



# 酵素を 取り扱う作業

酵素は正しく取り扱えば、問題が生じることはありません

## はじめに

多くの濃縮物質と同様に、酵素は慎重に取り扱う必要があります。この冊子には、酵素製品の安全な取り扱い方法に関する情報が記載されています。

また、酵素に関する基礎情報や、酵素を使用した作業時にアレルギーや皮膚刺激が生じるリスクについても紹介します。

## 目次

1. 酵素とは?.....	3
2. 酵素を使用する作業に関連する健康問題.....	4
3. 呼吸器アレルギーとは? .....	5
4. 呼吸器酵素アレルギーとは? .....	6
5. 酵素アレルギーの検査方法は? .....	7
<b>取扱い上の注意</b>	
6. 酵素ばく露を最小限に抑えるための主な原則 .....	9
7. 酵素製品の設計.....	10
8. どのようにして粉塵やエアロゾルが偶発的に発生するのか ..	12
9. 飛散酵素の測定方法.....	13
10. 酵素の取扱い方法.....	14
11. 事故、清掃、修理作業、漏出の管理.....	15
12. 呼吸保護具を使用するタイミング .....	16
13. 個人の衛生管理が不可欠.....	17
14. 酵素に直接ばく露した場合の応急処置.....	18
15. 医師向け情報 .....	19
16. 安全性情報のまとめ .....	19

本冊子を読んだ後にご質問やご意見があれば、ノボネシスまでご連絡ください。

# 1.

## 酵素とは？

酵素は、すべての生物に自然に存在する特殊なタンパク質です。ヒト、動物、植物—生きている細胞すべてに、生命を維持し成長する上で、酵素が不可欠です。例えば、消化器系では、食べ物を分解する際に酵素が重要な役割を果たしています。

酵素は生命に不可欠なものですが、それ自体は生き物ではありません。

酵素は微量で、特定の化学反応やプロセスを速める能力を持つ触媒です。酵素は工業的に製造することができ、洗浄剤の成分として、さらにはバイオエタノールやデンプン、繊維、食品、飲料、飼料およびその他多くの製品を製造する際の加工助剤として広く使用されています。



酵素



触媒プロセスと、  
分子の構築・分解



エネルギー消費量を抑え、  
より清潔な衣服を



食品ロスを少なく  
より豊かな栄養を



石油への依存を軽減し  
環境にやさしい燃料を



少ない農薬で  
より多くの収穫量を

# 2.

## 酵素を使用する作業に関連する健康問題

酵素は生分解性があり、水に溶解し、一般に毒性はありません。しかし、正しく取り扱わないと、製造現場での酵素を用いた作業時には皮膚刺激や呼吸器感作などの健康障害が生じる場合があります。

タンパク質分解酵素に直接接触すると、皮膚刺激を引き起こすことがあります。皮膚や粘膜（特に眼や鼻）にタンパク質分解酵素が長時間直接ばく露されると、皮膚や粘膜に発赤やかゆみが生じる場合があります。

この刺激はタンパク質分解酵素へのばく露が止まるとすぐに消失し、通常は数日以内に完全に回復します。

一方、呼吸器感作は、呼吸器アレルギーに発展する可能性があるため、より深刻な職業上の健康問題と言えます。この冊子の主な目的は、呼吸器アレルギーがどのように発症するのか、またこの種のアレルギーの発症をどのように回避したらよいかについて説明することです。

これらの健康問題は酵素を用いた製品製造にのみ関連するものです

消費者製品中の酵素は安全性が確認されているため、これらの健康問題の心配はありません

# 3.

## 呼吸器 アレルギー とは?

花粉、ハウスダストダニ、動物の毛および真菌に存在する天然タンパク質は、一般的な呼吸器アレルギーとして知られており、アレルギーを引き起こす可能性があります。これらのタンパク質はすべて空気中に飛散します。

### 呼吸器アレルギー

呼吸器アレルギーの発現には2段階のプロセスがあります。第1段階では、アレルギーが吸入されると、肺組織を介して血液循環系に移行します。この第1段階で体内でアレルギーに対する抗体が作られる人もいますが、ほとんどの人の場合、アレルギーに対する抗体は作られません。アレルギーに対する抗体が産生されると、その人は感作されています。

抗体の存在は、皮膚検査または血液分析のいずれかによって測定することができます。この時点では、感作された人に症状は出ていません。

ただし、感作された人が同一アレルギーに繰り返しばく露されると、第2のステップを経て次頁の症状を発現することがあります。このような症状があらわれると、アレルギーを発症したと言えます。

アレルギー症状はアレルギーへのばく露が止まると消失します。しかし、ばく露を繰り返すと症状が再発します。

呼吸器アレルギーの発現には 2段階のプロセスがあります

### 呼吸器アレルギーの症状

呼吸器アレルギーに伴う症状は、一般的に花粉症や喘息に関連する症状と似ています。

- ・ しつこいくしゃみ
- ・ 鼻水
- ・ 涙目
- ・ 息苦しさ
- ・ 咳



# 4.

## 呼吸器酵素 アレルギー とは？

前述の一般的な呼吸器系アレルギーと同様に、酵素は粉塵やエアロゾルとして飛散する可能性があるタンパク質です。

空気中に飛散している酵素（飛散酵素）は吸入される可能性があり、感受性の高い人が繰り返しばく露すると呼吸器アレルギーを引き起こすことがあります。

酵素を用いた作業の際に呼吸器アレルギーを発症すると、酵素アレルギーとなります。この症状は、酵素粉塵やエアロゾルを吸入した場合にのみ生じます。

症状は通常数時間以内か、長くてもばく露が止まると数日以内に消失します。アレルギー以外に、酵素を使った作業による長期的な健康への影響は認められていません。

一部のアレルギーは、摂取または皮膚接触により感作を引き起こすことがあります。しかし、酵素の経口摂取や酵素との皮膚接触による酵素アレルギーは観察されていません。

**酵素アレルギーを発症する人がいるのはなぜでしょうか？**

すべての人が花粉症に悩まされるわけではないように、飛散酵素はすべての人に影響を及ぼすわけではありません。

一部の人には、一般に見られるアレルギーに感作されたり、アレルギーを起こしたりする生まれつき持っているリスクがあります。このようなアレルギーに感作されたり、アレルギーがある人のことをアトピーと呼びます。

酵素に対するアレルギー症状を発症するのはアトピーの人だけではありませんが、アトピーではない人よりも発症しやすいと言えます。



# 5.

## 酵素アレルギーの 検査方法は？

酵素を用いて作業した後に、先に挙げた症状が出た場合は、会社の医療スタッフまたは主治医に相談してください。これらの症状は、勤務時間後（夕方または夜間）まで出ない可能性があることに注意してください。

通常の花粉症、風邪またはインフルエンザの症状と酵素アレルギーは明らかに似た症状です。しかし、特に就業日に症状が通常よりも頻繁に現れたり、週末や休日には症状がほとんど現れない、または全く現れないという場合は、さらに症状を調べる必要があります。

酵素に感作されたり、アレルギーを起こしたりすると、その酵素に対する抗体が体内で作られます。単純な皮膚検査で抗体の有無を確認できるため、その人がアレルギーであるのか、アレルギーを発症しているのかを確認することができます。あるいは、特定の酵素に対して産生された抗体の数を血液検査で定量することもできます。



皮膚検査では、アレルギーの症状がなくても抗体が検出されることがあります。ばく露量を減らすための予防措置を講じないと、後にアレルギー症状が生じる可能性があります。

# 取扱い上の 注意

酵素は正しく取り扱えば、問題が生じることはありません。

# 6.

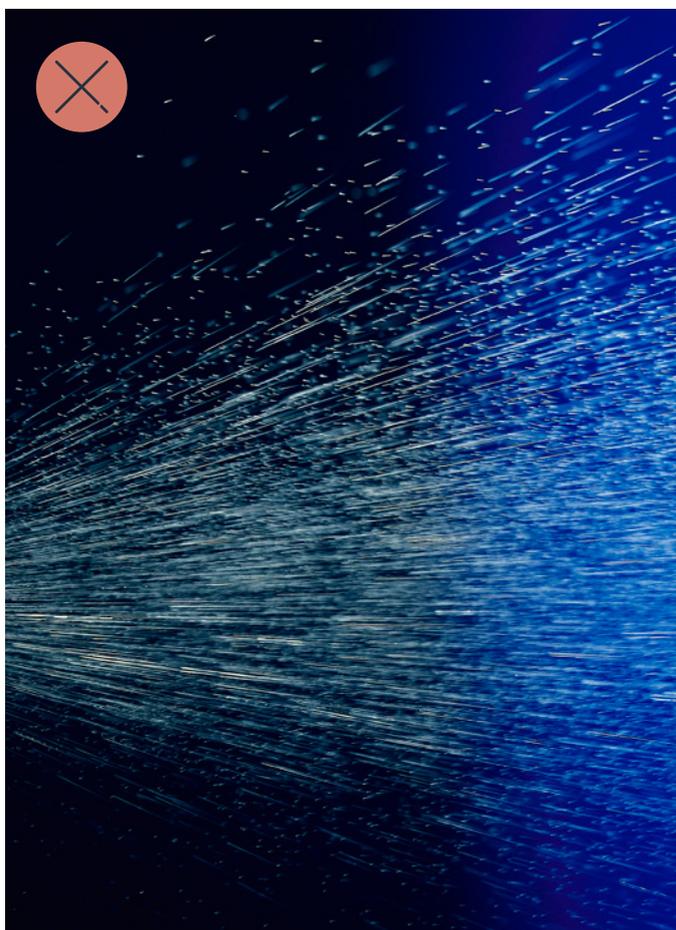
## 酵素ばく露を最小限に抑えるための主な原則

酵素アレルギーは、酵素粉塵またはエアロゾルのいずれかを吸入することによって生じます。そのため、酵素アレルギーの発現リスクを最小化する方法は、酵素粉塵や酵素エアロゾルの形成および拡散のリスクを低減することです。

酵素ばく露の低減において考慮すべき3つの主な側面：

- ・ 酵素製品の設計
- ・ 酵素処理施設における工程設計およびエンジニアリング管理
- ・ 適正作業規範

### 飛散酵素



# 7.

## 酵素製品の設計

(例えば強い機械的ストレスにより) 顆粒が粉碎した場合、酵素粉塵が放出される可能性があることに注意しなければなりません。

酵素を取り扱う際の酵素アレルギー発症のリスクは、1960年代後半から知られています。最も初期の酵素アレルギーは、粉末状の酵素を大量に取り扱う洗剤工場、つまり、非常にほこりが発生しやすい製品の工場で明らかになりました。

より安全な処方や、換気がしっかりと行われる密閉処理システムが導入されたことで、工場で空気中に飛散していた酵素の量は、大幅に減少されている、あるいは、ほぼ除去されていると言えます。

一般に、酵素製品は主に、粉末、顆粒、液体の3つの状態に製造されています。

### 顆粒酵素



顆粒製品から粉塵が発生する可能性は低いです。酵素物質が顆粒に捕捉され、それによって酵素粉塵の放出が減少します。ノボネクスが販売する乾燥製品は、粉塵の発生を最小限に抑えるよう設計されています。酵素は、小粒子にコーティングされ凝集体として製剤化されるか、または固いコーティングに封入されています。

### 液体酵素



液体製品の取り扱い、概して安全です。しかし、液体酵素製品の取り扱いを誤った場合、エアロゾルが生成される可能性があることを覚えておくことが重要です。

液体状の酵素製品から漏出した液体が放置され、乾燥した場合、飛散酵素が生じる可能性があります。

### 粉末酵素



乾燥酵素製品が顆粒状になっておらずコーティングも施されていない場合は、粉末製剤となります。このような粉末製品は、粉塵が発生する可能性が非常に高くなります。そのため、粉末状の酵素製品を取り扱う際は、粉塵の形成や飛散酵素へのばく露を制御することは難しいと言えます。ですので、ノボネクスでは、粉末状の酵素製品を供給しないことを基本方針としています。

粒状製品は、  
粉塵形成の可能性  
が低い



# 8.

## どのようにして粉塵やエアロゾルが意図せずに発生するのか

酵素製品は高度な設計が行われているにもかかわらず、粉塵やエアロゾルが発生する可能性があります。

- 混合や攪拌、空気輸送中など、顆粒状の酵素が強い機械力にさらされる場合
- 例えばトラックに踏まれたり轆かれたりするなどして、顆粒状の酵素が損傷している場合
- 顆粒状の酵素が、より細かい粒子に粉碎された場合
- 液体状の酵素をスプレーしたり、はね飛ばしたり、激しく攪拌したり、空気によってポンプで送液したり、高圧の空気やジェット水で洗浄したりする場合
- 液体がこぼれて乾燥するまで放置された場合
- こぼれた液体を直ちに除去しない場合
- 置換空気中に飛散酵素が含まれる可能性があるため、容器に酵素を含む材料を充填する場合



# 9.

## 飛散酵素の 測定方法

飛散酵素の量は、空気サンプリング装置を用いて測定することができます。

空気中の酵素粉塵やエアロゾルの量は、空気サンプリング装置を用いて測定することができます。作業場の空気は、粉塵およびエアロゾル粒子を捕集するフィルターを通過します。

### 空気モニタリング装置の例



持ち運び型中容量ポンプ  
ポイントモニタリングに使用

空気試料を採取後、フィルターを試験室に送付し、感度の高い分析法を用いてフィルター上に採取した酵素量を測定します。

このようなばく露測定データは貴重な知識となり、職場の安全性を改善するために活用することができます。



据置型高容量ポンプ  
ばく露面積の測定に使用

# 10.

## 酵素の取扱い方法

粉塵やエアロゾルが発生していることが目に見えない場合でも、常に安全対策を講じなければなりません。

### 酵素に直接触れないようにする

可能な限り、酵素製品の重量の測定や注入、その他取扱いは、密閉システムのなかで行ってください。囲いを設置することができない場合は、酵素にばく露する可能性のある場所に排気装置を設置してください。

開放環境での取扱いが避けられない場合、皮膚や眼、呼吸器を保護するため、個人用保護具を使用しなければなりません。

### 漏出した酵素は直ちに除去する

漏出した酵素は直ちに除去しなければなりません。乾燥物質が漏出した場合は、掃除機の使用が推奨されます。フィルターは「HEPA」仕様でなければなりません。乾燥した酵素が漏出した際の残留物や近くの排水溝に液体状酵素が漏出した場合は、低圧水ホースを使用して洗い流してもかまいません。

大量に漏出した場合は、その区域にいる人を避難させなければなりません。漏出物の除去中は、全員が適切な個人用保護具を装着しなければなりません。

大量に漏出した場合は、呼吸保護具なしで再入室する前に、漏出物の量、洗浄作業および換気システムの種類に基づいて除去時間（1～2時間など）を決定しなければなりません。

### 粉塵を他のエリアに拡散させない

酵素の容器を廃棄する場合や包装資材を圧縮する場合には、他の人がばく露することがないように注意してください。



適切なHEPAフィルターを備えた掃除機を使用して、漏出した顆粒状酵素を除去する

# 11.

## 事故、清掃、修理作業、 漏出の管理

### 報告する

酵素粉塵やエアロゾルが偶発的に放出された場合は、問題の発生源を特定し、是正措置を講じることができるよう、直ちに監督者に知らせなければなりません。

酵素粉塵の放出場所および程度によっては、呼吸保護具や防護服が一時的に必要となる場合があります。

### 掃除する

機器等が故障した場合、生産担当者は、可能な限り修理作業を開始する前に清掃を手配しなければなりません。清掃ができない場合は、エリア監督者の許可があるまで、保守担当者は酵素を取り扱う機器の作業を開始してはいけません。

保守担当者は、管理者が定めた安全注意事項に従わなければなりません。

修理作業が完了したら、製造スタッフが酵素で汚染された機器の表面や部品を既定の手順に従って清掃したことを確認します。



# 12.

## 呼吸保護具を使用する タイミング

工場内の粉塵量が、酵素の許容限界値を超えるおそれがある場合は、必ず個人保護具を使用しなければなりません。

酵素を使用するほとんどの操作条件下において、通常は呼吸保護具は必要ありません。

ただし、工場内の粉塵量が酵素の許容限界値を超えるおそれがある場合には、必ず個人用保護具を着用しなければなりません。

呼吸保護具は清潔で、常に正しく装着されていることを確認し、確実に最適な方法で保護できていることが重要です。マスクは酵素にばく露しないように保管してください。

適切な呼吸保護具を着用しなければなりません。

フィルター型式の仕様は、P3、FFP3またはN100でなければなりません。

### 呼吸保護具を使用するタイミングの例：

- ・ 開放環境での作業中
- ・ 包装資材を手作業で廃棄する場合
- ・ 例えば工程中の故障により密閉システムを開ける必要がある場合など、囲いが外される場合
- ・ 部屋に再入室する前に清掃時間を規定しなければならないような、大規模な漏出が発生した場合
- ・ 排気装置が正常に動作していない場合
- ・ 特定の保守作業中
- ・ 局所排気装置により採取された資材を取り扱う場合
- ・ 監督者、安全管理者または医療スタッフから指示があった場合



# 13.

## 個人の衛生管理が 不可欠

作業環境の湿度が高く比較的暖かいと、皮膚に対する酵素の刺激作用が非常に高まります。最も影響を受けやすいのは発汗する身体の湿った部分、特に脇の下、首、額、足、フェイスマスクの下です。

### 留意事項



- ・ 飲食、喫煙、またはトイレの使用前には手を洗ってください。水と刺激の少ない石鹸を使用し、その後は手をよく乾かしてください
- ・ 作業服は頻繁に交換してください
- ・ 作業を行った日の終わりには、シャワーを浴びてください

### 禁忌事項



- ・ 酵素に直接触れること
- ・ 衣服への付着（酵素の残留物が工場の他の場所や自宅に分布する可能性があるため）
- ・ 洗濯のために作業服を自宅に持ち帰ること



# 14.

## 酵素に 直接ばく露した 場合の 応急処置

酵素製品の活性成分は水溶性であるため、酵素の除去には必ず水を使用してください。

### 酵素を飲み込んだ場合

- ・ 口と喉をきれいな水で十分にすすぎ、吐き出してください。
- ・ その後は多量の水や清涼飲料、ジュースを飲んでください。

### 酵素を吸入した場合

- ・ 新鮮な空気のある場所に移動してください。
- ・ 息切れ、喘鳴、または激しい咳など、刺激感やアレルギーの症状が現れた場合は、医師に連絡してください。症状は最長でばく露から12時間後に発現することもあります。

### 酵素が皮膚や眼に接触した場合

- ・ 大量の水で皮膚を洗い流してください。
- ・ まぶたを開けたまま、大量のきれいな水ですすぎ流してください(可能であれば洗眼器または洗眼ボトルを使用してください)。
- ・ 刺激が生じた場合は医師の診察を受けてください。

### 衣服が汚染された場合

- ・ 汚染された衣類を脱いでください。粉塵が発生しないように衣服を水に浸し、通常通り洗濯してください。
- ・ 接触した体の部分を洗うかシャワーを浴び、清潔な衣服に着替えてください。

# 15.

## 医師向け情報

アレルギー症状や皮膚刺激が生じた場合は、この情報を医師に伝えてください。該当する安全データシートを持参してください。

本医療情報は、指針としての使用目的に限定されています。疾患の診断はご自身の判断で行い、必要な治療薬を処方してください。

過敏な人においては、酵素ばく露（吸入）12時間後まで花粉症や喘息と同様の症状が現れることがあります。気道に影響を及ぼす症状はアレルギー性である可能性が最も高く、治療が必要と判断される場合は、呼吸器アレルギーの標準治療に準じて治療することを推奨します。呼吸性呼吸困難はアレルギー性喘息として治療してください。

直接接触すると、タンパク質分解酵素が皮膚や粘膜を刺激することがありますが、時間とともに作用は治まります。より著しい皮膚刺激や湿疹の場合は検査や治療が必要となります。

### 安全性情報のまとめ

#### 感作およびアレルギー

- ・ 酵素粉塵やエアロゾルは、吸入すると感作を引き起こし、最終的にアレルギー反応を引き起こす可能性があります。

#### 感作やアレルギーを予防する

- ・ 酵素アレルギーの予防とは、飛散酵素の吸入を防ぐことです。

#### 皮膚刺激

- ・ タンパク質分解酵素は皮膚刺激を引き起こす可能性があります。

#### 接触を避ける

- ・ 酵素製品との不必要な接触を避けてください。

#### 注意事項

- ・ 常に取扱い上の注意を理解し、従ってください。

**酵素は正しく取り扱えば安全です**

このハンドブックがお役に立てば幸いです。

当社の製品および会社の詳細については、ノボネシスのWebサイトまたは販売代理店にお問い合わせください。

[www.novonesis.com](http://www.novonesis.com)

Novozymes A/S  
Krogshøjvej 36  
DK-2880 Bagsvaerd  
Denmark  
Tel. +45 4446-0000