

トピックス

光だけで温室効果ガスを有用物質に変換

東京工業大学の宮内雅浩教授らの研究グループは、光の照射だけで温室効果ガスのメタンと二酸化炭素を、化学原料として有用な水素と一酸化炭素の混合ガスに変換できる光触媒材料を開発した。

メタンと二酸化炭素から水素と一酸化炭素に変換する反応は「ドライリフォーミング反応」として知られ、変換した水素と一酸化炭素の混合ガスはアルコールやガソリンなどの原料として有用である。しかしながら、従来の触媒ではこの反応を起こすため800度以上の高温が必要で、燃料の消費や炭素析出による触媒の劣化などが課題だった。研究グループは、チタン酸ストロンチウムの粒子に金属ロジウムを複合した材料 (Rh/SrTiO₃) によって、光照射のみで長期間ドライリフォーミン

グ反応が安定に進行する光触媒を開発した。

メタンと二酸化炭素の混合ガスに新触媒を加え、紫外線を照射するだけでメタンと二酸化炭素の転換率が50%以上に達し、熱触媒の性能上限値を大きく超えた(図1)。開発した光触媒を用いると、水素と一酸化炭素の生成速度はメタンと二酸化炭素の消費速度の2倍となり、炭素析出などの副反応がほとんど起きなかった。電子スピン共鳴法や同位体を用いた詳細なメカニズム解析により、チタン酸ストロンチウムの格子酸素イオンが反応の媒体として作用していることを明らかにした。これまでよく知られている光触媒反応である水の分解や二酸化炭素還元などの人工光合成反応では、水素イオンが反応の媒体であったが、本研究の光触媒反応は格子酸素イオンを媒体とする新しい機構で、様々な気相反応への展開が期待できる。本研究成果は、英国科学誌「Nature Catalysis」に2020年1月27日に掲載された。

(東京工業大学物質理工学院 教授 宮内雅浩
連絡先: 〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-1, S7-9.
E-mail: mmiyauchi@ceram.titech.ac.jp
URL: <http://www.eim.ceram.titech.ac.jp/index.html>

[2020年2月19日]

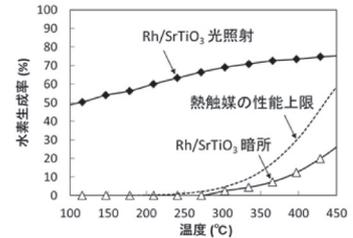


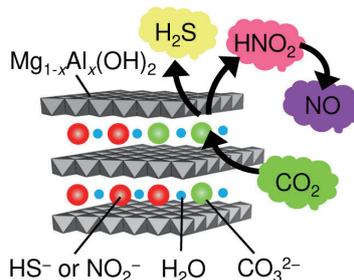
図1 (a) 触媒活性の温度依存性 (濃度1%のメタンと二酸化炭素の混合ガスを使用)

大気に触れると H₂S や NO を 徐放する固体材料

物質・材料研究機構 (NIMS) の石原伸輔主任研究員と井伊伸夫特別研究員は、大気中の二酸化炭素 (CO₂) を刺激として、硫化水素 (H₂S) や一酸化窒素 (NO) などのガスを徐放する固体材料を開発した。これらのガスは低濃度では抗炎症や血管拡張などの生理活性を示すが、高濃度では有毒であり、高圧ポンプによる供給は安全性や携帯性に問題があるため、医療応用は限定されている。

今回開発した材料は、層状複水酸化物 (Layered double hydroxide, LDH) を基材とし、正の電荷を持つ水酸化物層 (Mg_{1-x}Al_x(OH)₂) の層間にガス源アニオン (HS⁻ 又は NO₂⁻) が挿入された構造を有している。LDH層間のアニオンが大気中 CO₂ に由来する炭酸イオン (CO₃²⁻) と徐々に交換する現象に着目して、大気を刺激とした H₂S や NO の徐放を実現した。この時、材料中の Mg/Al 比を変えて層間距離を調整すると、徐放挙動 (濃度と放出時間)

を制御できる。これまでに熱・光・水蒸気などを刺激としてガスを徐放する多孔性材料 (ゼオライト・MOF等) が報告されているが、刺激を発生・制御する装置が必要であった。一方、本材料は大気中に恒常的濃度 (約400 ppm) で存在する CO₂ を刺激として用いるため、複雑な装置がなくても安定したガス徐放が可能である。



現在、一部の重篤呼吸障害 (例: 新生児遷延性肺高血圧症) の治療方法として NO 吸入法 (5~20ppm の NO 吸入による肺血管拡張) が実用化されているが、高圧ポンプを含む大掛かりな設備が必要であるため、適用は限定的である。また、H₂S を含む硫黄泉は皮膚や循環器系に効能があることが伝統的に知られているが、温泉療法を超えるような H₂S の利用には至っていない。本ガス徐放材料を組み込んだ医薬品や医療機器を開発することで、在宅・救急・途上国での NO 吸入法を含めて、これまでない医療の実現が期待できる。また、本材料を拡張し、他の機能性ガスを徐放する新規材料の開発も進めている。

(物質・材料研究機構 石原伸輔, 井伊伸夫)
URL: <https://www.nims.go.jp/news/press/2020/01/202001240.html>

[2020年2月28日]