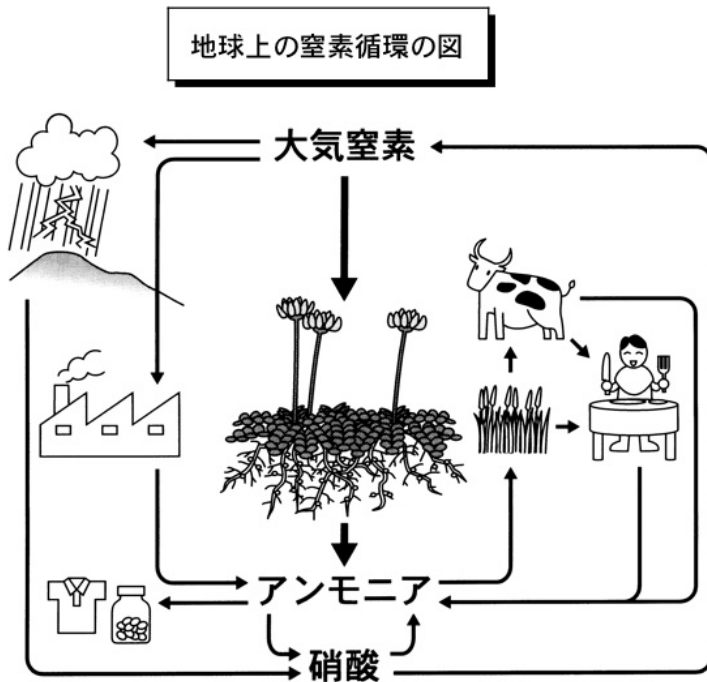


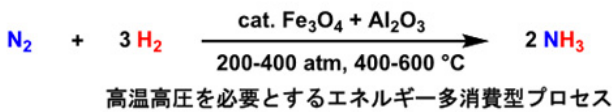
ある窒素は、生物にとって必須元素の1つとなっています。空気中には約80%もの窒素が含まれているのですが、生物は空気中の窒素を直接利用することができません。植物は土壌中のアンモニアや窒素化合物を根から吸収して有機化合物を合成し、動物はその植物を食べて窒素を取り入れて体内で化合物に変換します。ちなみに、マメ科の植物は共生している根粒菌の働きで窒素をアンモニアに変換することが可能です。このように、空気中の不活性な窒素を、反応しやすい窒素化合物に変換することを窒素固定と言います。

20世紀初頭、ハーバー・ボッシュ法というアンモニア合成手法が発明されて、化学肥料（窒素肥料）を十分に供給できるようになると、世界の食料生産能力は急増しました。20世紀最大の発明の1つと言われるハーバー・ボッシュ法はある意味完成された手法なのですが、最大の問題点は多大なエネルギーを消費するという点にあります。ハーバー・ボッシュ法では、鉄系の触媒を使い、高温高压の条件下で窒素と水素を反応させます。高温高压にするために多くのエネルギーが必要なだけでなく、化石燃料から水素を取り出すためにもエネルギーが必要です。人類が消費している全エネルギーの数パーセントは、ハーバー・ボッシュ法に使われているとも言われます。エネルギー消費の少ない常温常圧でアンモニアを合成する手法は化学者が絶対取り組まないといけない重要課題の1つであり、今までにもさまざまな取り組みがなされてきました。

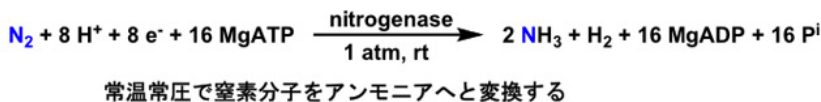


空気中の窒素は、根粒菌によってアンモニアに変換（窒素固定）され、植物に吸収される。動物は食物を体内に取り入れて、タンパク質などを合成する。

工業的なアンモニア合成法（ハーバー・ボッシュ法）



生体内酵素ニトロゲナーゼによるアンモニア合成法



ハーバー・ボッシュ法は多大なエネルギーを必要とする。これに対して、根粒菌の酵素、ニトロゲナーゼは常温常圧でアンモニアを合成できる。

スポンサーリンク

Ads by Google

液肥で、肥料代は安くなる - www.amino3.jp
肥料代で悩む農家6000戸が選んだ肥料 日本農業新聞でも報道！無料お試し中

テーマ

ロボット バイオニクス 軍事・対テロ Wiredが見た日本 宇宙・航空 自動車 ゲーム・仮想世界 ガジェット Mac & Apple デジタル音楽

Ads by AMN

ATOK 2011 の 5 つの進化と人がすべき仕事の変化

アジャイルメディア タイアップ レビュー

Agile Media Network

和の代償 - 書評 - 日本はなぜ世界でいちばん人気があるのか :2日前

FPN 肌で感じるデータだけが役に立つのか? :15ヶ月前

WB 「ソール・ド・ランカウイ2011」観戦（後編） :5日前

99,800円
デル株式会社 Inspiron One 2205
DELLオンラインストア(個人のお客様)

249,980円
デル株式会社 Alienware Area-51
DELLオンラインストア(個人のお客様)

79,980円
デル株式会社 XPS 14
DELLオンラインストア(個人のお客様)

スマートな都市 - IBM.com

都市の未来を賢く描く。IBMはその実現をお手伝いします。

環境微生物の定量ならJ-Bio - www.j-bio21.co.jp

最新の遺伝子解析法で、土壌浄化、水処理現場の微生物を正確に定量！



フィードを登録する 環境 サイエンス・テクノロジー

前の記事

次の記事

山路達也の「エコ技術研究者に訊く」

プロフィール



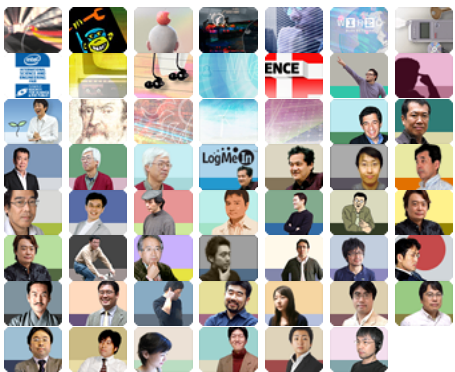
1970年生まれ。雑誌編集者を経て、フリーの編集者・ライターとして独立。ネットカルチャー・IT・環境系解説記事などで活動中。『進化するケータイの科学』、『弾言』（小飼弾氏との共著、アスペクト）、『マグネシウム文明論』（矢部孝教授との共著、PHP新書）など。ブログは、[こちら](#)。

過去の記事

- 臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる (3) 2011年1月28日
- 臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる (2) 2011年1月28日
- 臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる (1) 2011年1月28日
- 電力消費なし、レアアースなしの、超高密度ハードディスクが実現できる？ (3) 2010年12月24日
- 電力消費なし、レアアースなしの、超高密度ハードディスクが実現できる？ (2) 2010年12月24日

月間アーカイブ 月を選択

ブロガー一覧



CONDÉ NAST DIGITAL

blog chart.jp Every blog is special. **ブログの特徴が一目でわかる**
ブログチャート

山路達也の「エコ技術研究者に訊く」

地球と我々の未来の行方を左右するかもしれない、環境系技術研究の現場を訪ねる。

臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる (2)

2011年1月28日

環境 サイエンス・テクノロジー

フィード | [トラックバック \(0\)](#) | コメント:    

硝酸カルシウムは園商産業 - ケミカル原料、肥料用途など 結晶・溶液品に対応します。
www.ensho-sangyo.co.jp/

Ads by Google

< 2/3 >

常温常圧でのアンモニア合成手法を求めて

— どういう取り組みがなされてきたのでしょうか？

1960年代に、ルテニウムと窒素分子を組み合わせた窒素錯体（金属と非金属が結合した化合物）が合成され、70年代にはモリブデンやタングステンの窒素錯体を使ってアンモニアを合成する手法が開発されました。これらの金属錯体を硫酸などの無機酸と反応させることで、常温常圧でアンモニアを合成できることが確認されました。

しかし、これらの金属錯体を使った方法は化学量論反応、つまり材料となる金属錯体は一度使ったら元には戻らないため、大量生産のプロセスにはできません。

1998年、私が助手として在籍していた東京大学 干綱眞信教授の研究室では、窒素とタングステンの錯体と、それに水素とルテニウムの錯体、つまりハーバー・ボッシュ法の組み合わせである小分子を別々に活性化させて反応させ、常温常圧でアンモニアを合成しました。この成果は「Science」にも掲載されるほどのインパクトがありました。

— 錯体を作るにもエネルギーは必要になりますよね？

もちろん、錯体を作るためには手間はかかりますが、錯体自体は常温常圧で作れますから、エネルギー消費はそれほど大きくはありません。問題は、この反応もやはり化学量論反応だということ。金属に配位した窒素分子と水素分子しか反応せず、反応が終わるとルテニウムとタングステンは別の錯体になるため、1回反応が起こったらそれで終わりなのです。

2004年には、当時私が在籍していた京都大学植村研究室と吉田善一名誉教授らのグループで共同研究が行われました。サッカーボール状の構造を持った炭素の同素体C₆₀フラーレンを糖の一種で包んだ「フラーレン超分子錯体」を作り、これと窒素分子に光を当てることで、常温常圧でのアンモニア合成を実現したのです。この手法は金属をまったく使わず、炭素と水素、酸素でできた化合物からアンモニアを合成する最初の例となり、「Nature」に掲載されました。ただし、これもやはり1回だけの化学量論反応です。

— 繰り返し使えるプロセスにする必要があると。

そうです。触媒を使ってサイクルを回し、窒素分子を何回でもアンモニアにする方法を開発する必要があります。今までの成果をベースとして2005年から研究を始め、ようやく形になったのが今回の手法というわけです。今回は、ピンサー配位子---ピンサーというのは挟み込むという意味ですが、このピンサー型配位子を使ったモリブデンの窒素錯体を用いると、触媒サイクルが何回か回る反応が見つかったのです。

検索

- フィード
- メールサービス
- ツイッター

📅 **カレンダーアプリの決定版『Week』**
 iPhoneにデフォルトで搭載されているカレンダー...
 📱 **OKWave 新着質問 (コミュニティ)**
 conecoクララ - 新着レビュー
 📰 **GLOBIS.jp - 新着記事**
 LH質問箱「なぜChromeはGmailをChromeにGmail用デスクトップ通...
 PR: 消費者ローンの最新みみより
 Googleで有用な検索結果は本当に「LinkedIn」のつながりをカラー
 PR: 次世代のクリック保証広告で先週 (1/23~1/29) の気になるコ
 1つのブラウザを2つの設定で使い

- 最新ニュース
- 🇪🇬 禁止後もエジプトを報道するアルジャジーラ
 - 🇯🇵 Amazon: 「類似パスワードでもログイン可能」問題
 - 🏈 「サッカーの微妙なゴール判定」を技術で解消へ
 - 🇺🇸 「自由なネット」で親米政権が弱体化: 米国の矛盾
 - 🇪🇬 エジプトのネット完全遮断: その詳細
 - 🇯🇵 「新年メールで自爆」した、自爆テロ未遂犯人
 - 🧠 映画と夢: 『インセプション』の神経科学
 - 🤖 「ターミネーター」ロボットハンド(動画)
 - 🇯🇵 「ネット海賊」の実態調査
 - 🇬🇧 英国製のクールなハンドセット『モシモシ04』



“気になる”がつながるコミュニティ → **関心空間**

nikkeiBPnet ヘッドライン

ドコモの次世代高速モバイル通信サービス「Xi (クロッシィ)」を試す! **WiMAXに慣れた身...**
 田原総一郎: 「不条理」と演説している場合ではない

—窒素を供給すればアンモニアができるということですか。しかし、それでは水素はどこから供給するのでしょうか？

もちろん、この窒素錯体に水素は使われていませんから、何らかの水素源を使わなければなりません。そのために用いたのはピリジンの共役酸（ピリジン誘導体）ですが、これはあくまでとりあえずの水素代替物です。

—別の物質を水素供給源にすることもできると。

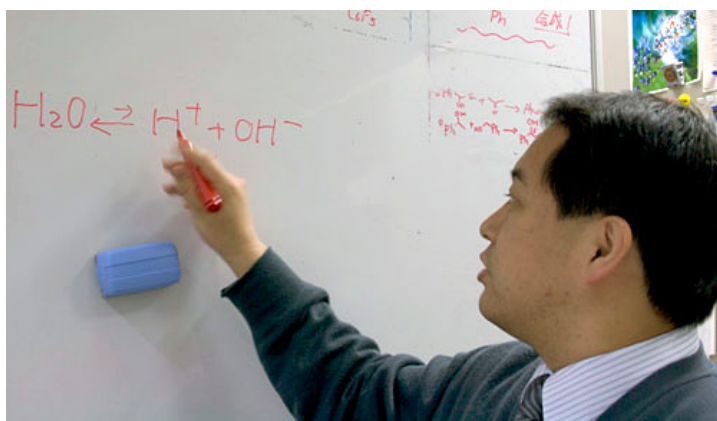
最終的には、水を使いたいと考えています。

—電気分解して、水から水素を取り出すということですか？

いえ、そうではありません。水は H_2O で表されますが、 H^+ （水素イオン／プロトン）、 OH^- （水酸化イオン）の形で存在しています。プロトンを使うと、平衡状態を維持するために H_2O からプロトンが自然と供給されますから、電気分解する必要はありません。

—つまり、気体の水素 H_2 を使うのではなく、あくまでプロトンの供給源として水を使うということなんでしょうね。

そうなります。今も、プロトン供給源として水を使う研究を進めています。まだ成功していません。次のブレークスルーは水をプロトン供給源として使えるようにすることでしょう。



今回の研究成果を説明する西林仁昭准教授。

根粒菌の反応にヒントを得る

—錯体にはモリブデンが使われていますが、なぜこの金属でなければならないのでしょうか？

窒素固定を行う、ニトロゲナーゼという酵素があります。レンゲソウなどマメ科の植物の根には根粒菌が存在していますが、その持っている酵素がニトロゲナーゼです。最近の研究により、ニトロゲナーゼの詳細な構造がわかってきました。ニトロゲナーゼは、硫黄で架橋（橋かけ）した鉄やモリブデンからなる多角錯体構造を持っているのです。窒素分子をどうやって変換しているのか詳しいことはまだわかっていないのですが、モリブデンあるいは鉄が鍵になっているらしい。

—これまでの研究で、モリブデンやそれと同族のタングステンを使っていたというのは、根粒菌で行われている反応を真似しようということから始まっているんですね。

そうですね、ニトロゲナーゼの働きをモデル化して、それを人工的に再現するというのが、発想の根幹にあります。

—モリブデンはレアメタルですね。

はい、レアメタルなのでそこは課題ですね。ただ、レアメタルの問題は"工業製品"として使われている場合に物質を回収できないことにあります。"工業プロセス"で使う場合は工場から外に出て行くわけではないので、反応が終わったら回収できるんですよ。もちろん、鉄のように安い金属を使えるのならそれが一番ですが、工業製品の材料として使われて世の中に出ていくわけではないので、それほど大きな問題ではないと考えています。

財部誠一：中国上海で活躍する日本人若手経営者、その成功の秘訣とは

猪瀬直樹：地下鉄内通信、年内実現へスピード合意

田原総一郎：与謝野氏起用はヒット、仙谷氏は「裏」担当

テーマ

ロボット バイオニクス 軍事・対テロ Wiredが見た日本 宇宙・航空 自動車 ゲーム・仮想世界 ガジェット Mac & Apple デジタル音楽

Ads by AMN

- 『副業のスズメ』セミナー
ムリのない「ダブルキャリア」で「プチ稼ぎ」す...
- コメディドラマでEnglish
《デアゴスティーニ》1日15分でネイティブみ...
- 独立開業 整体資格を取ろう！
激安・短期間で整体資格が取れます。通信・通学...

Agile Media Network

火 東京大学で「組織を変えるIT技術」という講義をしてきました
:5日前

G Geekなページ：エジプトがインターネットから抜けた？
:3日前

On Off Walmart.comで求人（勤務地はサンフランシスコの少し南）
:18日前

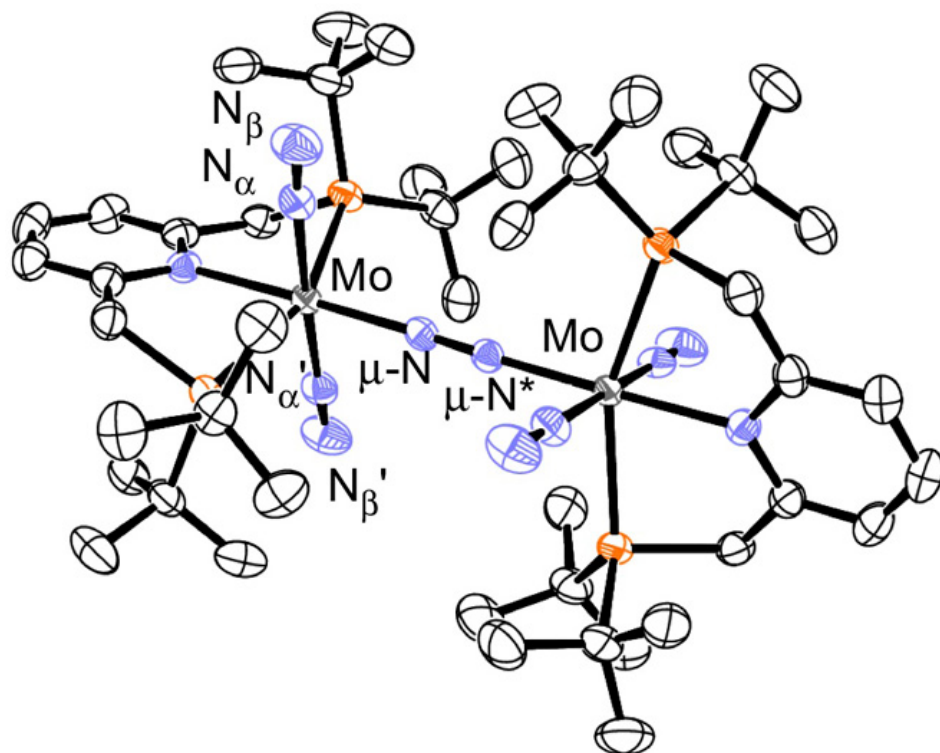
20,790円
【プレスサーモダウン】RGスーパーライトウエイトジャケット
ミズノ公式通販

20,790円
【プレスサーモダウン】RGスーパーライトウエイトジャケット（・・・）
ミズノ公式通販

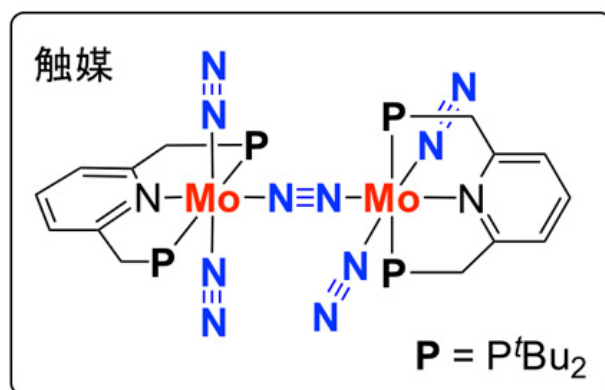
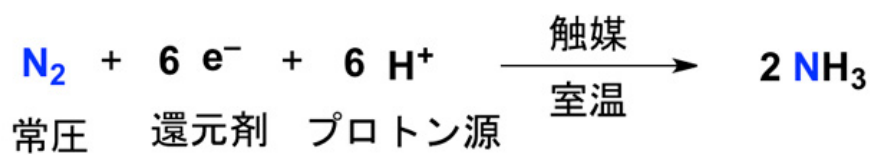
13,083円
【プレスサーモダウン】RGミドルウエイトジャケット（レディース）
ミズノ公式通販

—今回開発されたモリブデンを使った触媒は、何回も繰り返して使えるのでしょうか？

いえ、今回の発表はあくまでも学術的な成果であり、そこまですまは行っていません。将来の工業プロセス化につながると思いますが、そのためにはまだ色々な研究が必要になるでしょう。



今回の反応に使用した錯体の構造。



K. Arashiba, Y. Miyake, Y. Nishibayashi, *Nature Chemistry*, in press.

今回開発に成功した常温常圧の窒素ガスからのアンモニア合成反応。ピンサー配位子を有するモリブデン窒素錯体を触媒として、窒素ガスと還元剤及びプロトン源（水素源）を用いてアンモニアを合成している。

< 2/3 >

スポンサーリンク

Ads by Google

水素水の専門。全国対応通販。 - www.kasseisuiso.net/
おいしい水素水は自宅で簡単に作れます。 飲用浴用水素が激安 送料 代引手数料無料

[高出力のマイクロ波合成](http://www.anton-paar.com) - www.anton-paar.com

様々なローターでニーズに対応 1Lまで直接スケールアップ可能

[重水素ランプ](http://www.heraeus.co.jp/) - www.heraeus.co.jp/

世界最大手D2ランプメーカー 重水素ランプならヘレウス



[フィードを登録する](#) [環境](#) [サイエンス・テクノロジー](#)

前の記事

次の記事

山路達也の「エコ技術研究者に訊く」

プロフィール



1970年生まれ。雑誌編集者を経て、フリーの編集者・ライターとして独立。ネットカルチャー・IT・環境系解説記事などで活動中。『進化するケータイの科学』、『弾言』（小銅弾氏との共著、アスペクト）、『マグネシウム文明論』（矢部孝教授との共著、PHP新書）など。ブログは、[こちら](#)。

過去の記事

[臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる \(3\)](#) 2011年1月28日

[臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる \(2\)](#) 2011年1月28日

[臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる \(1\)](#) 2011年1月28日

[電力消費なし、レアアースなしの、超高密度ハードディスクが実現できる? \(3\)](#) 2010年12月24日

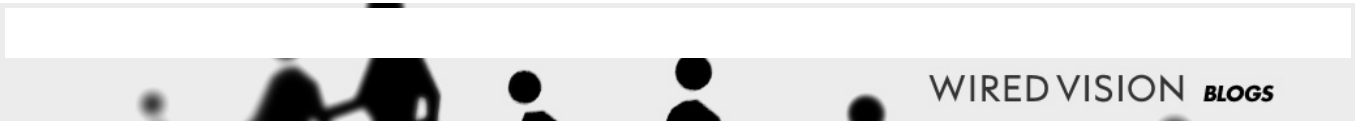
[電力消費なし、レアアースなしの、超高密度ハードディスクが実現できる? \(2\)](#) 2010年12月24日

月間アーカイブ

ブローガー一覧



CONDÉ NAST DIGITAL



blog chart.jp Every blog is special. **ブログの特徴が一目でわかる**
ブログチャート

山路達也の「**エコ技術研究者に訊く**」
 地球と我々の未来の行方を左右するかもしれない、環境系技術研究の現場を訪ねる。

臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる (3)

2011年1月28日

環境 サイエンス・テクノロジー フィード [トラッキングバック \(0\)](#) コメント: [G+](#) [Dribbble](#) [Twitter](#) [Facebook](#)

ロータリー熱エンジン - 80°Cから200°Cの廃熱を効率的に 電気エネルギーに変換
www.davinci-mode.co.jp/ Ads by Google

アンモニアをベースにした社会を目指す

—現在、アンモニアは主に窒素肥料の材料として使われているわけですが、燃料としても使える可能性があるかと主張されていますね。

これは僕らだけの主張ではなく、燃料としてのアンモニアの可能性については多くの科学者が指摘してきました。アンモニアは、環境に与える負荷が少なく、エネルギー、資源といったいろんな問題を全部一挙に解決できる、究極のエネルギー媒体になるのではないかと考えています。

—アンモニアの利点はなんでしょう？

従来のエネルギー媒体である石油や石炭、天然ガスといった化石燃料は炭化水素ですから、燃料として利用すれば二酸化炭素が排出されます。二酸化炭素が地球温暖化にどれくらいの影響を与えているのかはまだ不確かな点も多いですが、化石燃料がいずれ枯渇するであろうことは確実です。

次世代のエネルギー媒体として、水素を用いるという考え方もあります。水素を燃やして出るのは水ですから、環境には理想的ですが、一番の問題は貯蔵と運搬です。はたして、何百気圧もの水素ボンベを積んだ自動車を走らせることができるのでしょうか？ 事故が起こったら、おそらく周囲数十メートルが吹っ飛ばすことになるでしょう。貯蔵・運搬の問題を解決しないと水素は使えません。

それを解決するのがアンモニアではないかと考えています。アンモニアの化学式はNH₃で、水素の割合が多いですし、室温でも8.5気圧程度加圧すれば簡単に液化します。液化すれば、ガソリンと同じように貯蔵・運搬も容易です。また、アンモニアは空気中に含まれる窒素から合成されるわけですから、資源が枯渇する心配もありません。

検索

フィード
 メールサービス
 ツイッター

ここに手が届く iPhone カレンダー...
 iPhoneにデフォルトで搭載されているカレンダー...
 LH質問箱 「なぜChromeはGmailを...」
 ChromeにGmail用デスクトップ通...
 PR: 消費者ローンの最新みみより...
 Googleで有用な検索結果は本当に...
 「LinkedIn」のつながりをカラー...
 PR: 次世代のクリック保証広告で...
 先週 (1/23~1/29) の気になるコ...
 1つのブラウザを2つの設定で使い...

最新ニュース

- 禁止後もエジプトを報道するアルジャジーラ
- Amazon: 「類似パスワードでもログイン可能」問題
- 「サッカーの微妙なゴール判定」を技術で解消へ
- 「自由なネット」で親米政権が弱体化: 米国の矛盾
- エジプトのネット完全遮断: その詳細
- 「新年メールで自爆」した、自爆テロ未遂犯人
- 映画と夢: 『インセプション』の神経科学
- 「ターミネーター」ロボットハンド(動画)
- 「ネット海賊」の実態調査
- 英国製のクールなハンドセット『モンモン04』





今回の共同研究者である荒芝和也氏（東京大学特任研究員）が実験を行っている様子。

—単純にアンモニアを燃料として使えるのでしょうか？

アンモニアは高温高压のハーバー・ボッシュ法で作られていますが、逆に言えばそれだけのエネルギーを持っている化合物ということでもあります。アンモニアの分解反応はとても簡単です。窒素と水素に分解する際にエネルギーを取り出せますし、水素自体もエネルギー源になります。

アンモニアを酸素で燃やすと、NOxが出ると言われていますが、今はかなり有効な触媒が開発されています。窒素ガスと水だけしか出さないようにする触媒も存在します。今すぐ実用化できるかといえば課題もありますが、NOxを出さないプロセスを作るのはそれほど難しくはないでしょう。

実際、工学院大学では、液化アンモニアを使った燃料電池自動車も研究されています。

—これまで燃料としてアンモニアが注目されてこなかったのは、アンモニアを作るためにエネルギーが掛かりすぎていたからなんですね。

アンモニアは窒素肥料の原料として使われることがほとんどで、肥料というのはイコール食料です。ハーバー・ボッシュ法のままアンモニアを燃料として使うと、先進国はともかく、発展途上国では食料不足に陥ることになります。食料価格を高騰させたバイオエタノールの二の舞は避けるには、エネルギー消費の少ないプロセスの開発は長期的に見て必須でしょう。

—ハーバー・ボッシュ法は高温高压を使うため、工場の設備はどうしても大がかりになります。常温常圧でアンモニアが合成できるようになれば、一家に一台アンモニア合成装置を置くということも可能になるのでしょうか？

それは可能だと思います。反応効率を上げるためには多少加圧加熱した方がよいでしょうが、それでも現在のように数百度、数百気圧ということにはなりません。太陽光などを利用して、アンモニアを合成できるようになればベストでしょう。

—実用化する上での課題としてはほかにどのようなことがありますか？

今回の手法は、今まで化学量論反応しかなかった世界で、触媒反応が開発できることを示したことに意義があります。しかし、これで終着点ではなくて、工業化するためにはまだまだ解決しなければならない課題はたくさんあります。プロトン源として特殊な物質を使っているようではダメで、水を使えるようにしたいですし、触媒の寿命ももっと長くしなければなりません。もう一つ、窒素をアンモニアに変換する過程では還元剤、つまり電子の供給源が必要なのですが、現在はコバルトセンという物質を使っています。還元についても、こうした特殊な物質を使うのではなく、電気で行えるようにする必要があります。

究極的には、窒素と水と光からアンモニアを合成できるようにしたいですね。

—ベランダにおいて太陽光を当てておけば、アンモニアが出てくるというイメージでしょうか。何だか、人工光合成を連想します。

確かに、人工光合成に近い反応であると言えます。



nikkeiBPnet ヘッドライン

ドコモの次世代高速モバイル通信サービス「Xi (クrossi)」を試す! WiMAXに慣れた身...
田原総一郎: 「不条理」と演説している場合ではない

財部誠一: 中国上海で活躍する日本人若手経営者、その成功の秘訣とは

猪瀬直樹: 地下鉄内通信、年内実現へスピード合意

田原総一郎: 与謝野氏起用はヒット、仙谷氏は「裏」担当

テーマ

ロボット バイオニクス 軍事・対テロ Wiredが見た日本 宇宙・航空 自動車 ゲーム・仮想世界 ガジェット Mac & Apple デジタル音楽

Ads by AMN

エスティマ PhoneBook第2弾『いちばんのおしごと』: [アジャイルメディアタイアップレビュー](#)

エスティマがiPhoneアプリ x 本「PhoneBook」に補助金...

「好奇心を、応援したい」iPhoneアプリを使った絵本『PhoneBo...

どうして「PhoneBook x エスティマ」なのか? (AMN x トヨタ)

Agile Media Network

On 競逐・Google・インキュベータ・そしてYumly :11日前

99,800円
デル株式会社 Inspiron One 2205
[DELLオンラインストア\(個人のお客様\)](#)

249,980円
デル株式会社 Alienware Area-51
[DELLオンラインストア\(個人のお客様\)](#)

79,980円
デル株式会社 XPS 14
[DELLオンラインストア\(個人のお客様\)](#)

西林 仁昭 (にしばやし よしあき)

1968年大阪生まれ。1995年京都大学大学院博士課程短縮修了。京都大学博士(工学)。東京大学大学院助手及び京都大学大学院助手を経て、2005年東京大学大学院工学研究科長主導の次世代の工学を担う世界のトップを走る研究者の育成を目的とした「若手育成プログラム(スーパー准教授任用プログラム)」の助教授に採用されて、現在に至る。2001年日本化学会進歩賞、2005年文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞。趣味は野球。



3/3

スポンサーリンク

Ads by Google

切粉処理・圧縮成形機 - www.sbmatex.co.jp/

色々な種類の切粉を固形化出来る。ブリケットは自社内リサイクル可能!

金沢工業大学で学ぶ。 - www.kanazawa-it.ac.jp/

一般試験中期の願書受付<2/1-14> チームで創造する力を身につける

"ポンパレ"公式サイト - ponpare.jp

15分で売切れ続出!毎日が半額以上SALE リクルートの割引チケット購入サイト

フィードを登録する 環境 サイエンス・テクノロジー

前の記事

山路達也の「エコ技術研究者に訊く」

プロフィール



1970年生まれ。雑誌編集者を経て、フリーの編集者・ライターとして独立。ネットカルチャー・IT・環境系解説記事などで活動中。『進化するケータイの科学』、『弾言』(小飼弾氏との共著、アスペクト)、『マグネシウム文明論』(矢部孝教授との共著、PHP新書)など。ブログは、こちら。

過去の記事

- 臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる (3) 2011年1月28日
臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる (2) 2011年1月28日
臭いアンモニアから、明るい未来が見えてくる (1) 2011年1月28日
電力消費なし、レアアースなしの、超高密度ハードディスクが実現できる? (3) 2010年12月24日
電力消費なし、レアアースなしの、超高密度ハードディスクが実現できる? (2) 2010年12月24日

月間アーカイブ 月を選択

ブロガー一覧

