

電気分解による流体運動可視化の一方法

辰野, 正和
九州大学応用力学研究所 : 助手

<https://doi.org/10.15017/4743482>

出版情報 : 應用力學研究所所報. 36, pp.107-111, 1972-02. 九州大学応用力学研究所
バージョン :
権利関係 :



寄 書

電気分解による流体運動可視化の一方法

辰 野 正 和*

流体力学の研究において流体運動の諸現象を可視化するという事は、極めて重要な問題である。今日まで多くの可視化の技術が開発されており、大別して、流体の中に流体と明瞭に識別できる気体、液体または固体を混入または挿入し、それらの物質をトレーサーとして流体運動を可視化するもの、流体の密度差を利用するもの、あるいは流体が物体表面に描く痕跡を利用する方法等に分けられる。こうした方法によって流体運動の流線、流跡線、流脈、あるいは速度分布、圧力分布等を知ることができるわけであるが、可視化の技術において要求される重要な条件は、それによって流れの場に物理的影響を与えないことである。

流体の流れの可視化の一つの方法に電気分解を利用するものがある。よく知られている方法に、水の電気分解において陰極に発生する水素ガスの微粒子をトレーサーとして利用するものがあるが、ここに報告するのは逆に陽極において難溶性の金属塩を生成させ、それをトレーサーとして利用する方法である。すでに著者等は、この方法を利用して流体力学の実験を行ってきたが、この方法は、今までよく利用されたコンデンスミルク法と流体力学的に同性質のものであり、モデルの表面からトレーサーをしみ出させようとする場合に有効である。特に、コンデンスミルク法より優れていると思われる点は、実験を始めるにあたって流れを乱さないこと、トレーサーとしての金属塩を適当に加減できるうえ、連続的に長時間実験できることである。

適当な陰イオンを含んだ水中で、イオン化傾向の大きな金属を陽極とし電気分解を行なうと、陽極の金属表面から難溶性の金属塩の微粒子が生成される場合がある。一般に、電気分解により難溶性塩を作る場合、電解液中に二つの要素が必要である。一つは、陽極金属を侵蝕する陰イオンであり、もう一つは、沈澱を生ぜしめる陰イオンである。化学的に最も効率よく塩の生成をなす場合には、この二つの作用を持った電解物質を加えてやる必要があるが、流体の可視化に利用する範囲においては、どちらか一方のみを加えただけで十分利用し得る場合もある。

種々の陽極材料と陰イオンとの組合せについて、流体運動の可視化に役立つものを調べた。陽極材料としては手軽に入手でき、日頃よく利用される固体の金属を選んだ。

1. 各陽極材料と有効な電解液要素との組合せ

a) 鉄— Na_2CO_3 , NaCl , Na_2SO_4

NaCl を溶解した上に少量の NaOH を沈澱剤として加えることも有効である。しかし、 NaOH の量が多いと陽極表面に大きな粒子の沈澱物が生成されるので注意を要する。

上記のうち最も有効なものは Na_2CO_3 である。

* 九州大学助手、応用力学研究所

また、文献によると、 NaCl とともに $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ を加えると陽極に白色の沈澱が生じる。これはやがて酸化されていわゆる紺青となるものである。

b) 銅— Na_2CO_3 , NaCl + 少量の NaOH , NaCl , Na_2SO_4

この場合、 NaCl のみを水中に溶かし込む場合よりも、少量の NaOH を沈澱剤として加えると、より多くの白色の沈澱物が生成される。この場合と、 Na_2CO_3 を使用した場合とが最も良く沈澱物を生成する。

c) 鉛— NaCl + Na_2CO_3 , また NaClO_3 + Na_2CO_3 , Na_2CO_3 , NaCl

最初の二組は、いわゆる鉛白を生成する場合であって工業的にも利用されているものである。 Na_2CO_3 または NaCl を単独に利用するよりも、上記のように組合せて利用すると、より多くの塩が生成される。この際、 Na_2CO_3 は、 NaCl または NaClO_3 の 10 分の 1 程度でよい。

Na_2SO_4 を利用しても、 NaCl 単独の場合と同程度に沈澱物ができる。

また、文献によると、 NaClO_3 と $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$ (NaClO_3 の 1 割程度) を同時に溶解した場合、黄色のいわゆるクロムエローの沈澱が得られるという。

d) 亜鉛— Na_2CO_3 , NaCl , Na_2SO_4

いずれの場合も、白色の沈澱物を生成するが、最も効率のよいのは Na_2CO_3 である。

e) 錫— Na_2CO_3 , NaCl , Na_2SO_4 , NaOH

NaOH を使用した場合、電圧をある程度以上大きくすると、錫は不働態となって溶解しなくなるから注意を要する。不働態となると、陽極から酸素ガスが出てくる。

f) 真鍮— Na_2CO_3 , NaCl , Na_2SO_4 , NaCl + 少量の NaOH

真鍮は銅と亜鉛との合金であるから、銅または亜鉛と同程度によく難溶性塩を生成する。この場合も、 Na_2CO_3 または NaCl + 少量の NaOH の場合が最も有効である。

以上の外に、アルミニウム、ジュラルミン、ステンレススチール等を調べてみたが、上記のような電解液中では、ほとんど塩を生成せず流れの可視化には利用できないようである。

これらの実験は蒸留水により行なったものであるが、一般に、流体運動の研究において水を使用する場合、飲料水または、地下水等を利用するようである。こうした水には微量ながら種々の陰イオンが含まれているであろうから、その含有の割合によっては、上記のような電解物質を加えなくても金属塩を生成できる場合もある。著者等が日頃使用している応用力学研究所の実験用水は地下水であって、特に電解物質を加えなくても陽極に難溶性塩を生成することができる。しかし、飲料水の場合は、上記のような電解物質を水 1 l につき数 mg ないし、数十 mg 加える必要がある。

なお、水槽等がセメントできていて実験用水と接触している場合、飲料水を入れて二、三日放置しておけば、特に電解物質を溶かし込まなくても難溶性塩の生成が可能のようである。これは、セメントから電解に有効な陰イオンが溶け出しているからであろう。

2. 陰 極 金 属

陰極は電解物質に侵されぬものならば何でもよいようである。著者等は、鉄、真鍮等を使用した。なお、陰極からは水素ガスが激しく発生している。

3. 実験方法

この電解法は静水中でも，流水中でも利用できる．図1は，流水中で利用している図であるが，流れを乱さないために，陰極は流れの観測部後方に置かなければならない．さらに，陽極に生成される金属塩は水よりも重いものであるから流体の移動速度に比し，金属塩の沈降速度が物理的に問題にならない

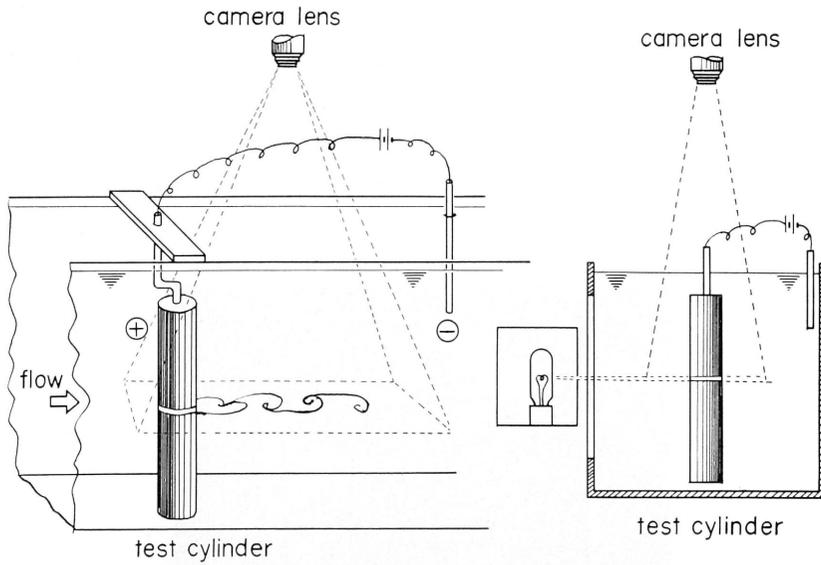


図 1 一様流中での Flow visualization の方法

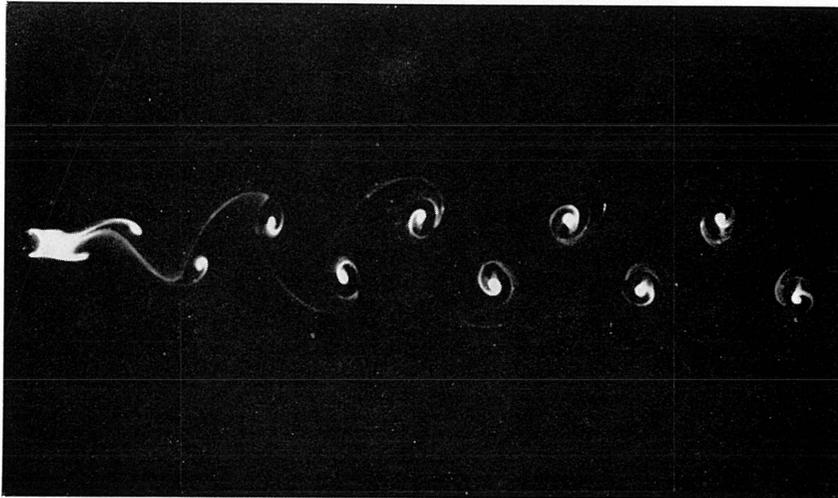


写真 1 円柱後方のカルマン渦
円柱直径 0.8 cm, 速度 1.16 cm/s, Reynolds 数 75.5.

範囲で利用しなければならない。特に静水中で使用する場合に注意を要する。このためにもできるだけ微粒子の金属塩を生成する必要がある。ファラデーの法則によると、電解生成物の量と電気量とは正比例するのであるから、電流値を変えることによって必要に応じて生成物の量を加減することができる。しかし、あまり電流が大きすぎると生成物の粒子が大きくなり、また、過剰な電流は酸素ガスの発生を促し、物体表面の流体力学的状態に悪影響を与えたり、写真撮影効果を著しく低下させる恐れがある。

流水中で利用する場合、上に述べたように沈降速度との比較によりある程度以上の流体の速度が必要なのであるが、一方流体速度が余り大きいと金属塩の供給が不足し、鮮明な流れの観測が不可能となる。一つの基準として例を挙げるならば、直径 0.8 cm の円柱後方のカルマン渦の模様を調べる場合、流れの速度が 2cm/s 程度までは明瞭に渦模様を観察することができる。写真 1 は、静水中で円柱を一定速度で動かしたものである。この場合、両極間の距離は約 50 cm であり、電流は 100 ミリアンペア程度であった。

金属塩を生成させる金属そのものが、流体運動研究上のモデルである場合、よりよい実験結果を得る

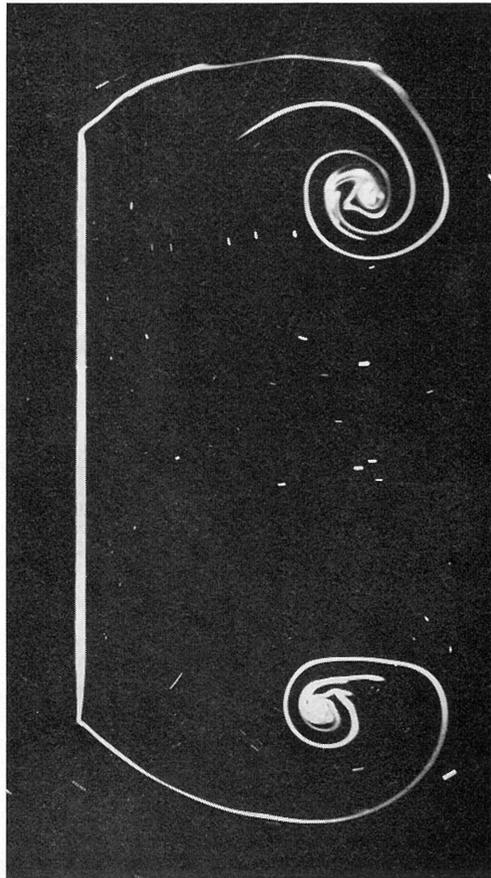


写真 2 一定速度で急に動き出した平板背部の渦速度 0.227cm/s, 平板の幅 5.00cm, Reynolds 数 88.0, 動き出してから 21.8 秒後. (Taneda and Honji²⁾ 1971)

ためには数回の実験毎に新しいモデルと交換する必要がある。それは、上に述べたように、モデルを構成している金属の表面が溶解し、モデルの大きさ、あるいは形状に変化を受けるからである。これが、この電解法の最大の欠点である。

観測の方法は、図1に示すように、観測方向と直角の方向から、前面にスリットを備えた光源で照射し、その反射光を利用するのが最も明瞭な観測ができる。また、図1のような二次元的な観察をするような場合、図に示すモデルのように中央付近の一部金属表面だけを露出させ、他は絶縁して、金属表面の露出した面を照射するようにするのがよい方法である。絶縁の方法として素人でも割合綺麗にできるのは、吹き付けラッカーにより物体表面を薄い膜で覆う方法である。

金属塩による流れ運動の可視化の方法は、種子田定俊教授はじめ、水文学研究室の全員がここ数年来多大の関心を寄せている事柄であり、この報告は、今までの成果をまとめたものである。

謝 辞

電解による難溶性塩生成のうち、著者等が試みただ中で極めて有効な電解物質は Na_2CO_3 であった。この Na_2CO_3 の利用を示唆されると同時に、化学的問題で多くのご教示をいただいた九州大学理学部放射性同位元素総合実験室助手前田米蔵氏に対し深甚の謝意を表するものである。

参 考 文 献

- 1) 種子田定俊, 流体運動の Visualization, 日本物理学会誌, 第23巻, 第6号, 1968, 430.
- 2) Taneda, S. and Honji, H., Unsteady flow past a flat plate normal to the direction of motion, J. Phys. Soc. Japan, 30, 1971, 262.
- 3) 本地弘之, 加速流の剝離点, 応用力学研究所所報, 第35号, 昭46, 1.
- 4) 種子田定俊, 天本肇, 石井幸治, 回転振動する円柱の境界層の安定, 応用力学研究所所報, 第36号, 昭47, 49.
- 5) 辰野正和, 流れ方向に振動する円柱後方の渦列, 応用力学研究所所報, 第36号, 昭47, 25.
- 6) 亀山直人, 電気化学の理論及応用, 中巻, 丸善, 昭28.
- 7) 千谷利三, 無機化学(全), 産業図書, 昭28.

(昭和46年10月30日 受理)