

大阪府立工業高等専門学校

柳井田勝哉

(株)鴻池組 技術研究所

工藤光威

"

正員 ○南川洋士雄

"

大橋 昭

1 緒言

一般の産業廃棄物の河川や下水道への無処理投棄に対する規制は近年厳しくなり、建設業界においても従来から盛んに採用されている無振動、無騒音のための安定液工法等の施工時に排出されるベントナイト泥水や濁水等の廃棄物に対する総合管理が非常に重要となつている。筆者らはこれらの廃泥¹⁾水を脱水して土砂と水に分離して処理を行う廃泥水の総合処理システムの開発研究を行つており、その一環として廃泥水と凝集脱水剤の混合搅拌のために、連続処理を目指した高速混合搅拌装置の開発に関する実験を行い、基礎資料を得たので報告する。なお、本混合搅拌装置の特長は、ジェットポンプの有する混合室部分に発振効果を内蔵した流体素子を適用したもの(流体発振素子)であり、その発振周波数等を検出することによつて、処理量や混合濃度および搅拌強度等の制御管理が可能となると考えられ、廃泥水の混合搅拌に限らず一般の産業用プラント機器として広範囲な応用性が期待できるものと考えられる。

2 実験装置および方法

図1に流体素子を応用した混合搅拌モデル(発振器)の仕様を示す。単孔ノズルによる発振実験には外側ノズルのみを用い、混合搅拌実験には外側ノズルと内側(薬品用)ノズルとを組み合わせた二重管ノズル(環状ノズル)を使用した。図2は装置全体図と計測方法を表わす。図における発振器内にノズルから噴出する主噴流の流量を変化させ、これによる噴流の圧力、発振器内の圧力変動、および発振周波数を測定した。周波数の測定には発振器に設けた測定孔における圧力変化の計測と、発振器の上面に接着した糸の動きを読む方法とを併用した。また、環状ノズルによる混合搅拌実験には内側

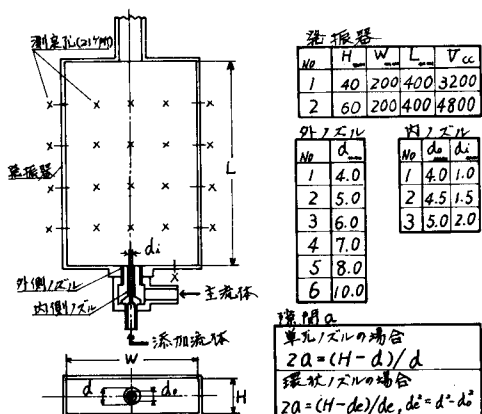


図1 実験モデルの仕様

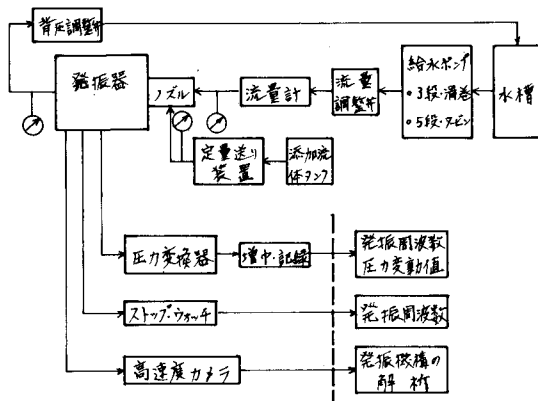


図2 実験装置のブロック図

ズルよりトレーサー溶液を噴出させて主噴流との混合攪拌現象を高速度撮影したり、混合された流体の濃度検査等を行うことによって明らかにする。

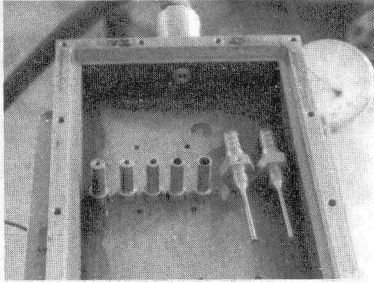


写真1 発振器とノズル

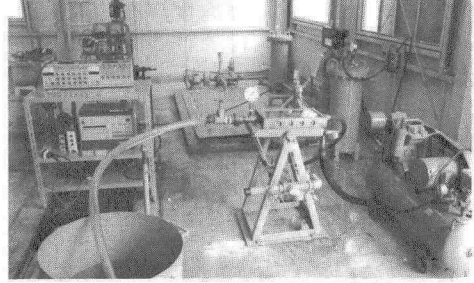


写真2 実験装置外観

3 実験結果と考察

3.1 流体素子の発振現象とその機構について²⁾

Coanda 効果を利用した側壁付着形の発振素子として、出力の一部をフイーダーを介して制御ノズルに導く、いわゆるフイードバック型が多くみられるが、特に作動流体が液体の場合には発振現象を促す制御流の効果が落ちて発振不可能になることが考えられる。本装置ではこれらの形の流体素子と異り、ノズル形状に円形を採用して三次元噴流を形成させることにより、ノズル出口近傍の噴流と二次元流化させるための上下面との間に発振制御空間を設けたものである(図3)。即ち、Coanda 効果により一方の側壁近くに形成される低圧渦部によつて噴流の左右に圧力差を生じ、その不均衡を回復しようとする運動量変換が制御空間を通して行われ、持続的な発振が生ずるものと考えられる。

写真3は発振器 μ 1におけるフローパターンの一例を示したものである。乱流ジェットの側壁効果により発振器内に大きな渦が発生し強い渦へと発達する(a)。渦流は主噴流に巻き込まれつづその速度を増幅されながら発振器の上流側(ノズル側)へ移動する。それと共に発振器の下流側にこの渦と反対方向の渦流が形成され始める(b)更に渦の移動が進むにつれて渦の消滅が始まり、制御空間を通過して反対領域への流れが生じる。そしてこの領域に形成され始めていた渦が急速に強められて発達してくる(c)。

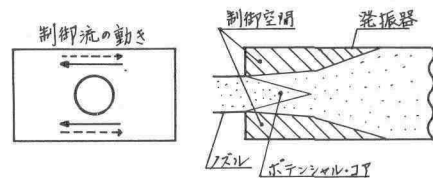
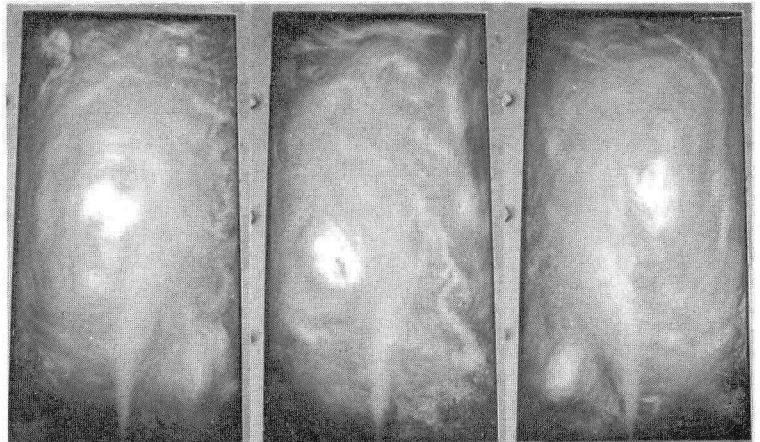


図3 制御空間と制御流



(a)

(b)

(c)

写真3 発振状況の一例

このような現象を繰り返して発振するものと思われる。

3.2 流量と発振周波数

発振器 No. 1 を用いて、種々の径の単孔ノズルの流量 Q と発振周波数 f の関係を図 4 に示す。

この関係において非常に良い直線性がみられ、流量計としての使用も十分可能であると考えられる。

図 5 は上記のグラフをレイノルズ数 $Re (vd/\nu)$ で整理したものである。また、環状ノズル（内側ノズルは閉鎖）を用いた時の Re

(vd_e/ν : d_e は等価断面直径) と f の関係は図 6 に示すが、比較的良好な直線性がみられる。

単孔ノズルと比較すると f はやや大きくなる傾向がみられるが、これは内側ノズルによる後流のため噴流内部に渦領域を発生し、この渦のために制御流の動きを促進しているものと推察される。

3.3 Re 数とストロハル数 St

図 5, 6 をストロハル数 $St (fd/\nu \text{ 又は } f d_e/\nu)$ で整理したものが図 7 である。単孔ノズルの場合、 $Re-f$ が良好な直線関係を示していたため、ほぼ一定な値の St 数を示し（図中の実線）、一方環状ノズルの場合はこれにやや大きい変動がみられる。また、 St 数のとる値からみるといわゆるカルマン渦の発生機構とは異つてることが明らかである。

3.4 Re 数と環状ノズルにおける吸込み圧

環状ノズルの内側ノズルに発生する吸込み圧を外側ノズル（主噴流）の圧力を基準にして圧力係数 C_p で示し、 $Re-C_p$ の関係を図 8 に示した。本装置による二液混合攪拌を考える場合、発振状況（攪拌強度を含む）やノズルの流量係数、又は二液間の乱流混合状況等が関連してくると考えられるが吸い込み圧力係数は高速乱流混合に関する一つの指標となるものと考えられる。

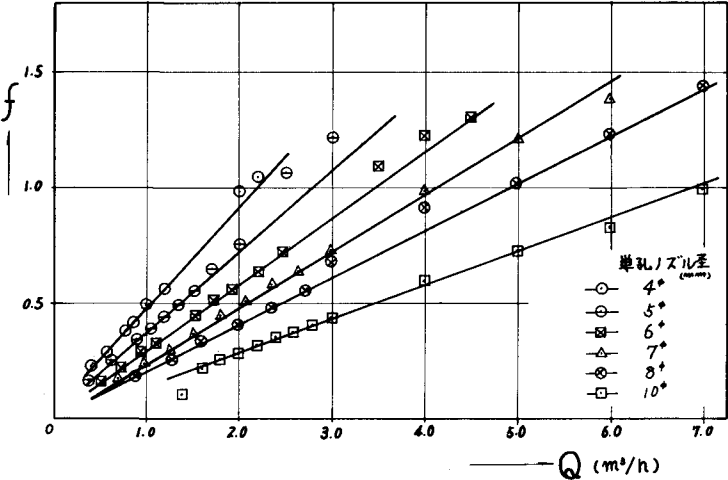


図 4 流量 Q と発振周波数 f

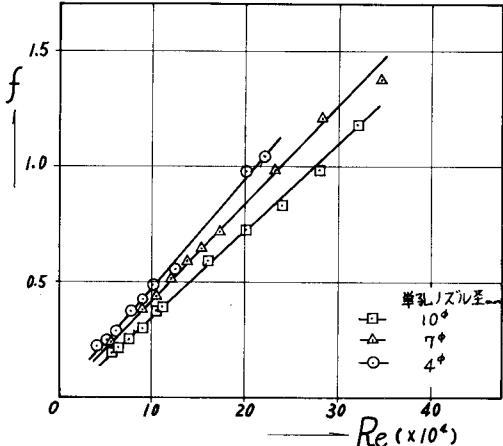


図 5 単孔ノズルにおける Re 数と f

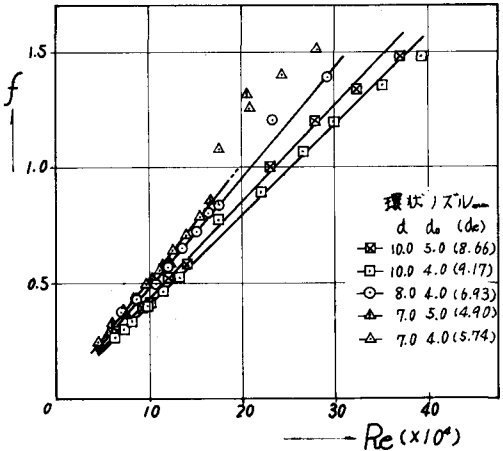


図 6 環状ノズルにおける Re 数と f

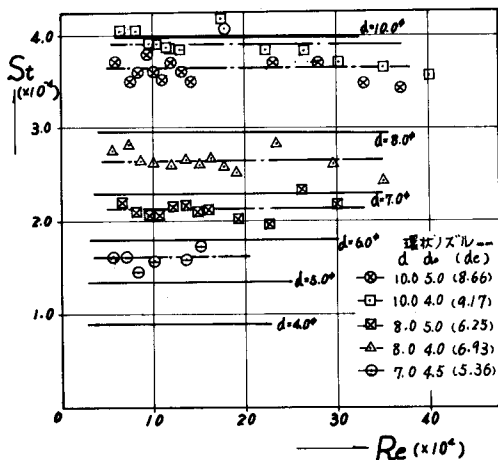


図7 Re 数と St 数

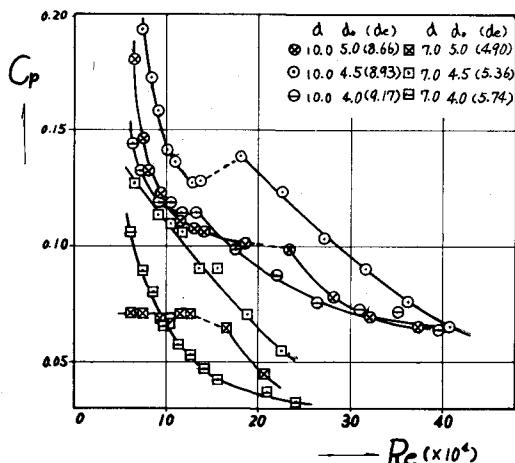


図8 Re 数と吸込み圧係数 C_p

3.5 発振機構に及ぼす制御隙間と発振器形状の影響

前述の結果は発振器No.1に関するものを述べたが、発振機構への影響として、発振器No.2を用いて比較を行った。図9は厚さのみが異なる2種類のモデルについて示したもので、横軸にはノズル径と制御隙間の比であり、縦軸の $Q/\sqrt{V}$ 、(V は発振器体積)は発振器の形状の因子を含んだ St 数の逆数とも考えられ、多様な形状の発振器に関する比較検討に一つの目安を与えるものと考えられる。

4 むすび

流体素子の発振作用と低圧渦部を利用した本混合攪拌装置は今回の実験により、十分の効果が確認された。

図9 制御隙間と発振器形状の影響

又すでに筆者らは小型モデル実験によつて「粘性によらず流量と発振周波数は直線関係にある」という知見²⁾を単孔ノズルで得ており、本報で述べた環状ノズルを含む広範囲な流量域に対しても直線性の維持がみられ在来型のラインミキサーと比較して、流量計および混合濃度管理計の性格を備えた高い利点を有する混合攪拌装置であると考えられる。

なお、本文には記せなかつたが、トレーサ溶液あるいは種々の粘性流体を使用した混合攪拌実験については講演時に発表する予定である。

参 考 文 献

- 1) 「市街地の基礎工事における泥水処理方法の開発に関する研究」鴻池組技研報告書
- 2) 木村 「側壁付着形素子の特性」 機械技術研究所報告第75号
- 3) 柳井田、杉野 「制御効果を内蔵する流体素子の発振現象について」J S M E 7 1 0 - 1 5