

II-9 水面からの潜熱・顕熱輸送に及ぼす粗度の効果

埼玉大学工学部	学生員	北原正代
埼玉大学工学部	正 員	浅枝 隆
サンコーコンサルタント		由川智之

1. はじめに

近年、都市の人工化が急速に進み、その結果、ヒートアイランドに代表される都市特有の気候が形成されるに至っている。このような都市の熱環境を考える上で、都市内の水面からの潜熱・顕熱の影響は大きく、これらの熱量を制御できれば、都市の熱環境問題も改善へ向かうだろう。一方、都市のように多くの粗度が存在する場での潜熱や顕熱の輸送の機構には不明な部分が多く、こうした点を解明していくことは、将来の“熱輸送の制御”という技術の開発にもつながるものである。ここでは、風洞内の水面上に適当な間隔で粗度を配置し潜熱・顕熱輸送の解明を試みた。

2. 実験

実験は、測定部が長さ4m、幅50cm、高さ50cmのエッフェル型低乱風洞の中に、長さ2m、幅50cm、高さ1cmの水槽を前後に2つ設け、粗度を千鳥状に配列し、粗度は幅1cm、高さ4cmの薄い板で、流れと直角な向きにし一定の間隔になるように立てたものである。粗度の間隔は、前後に5cm、左右に3cm間隔の密な配置と前後に10cm、左右に6cmの疎の配置と、粗度を置かない場合の3パターンとした。またそれぞれについて、風洞中心風速6.7、5.1、3.1m/sの条件下で通風した。また水槽には、水面が水槽の縁から3mm以内になる様に水を入れ所定の時間(5~6時間)通風し、その後、それぞれの水槽について水量の検定を行い蒸発量を求めた。また通風開始後、十分な時間が経過した後に粗度の周りについての流速分布、乱れ強度分布、レイノルズ応力分布を熱線流速計で求めるとともに、温湿度計(株)東京計測)によって、温度と湿度の分布を測定した。さらに通風の前後での水温、通風時全般にわたる気圧、断面平均の温度・湿度、風路壁面から及び水面からの放射量を測定した。

3. 比湿分布とレイノルズ応力分布

比湿分布の変化とそれに対応するレイノルズ応力の分布を粗度の配置別に示したものが図2(a)、(b)である。この時の風速は6.7m/sである。まずここで特徴的な事としては比湿分布は水面上わずか数mmで急激に減少し、それより上方での変化はわずかである事である。また粗度が無い場合と疎な場合との比較では、粗度が存在すると、水面近傍を除き比湿分布が一様に近くなっていることが分かる。一方レイノルズ応力の分布では、粗度が疎な場合この部分での値が大きくなっており、比湿の激しい上下輸送のために分布が一様に近付いた事が分かる。しかし、実際に比湿勾配の大きな層は水面のごく近傍に限られているために、レイノルズ応力において4倍程度の差があるにもかかわらず蒸発量にはこれほどの差はみられない。すなわち、粗度による乱れが必ずしも効果的に水蒸気の輸送に寄与していないことを示している。次に粗度が密な場合をみると、水面近傍の急激に比湿の変化する層は存在するものの、その上では粗度高さ程度の比湿の一様な層が確認される。これと対応するレイ

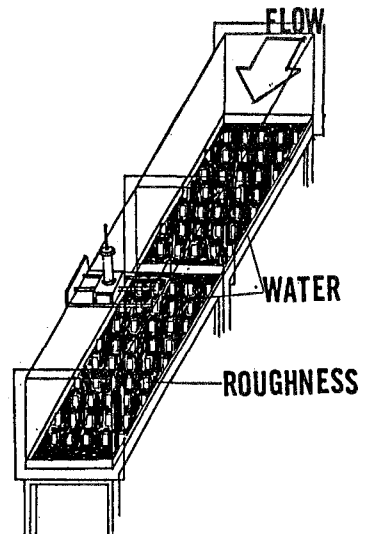


図1. 実験装置

ノルズ応力の分布をみると、この付近では逆勾配の分布を示しており、粗度高さスケールの強い乱れとそれによる比湿の上下輸送のために比湿分布が一様化している事が分かる。さらに、このために粗度頂の近傍には比湿勾配の大きな層が形成されている。またこの部分の乱れは極めて大きく、上下方向の効果的な輸送が行われていることが分かる。しかし、一方水面近傍の比湿勾配の極めて大きい部分での乱れは疎な場合と、それ程異なっていない。

4. レイノルズ数とダルトン数

蒸発量を、水面のごく近傍及び水面付近から十分離れて一様になった高さでの比湿の差、密度、摩擦速度で割って無次元化したダルトン数 (Da) とレイノルズ数 (Re) の関係を図. 4 に示す。図中の点線で囲まれた部分は過去の実験結果であり、直線はBrutsaert の理論式である。粗度が水面近傍のレイノルズ応力に十分寄与していると考えられる疎な配置の場合のものについては従来の結果とよく一致している。しかし、レイノルズ応力のピークが粗度頂付近に現れる密な配置のものについては、これより小さい値となっている。このことは、粗度の性質により蒸発量が大きく影響を受けることを示している。

5. 水面からの熱収支

この場合の熱収支は $R_o - R_B = H + 1E$ で表される。ここで R_o は外部から水面に流入する放射、 H は顕熱輸送量、 $1E$ は潜熱輸送量、 R_B は水面からの放射である。本実験のように外部からの強い放射がない場合には、蒸発により水面温度が気温よりも低下し、その結果 $R_o - R_B > 0$ となる。しかしこの量は潜熱輸送に比較して小さく、顕熱輸送は外部向きとなる。図. 4 に顕熱・潜熱輸送量を水面及び十分離れた場所での温度・比湿に対して示す。図から分かるように、流速の次元に直した顕熱・潜熱の輸送量はお互いよく一致し、風速によりわずかに増加傾向にあることが分かる。しかし、密な配置の場合では風速による変化はほとんどみられず、最も乱れの強い 6.7m/s では若干減少しているのが分かる。

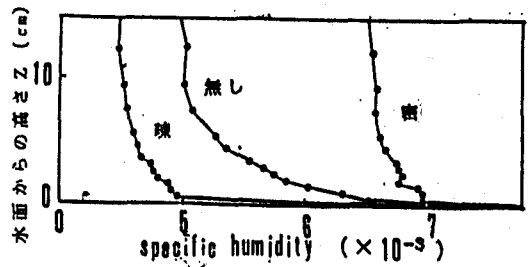


図2 (a) . 比湿分布 ($U=6.7\text{m/s}$)

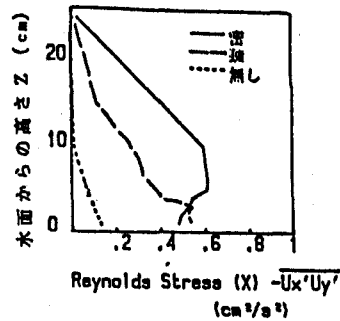


図2 (b) . レイノルズ応力分布 ($U=6.7\text{m/s}$)

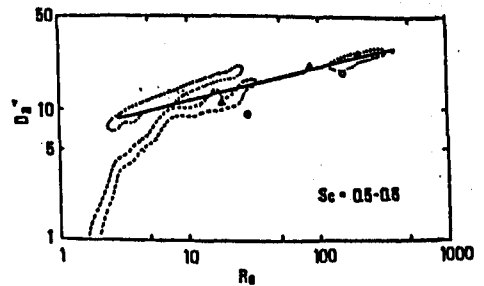


図3. ダルトン数とレイノルズ数の関係

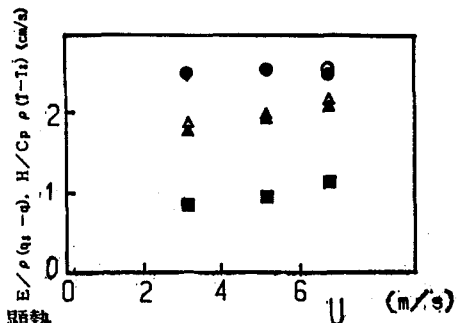


図4. 潜熱・顕熱の輸送量と風速の関係