

化学流体力学連結系の連続化とその応用

北大院理 伊丹俊夫、平井 慶太、野崎潔 (現 JAXA)

From a finite life to a infinite life for a chemical reaction-fluid dynamics coupling system and its applications

Tohiso Itami¹, Keita Hirai¹, Kiyoshi Nozaki²

1 : Division of Chemistry Graduated School of Science Hokkaido University.

Kita-ku Kita 10 Nishi 8, Sapporo, Hokkaido 060-0810

2 : at present JAXA

E-Mail: itami@sci.hokudai.ac.jp

Abstract: The chemical reaction induces the fluid dynamics motion, such as a chemical wave, of a two liquid phase system. The new mode, rotational motion of a couple of half column of respective liquid phase, has been already found by the removal of gravity. To overcome the finite lifetime of chemicofluid dynamical phenomena, the elongation of life time was studied. In addition, the investigation was performed for its applications, particularly to an electricity power generation.

Key words: concentration marangoni convection, chemical wave, microgravity, power generation

<緒言>

2液相界面で生じる化学反応が、その界面での波動現象を誘起・進行させる化学波という現象が知られている。Fig.1に重力下での典型的な化学波の写真を示す。この写真では同心円の円筒容器の間に発生する化学波である。この現象は化学反応の生成物の引き起こす容器壁への濡れ性の昂進が界面流動を引き起こす濃マランゴニ運動である。



Fig.1 Typical chemical wave in the gap of coaxial double cylindrical container



Fig.2 Chemical wave in the single cylindrical container

この化学波の運動は化学反応と流体運動がカップリングした非常に興味深い現象である。化学波に関係する液相中での化学反応の進行には界面での物質拡散・移動や媒質の流動が重要である。したがって、化学波の生成・伝播機構には重力の効果について検討する必要がある。このような観点で、発表者は、上砂川落下塔の微小重力環境においてこの化学波を発生させる実験を実施した。その結果、Fig.3に示す化学波の新たなモード、半円柱液体対の旋回運動、を見出した。

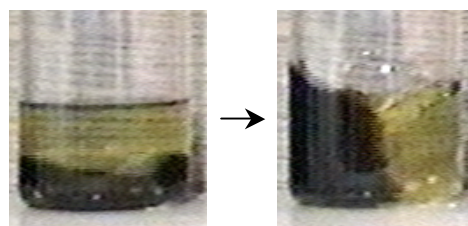


Fig.3 Chemical wave under gravity (left) and the new rotating mode of half column of liquid pair under microgravity (right).

このモードは微小重力環境で初めて出現した運動モードである。さらに、従来の化学波の運動モードと比較して、この運動モードは流体運動の運動エネルギーを取り出す目的にとっては非常に好都合である。そこで、重力条件においてもこの半円

柱液体対旋回モードを出現させる条件を探索し、すでに、重力条件下においてこの旋回運動モードを出現させることに成功している。これらの経緯については参考論文（1）を参照されたい。

この半円柱液体対旋回モードは非常に魅力的なモードであるが、化学種が消費し尽くされると運動は停止するという意味で有限寿命であるという欠点を持つ。この事情は Figs.1 および 2 に示す従来の化学波でも同様であるが、運動モードの利用という観点からは、半円柱液体対旋回モードの長寿命化、永続化が切望される。そこで、本研究では、重力条件下でも半円柱液体対旋回モードの長寿命下、永続化の試みとその運動の発電システムへの応用について検討した、将来の微小重力下発電システムの可能性について議論した。

<実験>

試料溶液として、塩素系界面活性剤水溶液（以下水溶液相：liquid I）およびヨウ化カリウムを飽和したトルエン含有ニトロベンゼン溶液にヨウ素を溶かした有機相溶液（以下有機液相：liquid II）を円柱容器（内径 26mm 高さ 40mm）に液送り装置を用いてそれぞれ導入した。流体運動モードは、ビデオカメラで撮影した。発電機構は、Fig. 4 の概念図に示すようにアルミ製の羽とネオジウム磁石からなる自作回転子を円柱容器にいれ周囲に配置したコイルに誘導起電力を発生させた。発生電流は、デジタル電流計で測定しビデオカメラで撮影した（実験 I）。長寿命化のため、半円柱液体対の旋回中に水溶液相および有機液相の導入、および

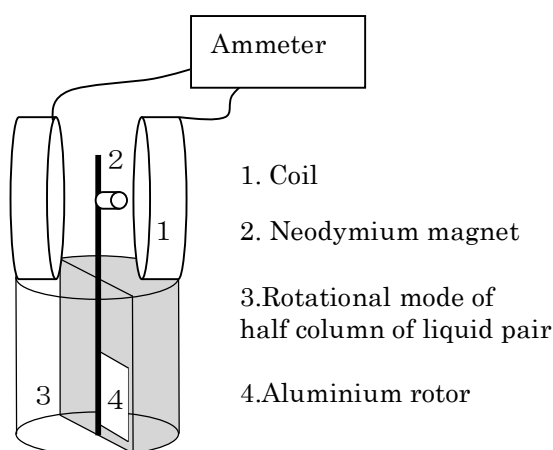


Fig4.The schematic diagram of a power generation

両液の排出を行った（実験 II）。さらに、この廃液の下層の有機相液を液送り装置により、再度、反応容器へ戻すことを試みた（実験 III）。実験 II および III は Fig.5 の実験装置により実施した。

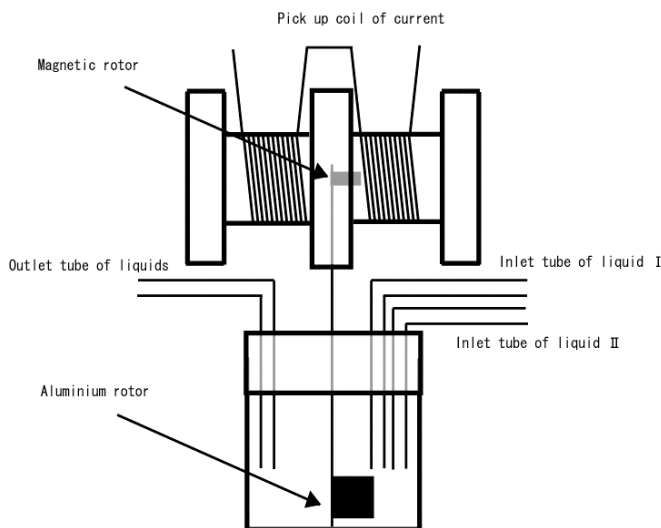


Fig.5 The electricity power generation system

<結果>

Fig. 4 のような反応液の追加の無い場合の実験装置による実験の場合、半円柱液体対の旋回およびそれによる発電は、最大 10 分程度続いた。しかし、実用上の必要な時間に程遠いため、Fig.5 に示す反応液の追加注入管、および、過剰反応液の排出管を設けて実験を行ったところ、半円柱液体対の旋回およびそれによる発電の時間を著しく長くすることが可能であった。とくに、半円柱液体対の旋回が低速になったタイミングでの半応液の注入は、劣化した旋回を再開することを可能とした。現在、さらに反応時間の長寿命化を計るため、排出液溜の有機液相を”inlet tube of liquid II” (Fig.5) へ液送り装置を用いて戻すことで長寿命化と半応液の使用量を減らす可能性の実験を実施中である。

<今後の展望>

現状の実験条件は地上重力下に限られている。微小重力条件で初めて見出された半円柱液体対の旋回モードを重力条件下で出現させる必要から、有機液相および水溶液相の比重を等しくしている。このため、トルエン添加を実施している。その結

果、半円柱液体対の旋回モードの発生の最適条件から外れた化学条件での実験を強いられている。また、磁気回転子などの重量が大きくなると、円滑な半円柱液体対の旋回が得られなくなる。これらの問題点に関し、宇宙微小重力環境は有利である。最適化学組成を採用できる、装置部材の重量は問題とならないなどの利点のため、この実験系のスケールアップには宇宙微小重力環境が非常に有利である。

さらに、今回主題とした半円柱液体対の旋回モードの利点は、この反応の反応機構の研究に非常に有利であることである。従来の Figs.1 及び 2 に示す化学波の場合、界面電位の測定と化学反応の発生箇所に対応を取ることは困難である。しかし、半円柱液体対の旋回モードの場合、そのような対応は容易である。

<結言>

微小重力下で見出した新しい運動モード、半円柱液体対の旋回、の長寿命化、永続化の見通しを得た。さらにこの新規運動モードを用いた微小重力発電システムの手がかりを得た。また微小重力環境は半円柱液体対の旋回モードを利用した発電システムのスケールアップにつながる条件を持つことが判明した。

<参考文献>

伊丹 俊夫、佐藤 昌幸、池田 基茂、野崎 潔、
「化学反応をともなう二液相界面の微小重力下における新しい流体運動の出現と挙動」日本マイクログラビティ応用学会誌、Vol.20, No.1, 9-15, 2003.



Fig. 6 Typical example of continuous rotation of half column of liquid pair by the supply of liquids

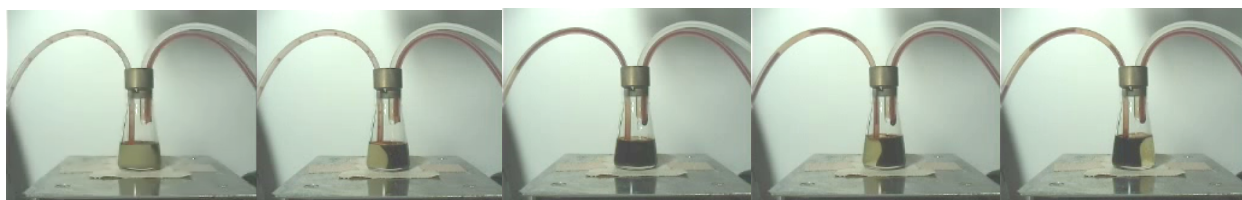


Fig.7 Recovery of rotational motion of half column of liquid pair by the addition of liquids



Fig.8 Recovery of rotational motion of half column of liquid pair by the addition of organic liquid waste