

村上 泰

目的別テーマ：ナノ構造を制御した機能性金属酸化物の合成と応用

17 年度研究テーマ

15-1-8：新しい触媒概念に基づく新規有機・無機繊維材料の創出

ABSTRACT

A nitrogen-doped titania photocatalyst with a highly visible-light activity was synthesized from a layered titania/isostearate nanocomposite which was prepared by the sol-gel technique. Nitrogen doping was conducted by treatment with aqueous ammonia followed by calcination either in an O₂(20%)/N₂ mixture or in pure N₂ at various temperatures. The visible-light activity of the samples was evaluated by the decomposition rate of methylene blue (MB) in an aqueous solution with blue-light-emitting diodes (BLED; 470 nm) as the light source.

The obtained samples were vivid yellow and absorbed visible light in the region of 380-500 nm. The visible-light absorbance in this region correlated with the doped-nitrogen content in the sample. On the other hand, the visible-light photocatalytic activity did not correlated with it, and was increased by the partial release of the doped nitrogen.

Highly visible-light photocatalytic activity was observed for the 400 °C-calcined samples, which was considerably higher than the activity of the nitrogen-doped anatase titania prepared by the calcination of the hydrolysis product of Ti(SO₄)₂ with aqueous ammonia.

研究目的

光触媒は、環境浄化や防汚・防曇・殺菌などの用途、さらには水分解による水素製造や光-電気エネルギー変換デバイスの材料としても注目されている。現在、光触媒材料としては酸化チタンが一般的である。しかし、通常の酸化チタンは紫外光照射によってのみ光触媒として機能するため、紫外光がほとんど含まれない室内光などでは光触媒能を発現することができなかった。

酸化チタンに窒素をドーピングすることにより、可視光でも光触媒能が発現することが知られているが、窒素をドーピングする際に高温（600℃以上）での加熱処理をするため、緻密化による表面積の低下や活性の低いルチルへの転移が生じ、光触媒活性自体が低下してしまうという問題があった。

本研究は、従来よりもはるかに低い温度で酸化チタンへの窒素ドーピングを行うことによって、可視光照射によっても高い光触媒活性を示す窒素ドーピング型酸化チタン光触媒を開発することを目的としている。

なお本研究は、本学の松本太輝産学官連携研究員、独立行政法人物質・材料研究機構の井伊伸夫主席研究員らと共同で行った。

一年間の研究内容と成果

新しい触媒概念に基づく独自のゾルゲル技術によって合成した層状チタニア/イソステアレートナノコンポジット（厚さ約 1nm のチタニアシートとイソステアレートが交互に規則的に積層した構造を有する）をアンモニア水で処理し、チタニアシートとアンモニアを高度に複合化することによって、従来よりも低温（350℃前後）で窒素ドーピングが生じること、またこの手法によって可視光照射下で高い光触媒活性を示す窒素ドーピング型酸化チタン光触媒の合成が行えることを 16 年度の成果として既に報告している。

本年度は前駆体である層状チタニア/イソステアレートナノコンポジットの合成プロセスを見直すことと、焼成条件（温度、雰囲気）を精密に制御することによって、ドーピングされる窒素量と触媒活性の関係を詳細に検討した。その結果、ドーピングされる窒素量と活性は必ずしも相関せず、高い触媒活性を引き出すためには、ドーピングされた窒素の部分的な脱離が必要であることを見いだした。

以上のような知見に基づき、光触媒活性のさらなる向上化を試みたところ、昨年度に比べ可視光活性を 2 倍以上向上させることに成功した。得られた活性は、現在上市されているいくつかの窒素ドー

ブ型酸化チタンと比較しても十分に高く、入手可能なものの中では最高活性を達成しているものと推測される。

展望

本年度の研究成果の一部から、前駆体である層状チタニア/イソステアレートナノコンポジットの形状やサイズも光触媒活性に大きく影響することがわかってきた。今後、前駆体が活性に与える影響を詳細に調べ、そのメカニズムを明らかにすると共に、前駆体の合成プロセスを最適化すれば、光触媒活性をさらに向上させることが可能であると考えられる。本研究をさらに発展させることによって、実用化レベルを達成する可視光型光触媒を開発できる可能性は高く、実用化、工業化を視野に入れたさらなる研究遂行が望まれる。