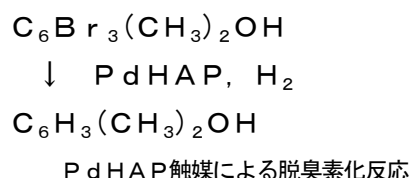
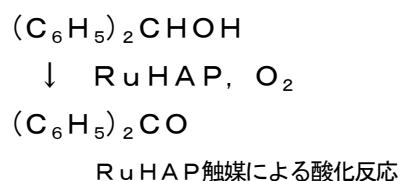


ディビジョン番号	18
ディビジョン名	環境・安全化学・グリーンケミストリー・サステイナブルテクノロジー

大項目	5. 安全・教育・リスク管理
中項目	5-3. 教育
小項目	5-3-2. 高校におけるGC教育の現場

概要（200字以内）

現在、高等学校の化学の実験に、グリーンケミストリーの内容を導入した報告は、ほとんど存在しない。今回報告する高等学校でのグリーンケミストリーの実践例は、RuHAP触媒による酸素分子を酸化剤としたアルコールの酸化反応とPdHAP触媒による水素分子を還元剤とした臭化フェノールの脱臭素化反応である。将来、高等学校の化学は、グリーンケミストリーの内容を取り入れて、大きく変わっていくと考えられる。



現状と最前線

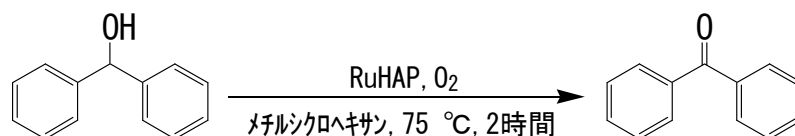


図1 RuHAP触媒による、空気中の酸素を酸化剤とするベンズヒドロールの酸化反応

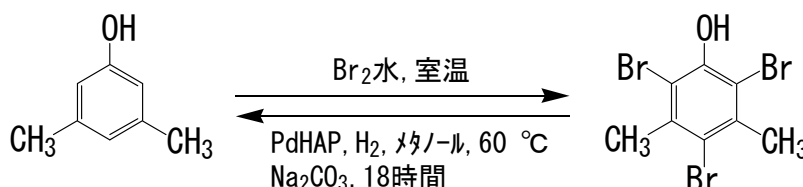


図2 Br₂水による3,5-ジメチルフェノールの臭素化反応とPdHAP触媒による、1気圧の水素を還元剤とする3,5-ジメチル-2,4,6-トリブロモフェノールの脱臭素化反応

高等学校の化学の教科書では、アルコールの酸化反応の酸化剤は、毒性の強いK₂Cr₂O₇が紹介され、実際の実験などに使われている。ダイオキシンのような環境汚染物質の有機塩素化合物は、紹介されているが、この汚染物質の処理方法は、まったく記載されていない。

一方、「グリーンケミストリー」の記載は、高等学校の化学I及び化学IIの14冊の教科書において、まったく存在しない。以上のことから、高等学校の実験室で、十分適用できるグリ

ーンケミストリーの概念を取り入れた教材の開発が、必要不可欠であると考えられる。

グリーンケミストリーの研究成果を高等学校の実験室レベルに適用するために原料選択や反応条件などを変更する必要がある、以下に示す検討などを行なった。

①触媒反応を選択し、その触媒は、容易に調製でき、空気中で安定である。②原料及び生成物の毒性が低く空気中で安定な物質を選択する。③生成物は、必ず、固体の物質を選択し、その純度の確認は、融点測定で行なう。④収率の重要性を生徒に教えるために、生成物は、容易に再結晶可能な物質を選択する。⑤溶液の濃縮は、ロータリーエバポレーターを使用する。生成物の乾燥に、真空ポンプは、使用できない。⑥反応追跡は、TLCを使用する。

以上のように、高等学校の実験室レベルで、使用できる実験装置は、非常に限られたものである。しかしながら、選択したグリーンケミストリーの実験が、高等学校で再現できれば、その実験データは、捏造された虚偽のデータではないことが、生徒を証人として証明される。

毒性の強い従来の酸化剤に代わる、酸素分子を酸化剤とするグリーンな酸化剤を長い間、探していた。RuHAP触媒は、上記の条件を満たす触媒であり、骨や歯などの生体硬組織の成分であるヒドロキシアパタイト(HAP)にRuを担持した、固体触媒である。酸素分子を酸化剤として、第二アルコールを対応するケトンに酸化する触媒である。この酸化反応の溶媒がトルエンであったため、代替溶媒を検討した。その結果、メチルシクロヘキサンが十分代替できる溶媒であることがわかった。現在、共通実験でベンズヒドロールの酸化反応を行っている。

教科書に、フェノールが、Br₂水と反応して、Br₂水を脱色して、水に難溶なトリブロモフェノールが生成する反応が紹介されている。生成したトリブロモフェノールは、環境汚染物質の有機ハロゲン化合物である。グリーンケミストリーに基づいた、この生成物の脱臭素化反応の教材化を試みた。選択された触媒は、PdHAP触媒である。上記のRuHAP触媒と同様に、固体触媒で、水素分子を還元剤として使用し、ハロゲン化アリーの脱ハロゲン化に有効な触媒である。まず、毒性の強いフェノールに代わるフェノール誘導体を検索し、次に、このトリブロモ体の水への溶解性を調査した。その結果、3,5-ジメチルフェノールが最適であることがわかった。文献に、この基質は存在せず、反応は、長時間を要したが、TLCの確認で、反応は完全に進行した。現在、実際に、3,5-ジメチルフェノールの臭素化反応と脱臭素化反応を行ない、基質のリサイクルを行なっている。

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題
高等学校の化学に、グリーンケミストリーの思想が浸透する。
高等学校の有機合成化学の実験が、グリーンケミストリーに沿った内容に刷新される。
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題
高等学校の学習指導要領の化学に「グリーンケミストリー」の用語が加わる。

キーワード

RuHAP触媒・アルコールの酸化反応・PdHAP触媒・臭化フェノールの脱臭素化反応

(執筆者：橋本 典史)