

Title	燃焼のしくみを解明し、環境問題やものづくりに役立てる： CO2を出さない燃やし方や、燃焼による材料合成の研究
Sub Title	
Author	田井中, 麻都佳(Tainaka, Madoka)
Publisher	慶應義塾大学工学部
Publication year	2014
Jtitle	新版 窮理図解 No.18 (2014. 11) ,p.2- 3
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	研究紹介
Genre	Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO50001002-00000018-0002

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

燃焼のしくみを解明し、 環境問題やものづくりに役立てる

CO₂を出さない燃やし方や、燃焼による材料合成の研究

自動車や飛行機などのエンジンをはじめ、発電所の心臓部であるガスタービンなど、内燃機関に欠かせない「燃焼」という現象。古くからある研究分野だが、高効率に、できるだけ環境負荷をかけずに燃やすためには、まだまだ課題が山積している。横森剛准教授は、その燃焼という現象を解明する基礎研究と、燃焼による物質合成という応用研究の両方に取り組む、新進気鋭の研究者である。

燃焼のさせ方により、 効率や環境負荷を改善する

「燃焼」をテーマに研究を続ける横森剛さん。燃焼研究の歴史は古く、とくに18世紀半ばから19世紀にかけて起こった産業革命以降、蒸気機関車や自動車、飛行機、発電機など、さまざまな内燃機関を搭載したシステムが発明され、人類に欠かせないインフラとして活用されるなかで、大きく発展してきた。

「燃焼のエネルギー源のほとんどが化石燃料であり、石油は約50年後に、石炭も約100年後には枯渇すると言われていることから、それらをいかにうまく高効率に使っていくのが、人類の喫緊の課題となっています」と、横森

さんはいう。

たとえば、燃費がいいとされるT社のハイブリッド車ですら、熱効率はいまだ38%程度で、燃料が持つエネルギーの多くは使用されずに排気などから捨てられているため、熱効率の向上はまだまだ大きな課題なのだという。

それと同時に、地球温暖化の原因となるCO₂の排出も、燃焼にまつわる深刻な問題である。また、日本でもかつては大きな社会問題となった大気汚染や、最近では中国を中心に深刻化するPM2.5なども燃焼のさせ方に原因があるといい、燃焼の研究は効率化から環境対策へと課題が広がってきた歴史がある。

「ところが、燃焼で起こっている現象はじつに複雑で、いまだによく分かっ

ていない部分が多いのです」と、横森さん。「燃焼を解明するには、時間とともに変化する空気や物質の流れや拡散、熱の状態を把握し、そこで起こっている化学反応を知る必要があります。いくつもの要素が同時に絡みながら起こるところが、燃焼の難しさです」(図1)。

流体にしる化学反応にしる、それぞれの現象に特化した専門分野が確立されていることから分かるように、その解明は決して容易ではない。それを横森さんは、従来のような経験則ではなく、理論の構築やシミュレーションの活用によって解き明かそうとしているのである。

CO₂やNO_xを出さないための 燃焼方法を探る

なかでも、横森さんが手掛ける研究の大きなテーマが、CO₂をできるだけ排出しない燃焼のさせ方だ。

「化石燃料を燃やせば必ずCO₂が排出されますが、そのCO₂を大気中に出さ

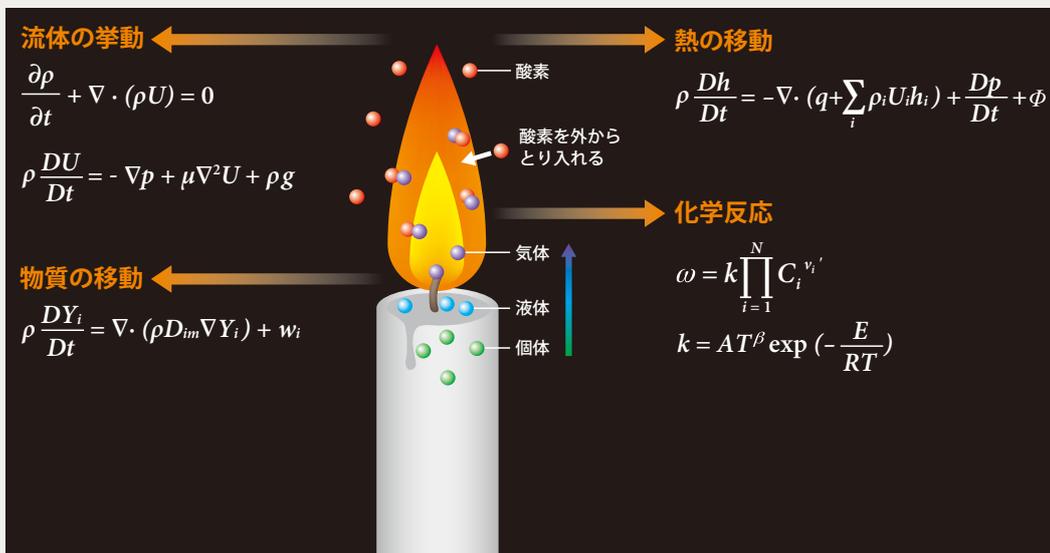


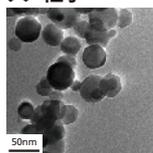
図1 燃焼の難しさ

燃焼を解明するには、流体の挙動、熱の移動、物質の移動、化学反応といった要素を同時に解く必要があり、研究すべきことはまだまだある。

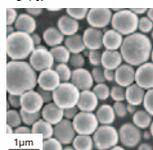
図2 研究室で合成された粒子の例

横森研では、燃焼研究の知見をもとに、さまざまな用途で使える nm、 μm レベルの微細な物質をつくっている。右のような装置によって、左のような多様な物質ができる。

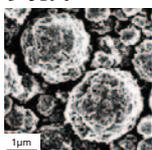
ナノ粒子



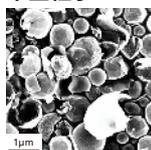
球形



多孔質

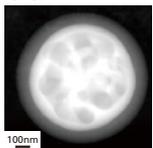


中空粒子

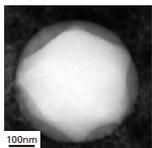


コアシェル構造粒子

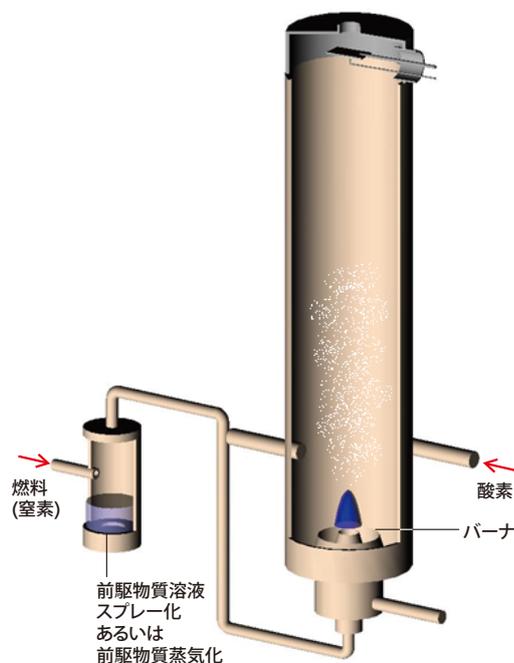
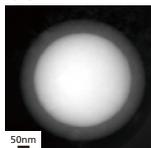
不均質



非球形



球形



ない方法を試行しています。具体的には燃焼に空気ではなく、純粋な酸素を使うのです」と横森さんは説明する。

空気には窒素が含まれるが、酸素を使えば、排出されるのは CO_2 と水 (H_2O) だけになる。そこで、燃焼ガスを冷やして、凝結した水を取り出せば、 CO_2 だけが回収できるというわけだ。現在、回収した CO_2 を圧縮して液体状にし、深海底に貯留するなどして大気に出さない方法が検討されていることから、横森さんの研究にも注目が集まる。

「ただし、燃焼に酸素を使うと約 3000°C と高温になることから、現状の燃焼装置ではそれに耐えられません。そこで、燃焼温度を現状の $1500 \sim 2000^\circ\text{C}$ 程度に保つため、排出された CO_2 を炉に戻して循環させ、酸素濃度を下げる工夫をしています。これは従来にはなかった手法で、現在、燃焼学会内の研究会などでも取り組んでいるテーマです」。

その際に、酸素と CO_2 の濃度をどれくらいに保てば最適な燃焼になるかを、実験とシミュレーションによって探っているのだという。

「燃焼の要は、炎の根本にあります。この部分に適度に酸素を供給しないと、炎が吹き飛んで消えてしまうため、その制御がカギを握ります。火力発電所などの大きなプラントでは炎が消えて

しまうことはあってはならないため、非常に重要な課題の1つです」。

また、燃焼の際に NO_x (窒素酸化物) を出さないための研究も手掛けている。これは、とくに飛行機など、重量やスペースの関係から NO_x 回収のための後処理装置が付けられないシステムにおいて、求められる技術だ。

「燃焼の際に NO_x が出やすいのは、窒素が多く、炎の温度が 1800°C と高くなる場合です。そこで、空気と燃料の量をつねにアンバランスになるように制御するのです。具体的には、温度をあまり上げないように燃料を多く入れ、その後、余った燃料に多量の空気を吹き込んで再び燃焼させるという、二段階方式を採用することで、温度と燃焼をコントロールします」。

本来なら、高い温度で燃焼させれば効率がよくなることから、環境負荷をできるだけかけずに、いかに効率を上げるかが大きな課題なのだという。

燃焼による物質合成で、さまざまな酸化物をつくる

もうひとつ横森さんが取り組んでいるのが、構造体として利用されるセラミック材料や、光触媒などに使われる酸化チタン、LED やバイオマーカーなどさまざまな用途に使われる蛍光体と

いった「酸化物」の合成である。

「酸化物の結晶は高温の酸化反応を利用すると作りやすく、燃焼研究の知見が生かせるのです。そこで、さまざまな用途に使えるような $\text{nm} \sim \mu\text{m}$ 程度の微細な物質をつくっています。特長は、純酸素を使い、 $2500 \sim 3000^\circ\text{C}$ の高温で物質を生成すると、きれいな結晶をつくり出せることにあります。また、燃焼の仕方や材料の配合を変えるだけで、簡単に多様な物質が作り出せるところも大きな利点です」(図2)。

燃焼による物質合成は珍しいが、結晶構造のいい機能性材料などの生成方法として期待されており、酸化チタンを中心に、企業からの引き合いがきているという。

「ただ、このような高温の燃焼を利用した合成では、化学反応や物質の結晶化が数ミリ秒程度の非常に速い時間で起こってしまうため、狙った物質をつくりだすためにはその過程やメカニズムをよく理解して制御することが必要となります。この部分はまだまだ未解明なことが多く、研究対象として非常に面白いところです」。

「燃焼の理論構築をベースにしながら、物質合成などの応用にも手を広げ、社会に役立つ技術開発をしていきたい」と、横森さんは目を輝かせる。

(取材・構成 田井中麻都佳)