

窒素分子の水素化反応のための Ba/Co/Carbon触媒の高分解能電子顕微鏡解析

High-resolution Electron Microscopic Analysis of Ba/Co/Carbon Catalysts for The Hydrogenation of N₂ Molecules

Keywords

Green Ammonia

Carbon Neutral

Carbon Framework

High Resolution STEM

Air-unexposed Analysis

ユーザー氏名 / User's Name

佐藤 勝俊¹, カニシカ デシルヴァ^{1,2}, 内藤 剛大¹, 永岡 勝俊¹ / Katsutoshi Sato¹, Kanishka De Silva^{1,2}, Takahiro Naito¹, Katsutoshi Nagaoka¹
(¹名古屋大学, ²豊田工業大学 / ¹Nagoya University, ²Toyota Technological Institute)

実施機関担当者 / Person in Charge of ARIM

鳥山 蒼亮, 山本 知一, 麻生 亮太郎, 村上 恭和 / Takaaki Toriyama, Tomokazu Yamamoto, Ryotaro Aso, Yasukazu Murakami
(九州大学 / Kyushu University)

概要 / Overview

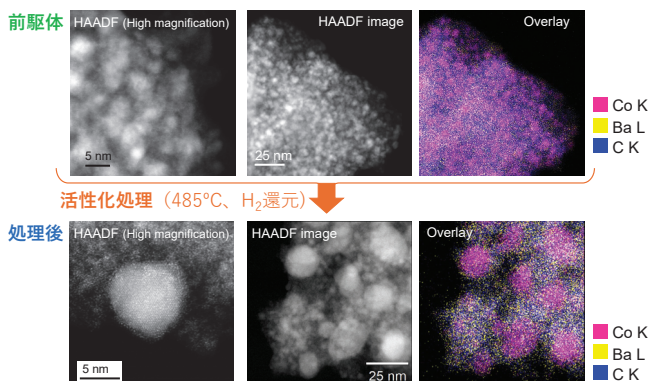
カーボンフリーな燃料として期待されるアンモニアは、触媒を用いた窒素分子の水素化反応によって合成される。将来的な需要、製造設備の増加に 대응するためには、安価な材料で構成された、製造やハンドリングが容易で、高活性を示す新触媒が必要である。課題申請者(名大・佐藤等)は、活性金属(コバルト: Co)と、助触媒(バリウム: Ba)を炭素フレームに同時に挿入することで、従来の触媒に比べて極めて高いアンモニア合成活性を示す新触媒(Ba/Co/Carbon)を開発した。汎用のTEM/STEM観察とは異なり、大気暴露に伴う試料変質を抑えた特殊な電顕観察をARIM九大ハブの支援で実施した結果、Baが理想的な化学状態で炭素フレーム内に分散されることでCoに対して効果的な促進作用をおよぼす機構が、精緻な微細構造解析を通して実証された。独国科学誌*Adv. Energy Mater.*の表紙を飾る成果。To meet future NH₃ demand, new catalysts that are composed of inexpensive materials, easy to manufacture and handle, and exhibit high activity are required. We have developed the Ba/Co/Carbon catalyst having high NH₃ synthesis activity, by simultaneously incorporating the active metal (Co) and the promoter (Ba) into a carbon framework. Through analysis under non-air-exposure conditions using JEM-ARM200CF, we revealed that this catalyst possesses a unique active site structure in which Ba is dispersed within the carbon framework in an ideal chemical state, thereby effectively exerting a promoting effect on Co.

触媒の開発と活性点の高分解能解析

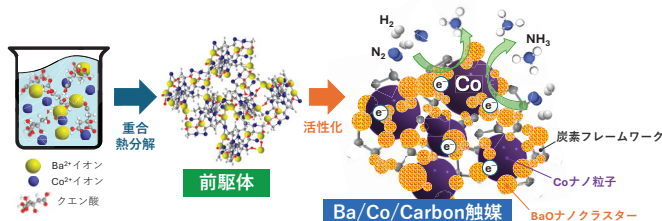
Catalyst Development and High-Resolution TEM Observation

新規触媒調製法と活性点構造

錯体重合と熱分解を組み合わせた新しい触媒調製法を開発。活性化処理前の前駆体の内部にはBaとCoが微細な状態で分散しており、活性化処理することで、酸化Baの微細な粒子がCoのナノ粒子を覆った構造が炭素フレーム中に構築される様子を解明。



Baが理想的な化学状態、配置で分布することで、Coの表面に電子を供与し、律速段階(N₂分子の解離)を促進、触媒活性を向上。



触媒調製法と活性点構造の模式図

文献: K. K. H. De Silva et al., *Adv. Energy Mater.* 2024, 2404030

謝辞: 文部科学省マテリアル先端リサーチインフラ事業 (JPMXP1223KU0012, JPMXP1224KU0019)、NEDOグリーンノベーション基金事業 (JPNP21012)、JST創発的研究支援事業 (JPMJFR223N)

ARIMによる技術支援

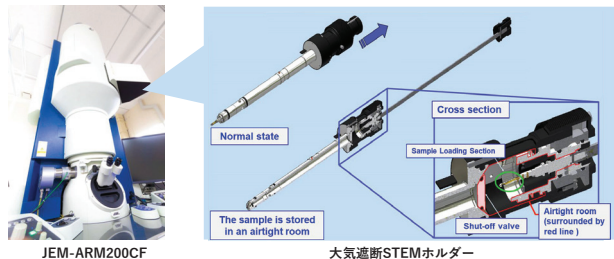
Technical Support by ARIM

広電圧超高感度原子分解能電子顕微鏡(JEM-ARM200CF)

低加速電圧(120 kV)での原子分解能観察、高感度EDS検出器による高速元素マップ収集が可能。電子線照射の影響が大きな炭素材料を、ダメージを最小限に抑えながら高分解能解析。

大気非暴露解析

グローブボックスから電顕まで、大気非暴露のまま触媒試料を搬入。汎用的な電顕観察で問題となる試料変質を抑制。

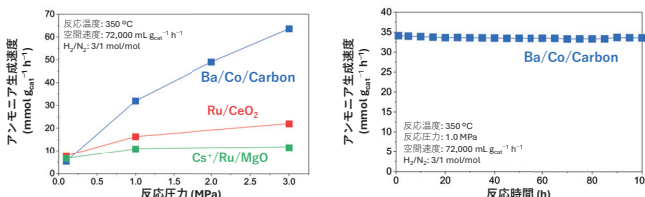


触媒性能評価

Evaluation of The Catalyst

開発触媒(Ba/Co/Carbon)の活性と安定性

従来に比べて温和な条件(<400 °C、<10 MPa)で既報の触媒を凌駕するアンモニア合成活性を發揮。高活性を長時間維持。



Ba/Co/Carbon触媒のアンモニア合成活性と長期安定性

CONTACT

