

## B-1 パンと触媒

### パンと触媒

暮らしを変える触媒

#### 肥料

皆さんが食べているご飯やパン、野菜果物などの食料と触媒はどんな関係があるのでしょうか？実は農作物などに必要な肥料に触媒が深く関係しています。農作物にとって必要な窒素肥料は従来、バクテリアなどの微生物が空気中から窒素を吸収し、アンモニアを作り、これが尿素などの窒素肥料になっていたのです。ところが人口増加に伴い、それに対応するだけの食料を確保するためには、人工的にアンモニアを製造する必要性がでてきました。このアンモニア製造の合成プロセスで、触媒が大活躍しているのです。現在世界では年間1億トンという大量のアンモニアが製造され、農業以外にも化学産業における基礎原料としても重要な役割を果たしています。実はこのような活躍によって、複数の触媒研究者がノーベル賞を受賞しています。

天然ガス + 水・空気 → 製造プラント → アンモニア (NH<sub>3</sub>) → 肥料

- 肥料
- ナイロン・ストッキング
- アクリル繊維・セーター
- ポリウレタン・水着
- 火薬

Catalysis Park

## B-2 シャンプー・セーターからパソコンまで

### シャンプー・セーターからパソコンまで

暮らしを変える触媒

#### 身近な化学製品

プラスチック製品や、服、スニーカー、洗剤、化粧品などの化学製品についてお話ししましょう。これらの製品も全て石油からできているのです。これらの製品をつくり出すためには製品に合った原料が必要です。その原料は基礎化学品からつくり出され、基礎化学品は先ほどの「蒸留」でつくりだされたナフサから作られます。基礎化学品からプラスチック製品や服、スニーカーなどの原料をつくり出す時に触媒が大活躍するのです！目に見えないところで活躍している触媒はまさに「緑の下の力持ち」なのです。

<b>プラスチック</b> ポリエチレン ポリプロピレン 塩化ビニール など		<b>塗料など</b> アルキド樹脂 ポリウレタン樹脂 エチルアミンなど	
<b>合成繊維</b> エチレングリコール テレフタル酸 アクリロニトリル など		<b>化粧品など</b> アルキルベンゼン 高級アルコール エチレンジオキサイドなど	
<b>合成ゴム</b> ブタジエンゴム クロロプレンゴム など		<b>その他</b>	

## B-3 ガソリンと触媒

### ガソリンと触媒

暮らしを変える触媒

#### ガソリン

ガソリンが石油から出来ていることは皆さんも知っていると思いますが、ではどこで触媒が活躍しているのでしょうか？主に中東から運ばれてくる石油は、沸点の違いを利用してLPガス、ナフサ、灯油、軽油、残油の5つの成分に分けられます。これを「蒸留」といい、LPガス、灯油、軽油はそのまま燃料として使われます。しかし、残油にはあまり用途がありません。そこで登場するのが触媒です。触媒は、残油を分解して、ガソリンに変えることができます。つまり、需要の多いガソリンは触媒により安定供給されているのです。

石油 → LPG, ナフサ, 灯油, 軽油, 残油 → 触媒 → ガソリン

20から30%のガソリンはつくられます

Catalysis Park

## B-4 触媒はここで活躍！！

### 触媒はここで活躍！！

暮らしを変える触媒

#### 目に見えないところでも大活躍！

私たちの目に見えないところでも触媒は大活躍しています。ガソリン、プラスチック製品、今身につけている服やスニーカー、洗濯や食器洗いなどに使う洗剤、さらに、シャンプー、化粧品から食料品まで、身の回りにはほとんどの製品が触媒と深いつながりを持っています。

<b>ガソリン</b> 	<b>プラスチック</b> 	<b>衣料</b> 
<b>ゴム製品</b> 	<b>化粧品</b> <b>シャンプー</b> 	<b>食料</b> 



## B-5 触媒はここで活躍！！

### 触媒はここで活躍！！

暮らしを変える触媒

身近な石油製品

<p>石化製品 ポリ袋 フィルム 文具具など</p>	<p>シャツ セーター テント 毛布など</p>	<p>タイヤ ベルト くつ など</p>	<p>インク ペンキ など</p>	<p>洗剤 シャンプー 化粧品 など</p>	<p>医薬品 肥料 殺菌剤 など</p>
--	--------------------------------------	----------------------------------	---------------------------	------------------------------------	----------------------------------

原料

プラスチック ポリエチレン ポリプロピレン 塩化ビニル など	合成繊維 エチレンジアミン テレフタル酸 アクリロニトリル など	合成ゴム ブタジエンゴム クロロプレンゴム など	塗料など アルキド樹脂 ポリウレタン 樹脂エチレン フタールなど	合成洗剤など アルキルベンゼン 高圧アルコール メチレンオキサライド など	その他
--	--	-----------------------------------	--	---	-----

基礎化学品

エチレン・ブタジエン・トルエン・プロピレン・ベンゼン・キシレン

ナフサ

原油

**触媒** 触媒はここで活躍！

**触媒** 触媒はここで活躍！

## B-7 入浴剤の成分をつくる触媒？

### 入浴剤の成分をつくる触媒？

色素合成実験

#### フルオレセインの合成

固体なのに濃硫酸と同じように「酸触媒」としてはたらくゼオライトを使って、紫外線を当てると蛍光を出して光る色素を作ってみましょう。

フルオレセイン (Fluorescein) は、無水フタル酸とレスルシノール二分子の、フリーデル・クラフツ反応で合成されます。入浴剤の着色料や医薬品にも使用できる安全な化合物です。ブラックライトから出る紫外線を使って、あざやかな緑色の蛍光を観察することができます。

フリーデル・クラフツ反応は、触媒として酸を加えると起こる反応です。普通は濃硫酸や塩化アルミニウムのような化合物を使いますが、ここではベータゼオライトという固体の酸を使います。ベータゼオライトは反応が終わっても粉末のまま変化せず、反応が終わった後に簡単に分けとって、次の反応に再利用できます。固体の酸は、グリーン・サステイナブルケミストリーを実現できる環境に優しい物質です。

## B-6 入浴剤の成分をつくる触媒？

### 入浴剤の成分をつくる触媒？

色素合成実験

#### フルオレセインの合成

固体なのに濃硫酸と同じように「酸触媒」としてはたらくゼオライトを使って紫外線を当てると、蛍光を出して光る色素を作ってみましょう。

フルオレセインは、無水フタル酸とレスルシノール二つで作ることができ、入浴剤や薬にも使われている安全な色素です。ブラックライトから出る、目に見えない光を使って、あざやかな緑色の光を出します。

無水フタル酸とレスルシノールの反応は、普通は濃硫酸のような危険な酸を使います。今日は、ベータゼオライトという粉末の酸を使います。ベータゼオライトは安全で、反応が終わっても粉末のまま変化しません。反応が終わった後に分け取って次の反応に使える、環境に優しい触媒です。

#### 実験手順

- (1) 無水フタル酸、レスルシノールをそれぞれ薬さじ(小)で1杯(約 50mg と 75mg) 加える。
- (2) アンプル管からベータゼオライト (触媒：約 5 mg) を試験管に取り軽く振って混ぜる。
- (3) ドライ・ブロック・バス (110 °C) で 10 分間加熱する。
- (4) 放置して 50 °C 程度まで下がったら、エタノールを加え生成物を溶かす。
- (5) 別の試験管に炭酸ナトリウム (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) 溶液を数 ml 取り、上澄み数滴を滴下する。
- (6) ブラックライト等の光で、緑色の蛍光を観察する。

## B-8 不思議な触媒アート！？

### 不思議な触媒アート！？

化学振動実験

#### ペロゾフ・ジャボチンスキー反応

ペロゾフ・ジャボチンスキー反応 (B-Z 反応) は、時間と共に鉄錯体の酸化と還元が繰り返されることで溶液の色が赤→青→赤と変化する不思議な反応です。また、この反応を時間変化ではなく空間的な変化に応用するとシャーレの中に美しい模様を描くことができます。触媒反応が繰り返す美しく不思議な世界を是非、堪能して下さい。

B-Z 反応では、触媒となる鉄錯体が反応中に酸化と還元を繰り返すために、色変化が振動現象として観測されます (時間振動反応)。また、この反応を攪拌せずに行うと反応容器内で反応物濃度の偏りが生じ、場所によって反応の進み具合が変わるため空間的な模様が観測されます (空間振動反応→写真)。

B-Z 反応は、大変複雑な反応ですが、キーとなる反応は、1,10-フェナントロリン鉄錯体を触媒とする臭素酸によるマロン酸の酸化反応です。

$$5\text{C}_2\text{H}_3(\text{COOH}) + 3\text{Br}_2 + 3\text{H}^+ \xrightarrow{\text{鉄錯体 (触媒)}} 3\text{BrCH}(\text{COOH})_2 + 2\text{HCOOH} + 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$$



## B-9 不思議な触媒アート！？

### 不思議な触媒アート！？

化学振動実験

#### 水素発生反応の振動反応

水素発生反応は、鉄イオンを触媒とする過酸化水素から水への還元反応です。

**水素発生反応**

針金(鉄) 水素

(1)  $Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2$   
針金(鉄) 還元

(2)  $2Fe^{2+} + H_2O_2 + 2H^+ \rightarrow 2Fe^{3+} + 2H_2O$   
過酸化水素

(3)  $Fe_2O_3 + 6H^+ \rightarrow 2Fe^{3+} + 3H_2O$   
水

(4)  $2Fe^{3+} + H_2 \rightarrow 2Fe^{2+} + 2H^+$

(1) → (2) → (3) および (4) の繰り返し

鉄とリン酸(酸)が反応して水素が発生した後、過酸化水素水(オキシドールの濃いもの)によって被膜ができる。酸によって表面にできた酸化鉄の被膜はがれ、再び鉄と酸が反応して水素が発生する、という反応を繰り返します。

## B-11 触媒の歴史・ノーベル賞

### 触媒の歴史・ノーベル賞

錬金術時代: 「哲学者の石」、反応を促進する不思議な物質

13世紀: 硫酸による、アルコールからのエーテルの製造

18世紀: <ブレストリ(英)> 加熱した粘土による、エタノールからのエチレンの製造  
<キルヒフ(露)> 硫酸による、デンプン+水からのブドウ糖の製造

1835年: <ベルセリウス(スウ)> 「触媒作用、catalysis」(ギリシャ語で分解することの言葉)

1842年: <グロブ(英)> 燃料電池の原型

1894年: <オストワルド(独)>  
「触媒」を定義、(1909年ノーベル化学賞)  
反応速度を変えるが、平衡をかなないもの白金による、アンモニアからの硝酸の製造(オストワルド法)

1912年: <ハーバー、ボッシュ(独)>  
鉄系触媒による、窒素、水素からのアンモニアの製造(ハーバー-ボッシュ法)  
(1918年(ハーバー)、1931年(ボッシュ)ノーベル化学賞)

1912年: <サハバエ(仏)> 金属微粒子による、有機化合物の水素化(ノーベル化学賞)

1918年: <ラングミュア(米)> 界面現象の理論化(吸着等温式)、(1932年ノーベル化学賞)  
<ヒンメルバウム(英)> L-H機構、(1956年ノーベル化学賞)

1923年: <グロブ(仏)> FCCプロセスの開発、  
固体触媒による石油精製プロセス(1936年)、ゼオライト開発(1954年)

1953年: <チグラー(独)、ナツ(伊)> エチレン、プロピレンの重合  
(1963年ノーベル化学賞)

1973年: <ウィルキンソン(英)、フィッシャー(独)> 有機金属錯体(ノーベル化学賞)

2001年: <野依(日)ら> 不斉合成、有機金属錯体触媒(ノーベル化学賞)

2005年: <グラブス(米)ら> メタセシス反応、有機金属錯体(ノーベル化学賞)

2007年: <エルトル(独)> 固体表面の化学反応過程の解明(ノーベル化学賞)

2010年: <鈴木、根岸(日)ら>  
パラジウム触媒クロスカップリング反応(ノーベル化学賞)

## B-10 レバーやジャガイモが大活躍！

### レバーやジャガイモが大活躍！

過酸化水素分解実験

#### 過酸化水素から酸素と水を発生

レバーやジャガイモのような身近にある食品を「固体触媒」として使って、過酸化水素を分解して、酸素と水を発生させよう！

- ① 豚レバー、ジャガイモ、加熱した豚レバーをよくすりつぶす。
- ② 三角フラスコに豚レバー、ジャガイモ、加熱した豚レバーを入れる。
- ③ 滴下ロートから3%程度に調整した過酸化水素水(オキシドール)を徐々に加える。
- ④ 水を満たした集気びんに発生したガスを捕集。(水上置換法)
- ⑤ 集気びんには水が残った状態で、水中でふたをする。

④ 過酸化水素分解実験装置  
オキシドール 酸素

過酸化水素の分解によって、酸素が生成されたことを確かめるために、酸素をビンに集めて線香を燃やしてみよう！

⑥ 集気びんの中の酸素を確認するために、火をつけた線香を集気びんに入れる。空気中よりも激しく燃えれば成功！

## B-12 Japanese of the Nobel Prize in Chemistry

### Japanese of the Nobel Prize in Chemistry

Prof. Kenichi Fukui (Kyushu Univ.)  
The Nobel Prize in Chemistry 1981  
"For their theories, developed independently, concerning the course of chemical reactions"

Prof. Ryoji Noyori (Kyushu Univ.)  
The Nobel Prize in Chemistry 2001  
"For their work with chiral catalyzed hydrogenation reactions"

Prof. Ei-ichi Negishi (Portland University)  
The Nobel Prize in Chemistry 2010  
"For palladium catalyzed cross couplings in organic synthesis"

Prof. Akira Suzuki (Shizuoka University)  
The Nobel Prize in Chemistry 2010  
"For palladium catalyzed cross couplings in organic synthesis"

Prof. Eiichi Negishi and Prof. Akira Suzuki receiving their Nobel Prizes from the Majesty King Carl XVI Gustaf of Sweden at the Stockholm Concert Hall, 10 December 2010