

[成果情報名] *Bacillus aryabhatai* は農作物残渣内の澱粉からバイオプラスチックを生産する

[要約] 日本の土壌から新たに単離した細菌 *Bacillus aryabhatai* はアミラーゼ遺伝子(*amyA*)を保有し、菌体外に分泌した澱粉分解酵素（アミラーゼ）による澱粉分解によってグルコースを生産してポリヒドロキシ酪酸(PHB)を体内に蓄積する。

[キーワード] 生分解性プラスチック、ポリヒドロキシ酪酸、キャッサバパルプ、オイルパーム

[所属] 国際農林水産業研究センター 生物資源・利用領域

[分類] 研究

#### [背景・ねらい]

東南アジア地域では、キャッサバパルプやオイルパーム廃棄木等の農作物残渣が大量に排出され、様々な環境問題をもたらす要因となっているが、一方で農作物残渣中に含まれる澱粉は有用なバイオマス資源と考えられる。近年、石油性プラスチックの環境への影響が問題となっており、生分解可能なバイオプラスチックへの注目が世界的に高まっているが、バイオプラスチックの一種であるポリヒドロキシ酪酸(PHB)を生産する多くの PHB 生産菌はグルコースを餌資源としており、澱粉から直接、PHB を生産することができない。本研究では、膨大な量の農作物残渣に由来する環境負荷を軽減し、有用なバイオマス資源として活用する技術開発の一環として、澱粉から直接 PHB 生産が可能な細菌を探索し、バイオプラスチック生産の有効性を検討する。

#### [成果の内容・特徴]

1. 日本の土壌を単離源として 84 株の PHB 生産菌を分離し、澱粉から PHB をもっとも大量に生産する細菌 *Bacillus aryabhatai* を単離した。*B. aryabhatai* は、アミラーゼ遺伝子(*amyA*)を保有することから、菌体外に分泌したアミラーゼによって澱粉をグルコースに分解し、これを餌資源として PHB を生産し、体内に蓄積する。
2. 温度、pH、澱粉濃度等を考慮した最適条件下では、菌体重量は 4.4 g/L、菌体中に含まれる PHB 含量は 46%、PHB 生産量は 1.9 g/L と高い生産効率を示す（図 1）。一方で、PHB 生産菌として工業利用されている *Cupriavidus necator* はアミラーゼ遺伝子を持たないため澱粉を利用することができず、同環境下で培養しても PHB を生産できない（図 1）。
3. キャッサバパルプならびにオイルパーム廃棄木内の澱粉を用いて *B. aryabhatai* による PHB 直接生産を行うと、前者は 96%、後者は 99%が分解され、それぞれ 0.12 g/L、0.33 g/L の PHB が生産される（図 2、表 1）。
4. PHB の物性を表す重量平均分子量は市販のグルコースを用いて生産した PHB と同等であるが、耐熱性の一つの指標となる融点は、キャッサバパルプを利用して生産した PHB が市販のグルコースを用いて生産したものよりも高く（表 2）、高温下での加熱加工に適するとともに製品の耐熱性も高まると期待できる。

#### [成果の活用面・留意点]

1. 本菌を用いることで、澱粉分解酵素や遺伝子組換え菌を利用することなく、キャッサバパルプやオイルパーム廃棄木等の残渣から直接、PHB を生産できるため、バイオプラスチック生産のコスト削減や農作物残渣の処理、環境負荷の低減等が期待できる。
2. 実用化においては、農作物由来残渣内澱粉の安定かつ安価な供給ルートの確保や、大量生産における最適培養条件のさらなる検討が必要である。

[具体的データ]

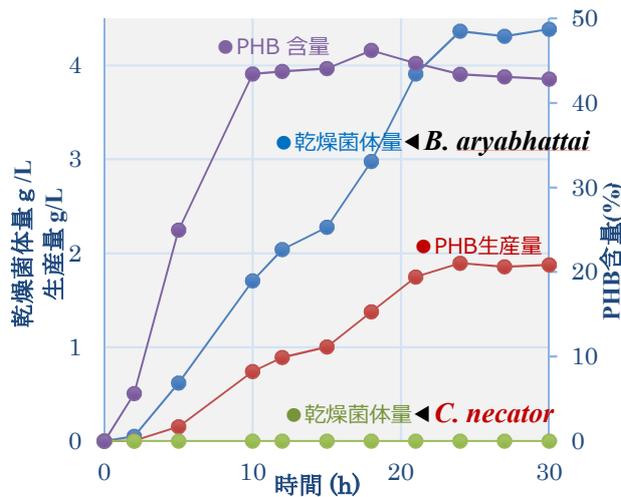


図1 *B. aryabhatai*による可溶性澱粉からのPHB生産



図2 農作物残渣内の未利用澱粉からのPHB生産

表1 *B. aryabhatai*による農作物残渣内の未利用澱粉からのPHB生産量

| 澱粉の原料     | 澱粉分解率 (%) | 乾燥菌体量 (g/L) | PHB 生産量 (g/L) | PHB 含有量 (%) |
|-----------|-----------|-------------|---------------|-------------|
| キャッサバパルプ  | 96±3      | 1.42±0.08   | 0.12±0.03     | 8.68±1.44   |
| オイルパーム廃棄木 | 99±1      | 1.95±0.05   | 0.33±0.06     | 17.07±2.83  |

表2 *B. aryabhatai*及び他の細菌によるグルコースとキャッサバパルプから生産したPHB物性比

| 菌株                              | 炭素源      | PHBの物性               |                      |        |
|---------------------------------|----------|----------------------|----------------------|--------|
|                                 |          | 重量平均分子量              | 数平均分子量               | 融点(°C) |
| <i>B. aryabhatai</i>            | グルコース    | 2.19×10 <sup>5</sup> | 4.43×10 <sup>4</sup> | 165    |
|                                 | キャッサバパルプ | 1.61×10 <sup>5</sup> | 4.28×10 <sup>4</sup> | 170    |
| <i>Bacillus</i> spp. 871        | グルコース    | 5.13×10 <sup>5</sup> | 未測定                  | 153    |
| <i>Bacillus</i> spp. 112A       | グルコース    | 5.21×10 <sup>5</sup> | 未測定                  | 148    |
| <i>Saccharophagus degradans</i> | グルコース    | 5.42×10 <sup>4</sup> | 未測定                  | 166    |

[その他]

研究課題：バイオマテリアル生産による資源循環型利用技術の開発

プログラム名：開発途上地域の地域資源等の活用と高付加価値化技術の開発

予算区分：交付金 [アジアバイオマス]

研究期間：2019年度（2011～2020年度）

研究担当者：荒井隆益・小杉昭彦、Sudesh K（マレーシア理科大学）

発表論文等：Wichitra B et al. (2019) Environmental Technology,

<https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1608314>