

1. 氏名	内藤 剛大
2. 所属機関	名古屋大学未来社会創造機構
3. 研究題目	電析法によるプロモーター形成を通じた新奇アンモニア合成触媒の開発
4. 研究の目的:	<p>アンモニアは肥料原料として人類の食糧生産を支えるのみならず、再生可能エネルギーを用いた持続可能型社会の構築に不可欠なエネルギーキャリアとしても期待されている。アンモニア生産において再生可能エネルギーとの親和性を高めるためには、小規模なグリーン水素製造装置への対応や、分散型の製造システム構築が有効である。この場合、既存の製造法よりも温和である低温・低圧条件下において高効率なアンモニア製造プロセスが好適に利用できる。このようなプロセス開発のボトルネックは温和条件での高効率なアンモニア合成触媒の開発にある(<i>Nat. Commun.</i>, 2022, <i>13</i>, 2382.など)。また、プロセスの持続可能性を高めるために非貴金属を用いることも重要である。</p> <p>そこで本研究は、非貴金属を対象とし、アンモニア合成触媒の調製には従来用いられてこなかった電気化学的手法である電析法の活用により、高性能な新奇アンモニア合成触媒を開発することを目的とする。特に、触媒の活性点を高活性にするうえで重要な役割を担う促進剤(プロモーター)を電析法により担持することで、全く新しい触媒の形成を目指した。</p>

5. 研究の内容(手法、経過、評価など。書ききれない場合には、同一様式のページを追加してください。):	<p>A. 電析セルの設計</p> <p>触媒担体となる粉末材料にプロモーターとなる元素を電析可能な電気化学セルの設計を実施した。電析中に発生する気泡により粉末材料が飛散し、電位を付与することが困難であることがセル設計上の最大の課題でありこの解決を試みた。</p> <p>B. 電析条件と触媒活性との相関調査</p> <p>プロモーター電析時の重要な変数となる電流密度と電析時間を種々に変更し様々な触媒を調製した。これらの触媒材料を用いてアンモニア合成反応を行い電析条件と触媒性能との相関について評価を実施した。</p> <p>C. 開発触媒のキャラクタリゼーション</p> <p>X線回折法により開発触媒の結晶構造を評価した。また、BET比表面積測定により触媒性能に大きく影響する比表面積を測定した。また、蛍光X線分析により、開発触媒中の元素存在比を定量評価した。これらの各種キャラクタリゼーションを通じて開発触媒の性能が発現する上で重要な要素に関する知見を得た。</p> <p>D. 電析材料の変更</p> <p>A-Cの知見を活用し、発展的な検討として電析の対象材料を変更した。変更した材料系に対し、B・Cと同様の検討を実施した。</p>
---	--

6. 研究の成果と結論、今後の課題:

A. 電析セルの設計

図 1 に示す電析セルを設計した。本研究では汎用性の高い水溶液を電解質として利用した。水溶液系では電析中に水電解反応が副反応として発生する。これにより、生成する酸素・水素ガスにより担体粉末が飛散してしまう。この飛散を防ぐために図 1 のようにイオン透過性のフィルターと枠のついた陽極間に粉末を敷き詰め、そこに電位を付与する構造を開発した。これにより粉末の飛散を防止しつつ電析することに成功した。

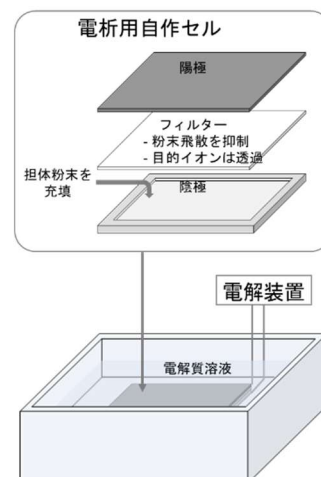


図 1. 開発した電析セル

B. 電析条件と触媒活性との相関調査

図 1 の電析セルを用いてプロモーター元素の電析による担体材料への担持を実施した。種々の電流密度・電析時間で触媒を調製し、アンモニア合成触媒性能を評価したところ、図2に示すように従来合成法で調製した非貴金属系のベンチマーク触媒の半分程度の性能を確認した。これにより性能としては従来合成法のものに劣るものの電析法によるプロモーターの担持が可能であることが確認された。

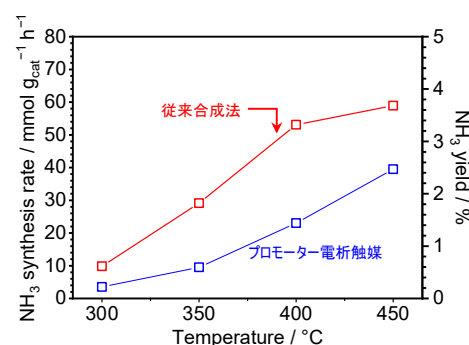


図2. プロモーター電析触媒の性能

C. 開発触媒のキャラクタリゼーション

X 線回折法により開発触媒の結晶構造を評価したところ活性金属のピークが見えその結晶子径は従来法のものと同等であることが分かった。また、BET 比表面積測定では従来のものよりも高い比表面積であることがわかった。これは、電析中の副反応である水電解反応により発生した気泡がプロモーターのモルフォロジーを変化させることに起因すると考えている。また、蛍光 X 線分析により、プロモーターの存在量を確認したところ従来法の半分以下であり、これが低い活性の主原因だと考えられた。今後は電析プロモーター量の増大を目指すことで性能向上を目指す。

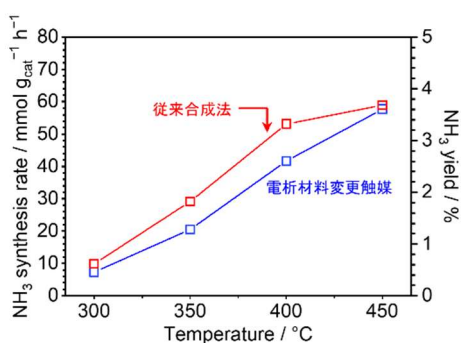


図3. 電析材料変更触媒の性能

D. 電析材料の変更

本調製法の適用可能性を検討するため、電析材料を変更した。この結果、図3に示すように従来合成法に肉薄する性能をもつ触媒の調整に成功した。未検討の電析条件が存在するため、今後はその検討や他材料の利用による性能向上を目指す。

7. 成果の価値

7.1_学術的価値:

アンモニア合成用の熱触媒材料を電気化学的に調製した際の知見を得た。本研究では電析条件と元素の電析効率や活性との相関に関する知見を得た。本研究の電析法を用いた熱触媒創製技術は汎用性も期待でき、環境触媒や有機合成触媒など他の触媒材料の触媒設計にも役立てることができる。

7.2_社会的価値:

アンモニアは肥料原料のみならず、エネルギーキャリアでもある。そこで、本研究により温和な条件で高効率にアンモニアを合成することで、再生可能エネルギーと接続した持続可能なアンモニア生産プロセスが構築できる。エネルギー利用に関わる問題は人類全体が抱えている問題であり、本研究により人類社会の持続可能性を高めることにつながる。また、エネルギー問題は政治・経済とも密接にかかわっており、人間社会全体への影響も大きい。

7.3_研究成果: