

## 2007年夏 TIC インターンシップ レポート

### 2 . シード測定装置の基礎実験

筑波大学

生命環境科学研究科 生物資源科学専攻 1年 林詩音  
共同実験者 第一学群自然学類 3年 田村浩康

## 概要

微細水滴をトレーサーとした流れの可視化が可能なシステムの開発にむけた基礎実験を行った。微細水滴をトレーサーとして使用するためには短期間での蒸発を防ぐ必要があるため、本実験では、1．飽和蒸気の気流中に流す。2．水滴表面にオイル膜を形成する。という方法によって蒸発の抑制を試みた。1については飽和蒸気の気流を作り出す事が出来ず飽和気流の効果については検討できなかったが、30%から70%という湿度の違いでは微細水滴の蒸発に大きな影響はない事が判明した。2については微細水滴に油を混合することによって、重力によると思われるトレーサーの降下が軽減された。

## 背景

近年、流れの解析をCFD (Computer Fluid Dynamics) で行う事が増えてきた。これは流れを記述する非線形のナビエーストーク方程式をコンピューターで計算する方法であるが、境界条件や初期条件の設定で実際の現象と一致しないことが多い。この問題を解決するためには、実験モデルで流れを可視化し、その画像解析と一致するようにパラメーターを定める必要がある。つまり数値計算の精度を上げるためには流れを正確に可視化することが重要であるといえる。

そのような中、ツクバリカセイキでは、微小水滴をトレーサーとした流れの可視化システムの開発に着手しようとする動きがある。

## 目的

微小水滴をトレーサーとする流れの可視化が可能なシステムを開発するための基礎的データを収集することを目的とする。蒸発を抑えるために飽和水蒸気の気流中に微小水滴を流し、水滴が消えにくいかどうか確認する。また、水滴表面にオイル膜を形成させ、その効果を確認する。

## 方法

### ・実験装置

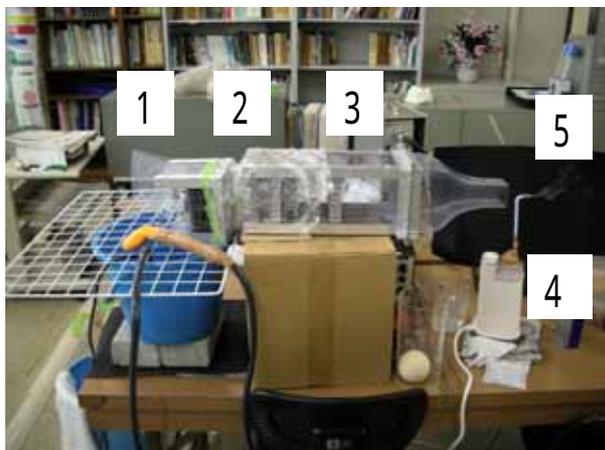


図 1 実験装置全体図



図 2 微小水滴発生装置

#### 図 1 の説明

##### 1 . 加湿部

風洞に入る気流の湿度を上げる役割を果たす。加湿箱にはスポンジ、油落としスポンジ、コルク、炭を別個に入れ、それに水をかけることで風洞に入る空気を加湿する。(図3参照) 加湿に使う水はポンプを使って循環させている。バケツから水をくみ上げ加湿箱に流し加湿し、残った水が加湿箱を通過して再びバケツに戻る。(図4参照)

##### 2 . 接続部

加湿部と風洞はサランラップで接続した。サランラップの端はガムテープでとめ、空気が入らないようにした。

##### 3 . 送風機付風洞

##### 4 . 微小水滴発生装置

超音波ネブライザーの水滴発生口にストローを付け、発生する微細水滴をストローを通して風洞からでる気流に流せるようにした。(図2参照)

##### 5 . 黒幕 微細水滴の様子が観察しやすいよう、水滴が残る範囲に黒幕を張った。



図 3 加湿箱



図 4 加湿の様子

## ．実験方法

風洞から流れ出る気流に微小水滴を流し、水滴が蒸発するまでの様子を観察する。風洞から流れ出る気流の湿度を変えて観察をし、それぞれの湿度における微細水滴の様子を比較する。また、水滴を油でコーティングし、同様の実験を行う。

## ．実験手順

### 1．予備実験

#### 予備実験 1

加湿箱の吸水手段を選別する。吸水手段としてシャワーと霧吹きを用意したので、それぞれで吸水し、加湿効果の高いものを選別する。

飽和水蒸気気流を作るために加湿効果の高い材料を選ぶ。そのためにそれぞれの材料( スポンジ、油落としスポンジ、コルク、炭 ) を加湿ボックスに入れ、水を流し、加湿効果の高いものを選別する。

#### 予備実験 2

加湿箱への吸水だけでは湿度が 100%にならない場合、加熱して蒸発を促す方法が考えられる。その際の手段として、ドライヤーの有効性について検討する。

### 2．本実験

- ．水滴発生装置から出る水滴の流速の測定を行う。
- ．風洞から出る気流の速度を測定し、 の流速と等しくする。( 図 5 参照 ) \* 1
- ．加湿箱に予備実験 1 で選別した材料を入れ、予備実験 1 で選別した吸水方法で吸水し加湿する。
- ．湿度の測定を行う。( 図 6 参照 )
- ．風洞から流れ出る気流に微細水滴を流し、その様子をデジタルカメラで撮影する。
- ．加湿部にシリカゲルをつめ、除湿し の手順を行う。
- ．微小水滴発生装置の水滴を発生させる部分に油を入れ、油でコーティングされた水滴を作り、 の手順を行う。\* 2
- ．デジタルカメラに撮影された微小水滴の様子を比較する。

\* 1 水滴発生装置から出る微細水滴の流速と風洞から流れ出る気流の流速が違っていると、気流間の圧力差によって水滴の拡散が大きくなる可能性がある。そのため微小水滴の流速と風洞から出る気流の流速を等しくする必要がある。

\* 2 超音波ネブライザーの水滴発生源に水と共に油を入れ、微細粒子を発生させた。この場合水滴と油が混じった粒子が排出されるはずであるが、理論的には油は水滴の表面においやられるので、油が水滴をコーティングした状態が出来上がっていると思われる。

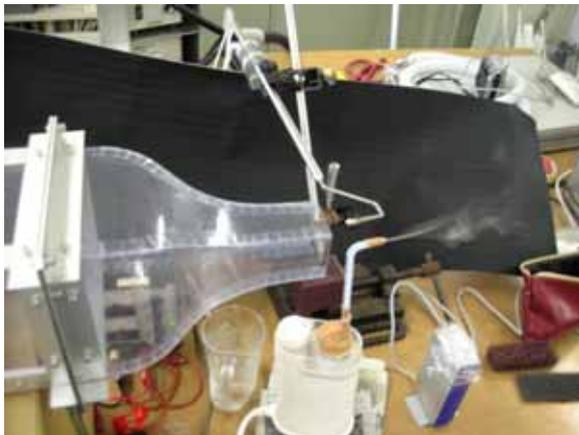


図 5 風速測定の様子



図 6 湿度測定の様子

## 結果

### 1. 予備実験の結果

表 1 加湿状況による湿度の違い

加湿状況	湿度
シリカゲルで除湿	約 30%
加湿なし	約 50%
水のみによる加湿(霧吹き)	約 81%
水のみによる加湿(シャワー)	約 88%
スポンジを入れ加湿	約 83%
油とり用スポンジを入れ加湿	約 84%
炭を入れ加湿	約 87%
コルクを入れ加湿	約 86%
ドライヤーにより加熱しつつ加湿	約 99%

\* 湿度計の精度が高くないので、正確な湿度が測定できているとはいえない。ほぼ同じ環境で何度か測定したが、測定によって約 70%程度で安定したり、約 80%程度で安定したりすることがあった。湿度計は野外用に調整されたものであるようで、冷房が効いている環境では正確に機能しない可能性がある。また、屋外が 35 度程度の日に 25 度程度の部屋で実験を行っていたが、実験中はエアコンを切っており、徐々に部屋の温度が上昇していた。その事が湿度計の測定値に影響を与えた可能性がある。

- ・霧吹きよりもシャワーでの保水が効果的だった。シャワーは水力が強ければ強いほど湿度が高まった。
- ・加湿資材としては炭が最も効果的であった。炭を入れることにより湿度が上がるわけではないが、炭があると高い湿度の風が流れるに至るまでが速く、高い湿度が安定して保たれた。
- ・ドライヤーによって風洞に入る空気、加湿箱に流す水を加熱すると、湿度 100%に近い気流を送る事が出来た。しかし、気流の温度が高まったりドライヤーの風が測定場所の気流の流れを乱したりし、他と比較できるような実験にはならなかった。そこで、ドライヤーは本実験では使わないことにした。

\*ドライヤーを使った状態で微細水滴を流し様子を観察した結果は、他の条件の際より微細水滴の蒸発が早いように見えた。これには温度の高さが影響していると思われる。ただ、ドライヤーの風によって流れが乱されており、その影響も大きいので一概に比較することはできない。

## 2. 本実験の結果

- ・風速が遅すぎ測定できなかった。
- \*風速が正確に測定できなかったため、風洞の出口から出る気流の速度を一定にすることができなかった。また、送風機は比較的風速の速い風を作る用途であるため、風速が遅い状態では風速を細かく調整をすることはできなかった。よってそれぞれの実験において、風速は厳密に同じではない。

風速が測定できない状態で実験ごとの風速の一定を確かにするためには、送風機を同じレベルで回し続けるしかなかった。送風機の前後に風の妨げとなるものがあると風速が変わってしまうため、加湿のために炭を加湿箱に入れることは出来なかった。(加湿箱に炭を入れると風洞に空気が入りにくくなり風速が落ちてしまう。)

以下の図 7 から図 22 は、シャワーによる加湿 (湿度約 70%)、加湿なし (湿度約 50%)、シリカゲルによる除湿 (湿度約 30%)、微細水滴を油でコーティングした状態、における微細水滴の様子をデジタルカメラで撮影した結果である。



図7 水滴の様子(湿度約70%温度約30度)



図9 水滴の様子(湿度約30% 温度約30度)



図8 水滴の様子(湿度約50% 温度約30度)



図10 水滴の様子(油脂膜 湿度約50% 温度約30度)



図11 水滴の様子(湿度約70%温度約30度)



図13 水滴の様子(湿度約30% 温度約30度)



図12 水滴の様子(湿度約50% 温度約30度)



図14 水滴の様子(油脂膜 湿度約50% 温度約30度)



図15 水滴の様子(湿度約70%温度約30度)



図17 水滴の様子(湿度約30% 温度約30度)



図16 水滴の様子(湿度約50% 温度約30度)



図18 水滴の様子(油脂膜 湿度約50% 温度約30度)



図19 水滴の様子(湿度約70%温度約30度)



図21 水滴の様子(湿度約30% 温度約30度)



図20 水滴の様子(湿度約50% 温度約30度)



図22 水滴の様子(油脂膜 湿度約50% 温度約30度)

- ・ 図 7 から図 22 までを比較すると、湿度が低いほうが微小水滴がはっきり写っている傾向がある。
- ・ 同様の比較から、油を混ぜることにより、トレーサーの下降が軽減していることが分かる。

## 考察

### 1. 予備実験の考察

- ・ 湿度の上昇には水滴の細かさより、水の絶対量が影響を与えると思われる。
- ・ 炭は多孔質であるため、その表面に付着した水が外気にふれる表面積が大きく、蒸発量が大きくなり、湿度の上昇が起こると思われる。また湿っているうちは表面から蒸発が続くので、安定して高湿度が保たれると思われる。

### 2. 本実験の考察

- ・ 湿度が高い時よりも、低い時のほうが微細水滴がよく見える結果となった。この結果は蒸発の原理と反するものである。この結果になった原因として、ネブライザーから出る水滴量の違いと、ストローのつまりが考えられる。水蒸気ネブライザーは、ネブライザー中の水の量等が関係していると思われるが、常に一定量の水蒸気を出すわけではない。また、水滴がストロー内に詰まり、水滴の排出口を狭める場合がある。それらの影響で発生する水滴の量が変化し、このような結果になった事が考えられる。

この結果から、湿度の違いが微細水滴の消えにくさに影響を与えないと考えることができる。湿度が与える影響が小さいから、他の要因に大きな影響を受けてしまったのである。つまり、30%から70%という湿度の違いでは微細水滴の消えにくさは大きくは変わらないと考えられる。

- ・ 油でコーティングした微小水滴は他のものと比べ下降度合いが非常に小さい。単にもともとの水滴の周りに油がコーティングされた常態の場合、水滴だけのときより質量が大きくなり、下降の度合いが大きくなるはずである。よって出来た微細粒子は、油を含んだ状態でもともとできる水滴と同じ大きさか、それ以下の大きさになっていると思われる。

## 結論

30%から70%という湿度の違いでは微小水滴の蒸発に大きな影響はない事が判明した。また、微細水滴に油を混合することによって、重力によると思われるトレーサーの降下が軽減された。

## 改善点として考えられる点

- ・ 湿度100%にするためには一度空気を温めそれをもう一度冷やす事が有効であると思われる。それができるよう、空気を加熱する場所、冷やす場所の2セクションつくとよいと思われる。
- ・ 加熱方法を改善する必要がある。ドライヤーは気流を発生させ流れを乱すので使用を控えるべきである。ドライヤー以外の加熱装置としては、例えば炎や電熱線等を使うとよいと思われる。それらで鍋等に入った水を過熱し沸騰させ、生じた蒸気を含む気流を風洞に送り込むとよいと思われる。
- ・ 強力な冷却部を作り気流の温度を大きく下げると、水滴をより長く維持するのに効果的であると思われる。水滴の蒸発は熱によっても影響されると考えられるので、気流の温度を下げるにより水滴を長持ちさせられると思われる。
- ・ トレーサー放出口は改善の余地がある。今回の実験の際には定期的に詰まった。これは水滴がストローを通る際に集まり大きくなってストローの内部に付着する事が原因であるのである程度は仕方がないが、それによって排出される水滴の量が変わってしまった。排出穴の大きさや形状等に改善が必要だと思われる。
- ・ 微細水滴発生装置から発生する水滴量が時間によって変わってしまい、正確な比較が出来なかった。微細水滴の発生する量を一定にする工夫が必要である。
- ・ 油を混ぜた状態でのトレーサーの様子については多くは実験できなかった。ネブライザー中の水と油の混合比を変える実験をするとよい結果が得られるかもしれない。
- ・ 1 m/s 程度の風速を正確に測定できる装置があるとよかった。今回は風速が正確に測れなかったため、風洞から出る気流の速度を調整できなかった。そのため測定の際風速に関して同条件が作れなかったし、加湿ボックスに加湿炭を入れることが出来ず、よりよい実験環境を得る事が出来なかった。
- ・ 湿度も正確に測定する必要がある。今回使った湿度計は、同じ条件であるはずなのに測定毎に測定値が変わるなどし、精度が信頼できなかった。湿度はこの実験において非常に重要な条件だったので、それを正確に測定できないことは致命的であった。

- ・ 風洞からでる風速を、1m/s 程度の弱風状態でも細かく調整できるとよかった。この規模で実験するには送風機の出力が高すぎ調整がきかなかったので、同じ風洞を使って実験するならば、より弱い送風機を取り付けるなどの工夫が必要である。

または、風速をおそく抑えなくてはいけなかったのは水滴発生装置から発生する水滴の速度がおそく、それに合わせる必要があったためなので、水滴発生装置のファンを変えるなどして、水滴発生装置から発生する水滴の速度を速くする改善が考えられる。

逆に、風洞から流れる気流に、トレーサーを速度がゼロになるようにして投入する方法も考えられる。水滴の出口をスポンジで覆えばそこから出るトレーサーは速度がほぼ零になる。その状態なら気流間の圧力差によって生まれる拡散は発生しないので、そのようにして微細水滴を気流中に送るようすればよりよいデータがとれるかもしれない。