

トピックス

ありふれたケイ素化合物の アニオン欠陥サイトで窒素分子を活性化

東京科学大学総合研究院元素戦略 MDX 研究センターの北野政明教授、細野秀雄特命教授らの研究グループは、ケイ酸塩化合物の一種であるケイ酸バリウム (Ba_3SiO_5) 内の酸素の一部をヒドライドイオン (H^-) および窒化物イオン (N^{3-}) に置き換えた新物質「 $\text{Ba}_3\text{SiO}_{5-x}\text{N}_x\text{H}_x$ 」の合成に成功した。さらにこの新物質が遷移元素を全く含んでいないにもかかわらず、窒素分子を活性化しアンモニアを合成する触媒として機能することを発見した。

水素キャリアとして近年注目されているアンモニアの低温・低圧下での合成が注目されており、世界中で触媒開発が行われている。アンモニア合成では、原料ガスの窒素分子の活性化が重要で、窒素と結合を形成しやすい遷移金属を活性成分に含めることが、触媒設計として必須であった。

この新物質「 $\text{Ba}_3\text{SiO}_{5-x}\text{N}_x\text{H}_x$ 」は、結晶格子中の H^- および N^{3-} が比較的低温で脱離し、欠陥サイトが形成されそこに電子が捕捉される。欠陥が生成した材料を窒素および水素ガス雰囲気中で加熱すると、アニオン欠陥に捕捉された電子が窒素および水素分子を効率良く活性化し、窒素分子も水素分子も結合が切断され最終的に、格子 H^- および N^{3-} が再生される。このように $\text{Ba}_3\text{SiO}_{5-x}\text{N}_x\text{H}_x$ は、アニオン欠陥サイトの形成および格子 H^- および N^{3-} の再生を繰り返しながらアンモニアを合成していることが示唆された(図)。このアニオン欠陥の役割により、遷移金属サイトが無くてもアンモニア合成反応を促進でき、遷移金属触媒の中で最も高活性なルテチウム触媒よりも高いアンモニア合成活性を示すことも明らかとなった。一方、同じ結晶構造を有する Ba_3SiO_5 は、まったくアンモニア合成活性を示さない。

ケイ酸塩化合物は、地球上で最も多く存在する鉱物であり、これまで触媒として考えられていなかった元素の組み合わせでも高性能触媒を実現できることを示す成果であるといえる。

本研究成果は、2025 年 2 月 17 日に英国科学誌「*Nature Chemistry*」に掲載された。(DOI:

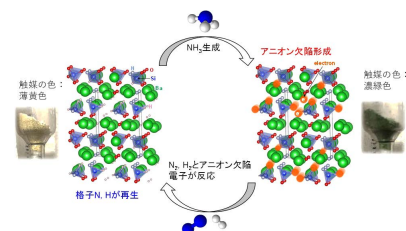


図 $\text{Ba}_3\text{SiO}_{5-x}\text{N}_x\text{H}_x$ 触媒のアンモニア合成反応における作動原理

10.1038/s41557-025-01737-8)

東京科学大学総合研究院元素戦略 MDX 研究センター、教授、北野政明

東京科学大学総合研究院元素戦略 MDX 研究センター、特命教授、細野秀雄

〒226-8501 神奈川県横浜市緑区長津田町4259

E-mail : kitano.m@mdxes.iir.isct.ac.jp

URL : <https://www.mces.titech.ac.jp/authors/kitano/>

[2025 年 4 月 10 日]

トピックス欄 ニュース性のある技術的記事募集

1. はじめに

「トピックス」欄は、新聞・論文・学会等でのセラミックスに関する最新情報をピックアップし、大学・企業等の研究者や、セラミックス関連各社(所)から記事をご寄稿いただき、本誌に掲載しているものです。なお、下記に基づき、会員の皆様からの投稿も受け付けております。

2. 投稿資格

ご執筆者本人が、本会の会員(特別会員所属の方も含みます)に限ります。

3. 締切

毎月 10 日

4. 文字数

1000 字以内(図または写真を 1 枚掲載することも可能ですが、原則として掲載時には縮小されます)。

5. 原稿執筆要領

原稿は、WORD 等でご作成ください。

なお、原稿は、貴社(所・学)のテクニカルニュースレター等を基として技術広報のお立場でお書きくださって結構ですが、当方の学術団体としての性格上、下記の点についてご配慮ください。

- 標題には、会社名や商品名ではなく、一般用語を使ったタイトルとしてください。会社名や商品名は文中に 1 回程度で記述してください。
- あくまでも、貴社(所・学)や商品の宣伝ではなく、「技術的ニュース」としてのスタンスで、技術的内容の説明にポイントを置いた記事としてください。
- 原稿の末尾に「貴社(所・学)名(大学等の個人の場合には、お名前・所属)、原稿到着日」を掲載いたします。希望される場合は連絡先の所在地、E-mail も掲載しますので、原稿末尾に「連絡先」として記載

してください。

※また、参考のため、ご投稿いただいたテーマについて新聞発表等が行われている場合、その「新聞名、掲載日」等をメール本文にお書き添えください。

※過去の当該記事 PDF を当協会ホームページに掲載しておりますので、ご参照ください(URL は一番下に掲載しております)。

6. 原稿提出先

下記宛にメール添付でお送りください。その際、メールの件名には「トピックス投稿 ニュース」とご記載ください。

★提出先 E-mail : bull@ceramic.or.jp

7. 採否

ご投稿いただいた原稿は、編集委員会にて掲載の採否を検討いたします。場合によっては、掲載を見合わせる場合もございますので、ご承知おきください。採否いずれの場合にも結果を E-mail 等でご連絡いたします。

8. 採択後

ご投稿いただいた内容を編集部の方で誌面掲載用に組み直した校正ゲラをお送りしますので、ご確認のほどよろしくお願いいたします。なお、掲載号は、原則として、締切日の翌々月号となりますが、場合によっては 1 ヶ月順延することもあります。

9. 原稿料

本件に関する原稿料はございません。

10. 協会ホームページへの掲載

掲載誌発行と同時に下記協会ホームページでも記事 PDF を掲載いたしますので、あらかじめご了承ください。

★日本セラミックス協会 セラミックス誌 トピックス掲載ページ

<https://www.ceramic.or.jp/pub/topics.html>