

2023 年度年次報告書  
地球環境と調和する物質変換の基盤科学の創成  
2022 年度採択研究代表者

小川 敬也

京都大学 大学院エネルギー科学研究科  
准教授

選択的 H<sup>+</sup>伝導膜に基づく NH<sub>3</sub> 電解合成の手法確立と経済性検証

## 研究成果の概要

アンモニアは人類にとって不可欠な人工窒素肥料として 100 年以上合成され続け、化学物質としては世界で 2 番目に生産量が多い。現状では化石資源から合成されており、人類全体の活動から排出される CO<sub>2</sub> の 1~2% を占めている。持続可能な社会に向けて、水や再生可能エネルギーから合成する必要がある。また、アンモニアは常温でも 10 気圧程度で液化し、エネルギー密度も高いことから、近年では石油代替燃料としても注目されている。再生可能エネルギー等から合成できれば、燃料としての利用の道も拓ける。しかし、現状の合成は 400~500 度、100 気圧以上の過酷条件で行われるため、この条件を達成するだけでも 30 時間程度かかり、経済性・エネルギーの観点から効率的な生産のためには恒常運転が必須である。時間変動の激しい再生可能エネルギーでのこの反応条件の維持は難しい。

本研究では、太陽光発電や風力発電の時間変動にも対応できる、常温常圧における効率的なアンモニア電解合成方法の確立を目的とする。電解合成において重要な構成材料として電解質と電極触媒があり、それらを接合させた膜電極接合体(MEA)を作成する。MEA に水を供給して電場をかけることで、水からプロトンを引き抜いて膜を通過させ、反対の電極側に供給する窒素と反応させてアンモニアを得る方式を採用する。この方式には致命的な欠点があり、副反応である水素が多く発生し、アンモニアを得ることが非常に難しい。これに対し、プロトンのみ選択的に伝導する電解質膜を作製することで、高活性触媒を利用できてかつ選択性の高いアンモニア電解合成手法の開発をコンセプトとする。

本期間では新たな電解質膜を合成し、それを用いた MEA の作成、並びにその MEA を用いたアンモニア電解合成を行った。現状、アンモニア合成速度の絶対値としては十分ではないものの、Nafion を用いた MEA に比べてコンセプト通りの結果を得られた。今後は膜、触媒、並びにそれらを用いた MEA 作成条件の最適化を行うことで、実用的なアンモニア合成速度を目指していく。並びに平行して経済性評価を行っていく。