

# 紙・パルプ産業向けセルラーゼ酵素：古紙脱墨、繊維改質、排水性改善に使う Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry

Enzymes.bio リサーチチーム・ニュージーランド・ウェリントン・June 18, 2026

紙・パルプ産業向けセルラーゼ酵素は、セルロース繊維の表面を制御された範囲で加水分解し、古紙脱墨、繊維改質、叩解補助、スラリーの排水性改善を支援する工程用酵素です。インクや汚れを直接「溶かす」薬品ではなく、繊維表面、微細繊維、繊維間結合に関わる構造を変化させることで、機械処理・洗浄・浮選・抄紙工程を補助します。Enzymes.bioは本製品を1 kg単位でオンライン直接販売する供給業者であり、CoAおよびSDSは注文時に併せて提供されます。

## Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry の位置づけ

Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry は、紙・パルプ工程でセルロース系繊維に作用させるための産業用セルラーゼ製品です。主な用途は、古紙パルプの脱墨補助、繊維表面の改質、叩解工程の補助、排水性・脱水性の改善、再生パルプの処理性向上です。セルラーゼは紙・パルプ分野で古くから検討されてきた酵素群であり、脱墨、繊維改質、紙質改善、排水性改善などの工程目的と関連づけて整理されています<sup>[1]</sup>。

Enzymes.bioは本製品の供給業者であり、製造業者または研究所としてではなく、紙・パルプ用途向け酵素をオンラインで購入できる形で提供しています。本製品は1 kg単位でオンライン直接販売され、注文時にCoAとSDSが併せて提供されます。紙・パルプ工程で酵素を使う場合、実際の効果は原料、古紙比率、機械処理、pH、温度、接触時間、洗浄・浮選条件などの組み合わせで決まるため、セルラーゼは単独で工程全体を置き換える添加剤ではなく、セルロース繊維に起因する課題を調整する工程補助剤として位置づけるのが正確です<sup>[2]</sup>。

紙・パルプ産業では、セルラーゼ以外にもキシラナーゼ、ラッカーゼ、リパーゼ、ペクチナーゼなどが用途別に利用されます。セルラーゼの役割は主にセルロース骨格を持つ繊維の表面制御であり、ヘミセルロース除去、リグニン変換、ピッチ制御、粘着物制御を主目的とする酵素とは作用対

象が異なります。したがって、Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry は、漂白剤や樹脂汚れ対策剤としてではなく、繊維改質・古紙脱墨・排水改善に向けた酵素として理解する必要があります<sup>[3]</sup>。

## セルラーゼが紙・パルプ工程で効く理由

紙・パルプ工程の中心にある材料は、セルロースを主成分とする繊維です。セルロースはグルコース単位が $\beta$ -1,4結合で連なった高分子で、繊維壁の中では結晶性領域と非晶性領域を含む複雑な階層構造を形成しています。セルラーゼはこのセルロース鎖の加水分解を触媒する酵素群であり、微生物由来セルラーゼはセルロース系バイオマス分解や産業処理に広く利用されてきました<sup>[4]</sup>。

ただし、紙・パルプ用途で重要なのは、セルロースを糖まで徹底的に分解することではありません。抄紙に必要な繊維長や繊維強度を保ちながら、繊維表面の外層、微細フィブリル、付着物を含む界面構造を限定的に変化させることが目的です。過剰な加水分解は繊維の短繊維化、紙力低下、歩留まり低下につながる可能性があるため、紙・パルプ工程でのセルラーゼ利用は「分解」よりも「表面改質」と表現する方が実態に近いです<sup>[5]</sup>。

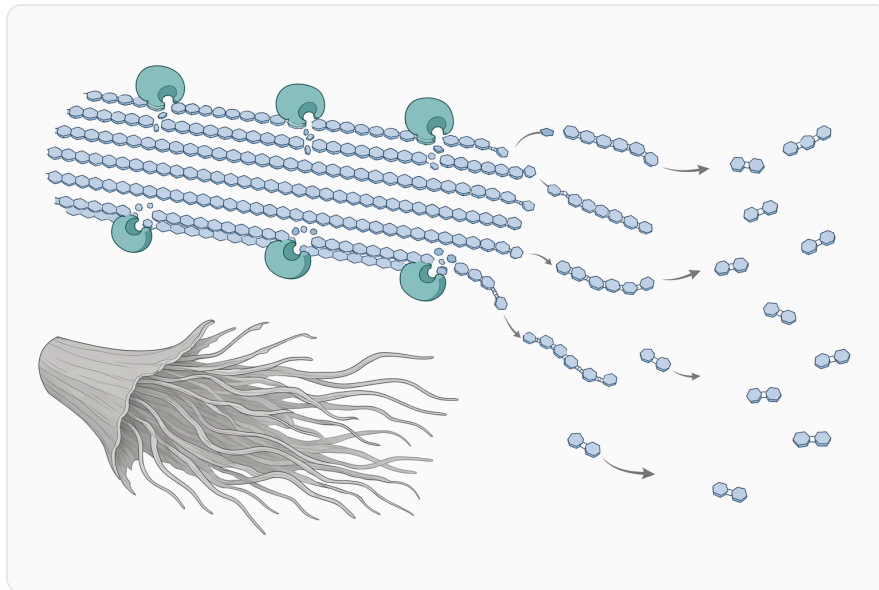
セルラーゼの作用は、繊維表面のアクセスしやすいセルロース鎖から始まります。エンド型セルラーゼはセルロース鎖内部の結合を切断しやすく、繊維表面の毛羽立ちや微細なほぐれに影響します。一方、セルロース分解系全体では、セルロース鎖末端に作用する酵素や、生成した低分子糖をさらに分解する酵素も関与します。紙・パルプ用の酵素処理では、このようなセルラーゼ系の働きを完全分解方向に進めるのではなく、繊維表面で止めるように工程条件と組み合わせることが重要です<sup>[6]</sup>。

古紙処理では、インク粒子、塗工成分、填料、微細繊維、劣化した繊維表面が混在します。セルラーゼはインク色材そのものを漂白する酵素ではありませんが、インクが付着している繊維表面や微細繊維を変化させ、インク粒子の剥離、分散、浮選・洗浄による除去を助けます。古紙脱墨に関する研究では、細菌セルラーゼを酵素触媒として用いる生物学的アプローチが検討され、脱墨工程におけるセルラーゼの有効性が報告されています<sup>[7]</sup>。

## 主な用途：古紙脱墨、繊維改質、排水性改善

### 古紙脱墨でのインク剥離補助

古紙脱墨では、印刷インクを繊維から分離し、浮選または洗浄で除去しやすい状態にする必要があります。機械的離解だけでは、インクが繊維表面や微細繊維に残り、白色度、斑点、灰分挙動、歩留まりに影響することがあります。セルラーゼは、インク付着部位の周辺にあるセルロース表面を局部的に改質し、繊維とインク粒子の結合を弱めることで、後段の分離操作を支援します<sup>[8]</sup>。



**Figure 1.** 셀룰라아제는 섬유 벽 전체를 균일하게 분해하기보다 먼저 접근 가능한 셀룰로오스 표면, 피브릴, 미세섬유분, 비정질 영역에 작용한다.

この作用は、強い化学薬品でインクを化学分解する考え方とは異なります。セルラーゼ処理では、繊維表面の微細構造が変わることで、インク粒子の剥離性、粒径分布、浮選での捕集性、洗浄での移動性が変化します。古新聞紙を対象とした複合酵素脱墨の研究でも、セルラーゼを含む酵素処理が旧新聞紙の脱墨条件最適化に関連して検討されており、脱墨工程では単一の化学反応ではなく、酵素、機械力、界面条件の組み合わせが重要であることが示されています<sup>[9]</sup>。

セルラーゼ脱墨の利点は、古紙繊維を過度に傷めずにインク剥離を補助できる可能性にあります。再生パルプでは、繊維がすでに乾燥履歴とリサイクル履歴を持つため、過剰な機械処理は繊維短化や微細繊維増加を招きやすくなります。セルラーゼを適切に利用すると、機械的な分散力だけに頼らず、繊維表面の反応性を利用してインク分離を進められるため、古紙利用率の高い工程で有用です<sup>[7]</sup>。

## 繊維改質と叩解補助

叩解は、繊維を膨潤させ、外部フィブリル化を促し、繊維間結合を増やすための重要工程です。しかし、叩解を強めるほど電力消費、発熱、繊維損傷、微細繊維発生、排水性低下が問題になりやすくなります。セルラーゼは、繊維表面のセルロース鎖や外層構造に作用して、機械的叩解で起こる表面変化の一部を酵素的に補助します<sup>[1]</sup>。

セルラーゼ処理によって繊維表面が適度にほぐれると、水との相互作用、繊維の柔軟性、繊維間接触が変化します。これにより、同じ機械処理でもフィブリル化が進みやすくなったり、目的の濾水度や紙力バランスに到達しやすくなったりする可能性があります。一方で、処理が強すぎると繊維

長や繊維壁の健全性に悪影響を及ぼすため、紙力を維持する用途では「表面だけを動かす」設計が重要です<sup>[5]</sup>。

機械パルプ繊維の形態に対するセルラーゼ加水分解条件の影響を扱った研究では、処理条件によって繊維形態が変化することが示されており、セルラーゼが紙料の物理的性質に直接関与し得ることが確認されています。この知見は、セルラーゼが単なる分解酵素ではなく、繊維形態を制御する工程因子として扱えることを示しています<sup>[5]</sup>。

## 排水性・脱水性の改善

抄紙工程では、ワイヤーパートでの脱水、プレスパートでの搾水、乾燥パートでの蒸発負荷が生産速度とエネルギー消費に大きく影響します。古紙パルプや高微細繊維パルプでは、水が繊維ネットワーク内に保持されやすく、濾水性が低下します。セルラーゼは、過剰な微細繊維や繊維表面の水保持性に関わる構造を変化させ、スラリーの排水挙動を改善する目的で利用されます<sup>[1]</sup>。

排水性改善の機構は単純な粘度低下だけではありません。セルラーゼが微細フィブリルを部分的に切断したり、繊維表面の膨潤状態を変化させたりすると、繊維ネットワークの水の通り道、保水性、シート形成時の充填状態が変わります。これにより、ワイヤー上での初期脱水、プレスでの水分除去、乾燥負荷に影響する可能性があります。ただし、過度に微細化が進む条件では逆に排水性が悪化する場合もあるため、セルラーゼは排水性を自動的に改善する添加剤ではなく、処理範囲の制御が前提となります<sup>[5]</sup>。

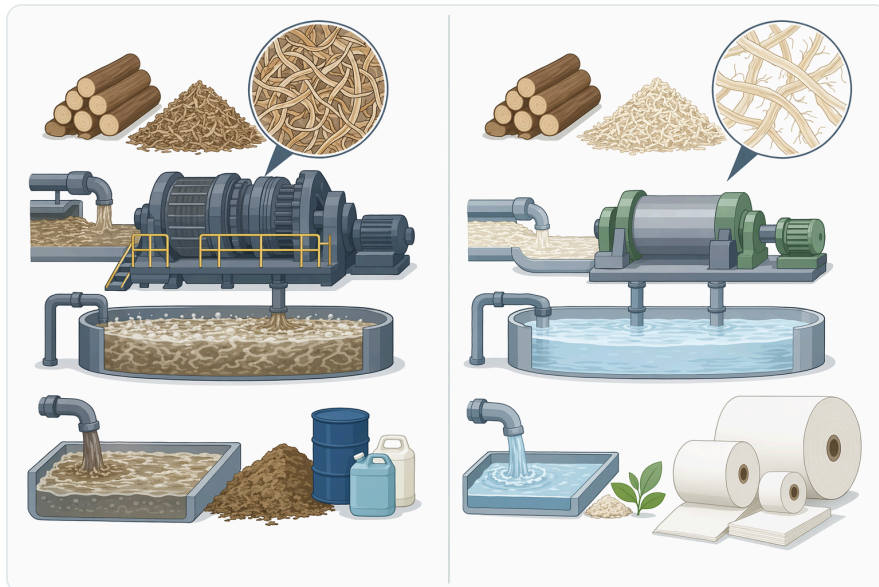


Figure 2. 제지 산업에서의 셀룰라아제 사용은 가벼운 섬유 표면 개질부터 당 방출을 위한 강도 높은 가수분해까지 다양하며, 공정 목표와 위험 수준도 각각 다르다.

## 再生パルプと非木材パルプへの適用可能性

紙・パルプ産業では、木材パルプだけでなく、古紙、農業残渣、非木材繊維など多様なセルロース資源が使われます。農業残渣を紙・パルプ原料として活用する研究では、繊維組成、灰分、ヘミセルロース、抽出成分などが工程設計に影響することが整理されており、原料の多様化に伴って酵素的な前処理・改質の重要性も高まります<sup>[10]</sup>。

非木材繊維や再生繊維では、繊維表面の化学組成、微細繊維の発生傾向、濾水性、紙力発現が木材パルプと異なります。セルラーゼはセルロースに作用するため、これらの原料にも適用可能性がありますが、原料ごとに反応の出方は変わります。例えば、ヘミセルロース含量が高い原料ではキシラナーゼなどの組み合わせ、リグニン関連の課題が大きい原料ではラッカーゼ系との役割分担が重要になります<sup>[3]</sup>。

## セルラーゼと他の紙・パルプ酵素の違い

セルラーゼを正しく使うには、他の酵素との違いを明確にする必要があります。紙・パルプ工程では、キシラナーゼは主にヘミセルロースに作用し、漂白前処理やパルプの抽出性改善に関わります。ラッカーゼなどの酸化還元酵素はリグニン関連反応に関与し、リパーゼは樹脂酸やトリグリセリドなどのピッチ成分に関係します。セルラーゼはこれらと異なり、セルロース繊維そのものの表面を対象とします<sup>[2]</sup>。

酵素群	主な作用対象	紙・パルプ工程での代表的な役割	セルラーゼとの違い
セルラーゼ	セルロース繊維表面、微細フィブリル	古紙脱墨補助、繊維改質、叩解補助、排水性改善	繊維骨格に直接作用するため、処理過多では紙力低下に注意が必要 <sup>[1]</sup>
キシラナーゼ	キシランなどのヘミセルロース	漂白前処理、パルプ中ヘミセルロースの調整	セルロースではなくヘミセルロースを主対象とし、漂白工程との関連が強い <sup>[2]</sup>
ラッカーゼ系酵素	リグニン関連構造、フェノール性化合物	リグニン変換、漂白補助、色度低減の研究用途	セルロース表面改質ではなく酸化還元反応が中心 <sup>[11]</sup>
リパーゼ	油脂、樹脂、ピッチ成分	ピッチ制御、樹脂汚れ低減	繊維表面ではなく疎水性汚れや脂質成分を対象とする <sup>[2]</sup>
複合酵素系	セルロース、ヘミセルロースなど複数成分	脱墨、繊維改質、原料前処理	単一酵素より広い作用を持つが、各酵素の役割分担が重要 <sup>[3]</sup>

この比較から分かるように、セルラーゼは紙・パルプ工程の万能酵素ではありません。セルロース繊維の表面を扱う工程では中心的な役割を持ちますが、漂白薬品の直接代替、リグニン分解、ピッチ除去、粘着物制御を主目的にする場合は、他の酵素群や工程薬品との役割分担が必要です。セルラーゼの価値は、セルロース繊維という紙の骨格に直接、かつ比較的穏やかに作用できる点にあります<sup>[1]</sup>。

## 用途別に見る作用機構と期待される工程効果

紙・パルプ工程でセルラーゼを検討する際は、「何を改善したいのか」によって評価すべき現象が異なります。脱墨ではインク剥離と残インク、叩解補助では繊維形態と紙力、排水性改善では濾水と水保持、品質改善では地合い、強度、白色度、斑点が関係します。セルラーゼは同じ酵素でも、処理点と原料条件によって結果が変わるため、用途ごとの機構を分けて考える必要があります<sup>[8]</sup>。

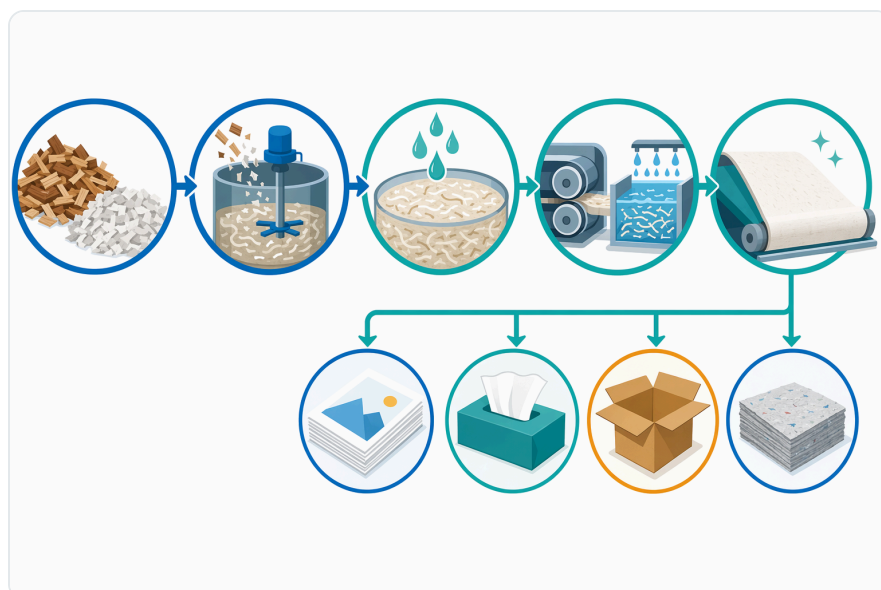
用途	セルラーゼの主な作用点	期待される工程効果	注意すべき限界
古紙脱墨	インク付着部位周辺の繊維表面、微細繊維	インク剥離、浮選・洗浄での除去性向上、再生パルプ品質の改善	インクを直接漂白する酵素ではなく、機械処理・界面条件との組み合わせが必要 <sup>[7]</sup>
繊維改質	外部フィブリル、繊維表面の非晶性セルロース	繊維の柔軟化、結合性向上、叩解補助	過剰処理では繊維損傷や紙力低下の可能性 <sup>[5]</sup>
排水性改善	微細繊維、保水性の高い表面構造	濾水性、脱水性、運転性の改善	微細化が進みすぎる条件では逆効果になり得る <sup>[1]</sup>
再生パルプ処理	乾燥履歴を受けた古紙繊維表面	繊維表面の再活性化、脱墨補助、処理性改善	原料履歴により反応性が大きく変わる <sup>[8]</sup>
非木材・農業残渣パルプ	セルロース繊維と共存成分	原料特性に応じた繊維改質	ヘミセルロースやリグニンが多い場合は他酵素との役割分担が重要 <sup>[10]</sup>

このように、セルラーゼの効果は「セルロースに作用する」という一点から派生しますが、工程上の結果は多面的です。例えば、繊維表面のフィブリル化は紙力向上に寄与する一方、過剰な微細繊維発生は排水性を損なうことがあります。脱墨でインク剥離が進んでも、粒子が細かくなりすぎると浮選で捕集しにくくなる場合があります。したがって、セルラーゼは反応を強めるほどよい酵素ではなく、目的の繊維状態に合わせて反応を止める酵素です<sup>[9]</sup>。

## 脱墨工程でのセルラーゼの実用的な意味

脱墨工程では、セルラーゼが繊維表面のセルロースを部分的に改質することで、インク粒子と繊維の界面を変えます。印刷インクは、顔料、樹脂、油性または高分子成分、紙表面の塗工層や填料と複雑に関係しているため、単純に「セルラーゼがインクを分解する」と表現するのは正確ではありません。実際には、酵素処理によってインクが付着している繊維表面が変化し、その後のパルピング、分散、浮選、洗浄で取り除かれやすくなります<sup>[7]</sup>。

セルラーゼとキシラナーゼの複合処理を扱った研究では、パルプ改質と脱墨効率に対して複合酵素が関与することが報告されています。これは、古紙の繊維表面が純粋なセルロースだけでなく、ヘミセルロース、微細繊維、填料、印刷由来成分を含む複合界面であることと整合します。セルラーゼ単独の作用が重要な場合もありますが、原料によってはヘミセルラーゼ系酵素との相乗効果が脱墨性能に影響します<sup>[8]</sup>。



**Figure 3.** 재생지 탈묵 공정에서 셀룰라아제는 셀룰로오스가 풍부한 잉크 부착 부위를 느슨하게 만든 뒤, 세척이나 부유선별을 통해 떨어져 나온 입자를 제거한다.

古紙脱墨で求められる品質は、白色度だけではありません。残インク斑点、灰分挙動、繊維歩留まり、排水性、泡の状態、後段薬品との相互作用も重要です。セルラーゼ処理は、これらのうち特に繊維表面と微細繊維に関わる項目へ影響します。そのため、再生紙の製造では、セルラーゼを脱墨薬品の代替として単独で考えるより、古紙離解、アルカリ条件、界面活性剤、浮選、洗浄、スクリーン処理の中で、繊維側を整える補助技術として組み込む方が現実的です<sup>[9]</sup>。

## 繊維形態、紙力、排水性のバランス

紙の品質は、繊維がどれだけよく結合するかと、抄紙機上でどれだけ速く水が抜けるかのバランスで決まります。叩解を強めると繊維間結合は増えやすくなりますが、同時に微細繊維が増えて排水性が落ちることがあります。セルラーゼ処理も同じで、適切な範囲では繊維表面を活性化しますが、処理が進みすぎると繊維損傷や過度の微細化につながる可能性があります<sup>[5]</sup>。

このバランスを理解するうえで重要なのは、セルラーゼが繊維の外側から反応するという点です。繊維表面の非晶性セルロースや外部フィブリルは酵素がアクセスしやすく、短時間でも形態変化が起こり得ます。一方、繊維壁内部の結晶性セルロースはアクセスが制限されるため、反応は原料の前処理履歴、乾燥履歴、損傷度、リグニン・ヘミセルロースの残存状態によって変わります。結晶性セルロースの分解性に関する研究でも、セルラーゼの種類と基質構造が分解挙動に大きく関わることが示されています<sup>[6]</sup>。

したがって、紙・パルプ用途でのセルラーゼ利用は、糖化工程のようにセルロース分解率を最大化する発想とは異なります。むしろ、繊維長を保ち、紙力を維持し、排水性を損なわない範囲で、表面だけを選択的に変えることが目的です。この考え方は、セルラーゼを繊維改質・叩解補助・脱墨補助として扱う紙・パルプ分野の実用的な位置づけと一致します<sup>[1]</sup>。

## 温度安定性と工程条件への適合性

紙・パルプ工程は水系で行われるため、セルラーゼはパルプスラリー中で繊維と接触して作用します。酵素反応は一般に温度、pH、接触時間、せん断、金属イオン、残留薬品、界面活性剤などの影響を受けます。特に古紙工程では、アルカリ条件、脱墨薬品、印刷インク由来成分、填料、サイズ剤などが共存するため、酵素が繊維表面にアクセスできるかどうか重要になります<sup>[2]</sup>。

近年の研究では、温泉由来や堆肥由来の微生物から耐熱性セルラーゼを探索・評価する例が報告されています。これは、産業工程では温度変動や比較的高温の水系条件に耐えるセルラーゼが求められるためです。ただし、紙・パルプ用製品の実使用では、個別の酵素の耐熱性だけでなく、工程水、パルプ濃度、混合、残留薬品、後段処理との整合性が実効性能を左右します<sup>[12]</sup>。

堆肥や土壌などから分離されたセルラーゼ生産菌の研究も、産業用途に向けたセルラーゼ多様性の背景を示しています。Bacillus 属などの細菌セルラーゼは、比較的厳しい環境で作用する酵素候補として研究されており、紙・パルプ工程のような大規模水系処理においても、安定性と作用特性が重要な評価軸になります<sup>[13]</sup>。

## 持続可能性と古紙利用への貢献

紙・パルプ産業は、木材資源、水、エネルギー、化学薬品、廃水、温室効果ガス排出と密接に関係しています。古紙利用や非木材繊維利用は資源循環の観点から重要ですが、再生繊維は乾燥履歴、繊維劣化、インク残渣、微細繊維蓄積などの課題を持ちます。セルラーゼは、こうした再生パルプの繊維表面を調整し、脱墨・排水・繊維結合のバランスを改善する補助技術として利用できます [14]。

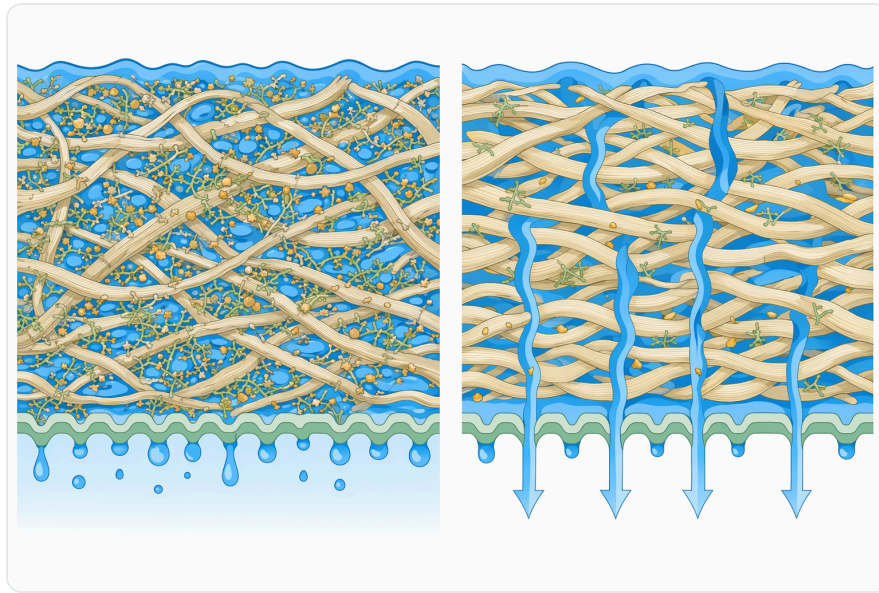


Figure 4. 셀룰라아제는 미세섬유분, 피브릴, 섬유 팽윤, 기공 구조를 변화시켜 배수성과 보수성에 영향을 줄 수 있다.

酵素利用の環境面での価値は、強い化学処理をすべて置き換えることではなく、反応選択性を利用して工程負荷を分散できる点にあります。セルラーゼはセルロースに選択的に作用するため、繊維表面改質や脱墨補助のような用途では、過度な機械処理や薬品依存を抑える工程設計に寄与する可能性があります。紙・パルプ産業における酵素応用は、漂白、脱墨、ピッチ制御、排水処理など複数の工程で検討されており、セルラーゼはその中で繊維関連工程を担う酵素です [2]。

紙・パルプ排水には、溶存有機物、色度成分、微細繊維、薬品由来成分などが含まれる場合があります。持続可能な排水利用・処理が産業上の課題になっています。セルラーゼは排水処理の主酵素として語られるより、前段の繊維処理や古紙処理でスラリー性状を整えることで、工程全体の水管理に間接的に関与する酵素と考える方が適切です [14]。

## Enzymes.bioからオンライン購入する場合の実務的な位置づけ

---

Enzymes.bioの Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry は、紙・パルプ工程でセルラーゼ処理を行うための酵素製品として、1 kg単位でオンライン直接購入できます。供給業者としての Enzymes.bioは、製造業者や研究所ではなく、産業用途向け酵素を入手しやすい形で提供する立場です。注文時にはCoAとSDSが併せて提供されるため、受領後の社内保管、安全管理、工程投入に必要な基本文書を確認できます。

製品を工程に組み込む際は、セルラーゼの役割を明確にしておくことが重要です。古紙脱墨であれば、インク剥離と浮選・洗浄の補助が主目的です。叩解補助であれば、繊維表面の改質と機械処理の効率化が主目的です。排水性改善であれば、微細繊維や保水性の高い表面構造の調整が主目的です。これらの用途はすべてセルロース繊維への作用に基づきますが、期待する工程効果は異なります<sup>[8]</sup>。

また、セルラーゼを使う工程では、効果を強く出すほどよいとは限りません。紙・パルプでは繊維が製品の骨格そのものであるため、セルロース分解が進みすぎると、紙力、歩留まり、排水性、微細繊維量に悪影響が出る可能性があります。Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry は、繊維を破壊するためではなく、繊維表面を目的に合った状態へ調整するための酵素として扱うことが、実用上もっとも重要です<sup>[5]</sup>。

## 紙・パルプ用セルラーゼを適用しやすい工程領域

---

セルラーゼが特に検討されやすいのは、古紙パルプの品質と運転性が制約になる工程です。たとえば、新聞古紙、雑誌古紙、事務系古紙、混合古紙では、インク、塗工成分、填料、微細繊維の影響により、脱墨性や排水性が安定しにくい場合があります。セルラーゼ処理は、こうした繊維表面由来のばらつきを緩和し、後段の分離操作を助ける可能性があります<sup>[9]</sup>。

一方、バージンパルプ主体の工程では、セルラーゼの目的は脱墨よりも繊維改質や叩解補助に寄ります。繊維表面を穏やかに変えることで、叩解負荷を調整し、紙力と排水性のバランスを取りやすくすることが狙いです。機械パルプの繊維形態に対するセルラーゼ条件の影響が研究されていることから、セルラーゼは原料繊維の種類に応じて形態制御の補助因子として考えることができます<sup>[5]</sup>。



**Figure 5.** 제지 및 펄프 분야의 셀룰라아제 응용에는 탈묵, 백수 내 미세섬유 분 제어, 배수성 향상 보조, 고해 보조, 바이오표백 보조, 나노셀룰로오스 생산, 슬러지 자원화가 포함된다.

非木材パルプや農業残渣由来パルプでは、セルロース以外の成分が工程挙動に強く影響することがあります。ここではセルラーゼ単独より、キシラナーゼなどヘミセルラーゼとの組み合わせが合理的な場合があります。セルラーゼとキシラナーゼの相乗作用は産業バイオテクノロジーで広く論じられており、紙・パルプ原料のような複合多糖材料では、複数酵素の役割分担が重要になります [3]。

## 効果を過大評価しないための技術的な境界

セルラーゼは、紙・パルプ工程の複数課題に関係しますが、すべての問題を解決するわけではありません。漂白で色度を下げる主役は、条件によってキシラナーゼや酸化還元酵素、化学漂白薬品になります。ピッチや樹脂汚れではリパーゼ系の方が直接的です。粘着物や接着剤由来トラブルでは、基質がセルロースではないため、セルラーゼだけで根本処理することは期待しにくいです [2]。

また、セルラーゼの反応は原料履歴に影響されます。同じ古紙でも、印刷方式、紙種、塗工層、リサイクル回数、保管状態、灰分、サイズ剤、残留薬品によって、酵素がアクセスできる表面と反応結果が変わります。セルラーゼの研究では、多様な微生物由来酵素の特性評価が行われていますが、工程での有効性は酵素固有の性質だけでなく、実際の紙料組成との相互作用で決まります [15]。

したがって、Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry の価値は、効果を広く主張することではなく、セルロース繊維表面に由来する工程課題へ焦点を絞ることで明確になります。古紙脱墨、繊維改質、叩解補助、排水性改善という用途では、セルラーゼの作用機構と工程目的が直接つ

ながります。逆に、漂白、リグニン除去、ピッチ制御、粘着物処理を主目的とする場合は、セルラーゼを補助的な位置づけにとどめる方が技術的に正確です<sup>[1]</sup>。

## まとめ：セルラーゼは紙・パルプ繊維を「壊す」酵素ではなく「整える」酵素

Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industry は、セルロース繊維の表面を限定的に改質し、古紙脱墨、繊維改質、叩解補助、排水性改善を支援する紙・パルプ工程用酵素です。セルラーゼはセルロースを加水分解する酵素ですが、紙・パルプ用途では完全分解ではなく、繊維表面、微細フィブリル、インク付着界面、保水性に関わる構造を制御することが目的です<sup>[4]</sup>。

古紙脱墨では、セルラーゼがインクそのものを漂白するのではなく、インクが付着した繊維表面を変化させ、剥離、分散、浮選、洗浄を補助します。繊維改質では、外部フィブリル化や表面の柔軟化を通じて叩解工程を支援します。排水性改善では、微細繊維や保水性の高い表面構造を調整し、スラリーの脱水挙動に影響します。これらの作用は、紙・パルプ分野におけるセルラーゼ利用の中心的な根拠です<sup>[8]</sup>。

Enzymes.bioは、本製品を1 kg単位でオンライン直接販売する供給業者です。CoAとSDSは注文時に併せて提供されます。紙・パルプ工程でセルラーゼを利用する際は、漂白、ピッチ制御、粘着物対策まで含めた万能剤としてではなく、セルロース繊維表面の改質に特化した酵素として位置づけることが、品質、運転性、持続可能性の面で最も合理的です<sup>[1]</sup>。

### Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industryをオンライン注文

1 kg単位で販売、在庫あり・即出荷可能です。オンラインストアで直接ご注文・決済いただければ、当社でご注文を処理します。すべてのご注文に試験成績書（CoA）と安全データシート（SDS）が付属します。

[Cellulase Enzyme For Paper And Pulp Industryを購入 →](#)

## 参考文献

初出引用順に番号を付けています。各出典はオープンアクセスで、公開時にアクセス可能であることを確認済みです。本文中の引用番号からこちらにリンクしています。

1. Singh, S., Singh, V., Aamir, M., Dubey, M., Patel, J., Upadhyay, R., & Gupta, V. (2016). Cellulase in Pulp and Paper Industry.

2. Singh, G., Capalash, N., Kaur, K., Puri, S., & Sharma, P. (2016). Enzymes: Applications in Pulp and Paper Industry.
3. Bajaj, P., & Mahajan, R. (2019). Cellulase and xylanase synergism in industrial biotechnology. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103, 8711 - 8724.
4. Ma, X., Li, S., Tong, X., & Liu, K. (2023). An overview on the current status and future prospects in Aspergillus cellulase production. *Environmental Research*, 117866 .
5. Frias, M., Reynoso, S., Rambhia, S., Noki, G., Olson, J., Stoeber, B., & Trajano, H. L. (2024). Effect of incubation conditions of cellulase hydrolysis on mechanical pulp fibre morphology. *Carbohydrate Polymers*, 344, 122529 .
6. Adab, F. K., Yaghoobi, M. M., & Gharechahi, J. (2024). Enhanced crystalline cellulose degradation by a novel metagenome-derived cellulase enzyme. *Scientific Reports*, 14.
7. Indumathi, T., Jayaraj, R., Kumar, P., J. M. I. S., Krishnaswamy, V., Ghfar, A. A., & Govindaraju, S. (2021). Biological approach in deinking of waste paper using bacterial cellulase as an effective enzyme catalyst. *Chemosphere*, 287 Pt 2, 132088 .
8. Kumar, N. V., Rani, M. E., Gunaseeli, R., & Kannan, N. (2018). Paper pulp modification and deinking efficiency of cellulase-xylanase complex from Escherichia coli SD5. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 289-295 .
9. Bi, Y., Deng, Z., Guo, F., Wang, J., Li, Q., Wang, X., Lu, F., ... et al. (2025). The Study on the Optimization of Composite Enzyme Preparations for Deinking of Old Newspaper Paper. *Sustainability*.
10. Worku, L. A., Bachheti, A., Bachheti, R. K., Reis, C. E. R., & Chandel, A. (2023). Agricultural Residues as Raw Materials for Pulp and Paper Production: Overview and Applications on Membrane Fabrication. *Membranes*, 13.
11. Sharma, P., & Rath, S. (2021). Potential applications of fungi in the remediation of toxic effluents from pulp and paper industries.
12. M.N., H., Sadeepa, H., Manage, P., & Sirisena, K. (2024). Characterization of Thermostable Cellulase Enzyme Isolated from a Hot Spring Bacterium: Bacillus sp.. *Proceedings of International Forestry and Environment Symposium*.
13. Chandrarathna, U. A. A. N. (2024). Isolation and characterization of thermo-stable cellulase enzyme producing bacteria from a compost production site. *The 24th International Postgraduate Research Conference*.
14. Liang, X., Xu, Y., Yin, L., Wang, R., Li, P., Wang, J., & Liu, K. (2023). Sustainable Utilization of Pulp and Paper Wastewater. *Water*.
15. Sharma, M., Sharma, N., Gururaj, K., Kumar, A., & Kaushik, S. (2025). Screening, Analysis, and Purification of Unique Cellulase from Bacillus subtilis R2A Derived from Agricultural Fields and Waste Dump Sites. *Journal of Pure and Applied Microbiology*.


## Enzymes.bioへお問い合わせ


ご注文に関するご質問は、当社チームが喜んでサポートします。

メール [wholesale@enzymes.bio](mailto:wholesale@enzymes.bio)

電話（米国） **+1 (507) 428-6057**

[お問い合わせ →](#)

 **400+** B2B顧客

 **60+** 大学研究パートナー

 **54** 世界各国に供給

© 2026 Enzymes.bio · 産業用 · 食品加工用酵素の供給 · 人の摂取用または小売販売用ではありません。