



Tokyo Tech

平成 29 年 12 月 8 日

報道機関 各位

東京工業大学 広報・社会連携本部長

岡田 清

アルミニウム「超原子」の液相合成に成功

— 貴金属やレアメタル代替の新たな可能性拓く —

【要点】

- ほかの原子に似た性質を示す「超原子(Al_{13}^-)」を液相で合成
- Al_{13}^- がハロゲンアニオンと同様の高い安定性を示すことを実証
- 今後、様々な元素を代替する超原子の利用に期待

【概要】

東京工業大学 科学技術創成研究院の山元公寿教授と神戸徹也助教らは、13 個のアルミニウム原子で構成される「超原子」(Al_{13}^- 、用語 1)の溶液中での合成に成功した。 dendrimer (用語 2) を鋳型として 13 原子のアルミニウムを集積させることにより、アルミニウム超原子の液相中での合成を実現した。

この成果は、超原子の大量合成が可能な液相法を用いる新たな手法の有効性を実証したもので、超原子の実用化に向けた大きな進展である。将来的には、貴金属やレアメタルを代替できる超原子の合成への展開が期待できる。

この Al_{13}^- クラスターは最も有名な超原子の例であり、理論計算や気相での合成は行われていたが、溶液中で扱える液相法による合成はできていなかった。

この成果は 12 月 11 日発行の英化学雑誌 Nature Publishing Group の「Nature Communications (ネイチャー・コミュニケーションズ)」オンライン版に掲載される。

●研究成果

東工大の山元教授らは、 dendrimer とよばれる精密樹状高分子を用いて原子数を規定することにより、アルミニウムからなる超原子(Al_{13}^-)の溶液中での合成

に成功した。この dendrimer にはアルミニウム塩が配位できるイミン部位（用語 3）を配置しており、これが 13 個のアルミニウム原子の精密な集積を可能にした。この精密集積を利用することでアルミニウム超原子(Al_{13}^-)の液相合成を達成した(図 1)。

アルミニウム超原子(Al_{13}^-)は他の個数のクラスターとは異なった特異な電子状態を有しており、その高い安定性が予測されていた。今回の研究で合成した超原子(Al_{13}^-)は実際に酸素に対する高い安定性を示し、その超原子特性を確認した。

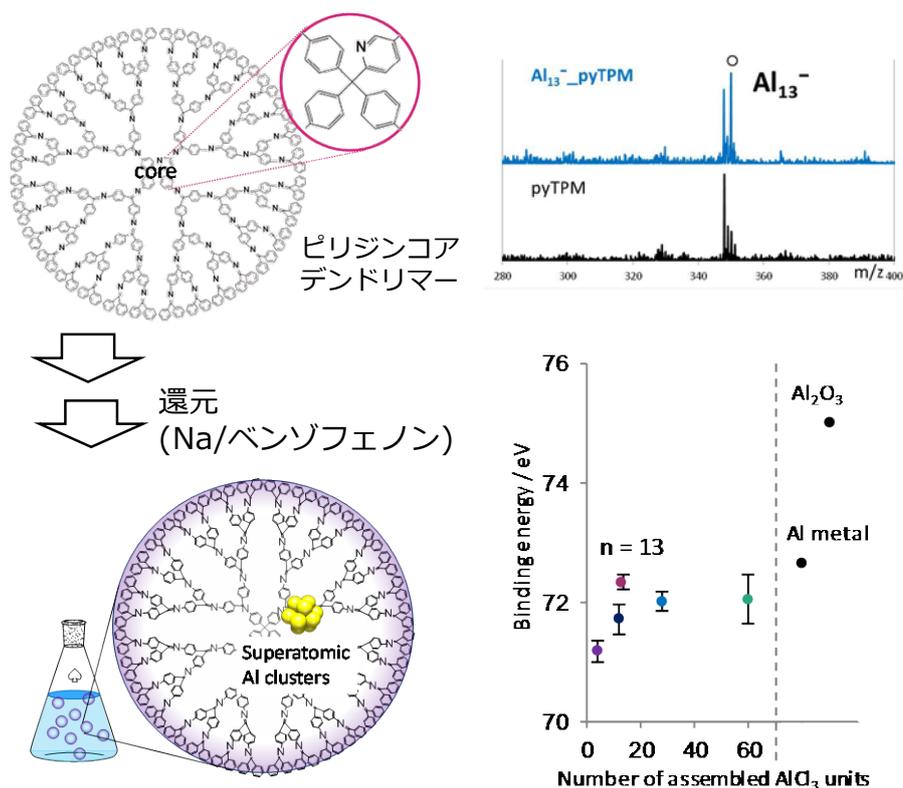


図 1. ピリジンコア dendrimer を鋳型としたアルミニウム塩の精密集積と超原子の合成。マスペクトル（用語 4）と XPS（用語 5）測定による結合エネルギー（用語 6）

●研究の背景

元素を代替できる次世代の手法として「超原子」が注目されている。この超原子は構成する元素とは異なる別の元素に相当する電子状態を有するクラスターである。この超原子は構成する元素の種類や組成により変化できるため、構造をデザインすることで周期律に従った元素の性質を模倣できる。こうした超原子はレアメタルなどの代替のみならず、これまでの周期表では表せない新元素の特性も発現できる可能性を秘めている。

中でも Al_{13} は最も有名な超原子であり、ハロゲン(用語 7)類似の性質が発現されるとされてきた(図 2)。しかし、 Al_{13} を初めとする「超原子」はこれまで、理

デンドリマー内部に集めることができた。また、デンドロンは内部のアルミニウムクラスターの外部環境からの保護に役立っている。

- (3) **イミン部位**：炭素と窒素の二重結合からなる化学結合部位。窒素上の電子が塩基として働き、金属イオンと結合することが出来る。
- (4) **マスペクトル**：分子や原子をイオン化し、その質量を分析したグラフ。質量分析器または質量分析計を用いて測定され、目的物の同定に利用される。
- (5) **XPS**：X線光電子分光法。X線を照射した試料表面から放出される光電子のエネルギーを計測することで、物質の結合状態や電子状態を分析する手法。
- (6) **結合エネルギー**：ここでは、電子が物質に束縛されているエネルギーを意味する。この結合エネルギーを見ることで電子の状態についての情報が得られる。
- (7) **ハロゲン**：周期表の第 17 族に属する元素。1 電子還元されたアニオンになると安定な希ガスの電子配置となる。フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)、ヨウ素(I)などが知られている。

本研究は日本学術振興会(JSPS)、科学技術振興機構(JST-ERATO)、すずかけ台分析部門、東京大学微細構造解析プラットフォームおよびダイナミックアライアンスの支援を受けて行なわれました。

【論文情報】

掲載誌：Nature Communications (ネイチャー・コミュニケーションズ)

論文タイトル：Solution-phase synthesis of Al_{13}^- using a dendrimer template

(和訳：デンドリマーを用いた Al_{13}^- の液相合成)

著者：T. Kambe, N. Haruta, T. Imaoka, K. Yamamoto

DOI：10.1038/s41467-017-02250-4

【問い合わせ先】

東京工業大学 科学技術創成研究院 教授 山元公寿

Email: yamamoto@res.titech.ac.jp

TEL: 045-924-5260 FAX: 045-924-5260

【取材申込み先】

東京工業大学 広報・社会連携本部 広報・地域連携部門

Email: media@jim.titech.ac.jp

TEL: 03-5734-2975 FAX: 03-5734-3661