

白金箔を触媒とした水素燃焼反応のメカニズムの再検討

宮城県仙台第三高等学校 化学-1班

背景

加熱した白金箔に水素を吹きかけると白金箔上で水素の燃焼反応が起こる(図1)。



図1 白金箔上での水素の燃焼反応

この触媒反応を高校の化学教育に活用したい。しかし、以下のような欠点も存在する。

コストが高い

白金箔が破れやすい

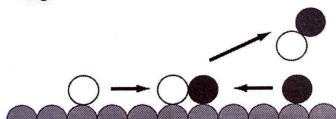
白金箔を永続的に使い続けるため、両面テープで銅板に貼り付けたところ、水素燃焼反応が起きなくなった。

白金触媒ではLangmuir-Hinshelwood機構(図2)が支配的¹⁾との記載→反応は白金箔表面で完結するはずである。

Langmuir-Hinshelwood機構



図2 Langmuir-Hinshelwood機構の模式図



目的: 白金箔を両面テープで銅板に貼り付けると反応が起こらない原因を解明する。

実験1: 触媒毒が脱離する温度の測定

方法: 白金箔をサーモグラフィカメラで撮影しながら、ホットプレートで加熱し、どの温度で白金箔が水素と反応するのか計測した。

サーモカメラ

白金箔

ホットプレート



図3 実験1の模式図

〈結果〉68°Cから反応が起こり始めた

〈考察〉白金箔は68°Cまで加熱されると触媒毒が脱離し、反応が起こるようになる。

実験2: 触媒毒による影響の有無の検証

両面テープと銅板が付着していることによって、白金箔の加熱が不十分になり、触媒毒を除去できていないのではないかと考えた。

〈実験方法〉

白金箔を銅板に両面テープで貼り付けたものを85°Cに加熱し、水素の燃焼反応が起こるか検証した。



白金箔+両面テープ+銅板

〈結果〉反応は起こらなかった

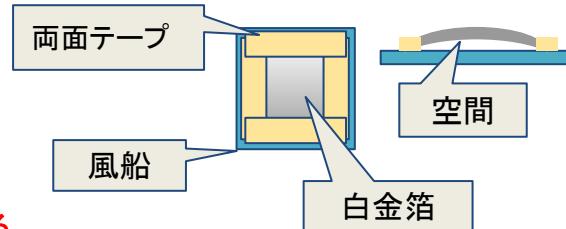
図4 水素を吹きかける前の白金箔のサーモカメラ写真

〈考察〉触媒毒が原因で水素燃焼反応が起こっていないのではない

実験3: 白金箔の裏に隙間を作ったの検証

以上の実験結果から、両面テープに白金箔が貼り付けられた際に反応しない原因として片面が両面テープで覆われていることが挙げられる。

方法: 風船に白金箔を辺の部分を開き、風船との間に空間が開く様に両面テープで貼り付け(図4)、反応が起こるか実験を行った。



〈結果〉反応が起こった

〈考察〉白金箔の両面が酸素に触れていることが条件であるのではないか。

図4 実験3で使用した装置

実験4: 窒素を用いた反応条件の検証

白金箔の両面が酸素に触れていることが反応条件であることを検証した。

方法: 蓋に穴を開け、白金箔を貼り付けたスクリー管を用意する。その内部を空気、窒素で満たした場合それぞれで反応が起こるか検証した

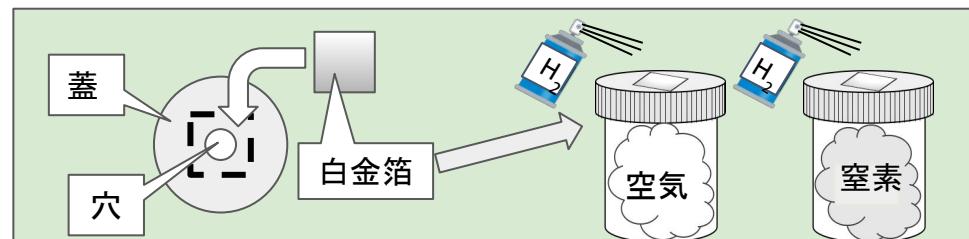


図5 実験4で使用した装置

〈結果〉空気で満たしたときのみ反応した

〈考察〉白金箔が反応するためには、白金箔の両面が酸素と接触することが条件なのではないかと考えた。

仮説

以上の実験より、白金箔の両面が酸素に触れていることが反応の条件であると強く示唆される。以下のように仮説を立てた。

白金箔上に解離吸着された水素と酸素が白金箔を隔てて、電子の受け渡しを行う、言わば、電池的な反応が起こっているのではないか。

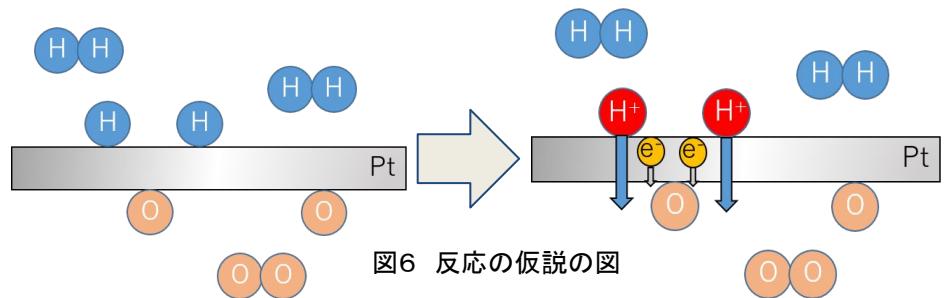


図6 反応の仮説の図

まとめ

白金箔の片面が覆われると水素の燃焼が起こらないという現象を発見し、白金箔の水素燃焼反応において白金箔の両面が酸素に触れていることが反応の条件であると把握した。

この反応の原因の仮説として、白金箔上に解離吸着された水素と酸素が白金箔を隔てて、酸化還元反応を行うという電池の反応が起こっていると仮説を立てた。

参考文献

- 1) 水素-空気予混合気の流路内触媒燃焼に関する素反応機構による数値解析 | 高下 峻一, 山下 博史, 松永 秀一, 山本 和弘
- 2) 白金電極上の酸化被膜 | 柴田 茂雄, 角野 雅恵
- 3) 触媒の基礎知識 | 北海道大学 触媒科学研究所 触媒表面研究部門 教授 朝倉 清高
- 4) 白金触媒を用いた水素-酸素系の表面反応に関する研究 | 榎本 啓士, 金 亨晩, 加藤 秀輝, 河野 通方
- 5) 白金箔触媒で水素の爆発実験 | 四ヶ浦 弘
- 6) ベーシック表面科学 | 化学同人 | 石澤 康裕, 中村 潤児, 福井 賢一, 吉信 淳