

溶媒としての「水」の可能性

福田 泰久

油で汚れた手を洗浄する際に、普通の水道水よりもある程度高温のお湯を使った場合の方がよく汚れが落ちる経験をしたことはないだろうか？ これは、水自身が油と親和性をもつという有機溶媒のような性質を示し、両物質が共に洗い流されているためである。

現在、水を抽出溶媒として用いる方法は、熱水抽出、蒸気抽出、過熱水抽出や過熱蒸気抽出などの方法が普及し、無機有機問わずさまざまな化合物が天然資源から抽出、分離されている。反応媒体としての高温もしくは高圧条件の水は、高いイオン積と高い誘電率の液相領域ではイオン反応の好適場（酸、アルカリ触媒と同様の効果）となり、低いイオン積と低い誘電率の気相領域ではラジカル反応の好適場（有機溶媒と同様の効果）となる。つまり、水にさまざまな圧力と温度を与えると、選択的な化合物の分解・抽出・除去が可能であることを示している。近年、上記に示した水の特性を、よりマイルドな条件下で応用するソフト水熱プロセスが開発された。ソフト水熱プロセスとは、飽和蒸気圧より下の圧力下で、100–200°Cの水のみを用いる抽出方法である。本稿では、酸やアルカリ、有機溶媒を一切使用しないソフト水熱プロセスによる有害物質の除去とリサイクルへの応用例をいくつか紹介したい。

マウスやラットなどを用いる動物実験では大量の床敷を使用するが、木質系床敷に含まれるテルペン類や芳香族化合物がしばしば実験動物がもつP450のような異物代謝系の酵素を誘導してしまい、特定化合物の代謝実験において、得られる結果をくるわせることがある。そこで、ソフト水熱プロセスを組んだ乾燥水蒸気実験機を用いたところ、上記化学物質やアレルゲン物質が抽出され、通常床敷の改質が認められた。さらに、動物実験で使用済みの床敷にも応用が可能であり、廃泄物を多量に含む床敷から腐敗成分を分離除去し、床敷を再生できた。この再生床敷による飼育室規模の実証実験を行ったところ、再生床敷では粉塵量が減少し、安全にリサイクルできるだけでなく、床敷としての品質を向上させることが明らかとなった¹⁾。

エンドトキシンは、グラム陰性菌の細胞壁成分であるリポ多糖であり、環境中の至るところに存在する強耐熱性を有する代表的な発熱性物質（パイロジェン）である。この不活性化には過酷な条件下での加熱処理（乾熱、250°C、30分）が必要である²⁾。乾熱法を用いた場合は、確実に脱パイロジェン処理を行うことが可能であるが、この処理法では金属やガラス製の耐熱性容器・器具類にしか適用できない。ソフト水熱プロセスによる

新たなオートクレーブ処理では、140°C以下の比較的低温領域で器具や溶液中のエンドトキシンを不活性化させることが可能であり、新しい滅菌法として報告された。エンドトキシンの毒素活性は、高温高圧水蒸気130°C、60分ないし140°C、30分の条件下の密閉系で、蒸気飽和度を充分高くすることにより不活性化し、同条件下の流通系でも不活性化することが明らかとなった。さらに、エンドトキシンフリー水を、同条件下の高温高圧反応器で製造できることが示された³⁾。

RNase (Ribonuclease: RNA分解酵素) は、熱などに対して非常に安定で破壊されにくく、その混入は分子生物学的コンタミネーションと呼ばれている。器具や溶液中のRNaseは、通常のオートクレーブ滅菌（飽和蒸気、121°C、0.2 MPa、20分）処理では完全に除去することができないとされる。しかし、水熱プロセスを用いたところ、150°C以下の非常にマイルド条件で、器具や溶液中の微生物が滅菌されただけでなく、RNase不活化が示唆され、新しいソフト水熱プロセスによる滅菌法が確立された⁴⁾。

最後に、本ソフト水熱プロセスの事業化を目指した話題を紹介したい。前田製作所（長野市）は、きのこの菌床栽培で出る使用済み培地を再生させる大型試作機を作製し、きのこ生産者向けに設備販売を進める計画を始めた。これまでの再生培地を用いたきのこの栽培試験では、通常用いる培地と同等以上の収穫量が得られている⁵⁾。再生培地の活用により、生産コストの大幅な削減が期待されている。

以上に述べたように、ソフト水熱プロセスの応用例は、おもに不要物質の除去という観点から現在研究が行われているが、今後は有機溶媒を一切用いることのない、選択的な有用物質の抽出にも応用が期待される。水はおそらく地球上でもっとも環境に負荷のない溶媒であることはまず間違いないであろう。循環型の社会が望まれる昨今、同じく環境負荷がないとされる生体触媒による化学反応と、本稿で述べたソフト水熱プロセス技術による抽出法を組み合わせることにより、新たな物質生産法が開発できるかもしれない。

- 1) Miyamoto, T. *et al.*: *Labl. Anim.*, **42**, 442 (2008).
- 2) Gorbet, M. *et al.*: *Biomaterials*, **26**, 6811 (2006).
- 3) Miyamoto, T. *et al.*: *Appl. Environ. Microbiol.*, **75**, 5058 (2009).
- 4) Miyamoto, T. *et al.*: *Biotechnol. Prog.*, **25**, 1678 (2009).
- 5) 宮本ら：日本きのこ学会講演要旨集, p 73 (2012).