

VOC分解酵素の活用技術の開発(2)

森川 豊^{*1}、近藤徹弥^{*2}、林 直宏^{*3}

Development of Technology with VOC-degrading Enzymes

Yutaka MORIKAWA, Tetsuya KONDO and Naohiro HAYASHI

Food Research Center,AITEC^{*1*2} Seto Ceramic Research Center,AITEC^{*3}

室内環境汚染物質であるホルムアルデヒドはシックハウス症候群の原因物質とされている。酵素を用いたホルムアルデヒド除去法を構築する目的で、アルコール酸化酵素並びにカタラーゼをシリカゲルビーズに共固定した酵素固定化ビーズを調整し、ホルムアルデヒドガスを通じたところ、良好なホルムアルデヒド分解（酸化）が行われることを確認した。酵素固定化ビーズは、平均細孔径が 50nm のシリカゲルを担体として用いた場合、最も効率良くホルムアルデヒドを分解した。

1. はじめに

建材、家具等に用いられる塗料や接着剤から放散される VOC（揮発性有機化合物）はシックハウス症候群の原因物質とされている。中でもホルムアルデヒドは刺激性が強く製品残留期間が長いことから、室内環境からの除去が望まれている物質の一つである。そこで本研究では、ホルムアルデヒド酸化酵素活性を示すアルコール酸化酵素を用いて気中のホルムアルデヒドを除去する手法について検討を行った。

2. 実験方法

2.1 使用酵素

ホルムアルデヒドの分解には *Candida boidinii* 由来のアルコール酸化酵素（シグマ(株)製：以下 AOX）を用いた。ホルムアルデヒド酸化時に発生する過酸化水素の分解にはカタラーゼ（和光純薬工業(株)製）を用いた。

2.2 ホルムアルデヒド溶液の分解試験

酵素固定化担体として多孔体のシリカゲルビーズ（直径 2-4mm、平均細孔径 10nm -50nm、富士シリシア化学(株)製）を用いた（表1）。シリカゲルビーズ 2g に酵素を溶解した 0.1M リン酸ナトリウム緩衝液（pH8.0）2ml を吸収させた。溶液中の酵素量は、AOX 活性が 0.5U/ml、カタラーゼ活性が 400U/ml となるように調整した。溶液吸収前後のシリカゲルビーズの重量を測定し

表1 シリカゲルビーズの物性値

平均細孔径 (nm)	細孔容積(ml/g)	表面積(m ² /g)	粒子系(mm)
10	1	300	1.70 - 4.00
15	1	200	1.70 - 4.00
30	1	100	1.70 - 4.00
50	1	80	1.70 - 4.00

吸収量を確認した。その後、乾燥させ酵素固定化ビーズを調整した。なお、酵素固定化ビーズの調整は全て 4℃ の環境下で行った。

2.3 固定化酵素の見かけの活性測定

見かけの酵素活性の測定には発色法を用いた。すなわち、固定化酵素ビーズ 0.5g を 10 mM の基質（ホルムアルデヒド）、0.5 mM 4-アミノアンチピリン、2 mM フェノール、ペルオキシダーゼ（10 U/ml）を含む活性検出液に添加して、30℃で 30 分間応させた後 0.5N の塩酸を投入し反応を停止した。活性検出液中のキノン生成に伴う 505nm の吸光度変化を測定した。

2.4 ホルムアルデヒドガスの分解試験

図1に分解試験装置の概略図を示した。ガラス製の円筒（内径 18mm、長さ 50mm）に酵素固定化ビーズを投入しカラムを作製した。酵素未固定のシリカゲルビーズを用いて対照用カラムを作製した。リザーバー中の（10mg/l）に約 0.4 l/min の流速で空気を通じて調整したホルムアルデヒドガスをカラムに循環させた。室温に

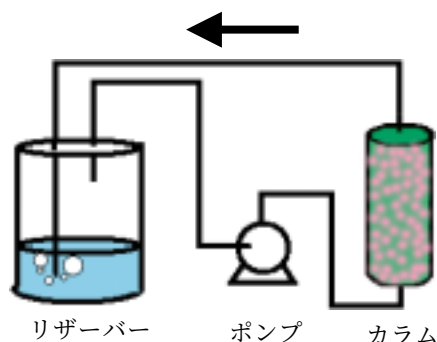


図1 ホルムアルデヒドガスの分解試験装置

*1 食品工業技術センター 発酵技術室 *2 食品工業技術センター 応用技術室

*3 瀬戸窯業技術センター 開発技術室

において所定時間経過した後、リザーバー溶液中のホルムアルデヒド濃度を Nash 法¹⁾により、また、蟻酸濃度を既報²⁾により分析した。

3. 実験結果及び考察

3.1 シリカゲルビーズの平均細孔径の検討

3.1.1 酵素固定化ビーズの見かけの AOX 活性測定(液中)

シリカゲルビーズ 2 g に、酵素 (AOX) 溶液 2m l のほぼ全量が吸収された。シリカゲルビーズの平均細孔径 10 - 50nm において酵素溶液の吸収に差はなく、全細孔径のシリカゲルビーズに同量の酵素が固定化された。酵素固定化ビーズのみかけの AOX 活性測定を液中で行ったところ、平均細孔径 30 - 50nm のシリカゲルビーズを用いた場合、値が大きくなった (図 2)。基質、生産物等の細孔内移動速度 (拡散速度) が律速になっているものと考えられた。

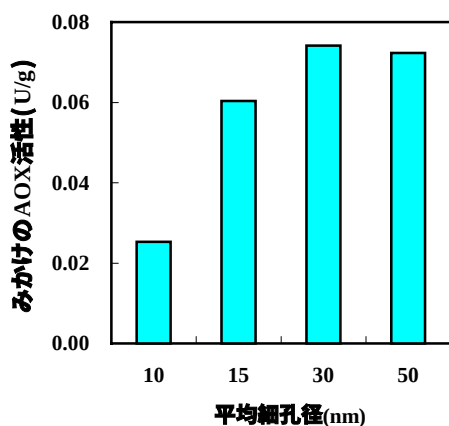


図 2 酵素固定化ビーズのみかけの AOX 活性(液中)
1 分間に 1 μg の HCHO が減少することを 1 U とした。

3.1.2 酵素固定化ビーズのホルムアルデヒドガス分解能力

平均細孔径 10 - 50nm のシリカゲルビーズを用いた酵素 (AOX) 固定化ビーズ (2 g) により作製したカラムに、ホルムアルデヒドガスを通じたところ、リザーバー内のホルムアルデヒド濃度が減少した。液中の反応と同様に、平均細孔径が大きい (30 - 50nm) シリカゲルビーズを用いた場合、酵素固定化ビーズのみかけの AOX 活性は大きくなった (図 3)。

3.2 ホルムアルデヒドガス分解試験

平均細孔径 50nm のシリカゲルビーズに酵素 (AOX + カタラーゼ、AOX のみ) を固定化した。酵素固定化ビーズ及び未固定ビーズ 4 g をカラムに充填し、ホルムアルデヒドガスを通じたところ、リザーバー内のホルムアルデヒド濃度が減少した (図 4)。酵素未固定ビーズを用いた場合では、24 時間後ホルムアルデヒドはほとんど減

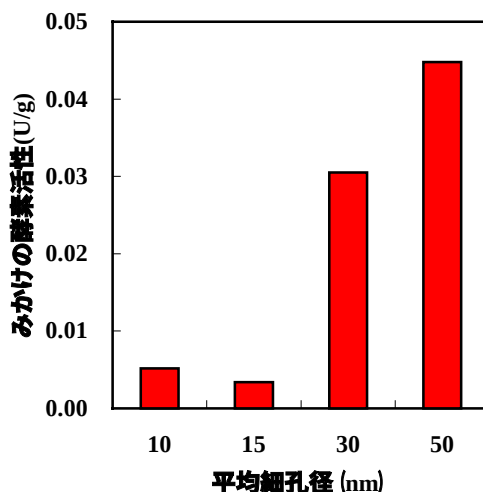


図 3 酵素固定化ビーズのみかけの AOX 活性(ガス中)
反応開始 18 時間後の値。
HCHO の減少量は対照の値を引いた数値を用いた。

少しくなったが、酵素固定化ビーズはその後ホルムアルデヒドを減少させ続けた。特に、カタラーゼを共固定させた場合ホルムアルデヒドの減少率は大きくかった。また、リザーバー液中にホルムアルデヒド酸化によって発生する蟻酸が確認され、ホルムアルデヒド分解量の増加に伴い蟻酸量も増加した。

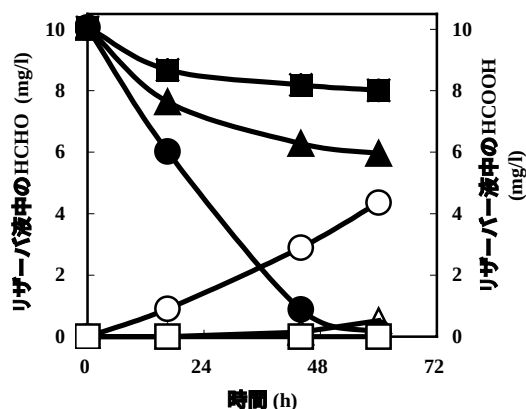


図 4 リザーバー液中の HCHO 及び HCOOH 濃度変化
HCHO 濃度; 未固定 (■)、AOX のみ (▲)、及び AOX + カタラーゼ (●)

4. 結び

シリカゲルビーズに固定化した AOX はホルムアルデヒドガスを酸化し蟻酸に変換することが確認された。蟻酸は喘息の原因になるといわれており、今後は、蟻酸を酸化する酵素²⁾との併用も検討する必要がある。

文献

- 1) T. Nash, Biochem. J., 55, 416(1953)
- 2) 森川ら, 愛知県産業技術研究所研究報告書, 1, 55, (2002)