

【基盤研究(S)】

大区分D



研究課題名 電子供与の増幅による低温作動アンモニア合成触媒の開発

東京工業大学・科学技術創成研究院・教授 原 亨和 (はら みちかず)

研究課題番号：18H05251 研究者番号：70272713

キーワード：不均一系触媒、アンモニア合成

【研究の背景・目的】

鉄系触媒を使うハーバー・ボッシュ法によるアンモニアの大量生産は100年以上に渡って人類の人口増加と文明を支えてきた。アンモニア生成反応は発熱反応であるため、反応温度の上昇と共にアンモニア収率は激減する。実際、400℃でのアンモニアの理論収率は20 MPaの高圧条件でも40%を越えることはない。このため、最適な反応温度が400℃以上の鉄系触媒を使い、十数 MPaの加圧条件で運用される商用ハーバー・ボッシュ法では、多くのエネルギーを消費するのにもかかわらず、そのアンモニア収率は30%程度に過ぎない。

自然エネルギー等による水素源の多様化、液体NH₃の分散生産、加圧によるエネルギー消費、プラントの耐圧性・規模の観点から、来るべきNH₃生産には数 MPaで可能な限り高いNH₃収率を達成する不均一系触媒プロセスが好ましいと考えられる。しかし、これはハーバー・ボッシュ法によるアンモニア生産の開始以来の課題である。

本研究は上記100年来の課題を解決するため、80%以上のNH₃収率を5 MPa未満の圧力で達成する不均一系触媒の創出を目的としている。これは150℃未満で高いNH₃合成活性をもつ不均一系触媒の創出を意味する。

【研究の方法】

本研究では新たに見出された強い電子供与能をもつ材料群と遷移金属で構成される触媒を基盤とし、下記の検討を通して目的を達成する。

1. 遷移金属を担持した種々の上記電子供与材料群の触媒作用と表面特性の関係を明らかにし、低い温度でのNH₃合成に有望な電子供与材料を選定する。
2. 選定した電子供与材料担持遷移金属触媒における電子供与性を2つの方法で増幅し、低い温度でのNH₃合成活性を大きく押し上げる。
3. 開発した触媒を加圧下(1~5 MPa)で性能評価することによって、目標達成の成否を判断し、より高性能な触媒の開発指針を得る。

【期待される成果と意義】

近年、「Wind to Ammonia」と呼ばれる新たなアンモニア製造プロセスが海外で注目されている(図1)。これは風力発電で水を電気分解し、生成した水素をハーバー・ボッシュ法によりアンモニアに変換する

プロセスであり、化石資源を使わずに持続的にアンモニアを生産する試みである。しかし、現時点で「Wind to Ammonia」の実現は極めて困難である。これは高温・高圧が不可欠な既存のハーバー・ボッシュ法を風力発電だけで稼働させるためである。メタン改質による水素製造とハーバー・ボッシュ法を組み合わせた既存のアンモニア製造商用プラントでは、豊富なスチームを綿密に利用することによってハーバー・ボッシュ法のエネルギー消費を極限まで低減させているが、スチームを使えない「Wind to Ammonia」ではハーバー・ボッシュ法で消費されるエネルギーは飛躍的に高くなる。本研究成果はこの化石資源を使わないアンモニア生産の実現に大きく貢献すると考えられる。

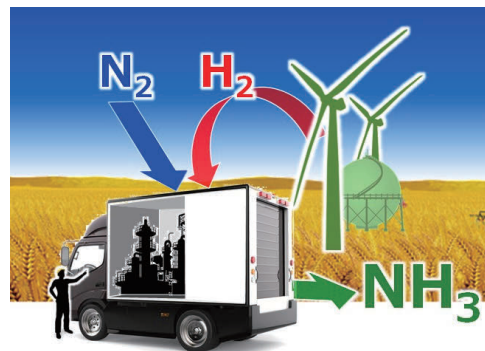


図1 Wind to Ammonia

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- Komanoya, T; Kinemura, T; Kita, Y; Kamata, K; Hara, M*, “Electronic Effect of Ruthenium Nanoparticles on Efficient Reductive Amination of Carbonyl Compounds”, *J. Am. Chem. Soc.*, **139**, 11493–11499, 2017.
- Hara, M*; Kitano, M; Hosono, H*, “Ru-Loaded C12A7:e Electride as a Catalyst for Ammonia Synthesis”, *ACS Catalysis*, **7**, 2312-2324, 2017.

【研究期間と研究経費】

平成30年度–34年度
146,600千円

【ホームページ等】

<http://www.msl.titech.ac.jp/~hara>
mhara@mas.titech.ac.jp