



最新技術で リサイクルの道を拓く

柳原先生がガスポンベのcockをひねると、
透明の容器の中に勢いよくガスが噴き出した。
底にどンドンたまる液体の二酸化炭素。
容器に栓をしてから温めると、液体が消えた。
この瞬間、容器の中では超臨界状態が発生している。



高温・高压容器。

柳原 尚久 やなぎはら なおひさ

1979年、宇都宮大学大学院修士課程修了後、
1985年、Univ. Autonoma de Guadalajara 大学院にて博士課程修了。
同大学化学科助教授、Univ. of Arizona 博士研究員を経て、
1990年に帝京大学理工学部に赴任。
バイオサイエンス学科助教授を経て2008年より現職。

研究テーマ：超臨界流体を用いたプラスチックのケミカルリサイクル、バイオマスの高度有効利用
キーワード：超臨界流体、プラスチック、ケミカルリサイクル、バイオマス

固体、液体、気体ともひとつの状態

固体、液体、気体。教科書で一度はお目にかかったことがあるのではないだろうか。実は、これ以外に別の状態が存在する。固体でも、気体でもなく、液体でもない。その名も超臨界状態。密閉された容器の中で、温度と圧力を高めたときにだけ発生する状態だ。水の場合では374℃、22MPa以上で超臨界になる。22MPaというのは、水深2200メートルにかかる圧力に相当する。プールや海で潜ったときに、少し押される感覚を覚えるかもしれないが、それをはるかに超える、人ならすぐに押しつぶされてしまうような圧力だ。私たちが普段生活しているおおよそ1気圧の世界では100℃までしか温度が上がらない水も、こうした非常に高い圧力では、374℃という高温に達し、100℃の水では溶かすことのできないような物質まで溶かしてしまう。超臨界状態の物質は、特殊な性質を発揮するのだ。

この特殊な性質は、すでに身の回りでも応用され始めている。最も有名なものとしてカフェインを減らしたインスタントコーヒーがある。二酸化炭素の超臨界状態を利用すると、コーヒーから風味を失わせることなく、カフェインを除去することができる。

環境問題に取り組む技術

環境問題とひと言でいっても、大気汚染、土壌汚染、水質汚染、ゴミ問題、森林破壊、温暖化など、問題はさまざま。世界ではこれらの問題に、バイオ、化学、工学といったさまざまな分野の技術で取り組んでいる。バイオ技術の例では、土壌や水質の汚染を微生物や植物によって分解、吸収する技術がある。また、生分解性プラスチックのように、微生物によ

って分解されるプラスチックの研究も進んでいる。さらに、最近ではバイオエタノールのように、植物から燃料をつくり出す研究が盛んに行われている。

これに対し、化学の技術によって環境改善に取り組んでいる例では、触媒という化学反応を促進する物質を使って、汚染物質を無害化する取り組みがある。その他、工学的な観点では、工場での製造過程の効率化を図ることで、使用される原料を減らす、廃液や排ガスに含まれる汚染物質を極力減らすといったことがある。しかし、バイオ、化学、工学のいずれも製品を再利用する技術の開発は実用化に至っていない。

超臨界の可能性

超臨界状態は環境問題の中でも、土壌や水質汚染に対応できる技術として認められつつある。その一番の例が、ダイオキシン分解。最近では、その他でも利用が考えられている。特に、加工した材料を原料レベルまで分解して再利用するケミカルリサイクルというリサイクル方法だ。身の回りにあふれているプラスチック製品はすべて、石油を原料としている。原油を工場で分離すると、ガソリン、軽油の他に、プラスチックの原料となるナフサと呼ばれる物質がとれてくる。ナフサはさらに分解され、エチレンやプロピレンといった、ポリエチレン、ポリプロピレンなど聞き覚えのある製品の原料になる。そのため、プラスチック製品を原料のレベルまで分解することができれば、あふれているプラスチックゴミを原料に変えることができる。生分解性プラスチックは製品が土に還ってしまうが、超臨界の場合は製品を原料に変えることができる点が、同じプラスチック製品を対象にした技術でも大きく異なる。

超臨界二酸化炭素でリサイクルに挑む

二酸化炭素の場合、31.1℃、7.4MPaという現在知られている中でも最も簡単な条件で超臨界状態に到達が可能だ。そのため、水と比べるとはるかに実験を実施しやすい。この超臨界二酸化炭素を利用してプラスチックを溶かす研究が始まった。これまでの研究で、包装容器に用いられているポリエチレン、タッパーに用いられているポリプロピレンは分解しにくいことがわかっている。反対に、ペットボトルの材料であるポリエチレンテレフタレートに代表されるポリエステル、ナイロンに代表されるポリアミドといった製品は分解しやすいことがわかってきた。その分解物の分析から、プラスチック製品の原料になるジカルボン酸が多く含まれることがわかっている。「現在のところ、50mLの密閉容器を使って5g程度のプラスチックを1時間反応させたときに、0.1～0.5gという高い収率で分解物が得られるところまでできています」と柳原先生は語る。

指導した学生から特製のコップをもらうほど、慕われる柳原先生。研究室の学生とともに、この技術をさらに磨き上げ、地球環境に優しい化学反応とリサイクルを目指して、これからも研究は続いていく。