

# アセトン・ブタノール発酵

九州大学大学院 農学研究院 生物機能科学部門 応用微生物学講座 発酵化学分野

## アセトン・ブタノール発酵のあらまし

発酵工業は、長年食料関係で培われた発酵技術が基盤となり、19世紀後半に発達した微生物学と化学工業技術によって成立しました。発酵工業は歴史も浅く、20世紀になってから発展した工業です。

第一次世界大戦当時、軍事活動の増加に伴って爆薬が大量に必要になり、ダイナマイトを造るために必要だった【アセトン】を酪酸菌（現在ではアセトン・ブタノール菌）を用いて生産する発酵工業がイギリスとアメリカで興りました。この発酵では、原料の糖からアセトンとともに【ブタノール】も生産されるので【アセトン・ブタノール発酵】と呼ばれています。現在では、第二次世界大戦において発達した石油化学工業でアセトンやブタノールの生産を行うほうが安価となり、アセトン・ブタノール発酵は工業としては成立していません。

しかしながら石油は有限です。そのため、石油に頼らず環境汚染を最小限にいとどめることが可能な、微生物発酵による有用物質生産に近年注目が集まっています。さらに、バイオテクノロジーの発達に伴って菌の改良が容易に行えるようになったことから、コストに見合った生産をアセトン・ブタノール発酵で行うことも無理ではなくなってきました。

本研究室では、長年研究を行ってきたアセトン・ブタノール菌【Clostridium saccharoperbutylacetonicum N1-4】の代謝解析や菌の改良を行うことによって、現在のアセトン・ブタノール発酵の可能性を探っています。

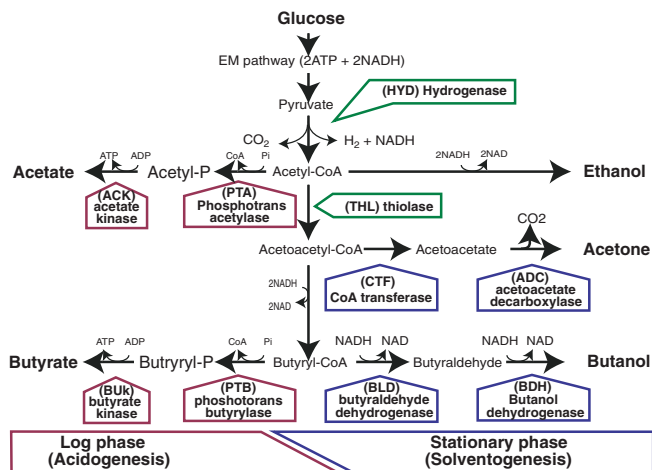


## アセトン・ブタノール菌の代謝制御

アセトン・ブタノール菌は、偏性嫌気性、孢子形成可能なグラム陽性細菌です。グルコースなどの糖を取り込み、解糖系を経てピルビン酸を生産し、嫌気発酵を行いアセトン・ブタノールを生産します。微生物の物質生産にはさまざまな酵素が関与しており、物質代謝をコントロールしています。生産物をコントロールするためには、微生物の代謝を理解し、これらの酵素をコントロールする必要があります。

我々の代謝制御へのアプローチは、代謝を制御する機構を明らかにし、物質生産に関わる酵素の遺伝子を操作することにより、意図的に微生物の代謝をコントロール出来る方法を探る事です。具体的には、基質資化能や最終産物を変化させるために酵素遺伝子の改変や組み込みを試みています。

## アセトン・ブタノール菌の代謝経路



## 発酵産物の用途

- アセトン
- ブタノール
- エタノール
- 溶媒
- エネルギー源
- 1, 3プロパンジオール
- 酪酸
- 生分解性プラスチックの原料
- 水素
- エネルギー源



## 世界の石油代替エネルギーへの取り組み

### アメリカ

トウモロコシからのアセトン・ブタノール生産の企業化  
エタノール発酵のプロジェクト  
アルコール自動車の開発

### ヨーロッパ

バイオマス利用の推進

### ドイツ及び日本

水素を燃料とした荷物輸送車の実験的利用

### オーストリア

農産物廃棄物を利用したアセトン・ブタノール生産プラント設立

### オランダ

廃棄物処理へのアセトン・ブタノール菌の利用

### ブラジル

エタノール燃料車の普及とアルコール生産推進

### フランス

ディーゼルエンジンへの菜種油メチルエステルの利用

### スウェーデン

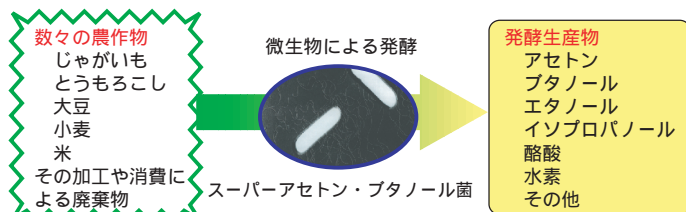
エタノールを利用したエンジンの開発と導入

エタノールディーゼルバスの普及

## アセトン・ブタノール発酵における問題点

- 1) 基質コストの高さ（農産物などの生産コスト）  
《解決方法》  
多種多様な基質のやバイオマス利用可能な菌種の育種
- 2) 発酵産物濃度の低さ（20g/が限界）  
《解決方法》  
高濃度のブタノール量にも耐えられる菌の育種
- 3) 生産物精製コストの高さ（蒸留や膜による分離）  
《解決方法》  
生産物の種類を限定し濃度を高める方法を開発
- 4) アセトン・ブタノール発酵が行えない菌が出現する  
《解決方法》

## アセトン・ブタノール菌の改良



- 微生物への遺伝子の導入及び微生物の改変  
代謝に関わる酵素を変化させる  
他の菌の分解酵素を組み込む  
アルコール耐性を変化させるなど
- スーパーアセトンブタノール菌  
高いアセトン・ブタノール耐性  
幅広い基質に対して資化能がある  
特定の発酵産物の生産が可能  
発酵産物の濃度が高いなど