

第1章 化学はマジック	工場で 道路で あなたの体の中で
それって本当にマジック？ 古代の魔法はたいい化学 私が子供だった頃の、思い出の 化学反応	
第2章 原子、元素、分子、化学反応	第4章 光と色の起源
分子とは？ 分子を結合させているのはどんな力？ 化学反応とは？ エネルギー エネルギーの流れを追え 時間の矢印の向き エントロピー	光の吸収 光の放射 古代中国の化学配合術
第3章 ファンタスティックな 化学反応に出あえる場所	第5章 退屈な章
教室で キッチンで 実験室で	ペンキが乾くのを眺めてみよう イネ科植物が伸びるのを眺めてみよう 水が沸騰するのを眺めてみよう
	第6章 速いか遅いか、それが問題だ
	風化 火 速く燃える火 ものすごく速く燃える火 最高に速い反応

【著者】セオドア・グレイ (Theodore Gray)
イリノイ大学アーバナ・シャンペーン校で化学を学び、卒業後カリフォルニア大学パークレー校の大学院に進学。大学院を中退してスティーヴン・ウルフラムとともにウルフラム・リサーチを創業し、同社が開発した数式処理システムMathematica (マセマティカ) のユーザーインターフェースを担当した。かたわら、「ポピュラー・サイエンス」誌のコラムなどでサイエンスライターとして活躍する。元素蒐集に熱中して自ら周期表テーブル (周期表の形をした机) にすべての元素またはその関連物質を収めたものを制作し、2002年にイグノーベル賞を受賞。2010年にウルフラムを退職し、iPadやiPhone用アプリの制作会社を立ち上げて、共同創業者兼チーフ・クリエイティブ・オフィサーとして活動している。主な著書に『世界で一番美しい元素図鑑』、『世界で一番美しい分子図鑑』 (以上創元社)、『Mad Science —— 炎と煙と轟音の科学実験54』、『Mad Science 2 —— もっと怪しい炎と劇薬と爆音の科学実験』 (以上オライリー・ジャパン) などがある。イリノイ州アーバナ在住。

【写真】ニック・マン (Nick Mann)
写真家。黒をバックにした美しい写真の撮影を得意とする。『世界で一番美しい元素図鑑』、『世界で一番美しい分子図鑑』の写真で知られる。スタジオでの撮影のほか、風景写真やステレオ写真の撮影でも活躍している。イリノイ州アーバナ出身だが、キャンピングカーでマウンテンバイク・トレイルの近くを転々としながら暮らしている。

【監修】若林文高 (わかばやし ふみたか)
国立科学博物館理工学研究部長。専門は触媒化学、物理化学、化学教育・化学普及。博士 (理学)。1955年生まれ。京都大学理学部化学科卒業、東京大学大学院理学系研究科修士課程修了。主な監修・訳書に、『楽しい化学の実験室I・II』、R・ルイス、W・エバンス『基礎コース 化学』 (以上東京化学同人)、T・グレイ、N・マン『世界で一番美しい元素図鑑』、『世界で一番美しい分子図鑑』、『元素に恋して——マンガで出会う不思議なelementsの世界』 (以上創元社) などがある。

【訳者】武井摩利 (たけい まり)
翻訳家。東京大学教養学部教養学科卒業。主な訳書にN・スマート編『ビジュアル版世界宗教地図』 (東洋書林)、B・レイヴァリ『船の歴史文化図鑑』 (共訳、悠書館)、R・カプシチンスキ『黒檀』 (共訳、河出書房新社)、T・グレイ『世界で一番美しい元素図鑑』、『世界で一番美しい分子図鑑』、J・ラーセン『微隕石探索図鑑』 (以上創元社) などがある。

予約者特典

- ① もれなく「**周期表カレンダー 2019年版**」が付いてくる！
- ② 封入ハガキでお申し込みの方から抽選で**200名**に**図書カード (500円分)**をプレゼント！



シリーズ好評既刊

『世界で一番美しい元素図鑑』



邦訳25万部の大ベストセラー。
世界を形作る根源118個の元素を
美しい写真で表現した元素百科。

263×263ミリ・上製・240頁

『世界で一番美しい分子図鑑』



続編のテーマは「分子」。
華麗な写真とユニークな解説でひもとく
物質世界の新たなカタログ。

263×263ミリ・上製・240頁



創元社

<http://www.sogensha.co.jp/>

(本社) 大阪市中央区淡路町4-3-6 TEL(06)6231-9010(代) FAX(06)6233-3111
(東京支店) 東京都千代田区神田神保町1-2 田辺ビル TEL (03)6811-0662(代)

〈キリトリ線〉

創元社申込書 この注文書にて最寄りの書店へお申し込みください。書店ご不便の場合は直送もいたします。				
世界で一番美しい 化学反応図鑑		定価 (本体 3,800 円+税) ISBN978-4-422-42008-0 C0043	冊 申し込みます	取り扱い店名
世界で一番美しい 元素図鑑		定価 (本体 3,800 円+税) ISBN978-4-422-42004-2 C0043	冊 申し込みます	
世界で一番美しい 分子図鑑		定価 (本体 3,800 円+税) ISBN978-4-422-42006-6 C0043	冊 申し込みます	
ご住所	〒 —			
お名前	フリガナ	TEL () —		

『世界で一番美しい元素図鑑』『世界で一番美しい分子図鑑』で見せた圧倒的なビジュアルと軽妙な語り口で科学好きをわかせたセオドア・グレイの元素3部作に待望の3巻目が登場。

本書では、分子が反応を起こす中でどのようにくっついたり離れたりしてこの世界を形作り、私たちが存在することを可能にしているのかが解き明かされる。
著者が10年をかけて書き上げた『元素図鑑』から始まるユニークで楽しいドラマの華々しい最終章の幕開けだ。

2018年

9月

刊行

【本書の特徴】

●華麗な写真と魅力的な科学エッセー——セオドア・グレイが作り上げたアートと科学の融合世界は今作でも楽しさ全開！

●『世界で一番美しい元素図鑑』『世界で一番美しい分子図鑑』で見せたユーモアあふれる語り口はそのままに、不思議で複雑な「世界の成り立ち」をわかりやすく解説。

●燃焼、爆発、光合成から、塗料が乾くしくみや植物の成長、水の沸騰まで、興味深い「反応」の数々が登場。

●「エネルギー」や「エントロピー」や「時間」といった化学反応を特徴づける重要な概念をやさしく紹介。

世界で一番美しい
Reactions
An Illustrated Exploration of Elements,
Molecules, and Change in the Universe
263×263ミリ・上製・224 頁
定価 (本体 3,800 円+税)

セオドア・グレイ [著]
Theodore Gray
若林文高 [監修]
Fumitaka Wakabayashi

ニック・マン [写真]
Nick Mann
武井摩利 [訳]
Mari Takei



創元社

化学反応図鑑

化学反応ってどんなもの？



本書に登場する例をいくつかご紹介。

1

ポップコーンの味つけはこれだけでっちり！？

純粋な塩素とナトリウムから「塩」を作るという壮大な実験。
塩素ガスを金属ナトリウムに吹き付けると炎が上がって白い煙が出る。この煙が食塩なのだ。



3



化学反応はお菓子作りにも欠かせない！？

クレームブリュレの仕上げは砂糖を強力な炎で「燃焼」させること。
茶色いカラメルの特徴的な風味はスクロース（砂糖）が高温に触れ、さまざまな反応生成物が混ざって生まれる。

2

手品じゃなくて本当に消えている！

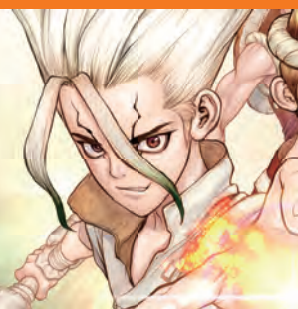
マジシャンが使うフラッシュペーパーは普通の紙とは違うニトロセルロース製。燃やすと二酸化炭素と水と窒素になって、文字通り空气中に跡形もなく消えてしまう。



4

ロウと炎のカラーコーディネート！？

ロウソクに色をつけるのは顔料を混ぜるだけだから簡単だけど、炎に色をつけるのはずっと大変。いろいろな「元素」をロウに混ぜて色を変えるやり方は花火も同じだ。



情報は携帯の時代に、大きく美しい図版を「眺める」ことで学ぶ楽しさ！
週刊少年ジャンプ連載 原作者
ドクターストーン 稲垣理一郎

化学反応は驚きとワクワクの連続です！ サイエンスプロデューサー 米村でんじろう



化学反応とは？

化学反応は、化学物質が生成する時や壊れる時に起こります。結合は電子によって作られているので、別の新しいものを生じ、化学反応とは「新しい結合の形成を見た電子が、それまでとは別の原子の組み合わせに移動すること」になります。

早い話が、化学反応は「たいてい電子が移動中」ということです。

反応式の左側と右側に原子の数をそれぞれ種類も数も完全に等しいことがわかります。左へ炭素原子3個、酸素原子10個、水素原子8個です。右側へ、必ず炭素の原子の数と同じです。炭素は物質で、化学反応によって原子が生成したり壊れたりはありません。（原子の生成や破壊を起こすことは化学反応とはまったく別種のものです。これは化学反応とはまったく別種のものです。原子同士を結んでいて結合の数を数えたと、それ

原子が自分でできているからです。ですから、上の反応を式で書くと $C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$ になります。右側は「生成物」で、反応の結果できたものです。間にある矢印は、反応物から生成物へと変化するプロセスを示します。つまり、この矢印が化学反応を示しています。（厳密に言えば化学反応と物質の生成や破壊の両方を含みます。たとえば、プロパンは C_3H_8 です。炭素原子3個と水素

上の反応の図は左側と右側に原子の数をそれぞれ種類も数も完全に等しいことがわかります。左へ炭素原子3個、酸素原子10個、水素原子8個です。右側へ、必ず炭素の原子の数と同じです。炭素は物質で、化学反応によって原子が生成したり壊れたりはありません。（原子の生成や破壊を起こすことは化学反応とはまったく別種のものです。これは化学反応とはまったく別種のものです。原子同士を結んでいて結合の数を数えたと、それ

上の反応の図は左側と右側に原子の数をそれぞれ種類も数も完全に等しいことがわかります。左へ炭素原子3個、酸素原子10個、水素原子8個です。右側へ、必ず炭素の原子の数と同じです。炭素は物質で、化学反応によって原子が生成したり壊れたりはありません。（原子の生成や破壊を起こすことは化学反応とはまったく別種のものです。これは化学反応とはまったく別種のものです。原子同士を結んでいて結合の数を数えたと、それ

実験室で

薄きまっフラスコや精巧なガラス器具でいっぺいの実験室。化学反応と聞いて多くの人が思い浮かべるのはそういふ光景でしょう。それはかなり正しいイメージです。伝統的な実験室で化学反応を起こさせている時の典型的な情景はそういうものです。



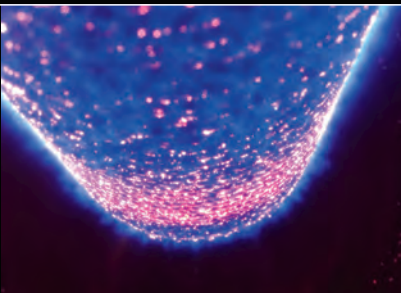
固体を扱う際の問題は、選んでくれないことです。たしかに、上の写真は2種類の粉末（酸化鉄とアルミニウム）が混ざっているように見えますが、普通の顕微鏡で見ただけで、明るい色と暗い色の粒子を見分けられます。化学反応が起きるためには、反応する物質同士が分子レベルで一緒ににならないといけません。この鉄とアルミの粒子は肉眼で見えないほど微細ですが、それでも粒子1個が何億何兆という原子を含んでいます。表面に出ている少数の原子だけでは、反応が起きるのに足りません。



化学のステレオタイプといえる、実験室のフラスコ。ここから2つの液体の中で行われるのかもしれない。そして、なぜその液体はたいへん熱しているのしょう？



▲これは本書の前の（70ページ以降）に何度か出てきたテルミットの粉末です。固体が反応しないというささの説明の証明になっていない？ いえ、固体テルミットの反応は、選んでくれないからです。テルミットはとて火をつけない物質です。マッチを1本押し付けても、火が燃えるだけです。プロパンのバーナーでも点火できません。なぜなら、混合粉末を、かなり多くの粒子が触れるくらい高温にしたうえで、反応開始に必要な時間の長い遅延を維持しないといけません。そうならないで反応が開始され、あとは反応熱が利用されておとどろきとどろきと燃焼していきます。ですから、一見すると固体のままのように見えるテルミットの反応も、実際は液体状態で起こっているのです。固体は化学にとっては本当に厄介なものでしょうか？



下の図とは、全部の反応が気相（気体の状態）で起こる例です。天然ガス（主成分はメタン、 CH_4 ）が空気中の酸素（ O_2 ）と結合して二酸化炭素（ CO_2 ）と水（ H_2O ）になります。多くの建物がこの方法で暖房されています（暖房ガスが供給して太陽光が風力発電に切り替わるまでの間は、です）。

最も重要な問題は効率があまり良くなく、水が蒸気になって外へ出ていきました。言い換えれば、反応で生成した水は反応の場所からかなり遠くに行くまで気体のままだったということです。しかし、より効率の良い装置——たとえば家の地下室にある新しくでじカヒカがダウンドラフト式のボイラー——なら、出てきた蒸気がかなり冷やされて水蒸気として回収することができ、水蒸気は冷却して液体の水になります。この水はポンプで排出する必要があります。



メタンと酸素の反応は、「すべての反応が気相で起こるのに、広く利用されている」数少ない例のひとつです。気相だけで起こる反応は他にもありますが、液体で起こる重要な反応の数と比べると少ないです。その理由の説明は難しくありません。気体は反応させるには本当に使い勝手が悪いのです！ つねに逃げようとして、圧力をかけ留めておく必要があります。もし逃げたとしても、たちまち気体は部屋中に広がり、もしかすると室内の全量が中毒でやられるかもしれません。さらに、興味深い分子にはどうやっても気体でくれないものがたくさんあります。沸点よりも低い温度で分子自身が分解してしまう（壊れて小さな分子や原子になってしまう）からです。

▲これは本書の前の（70ページ以降）に何度か出てきたテルミットの粉末です。固体が反応しないというささの説明の証明になっていない？ いえ、固体テルミットの反応は、選んでくれないからです。テルミットはとて火をつけない物質です。マッチを1本押し付けても、火が燃えるだけです。プロパンのバーナーでも点火できません。なぜなら、混合粉末を、かなり多くの粒子が触れるくらい高温にしたうえで、反応開始に必要な時間の長い遅延を維持しないといけません。そうならないで反応が開始され、あとは反応熱が利用されておとどろきとどろきと燃焼していきます。ですから、一見すると固体のままのように見えるテルミットの反応も、実際は液体状態で起こっているのです。固体は化学にとっては本当に厄介なものでしょうか？

たとえばクッキーを考えてみましょう。クッキーを構成する化学物質を気化させることはできません。気化どころか、溶化する（融け）前に焦げて分解してしまいます。クッキーに化学反応を起こさせたくても、固形では化学物質が混ざらないから無理。クッキーを気化にできないから気相でも無理です。唯一の選択は、クッキーを液体にすることです。とはいっても、クッキーを溶かして液体にするのも、気化と同じくらい無理な相談です。これは非常に普遍的な問題です。化学は液体の時に一番やりやすいのですが、多くの重要な化学物質は固形が不可能か、それに近いのです。こんな困った状況にどう対処すればいいのでしょうか？

監修者のことば

豊富な写真やグラフィックスと、著者一流の軽妙洒落な解説で、化学反応の現場をイメージできる秀逸な図鑑

国立科学博物館
理工学研究部長

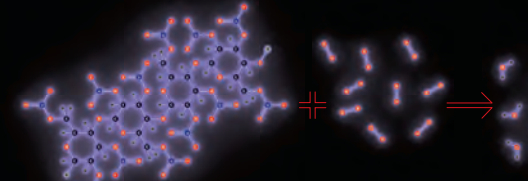
若林文高



ん。しかし、前掲の図がセロロースでできているのに対し、グラファイトやカーボン（二酸化炭素）がすーっと多数が下がついているのが見えるでしょう。炭素と水素を含む分子にこういうものがくっついていたら、それはわくわくするようなポテンシャルエネルギーを持っているのです。炭酸水素は不安定なので、加熱されると分解して糖素を放出します。その糖素は、すくそばにある炭素と水素の原子とたちまち反応して燃焼し、二酸化炭素と水になります。炭素と水素のすぐ横（文字通り同じ分子の中）に十分な数の糖素原子があるのですから、燃焼反応は減速させる要素は皆無です。そういうわけで、フラッシュペーパーはあっという間に激しく燃え上がり、炎とともに消滅するように見えます。

▼ $C_6H_7(NO_2)_3O_3$ (ニトロセルロース)

▼ O_2 (酸素)



特設サイトをのぞいてみよう！



元素図鑑シリーズ公式 PR 大使

