

近畿大学理工学部 正会員○竹原 幸生, 江藤 剛治

(株)森組 前田 崇雄, (株)土屋組 相武 克彦

1. 目的

水表面での気体輸送は水域の環境を規定する重要な因子の1つである。本研究では、風波による水表面での乱れに起因する気体輸送に着目し、炭酸ガス溶入過程のメカニズムを解明することを最終目的としている。

風波による炭酸ガス溶入過程のメカニズムを解明するには、炭酸ガス溶入過程の可視化、および気相、水相における流れ場の画像計測の三つを同時に行う必要がある。すでに、著者らは水表面を通した炭酸ガス溶入過程を可視化することに成功した。また、水相の流れ場をPTV(Particle Tracking Velocimetry)により高解像度に画像計測する技術を開発済みである。本研究では、気相における流れの画像計測技術を開発した。

2. 気体の流れの可視化実験をするためのトレーサー粒子発生装置の開発

【概要】 気体流れの画像計測技術が開発されれば、気体の動き、水の動き、および炭酸ガスの溶入現象の相互関係を求めることができ、風波による気体輸送現象を規定する主要なメカニズムを明らかにできる。

PTVではトレーサー粒子1つ1つを追跡することにより気体の流れを計測する。水表面での気体輸送に関する実験で、PTVを気相流れ場に適用する場合のトレーサー粒子の必要な条件を以下に示す。

- ・ 気体の流れを妨げない、軽く微小なもの。
- ・ PTVにより流れ場を計測するため、粒子として確認できる微小なもの。
- ・ 水面を汚さないもの。
- ・ PTV解析で多くの情報を得るため、かつ風洞水槽内で実験を行うため、大量に必要。

本研究では、医療用機器であるコンプレッサー式吸入器を用いたトレーサー粒子発生装置を開発した。

【コンプレッサー式吸入器】 コンプレッサー式吸入器は、コンプレッサーで発生させた圧縮空気を、噴霧部であるネブライザに送り込み、細かな霧を発生させる装置である。ネブライザの概略図を図-1に示す。

- ・ コンプレッサーで発生させた圧縮空気を、ノズル部で速い流れにしバップルに当てる。
 - ・ 吸入管とノズル部の隙間から吸い上げられた水がバップルにぶつけられ細かい霧になる。
- このネブライザは、2気圧で1～10 μ mの微小水滴を発生することができる。

【トレーサー粒子発生装置の開発】

PTVでは大量の微小水滴を発生させる必要がある。大型のコンプレッサーを用い、圧縮空気を分岐し、20個のネブライザから微小水滴を発生させることにした。コンプレッサーから各ネブライザへのエア分岐装置を設計した。

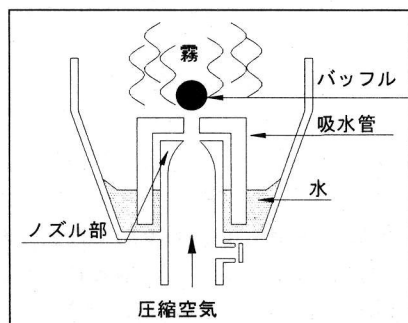


図-1 ネブライザの概略図

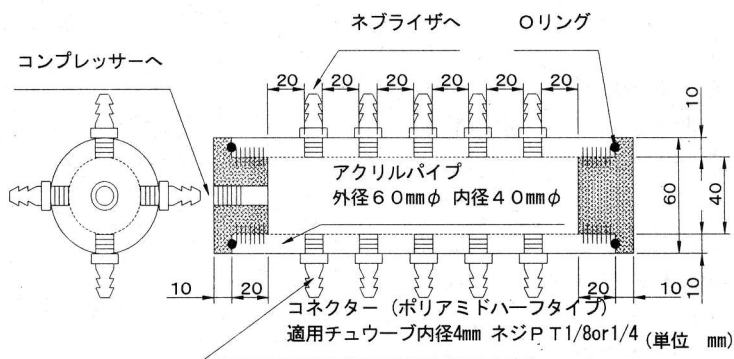


図-2 エア分岐装置

分岐装置の設計図を図-2に示す。この装置をコンプレッサーに接続し、分岐装置のコネクターから各ネブライザへ圧縮空気を送る。作製した装置から微小水滴が発生している様子を写真-1に示す。

3. 気体の流れの可視化実験

【概要】 ネブライザ 20 個を用いたトレーサー粒子発生装置で、気相流れ場の画像計測実験を行った。風洞水槽内で発生させた微小水滴にダブルパルス Nd:YAG レーザーを当て、このレーザーに同期させた CCD カメラ(コダック ES1.0)で撮影する。実験で得た画像から PTV により気相流れ場を計測した。PTV としては著者らが開発した Super-Resolution KC 法を用いた。

【実験方法】 風洞水槽の概略図を図-3に示す。

- ① 風洞水槽に水深 32cm 水をはり、トレーサー粒子発生装置を送風口の前に設置し、風を起こす。
- ② トレーサー粒子発生装置に、コンプレッサーで 2 気圧の圧縮空気を送り、微小水滴を発生させる。
- ③ ダブルパルス Nd:YAG レーザー光を、測定部の上から鏡を介して気体の流れと平行な断面に照射する。高速カメラを測定部の側面に設置し、微小水滴を撮影する。測定部の概略図を図-4で示す。

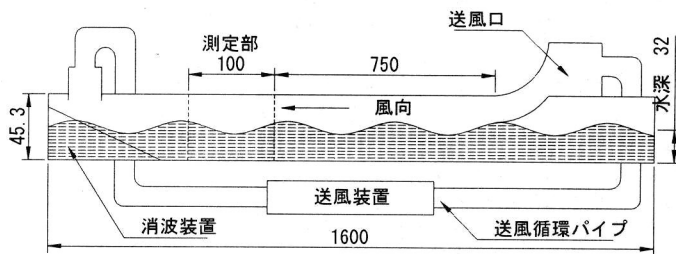
【結果および考察】 二本のレーザーの発光ディレイ間隔を $450\mu\text{sec}$ 、繰り返し周波数を 15Hz とし、2 枚 1 組の画像を 3 2 枚撮影した。この間隔で撮影した画像を Super-Resolution KC 法により流速場を求めた。画像座標(Pixel 単位)から実空間

座標(cm 単位)への変換には、2 次変換式を用いた。2 次変換式の係数は、20 点の標定点を用いて、最小自乗法により求めた。2 次変換式による粒子位置測定誤差は、0.1mm 以下であった。

得られた結果をベクトル図で表したものが図-5 である。粒子の平均移動距離は 0.11cm、平均流速は 234.5cm/sec であった。粒子の数は 2302 個であった。今回の実験では、画像から水面の位置をはっきりと決定できなかった。水表面極近傍の気体の動きを把握するために正確に水表面を決定する方法を開発する必要がある。



写真-1 微小水滴の発生の様子



(単位: cm)
図-3 風洞水槽全体図

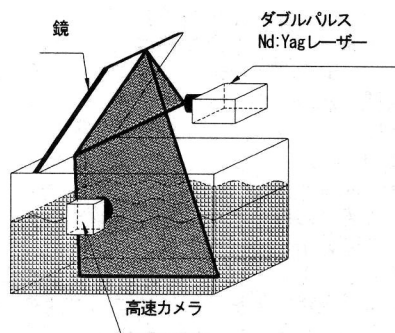


図-4 測定部の概略図

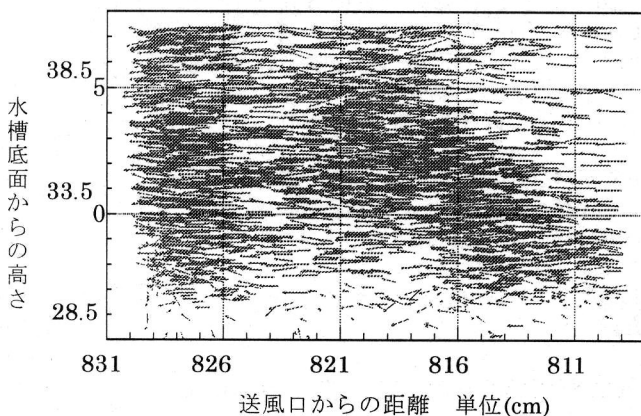


図-5 PTVで得られたベクトル図