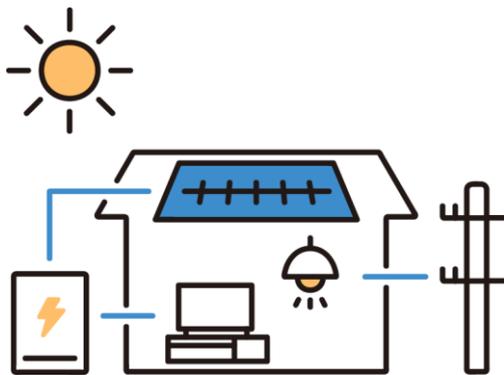




令和7年度 鶴岡工業高等専門学校 主催 第22回 技術発表会プログラム

司会・進行：技術第2班

- 開会の挨拶 14:00 渡部 誠二 教授（教育研究技術支援センター長）
- 基調講演 14:05 遠藤 博寿 准教授（デジタルデザインコース長）
『デジタルデザインコース新設ー目的・現況・今後の課題ー』
- 休憩（5分）
- 技術発表1 15:00 技術第1班 遠田 明広 技術専門職員
『振盪機の製作』
- 技術発表2 15:20 技術第2班 鈴木 大介 技術専門職員
『中学校武道の授業に対する取り組みについての紹介』
- 技術発表3 15:40 技術第3班 矢作 友弘 技術専門職員
『Ag ナノ粒子を担持した多孔質 TiO₂ 触媒の合成と評価』
- 閉会の挨拶 16:00 渡部 誠二 教授（教育研究技術支援センター長）



日時 令和7年9月19日（金）

会場 視聴覚室

振盪機の製作

教育研究技術支援センター 第1班

遠田 明広

1. はじめに

振盪機（しんとうき）は、試験管やフラスコなどの容器を一定のリズムで振動・揺動させ、中の試料を混合したり反応させたりする実験用装置である。この装置は高額なため、安価に製作することが出来ないかと技術第3班矢作さんより相談を受け、製作した。このことについて報告する。

2. 仕様について

要求される仕様は下記の通りで対象とするボトルの寸法を図1に表す。

- ①ボトルを簡単に着脱できること
- ②ボトルを横に寝かせた状態 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ で傾斜できること
- ③左右往復運動による振盪であること
- ④振幅範囲は $\sim 5\text{ cm}$ の固定長とする
- ⑤振動数は $30 \sim 180$ 回/分で可変できること
- ⑥運転は基本的に連続運転できること
- ⑦騒音と振動が少ないこと
- ⑧巻き込みや感電などの事故の恐れがないこと

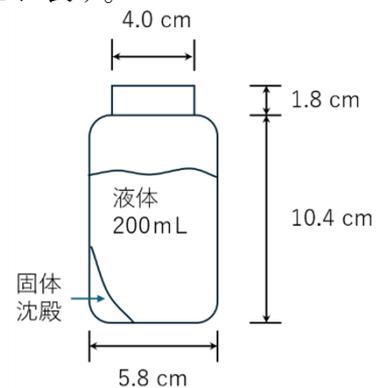


図1.ボトル寸法

3. 設計・製作

3-1. 機構の構想

リンク機構を用いて回転を往復運動に変換し、振盪させようと考えた。ただし、リンク機構の接続にピンを使用すると必ず隙間ばめによるガタが生じ、騒音・振動の原因となる。また往復運動部も同様なことが考えられる。そこで、接続部には図2のロッドエンドを採用することにした。ロッドエンドとは、機械部品の連結などに用いられ、人の関節のように回転や揺動運動を可能にする自動調心すべり軸受である。往復部には図3のリニアガイドを採用する。リニアガイドとは機械部品やワークを直線方向にスムーズかつ高精度に案内するための機械要素部品である。ベアリングと同様にボールの転がり運動を利用し、摩擦を大幅に低減する部品で、これらの部品によって⑦の仕様を満たせると考え、それぞれの部品選定を行った。



図2.ロッドエンド

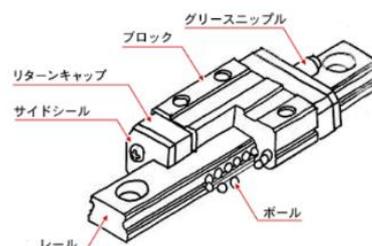


図3.リニアガイド

駆動部については⑥の仕様により、回転数を変更できるようにする必要がある。今回は図4のスピードコントロールモータを使用する。コントローラのダイヤルを回すことで15～233rpmの範囲で簡単に調整することが出来る。



図4.スピードコントロールモータ

3-2.レイアウト

レイアウトは図5のように設計した。筐体はアルミフレーム(20mm×20mm)を使用。モータベースはアルミ板t5mmにしてリニアガイドも直接取り付ける。

ボトル固定台は角度可変にするため、蝶番を使い0°～30°の4段階で調整可能とすることにした。

振幅長は20mm～50mmの4段階に調整可能とすることとし、モーター側のリンクに調整用の穴を設ける。

最終確認として、モーターを回転させたとき、干渉部がないか3DCAD内で確認した。

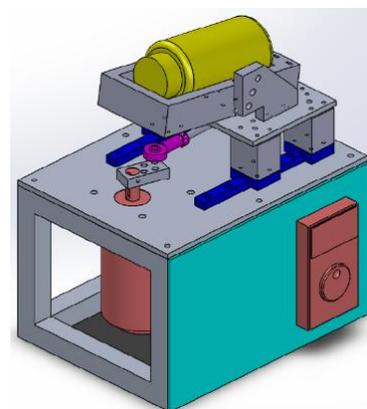


図5.レイアウト

3-3.製作

各部品の外形寸法出しには主にフライス盤を使用し、穴あけにはフライス盤とボール盤で加工した。ボトル台は3Dプリンターを使用し、製作を行った。

4. 完成品の確認

完成した振盪機を図6に表す。構想段階では考えていなかった漏電ブレーカーを追加し、安全対策を行った。

低回転時のトルクが心配だったが、問題なく作動することが出来た。騒音については、モーターのトルク変動時の音が多少気になるが、機械的な騒音と振動はなく良好と思われる。市販品の振盪機との比較を表1に表す。価格については購入した物品の価格とする。



図6.完成した振盪機

表1.市販品との比較

	マルチシェーカ MMS-1020 (東京理化器(株))	製作した振盪機
価格(税抜き)	208,000	42,800(購入品の価格)
振盪速度(回/min)	20～250	15～233
振盪振幅(mm)	10～40	20～50

5. おわりに

これまでの経験を活かし、設計から製作まで一貫して行い、要求を満たすものを完成することが出来た。これからも学生や教員、職員を支援していきたい。

中学校武道の授業に対する取り組みについての紹介

教育研究技術支援センター 第2班

鈴木 大介

1. はじめに

筆者は、剣道歴34年・剣道錬士7段で、現在、鶴岡高専剣道部に対して剣道の指導を行っている。田川地区剣道連盟の理事、小・中学校、高校、一般の大会の審判委嘱など、地域の剣道事業に携わっている。現在着目していることとして、鶴岡市内の中学校において、武道の授業で剣道を取り入れている中学校が増加傾向にあるということである。しかしながら、指導担当は剣道未経験の教員になっている学校が多い現状がある。剣道未経験者では、剣道の打突は素早く、打突の有効性の判断が難しいという課題がある。そこで、これまで私が研究してきた内容を提供することの他に、授業で役立てられる打ち込み台システムの開発をしたいと考えている。

2. これまでの自身の研究内容の紹介

モーションキャプチャを使用した際の正面打ちにおける下肢の動作解析および各身体部位の動作解析を行ってきた。それにより、自身の動作においても改善する部分を確認できたことで、指導の幅が広がったと感じている。さらに、感染症対策の剣道用マウスシールドの製作をして、現在も使用している状況である。

2.1 正面打ちの各身体部位の動作解析

モーションキャプチャシステムを使用し、マーカを取り付けた各被験者が、実戦を意識した動作として一挙動の正面打ちとする。一挙動の正面打ちの一連の動作の流れを図1に示す。それを解析し、左右の手首、腰、右足つま先、左足かかとの座標を抽出し、自分自身の正面打ちの際に各部位がどのように作用しているのかを検討した。

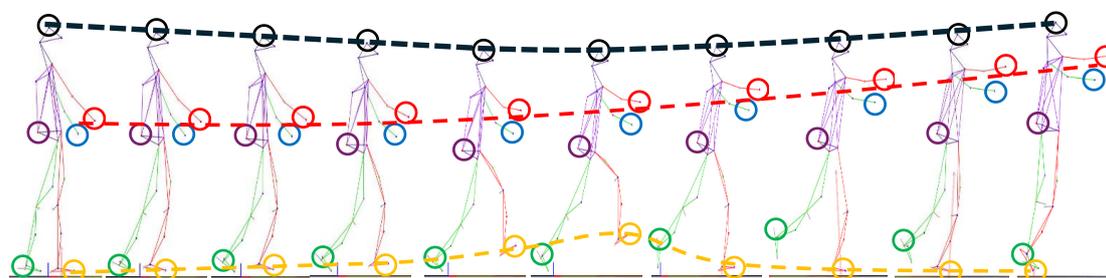


図1 一挙動の正面打ちの一連の流れ

2.2 感染症対策のマウスシールドの製作

学生に対して、安全に指導を行える環境を整えることが重要であると考えており、一人ひとりの飛沫飛散防止のためのマウスシールドの形状を検討することで個人にあったものを製作し、よりよい活動支援を行えることを目的として製作を行ったものである。レーザー加工機 (HAJIME CL1 PLUS) と CAD ソフト (Jw cad) を使用して行なう。加工する材料として、厚さ 1mm の透明アクリル板を使用している。市販されているマウスシールドを参考に

して、CAD ソフトで作成したデータをレーザー加工機で製作をしたものである。マウスシールドの中心部の長さを 70mm、80mm、90mm と変化させて製作した。この長さについては、口元から鼻の高さを想定したものである。それぞれの長さのマウスシールドを重ねたものを図 2 に、面に装着した様子を図 3 に示す。

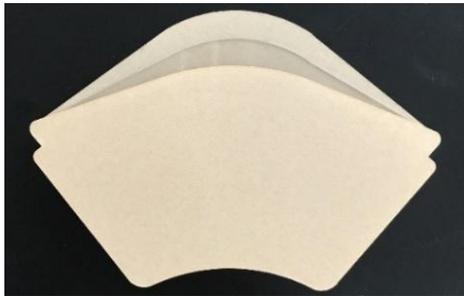


図 2 3 種類のマウスシールド



図 3 面に取り付けた様子

以上の内容について、中学校の武道の授業に活かすことができないかを検討している状況である。また防具をつけて授業をするのであれば、マウスシールドを提供できる。

3. 新たな研究内容の検討について

3.1 剣道の授業で使用できる打ち込み台の開発

市販の打ち込み台にランプと圧電センサを導入し、打突精度とランプ点灯から打突までの反応時間を自動計測・外部表示器に投影することで、ただ打突するだけの練習ではなく、具体的な数値指標として可視化・実感させる点に特長を持たせる。

3.2 計測方法および実施計画

面上部に圧電センサとランプを装着し、竹刀で正確に打突を行なうとランプが光り、音が出る仕組みである。ランプが点灯、音が出たら、面の打突部位を捉えた打突として評価できる。また、LED 点灯後に、どのくらいの反応速度で打突できたかを示す 7 セグ表示器で計測を行なうイメージを図 4 に示す。反応速度計測には、Arduino Uno を使用し、正面金具部に装着した LED には、小型の圧電振動モジュールを接続して打突した際の反応速度の計測を行なうことにしている。仮に、ボタンスイッチを使用した時のイメージを図 5 に示す。

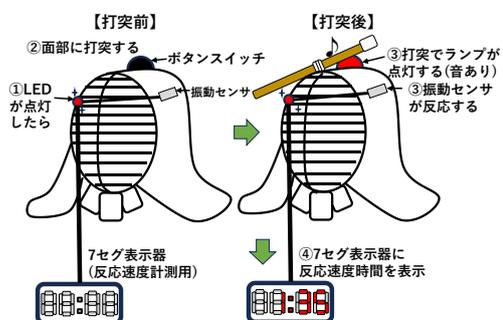


図 4 計測のイメージ(打突前後の様子)



図 5 ボタンスイッチを利用したイメージ

4. おわりに

自身の研究内容を中学校の武道の授業に反映できるように進めていきたい。今回検討している内容を中学生に対して行なうことは、技術的にも工学的にも鶴岡高専をアピールするチャンスであり、入学志願者増にも繋げていきたいと考えている。

Ag ナノ粒子を担持した多孔質 TiO₂ 触媒の合成と評価

教育研究技術支援センター 第3班

矢作 友弘

1. はじめに

持続可能な社会の構築に向けて、化学品製造や環境浄化のための安価で高活性な新しい触媒の開発が必要である。現在、Pt等の白金族貴金属微粒子を担体に固定した担持触媒が様々な用途に用いられているが、これらは希少かつ高価である。一方で、Ag触媒は、貴金属の中でも安価(Ptの1/30)で豊富な資源量があり、芳香族ニトロ化合物の還元や、COの酸化、アルコールの酸化などの反応で高い触媒活性を示すことから、安価な触媒材料として期待されている。しかし、Agは他の貴金属よりも融点が低いために担持Ag粒子が熱的に成長しやすく、これにより触媒作用に寄与する金属の表面積が減少して触媒性能を低下させることが課題である。

本研究では、より高活性なAg触媒の開発を目的として、10 nm程度の細孔を有する多孔質二酸化チタン(TiO₂)を担体として用い、その細孔をAg粒子担持の鋳型とすることで、細孔内に超微細なAg粒子(<10 nm)を分散担持した触媒を作製し、その触媒活性を評価した。

2. 実験方法

2. 1. 多孔質TiO₂担体の合成

既往文献を参考にして²⁾、以下の方法により多孔質TiO₂粒子を合成し、これを担体材料として供した。チタン酸ブチル2 mLとエチレングリコール50 mLを8時間攪拌して、これをアセトン200 mL、酢酸2.5 mL、水12.5 mLの混合液に激しく攪拌しながら加え、さらに3時間攪拌を続けた。生成したチタニウムグリコレートは、遠心分離とアセトンへの再分散を繰り返して洗浄し、水200 mLに再分散し、2時間加熱煮沸して加水分解した。生じた沈殿物は、遠心分離と水への再分散を繰り返して洗浄した後、真空乾燥して多孔質TiO₂を得た。

2. 2. 多孔質TiO₂担体へのAgナノ粒子の担持

Ag粒子の担持には、筆者らが開発したAg-アルキルアミン錯体の熱分解法を用いた³⁾。硝酸銀0.363 mmolとN,N-ジメチル-1,3-プロパンジアミン1.45 mmolを混合して調製したAg-アルキルアミン錯体水溶液10 mLを、多孔質TiO₂担体分散水溶液(0.45 g/100 mL)と混合して、70°Cで3時間加熱分解することにより担体にAgを析出させた。反応終了後、遠心分離と水への再分散を繰り返して洗浄した後、真空乾燥してAgナノ粒子担持多孔質TiO₂触媒(Ag触媒)を得た。この時、使用した硝酸銀がすべて金属Agとして析出したと仮定すると、理論的なAg含量は8.0 wt%となる。生成物の形態と化学組成は、透過型電子顕微鏡(TEM)、X線回折装置(XRD)、比表面積・細孔分布測定装置、ICP発光分光分析装置(ICP-AES)を用いて評価した。

2. 3. 触媒活性評価

合成したAg触媒の活性は、Ag触媒評価のモデル反応となっている4-ニトロフェノール(4-NP)の水素化ホウ素ナトリウム(NaBH₄)による還元反応を用いて評価した⁴⁾。Ag触媒、4-NP、NaBH₄の終濃度が、それぞれ5.0 mg/L、6.0×10⁻⁵ mol/L、3.0×10⁻² mol/Lとなるように試験液を調製し、触媒反応の進行に伴う紫外可視吸収スペクトルの経時変化を分光光度計で記録した。

3. 結果と考察

3. 1. 合成した多孔質TiO₂担体の評価

図1に合成した多孔質TiO₂粒子のTEM像を示す。合成した多孔質TiO₂粒子の形態は、10 nm程度の一次粒子が球状に凝集したような二次粒子であり、その平均粒子径は182 nmであった。比表面積・細孔分布測定より、合成したTiO₂の比表面積は260 m²/gと大きく、細孔サイズは2-10 nmに多く分布していることがわかった。また、合成した多孔質TiO₂のX線回折パターンは

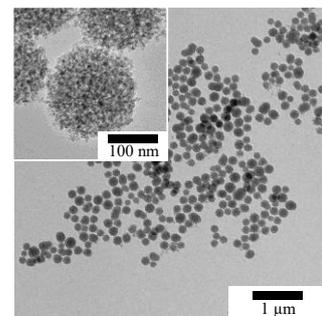


図1 多孔質TiO₂のTEM像。

アナターゼ型TiO₂のパターンと一致した。これらの結果より、合成したTiO₂は2-10 nmの細孔を持つ球状の多孔質TiO₂粒子であることが確認された。

3. 2. 合成したAgナノ粒子担持多孔質TiO₂触媒の評価

合成したAg触媒のTEM像を図2に示す。TiO₂担体上により暗いコントラストのナノ粒子(~10 nm)の析出がみられ(図2a)、この析出粒子の分布はAg元素のマッピングと一致した(図2b)。析出粒子の高分解能TEM像では、格子縞が確認され、その格子縞間隔0.236 nmは面心立方構造Agの(111)面の面間隔と一致した(図2c)。以上の結果より、Ag-アルキルアミン錯体の熱分解法を用いて、多孔質TiO₂担体に微細な金属Agナノ粒子(~10 nm)を分散担持できたことがわかった。また、担体から離れて孤立したAg粒子や局所的なAg粒子の凝集はほとんどみられず、Ag粒子の析出は触媒全体にわたり均一であった。Ag触媒に含まれる実際のAg量をICP-AESで定量したところ7.8 wt%であり、これは理論量8.0 wt%にほぼ一致した。これはすなわち、Ag原料塩がAgナノ粒子へ定量的に変換されたことを示している。

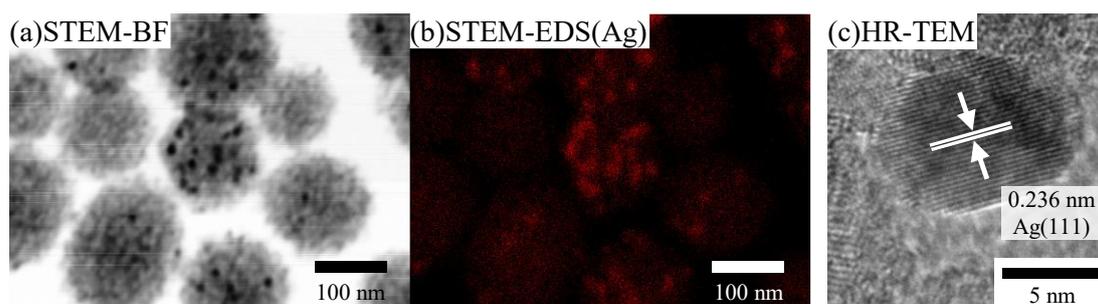


図2 合成したAg触媒のSTEM-BF像(a)、Ag元素マッピング像(b)、高分解能TEM像(c)。

3. 3. 触媒活性評価

合成したAg触媒の触媒活性を4-NPの還元反応を用いて評価した。図3に吸収スペクトルの経時変化を示す。反応初期には、4-NPに起因する吸収帯が波長400 nmにみられたが、この吸収帯は時間経過とともに減少し、数分間で消失した。Ag触媒の代わりにAgを担持していない多孔質TiO₂を用いた場合、この反応は進行しなかった。触媒評価試験の反応条件は4-NPの濃度に対してNaBH₄の濃度が大過剰となっているため、この反応速度は4-NPに関する擬一次反応として解析することができる。反応時間に対して4-NPの吸光度変化量の対数をプロットし、その傾きから反応速度定数を算出したところ $1.6 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$ であった。この値は既存のAg触媒と比較しても高く、合成したAg触媒が高い活性を有することがわかった。

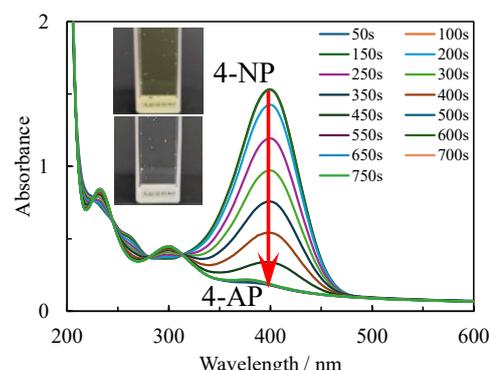


図3 吸収スペクトルの経時変化。

4. まとめ

微細な細孔を持つ多孔質TiO₂を担体として用い、この担体分散液中でAg-アルキルアミン錯体を熱分解させることにより、10 nm程度の微細なAgナノ粒子を分散担持したAg触媒を合成することができた。また、その触媒は4-NPの還元反応において、高い触媒活性を示した。

5. 謝辞

本研究はJSPS科研費JP24H02573の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) X.-Y. Dong, Z.-W. Gao, K.-F. Yang, W.-Q. Zhang, L.-W. Xu, *Catal. Sci. Technol.*, **5**, 2554-2574 (2015).
- 2) X. Yang, H. Fu, A. Yu, X. Jiang, *J. Colloid Interface Sci.*, **387**, 74-83 (2012).
- 3) T. Yahagi, T. Togashi, K. Kanaizuka, M. Kurihara, *RSC Adv.*, **10**, 4545-4553 (2020).
- 4) P. Hervés, M. Pérez-Lorenzo, L. M. Liz-Marzán, J. Dzubiella, Y. Lu, M. Ballauff, *Chem. Soc. Rev.*, **41**, 5577-5587 (2012).