの拡散を抑制することを示す。なお、風通しの効果のみを確認するために、仕切りは植栽ではあるが、蒸散作用は無いものとして設定しているほか、植栽の大きさは、厚さ1m、幅7m、高さ2mとした(後述の計算では、幅6m)。

イ 仕切りの防風性能の事前確認

実測調査をするにあたり、仕切りとして設ける植栽の代用として、網目のサイズが4mmからなる農業用防風ネットを使用し、防風性能(風速の減衰率)を事前に屋内で計測した。

ウ 実測調査

(ア) 調査場所・日時

調査は横浜市金沢区役所南側に隣接する泥亀公園のうち、公園南側にあるミストを中心としたエリアに6か所の調査地点を設けて、2020年8月25日の11:00~15:00に実測調査を行った。公園内での調査地点と測定項目を図5-2-1に示す。

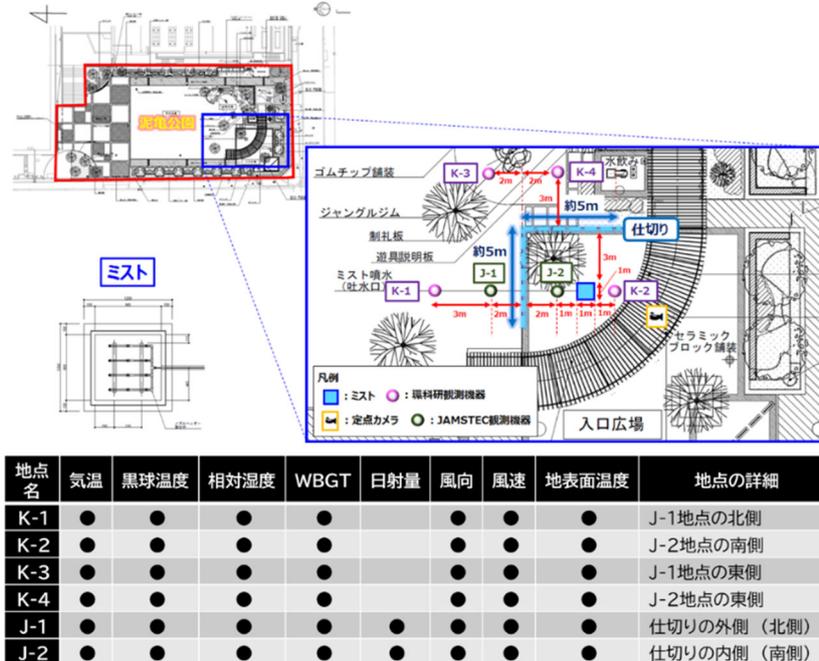


図5-2-1 泥亀公園ミスト追加調査での調査地点と測定項目

(イ) ミスト装置の概要

泥亀公園南側に設置されているミストの稼働及び非稼働時の状況の写真を図5-2-2に示す。ミストは噴霧量が1.2L/min、全体のサイズはおよそ1m×1mの大きさであり、ミストが噴霧されるノズルは、1列に3か所ずつ、計4列の12カ所となっている。ミストのノズルの直上は、網目構造のグレーチングで覆われており、稼働時は地上からミストが噴出される。またミストは風速が強いと拡散してしまうため、風速計を連動させ、一定以上の風速が観測された場合、ミストが停止するよう設計されている。なお今回は調査のため、ミストの噴霧を手動切替で制御することとした。



図5-2-2 ミスト非稼働時（左）及び稼働時（右）の写真

(ウ) 実測調査時の仕切りの運用方法

実測調査当日は、ミスト装置の北側及び東側に1辺の長さが5m、高さが2m、網目のサイズが4mmからなる農業用防風ネット(仕切り)を仮設置し、観測機器はこの仕切りを境に線対称になるように設けた。また仕切りは30分毎に1回、表5-2-1のスケジュールのとおり仕切りの形態を変更させ、仕切りの有無や仕切りの風通しにより、暑熱環境に違いがみられるかどうかを検証した。現地での仕切りの設置状況の様子を図5-2-3に示す。

表 5-2-1 実測調査時の仕切り(防風ネット)の運用スケジュール

防風ネットの重ね具合	11:00 ~11:25	11:30 ~11:55	12:00 ~12:25	12:30 ~12:55	13:00 ~13:25	13:30 ~13:55	14:00 ~14:25	14:30 ~14:55
無し			●			●		
一重	●			●			●	
二重		●			●			
四重								●



図 5-2-3 実測調査時の仕切り(防風ネット)の設置状況の様子

(I) 実測調査との比較のためのシミュレーション

シミュレーションは5.1章と同じ設定とし、気象条件は実測調査日(2020年8月25日)に変更して行った。

(4) 結果と考察

ア シミュレーションによるFS

2019年8月21日11:40~11:50における、気温の空間分布を図5-2-4に、WBGTを図5-2-5に示す。各パネルは、LADの値を変えた4つのケースに対応しており、(a)仕切り無(現状)、(b)LAD=2.0、(c)LAD=4.0、(d)LAD=∞(隙間無)となっている。また分布の色調は、ミスト噴霧を行った場合の気温やWBGTが、噴霧を行わない場合からどの程度変化したかを示しており、青色はミスト噴霧により気温やWBGTが下がったことを示す。

(a) 仕切り無（現状）では、南西寄りの風が吹いていることに対応して、ミスト装置を起点に北東方向に向かって気温が低下している領域が広がっている。すなわち、ミスト噴霧により気温が下がった空気塊が、拡散していることが分かる。一方、WBGTの場合は、その変化はわずかであった。(b) LAD=2.0 に相当する仕切りを設けた場合は、仕切りはあるものの風がある程度通り抜けるため、冷やされた空気はミスト近傍にはあまり留まらず、仕切りの隙間を通じて北東方向に抜けている様子が確認できる。WBGTの場合は、仕切りの内側（南及び西側）で値がやや低いエリアが広がっていることが分かった。なお、仕切りのすぐ外側（北及び東側）は、仕切り自体の陰にあたるため、WBGT が低くなっている。(c) LAI=4.0 に相当する仕切りを設けた場合は、(b)と比べて仕切りによる風通しが悪くなるため、仕切りの外側への涼しい空気の拡散が(b)よりも抑制されている。WBGTの場合は、(b)と同程度の変化が仕切りの内側で観測される一方で、外側では、仕切り自体の陰が届かない領域では、高くなっている。(d)は仕切りを植栽ではなく隙間の無い壁にした場合であるが、ミストで冷やされた空気は、仕切りを透過せず、仕切りの内側に効率よく留まるため、仕切り内部での気温は低くなる。一方、外側には冷気が届かず、気温変化が見られていない。WBGT の場合は、仕切りの外側で上がり、かつ仕切りの内側では、湿度が上がることで、WBGT が上がっている。

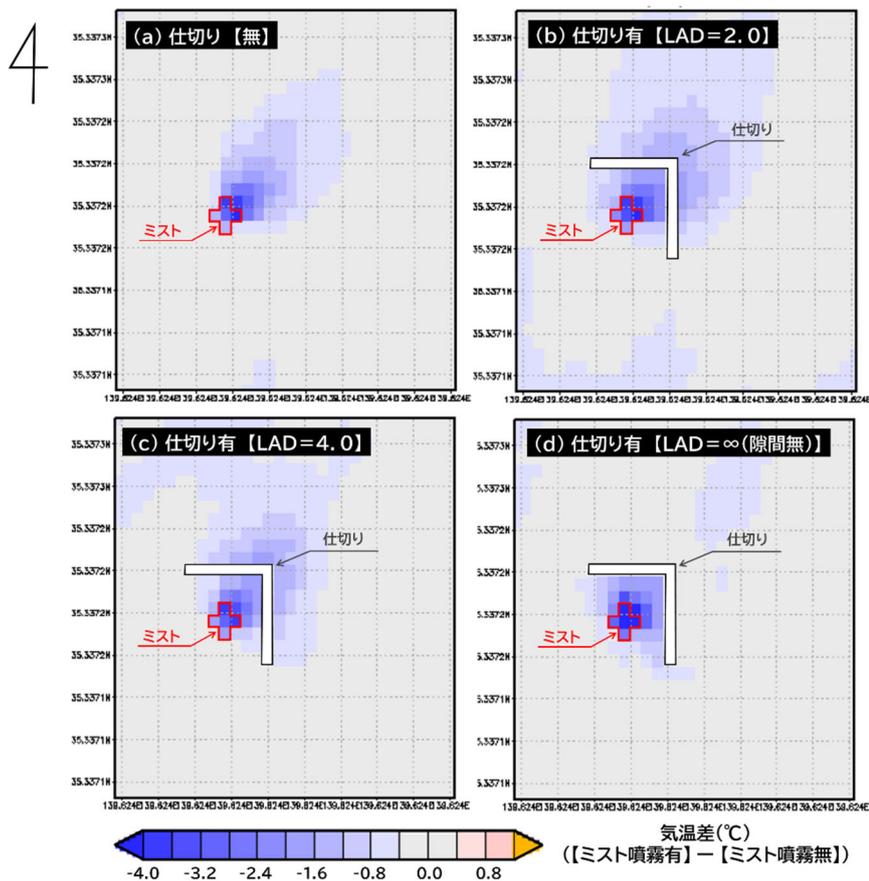


図 5-2-4 ミスト近傍に仕切りを設けた場合の気温の変化

4

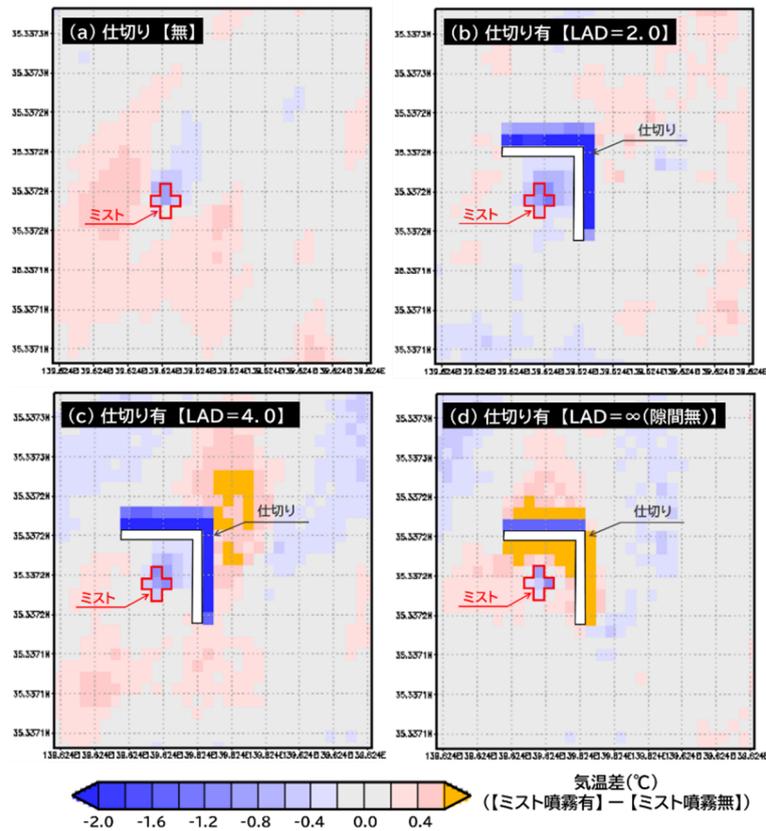


図 5-2-5 ミスト近傍に仕切りを設けた場合の WBGT の変化

また仕切りを境に仕切りの内側(風上側)と外側(風下側)で、どの程度風速が弱まるかを、LAD=2.0として仕切りを境に風上から風下に直交して風が吹いた場合について解析した結果を、図 5-2-6 の左に示す。グラフでは時々刻々変わるシミュレーション計算時間中の各時刻において、風上と風下の風速変化を赤点で示しており、減衰率を計算すると、およそ71%(図中の緑色の線)という結果が得られた。同様に、LAD=0~20の間の5つの葉面積密度(LAD)に対して減衰率を求めたところ、図 5-2-6 の右に示すように LAD の値に対し、風速が単調減少する結果が得られた。

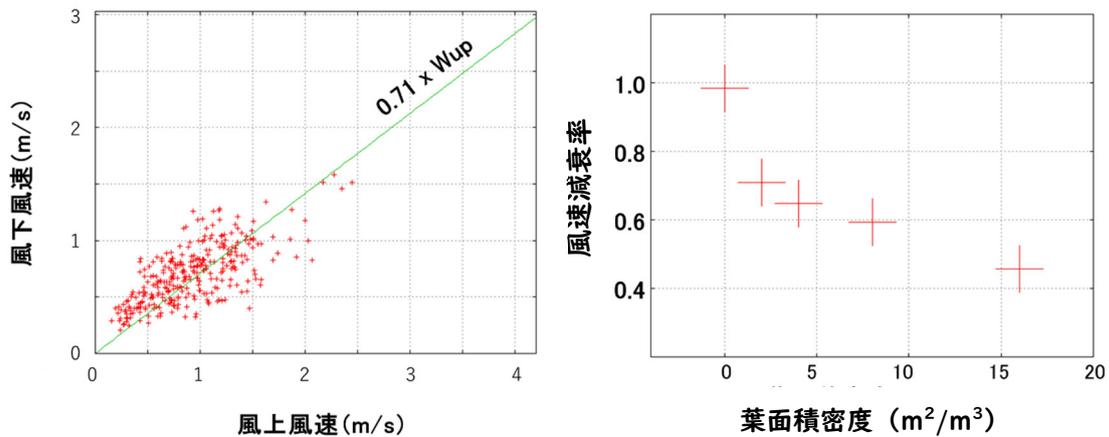


図 5-2-6 LAD=2.0 における仕切り前後での風速の変化 (左) と 葉面積密度を変化させた場合の風速減衰率の変化 (右)

イ 防風ネットによる風速減衰率の確認について

実測調査に用いた防風ネットについては、仕切りとして使用した場合、仕切りを境に風上から風下に向かって直交して風が吹く際に、風速がどの程度の減衰率になるのかを予め、屋内で実験した(図 5-2-7)。実験の結果、防風ネットを一重にした場合の風速の減衰率の実測値は、図 5-2-6 の左図で示した計算上の風速の減衰率(7~8割)と概ね一致していたことが確認できた。



図 5-2-7 防風ネットを用いた風速の減衰率の実験の様子

ウ 実測調査時の気温の変化

仕切りは、南寄りの風が吹いた場合を想定してミストの北側及び東側に設置しているため、その条件に合致していた 11:00~12:30 を解析対象時間とした。各地点での気温の変化を図 5-2-8 に示す。どの時間帯においても仕切りの内側にあたる J-2 地点で最も気温が低く、これは 4 地点の中で最もミストに近いとみられる。また仕切りの外側(J-1 地点)と比較して、内側(J-2 地点)の気温は「ネット無し」では約 0.2℃、「ネット一重」では約 0.4℃、「ネット二重」では約 0.6℃低く、「ネット二重」の状態でも最も仕切りの内側の気温を下げる効果があったことが分かった。

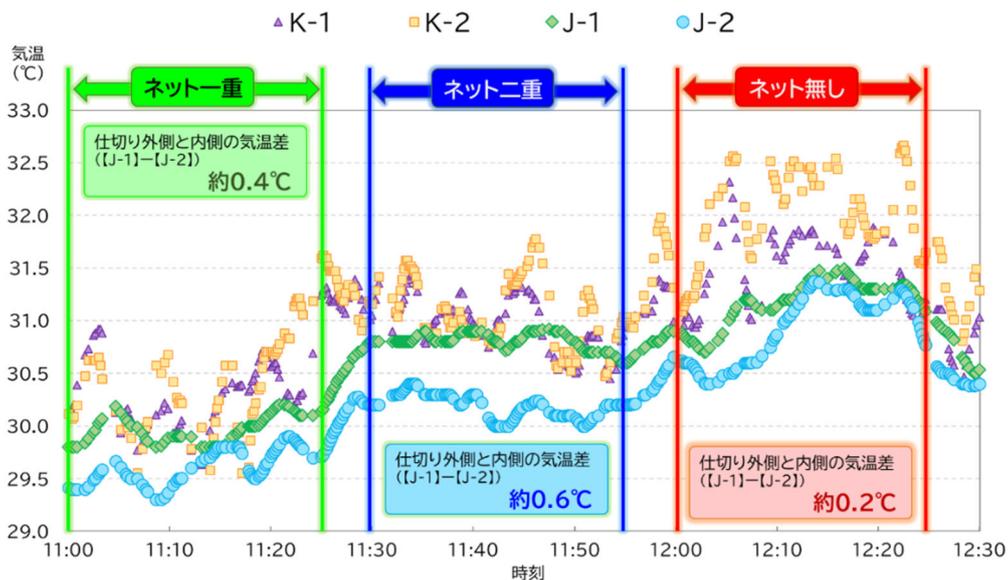


図 5-2-8 気温の時間変化

次に仕切りの外側のうち仕切りから遠い位置にある K-1 地点を基準に、その他の地点との気温差を仕切りの形態別にみた結果を、図 5-2-9 に示す。J-1 地点（仕切りの直近の外側）では、「ネット一重」及び「ネット無し」と比較して、「ネット二重」の方が K-1 地点との気温差が小さく、気温が少し高い。これは、本来ならば仕切りの内側から外側に向かって流れてくるミスト粒子が、ネット二重の仕切りによって動きが止められ、仕切りの外側にまで流れにくいためと考えられる。これは J-2 地点（仕切りの直近の内側）では、「ネット二重」の場合で最も K-1 地点との気温差が大きく、気温が低いことと対応している。また K-2 地点（仕切りの内側のうち仕切りから遠い位置）では、「ネット無し」と比較して、「ネット一重」及び「ネット二重」の場合の方が気温は低く、仕切りがあることによる影響を受けているものと考えられる。

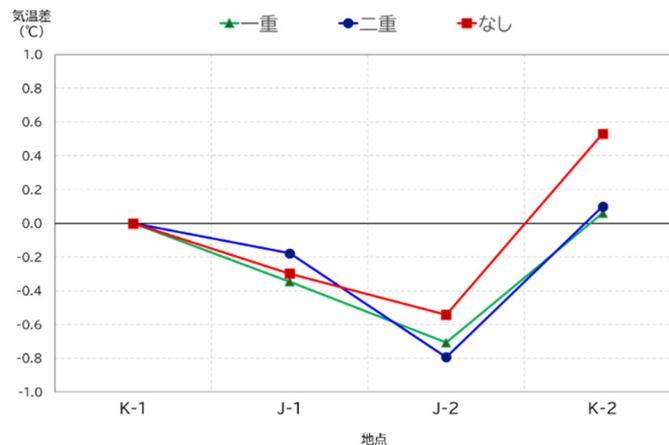


図 5-2-9 K-1 地点を基準とした仕切りの形態別の各地点との気温差

エ 実測調査時の WBGT の変化

図 5-2-9 と同様の方法で、WBGT について比較した結果を図 5-2-10 に示す。J-1 地点（仕切りの直近の外側）では、「ネットなし」「ネット一重」「ネット二重」の順で、WBGT が高くなっており、これは仕切りによってミストの動きが止められ、仕切りの外側にまで流れにくいことと、風が通り抜けにくくなることによる影響などが考えられる。また J-2 地点（仕切りの直近の内側）では、「ネットなし」「ネット一重」「ネット二重」の順で、WBGT が低くなっており、これは仕切りによって、仕切りの内側でミストが滞留して冷やされたことによるものと考えられる。

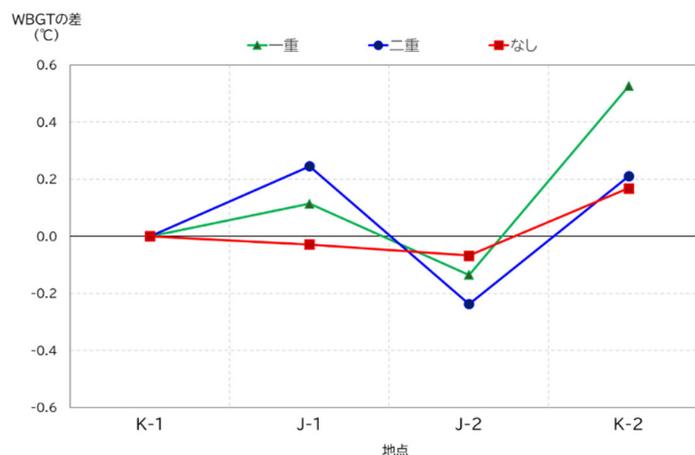


図 5-2-10 K-1 地点を基準とした仕切りの形態別の各地点との WBGT の差

オ シミュレーションによる気温差の事後検証

シミュレーションで解析した実測調査日(2020年8月25日)の11:00~12:30の各地点での平均気温を図5-2-11に示す。実測調査の図5-2-10と比較すると、K-1地点(仕切りの外側のうち仕切りから遠い位置)を基準にした場合、J-1地点(仕切りの直近の外側)でやや気温が下がり、J-2地点(仕切りの直近の内側)で大きく気温が下がっている傾向は、実測調査と一致していた。仕切りが無くともミストの冷却効果により気温は低下するものの、J-2地点での気温の下がり方は、仕切りを壁(LAD=∞)にした場合で最も大きい。また他のLADの設定値(LAD=0.5、1、2、4、16)の場合でも、仕切り無し(LAD=0)よりも気温が下がっていることから、仕切りの風通しの度合い(葉面積密度の大小)によらず、仕切りそのものが存在することによって、仕切りの内側で気温が下がることが分かる。以上のことから、事前シミュレーション(FS)と同じ結果がシミュレーションによる事後検証でも得られていた。

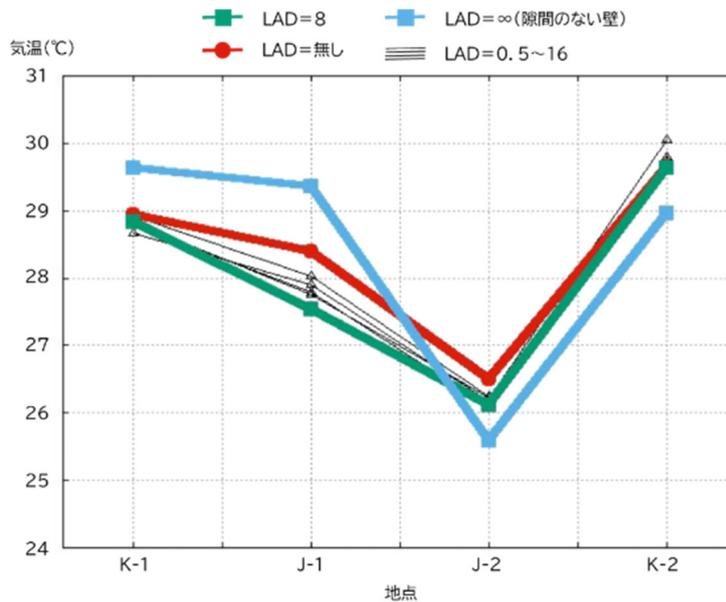


図5-2-11 仕切りの形態別における各地点の気温

カ 実測調査及び事後のシミュレーション解析による風速の状況

仕切りの形態を変えた場合に、風上(仕切り内側)と風下(仕切り外側)で、どの程度風速が異なるのか(すなわち、仕切りによってどの程度風速が減衰されるのか)について、実測調査とシミュレーションとで解析を行った。図5-2-12のうち、(a)~(c)は実測調査、(d)はシミュレーションにおいてそれぞれ、J-2地点(仕切りの直近の内側)からJ-1地点(仕切りの直近の外側)に向かって風が吹く時間帯(対象とした風向は真南から±30°の範囲)のみを抽出し、算出した結果である。

J-2地点での風速が1.5~2.0m/sの範囲(図5-2-12の黄色の枠の部分)に着目すると、(a)~(c)の実測調査では、防風ネットを一重、二重と変えていくと、風速比が下がっていくことが分かる(「ネット無し」では、風速比1.0前後、「ネット一重」では風速比0.8~0.85、「ネット二重」では風速比0.6~0.8)。またシミュレーションの(d)LAD=8では、J-2地点での風速が1.5~2.0m/sの範囲の場合、風速比は0.6~0.8になっていることから、シミュレーションにおいても、仕切りによる風速の減衰を確認することができた。また、シミュレーション上のLAD=8は、実測調査時の「ネット二重」の場合の風速比に、相当することが分かった。なお、低風速域では、J-1とJ-2地点の間に有限の距離があり、同時刻の不確実性が増すため、比の値の分散が大きくなっている。

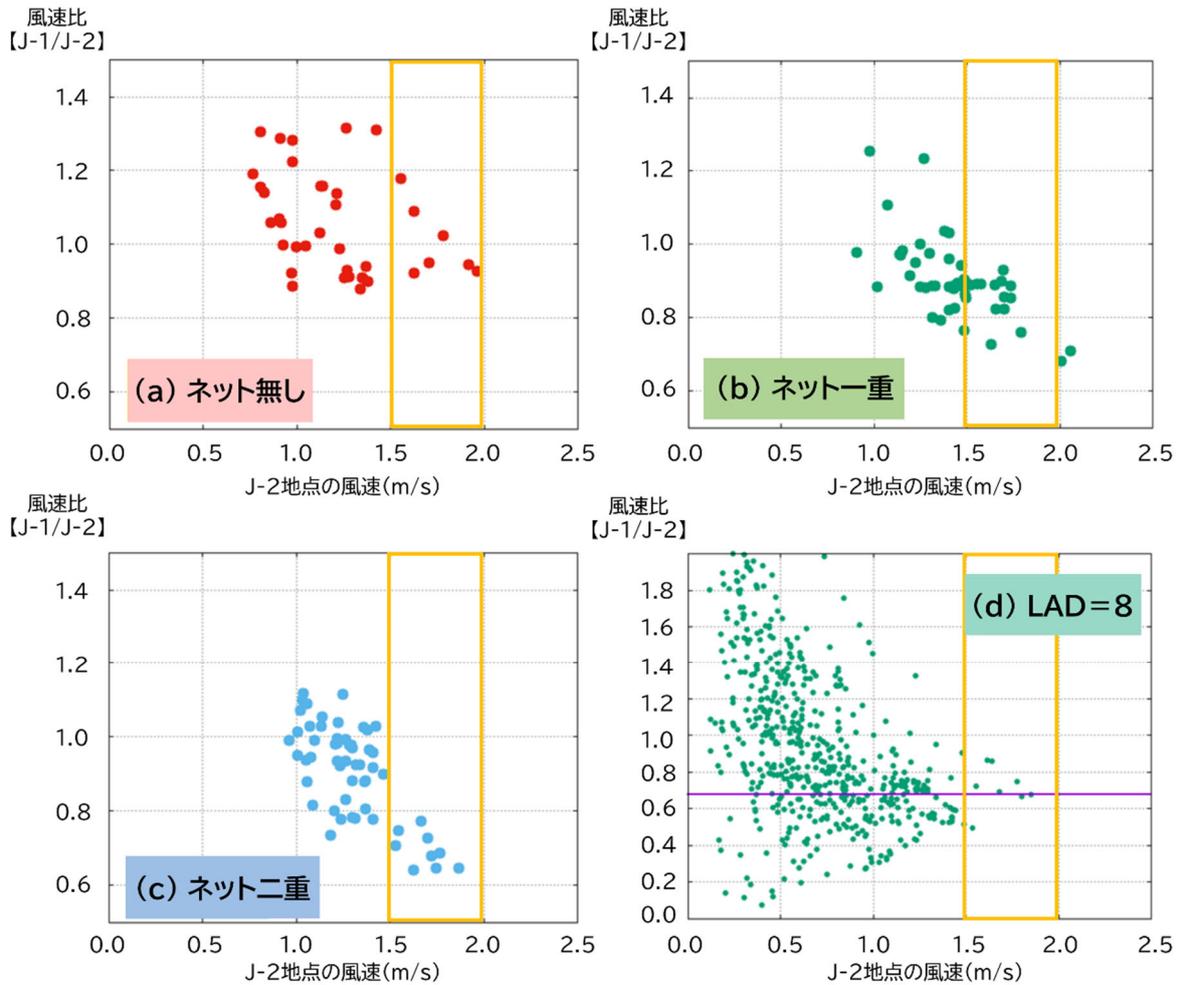


図 5-2-12 J-2 地点の風速と風速比 (J-1/J-2) との関係

次に仕切りの形態別 (仕切り無、・LAD=8、壁 (隙間無) の3パターン) に、K-1 地点、J-1 地点、J-2 地点、K-2 地点の 4 地点で気温と WBGT の値を出現頻度として算出した結果を図 5-2-13 及び図 5-2-14 に示す。

気温 (図 5-2-13) については、仕切りの内側にあたる K-2 地点と J-2 地点では、LAD が大きくなるほど、気温の出現頻度の範囲は低い方にシフトしていて、ミスの拡散抑制に伴う気温低下の効果が確認できた。一方、WBGT (図 5-2-14) については、LAD の値を変化させても、WBGT の出現頻度の範囲に気温ほどの大きな違いは見られない。これは仕切りとして設定した LAD の値が大きくなり、風が抜けにくくなる (風速が弱まる) ことで、黒球温度の低下が抑えられてしまうことと、ミス粒子が仕切りの内側に留まることによって湿度の上昇が起きることの 2 点が原因として考えられる。

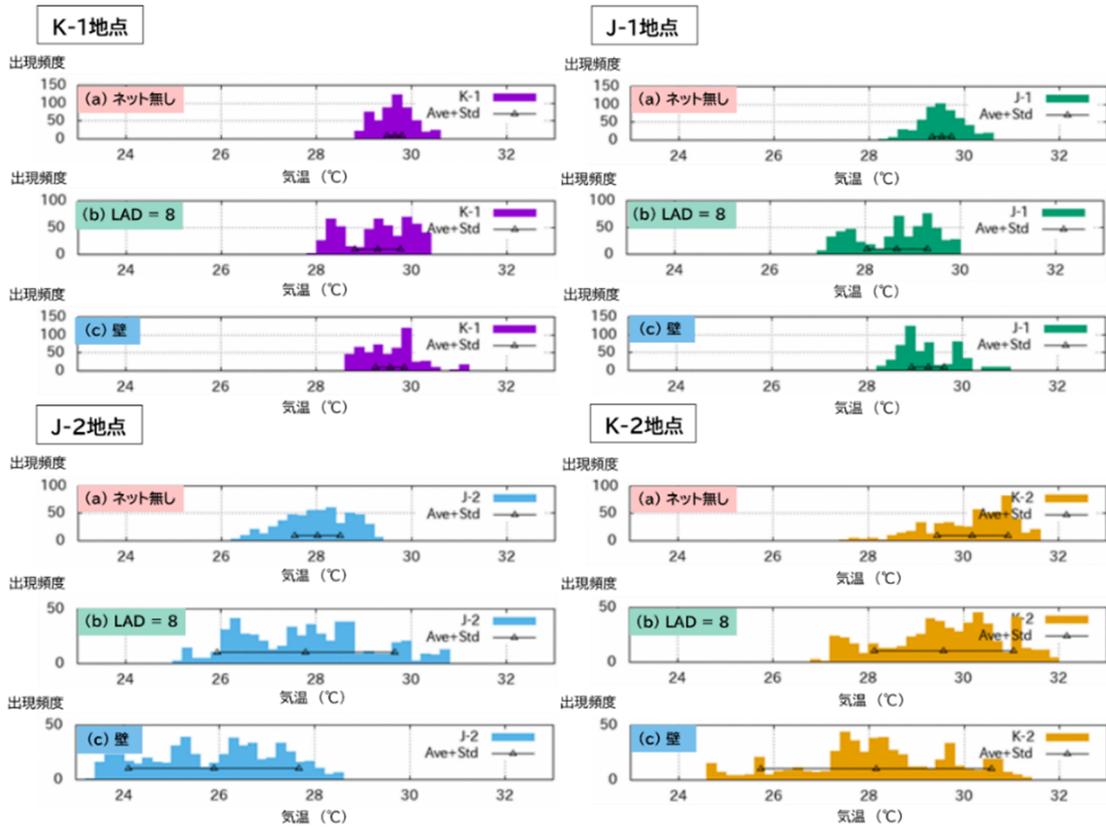


図 5-2-13 仕切りの形態別の各地点での気温の出現頻度

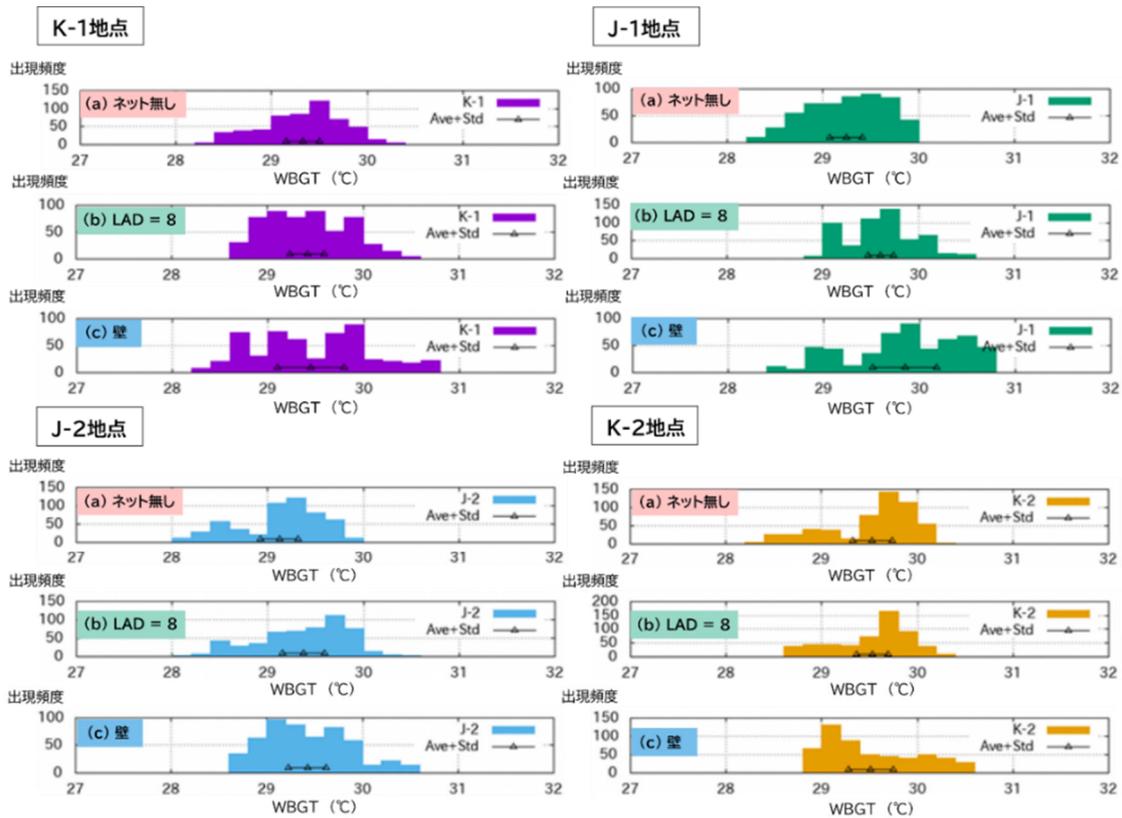


図 5-2-14 仕切りの形態別の各地点での WBGT の出現頻度

(5) まとめ

実測調査とシミュレーションによる解析結果から、ミスト噴霧による気温低減効果をより効果的に発揮させるためには、仕切りを設けて風上側（仕切りの内側）でミストを滞留させることが有効であることが分かった。実測調査では仕切りとして防風ネットを用いたが、実際に導入を検討する場合は、プランター栽培された垣根やフェンスなど、景観も考慮した部材を検討する必要があると考える。また仕切りの拡散抑制の効率としては、風を完全に遮断してミストの拡散を抑制する必要はなく、風上側（仕切りの内側）と比較して、風下側（仕切りの外側）で風速を6～8割程度に減衰できる程度で、クールスポットを形成することができることが分かった。