

窒素の処理方法、窒素原子含有 材料の製造方法及び混合物

京都大学大学院エネルギー科学研究科
エネルギー社会・環境科学専攻
特定助教 小川 敬也

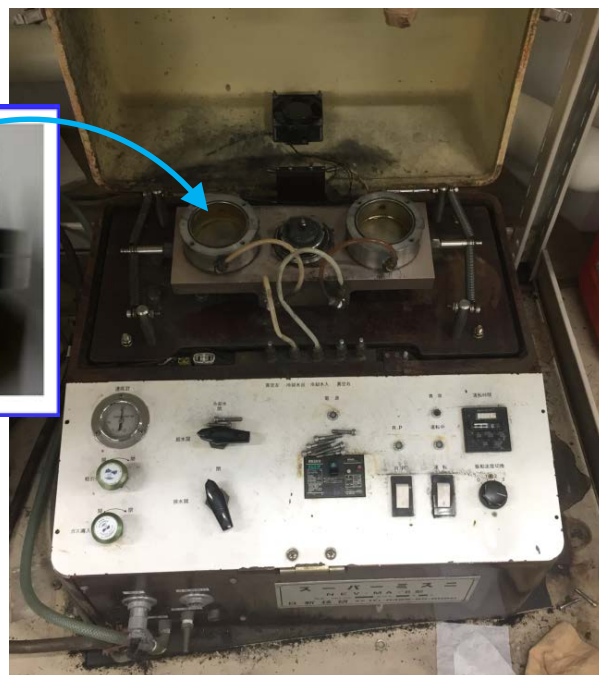
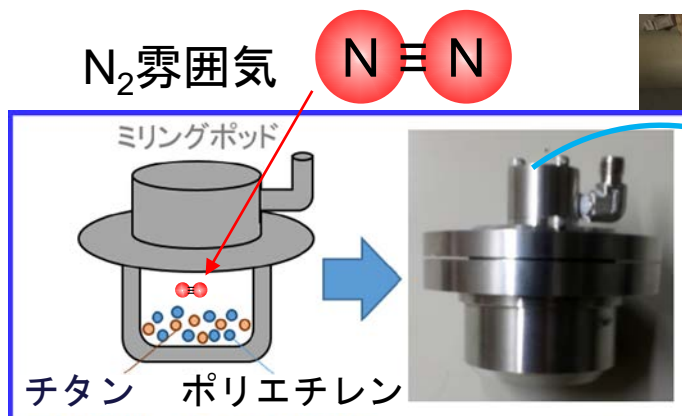
令和2年7月21日

従来のアンモニア合成法の問題点

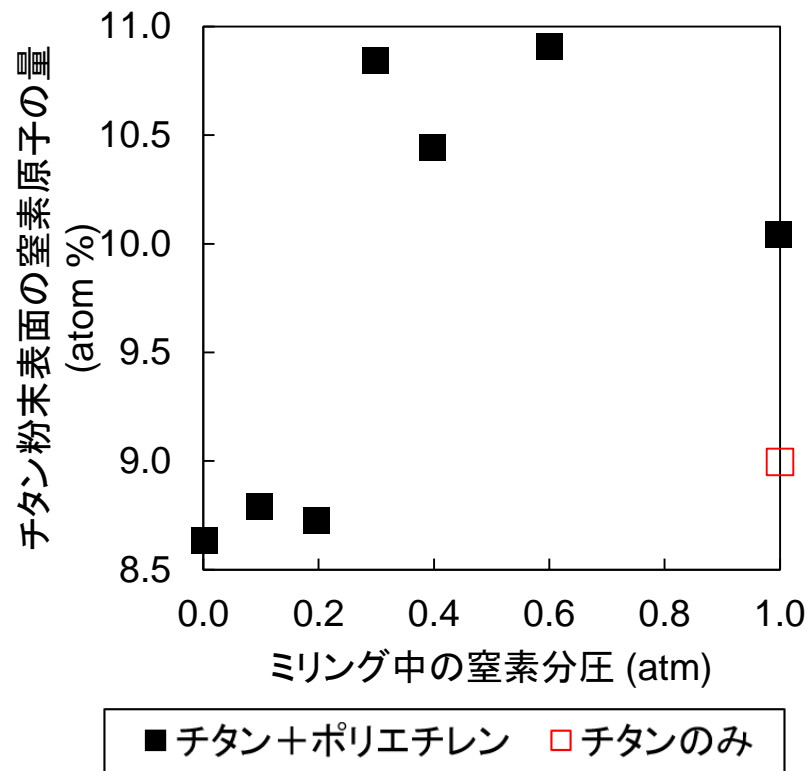
- アンモニアは5兆円の市場規模(2016年)。2025年には8兆円との予測有
<https://www.coherentmarketinsights.com/press-release/ammonia-market-to-surpass-us-7228-billion-by-2025-1121>
- アンモニアの使用用途
 - 人工肥料として必要不可欠: アンモニアが全ての窒素源の出発物質
→ 今後の人口増加に合わせて需要が増える見込み
 - 水素エネルギーキャリアとして有望: 高いエネルギー密度。容易に液化可能。
- 既往のアンモニア合成法: ハーバーボッシュ法
 - 高温高压条件が必要で、それに耐える頑強なプラントが必要
 - コスト的に大規模での一極集中での生産・各地に分配するビジネスモデル
 - 運輸インフラの整わないサブサハラ地域等では不足。食料高騰・飢饉を招く
 - 時間変動が激しく、分散して薄いといった特徴を持つ再生可能エネルギーでは、高温高压条件は達成・維持が難しく、効率的に合成できない
- 温和な条件・再生可能エネルギーを利用したアンモニア合成
 - アンモニアの電気化学合成が候補。温和な条件のアンモニア合成が可能であり、水を水素源とできる。しかしアンモニア発生よりも水素発生が原理的に優位で、非常に低い選択性。ほとんどが水素となってしまう、アンモニアが合成できない。

新技術の内容：振動によるアンモニア合成

アンモニア合成の律速段階である窒素解離を常温常圧、簡便な装置と材料で成功



ミリング装置で振動を与える
(常温)



- ポリエチレンとチタン粉末を混ぜて、常温常圧において振動
 - PE 2g, Ti: 16g, 12h, 725 rpm, N₂ 1 atm, RT
- 窒素分圧 0.3 atm以上で、チタン粉末表面が窒化 ← ポッド中のN₂が関与
- ポリエチレンが無いと、表面が窒化しない ← ポリエチレンに何らかの役割

アンモニアの検出

- NH_3 合成装置の反応炉にミリング後のチタン + ポリエチレン粉末1gを封入
- H_2 のみ流して400°Cまで加熱

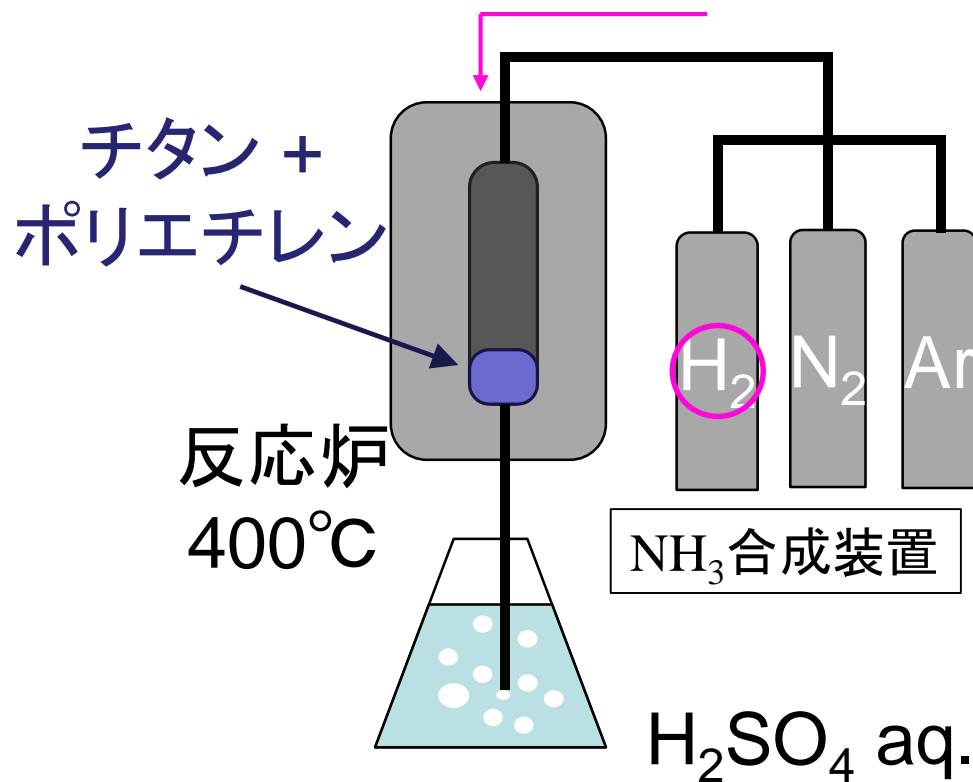
→ 6 μmol の NH_3 の検出

- NH_3 回収後の粉末に同じ試験をしても同じ結果。繰り返し利用可能。

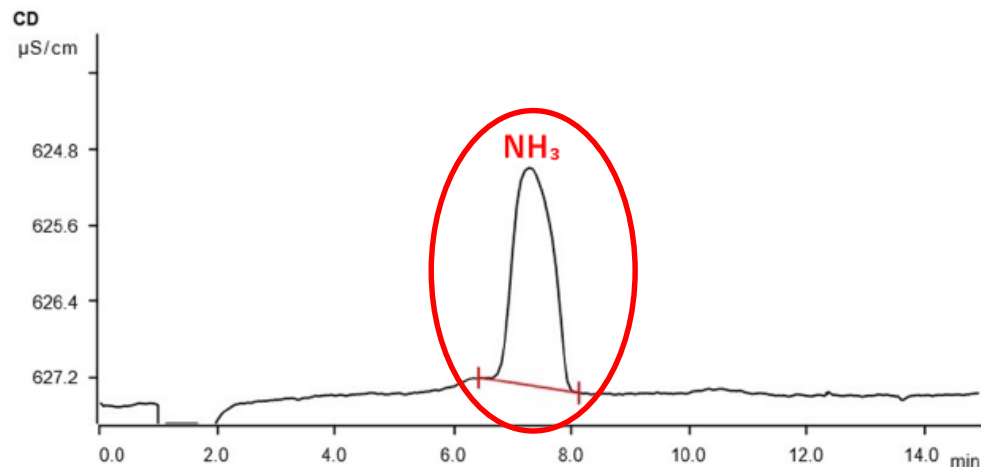
- 「ミリングしていないチタン単体」に N_2 と H_2 を流す

→ NH_3 は検出されない(400°Cでのチタンでは $\text{N}\equiv\text{N}$ 結合を切れない)

→ プラスチックとの振動によって $\text{N}\equiv\text{N}$ 結合解離が促進された



NH_3 の検出(イオンクロマトグラフィ)



新技術の特徴・従来技術との比較

- アンモニア合成の律速段階である窒素解離を常温常圧、簡便な装置と材料での合成に成功
- 窒素雰囲気下でプラスチックと金属の粉末に振動を加えると金属表面に窒素が付着することが判明
- 振動後の金属に高温の水素を吹き込むとアンモニアが発生
- (水素を吹き込む条件を温和化させる必要はあるが)重要な窒素解離は常温常圧なので、反応条件の維持が必要無い
- 風力等の機械的エネルギーを、電気に変換せずにそのままアンモニアへ変換
- 必要なのは振動を与えるだけの簡便な装置
- 材料がプラスチックと金属の粉末だけ

想定される用途

- 太陽熱・風力・小水力等の回転エネルギーを、発電を介さずに効率的かつ安価な方法でのアンモニアとして蓄エネルギー
- 運輸インフラの届かない奥地に設置し、水車等の機械的エネルギーをアンモニア肥料へ変換し、田畑へ供給

実用化に向けた課題

- なぜ窒素解離が起こるかが未解決
- 現在の仮説はプラスチックと金属粉末の摩擦による静電気
- どのような振動エネルギーが効果的かの検証
- 最適なプラスチック・金属の組合せの解明
- 水素を吹き込む条件の温和化

企業への期待

- 水素を吹き込む反応条件の温和化に向けた、条件最適化を検証するための資金を希望。
- 振動エネルギーの与え方を様々持つ企業 or 振動中の静電気量測定ノウハウを持つ企業であれば共同研究を希望。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 窒素の処理方法、窒素原子含有材料の製造方法及び混合物
- 出願番号 : 特願2020-044780
- 出願人 : 京都大学
- 発明者 : 小川敬也、石原慶一、奥村英之、磯野航也

お問い合わせ先

国立大学法人京都大学内
株式会社TLO京都
京大事業部門 技術移転チーム

TEL 075-753-9150

FAX 075-753-9169

e-mail event@tlo-kyoto.co.jp