

4 まとめ

4-1 申請時の目標に対する達成度の自己評価

目標 1 乳酸精製装置の開発	達成度
<p>(1) 本事業で 50 トン/年の乳酸精製装置を製作し実験運転を行いその性能を評価した。乳酸精製装置は乳酸ナトリウム水溶液からナトリウムと水を除去する装置であり、連続式向流多段抽出塔と連続式充填式蒸留塔の 2 塔で構成される。</p> <p>(2) 抽出塔の性能はナトリウム除去率 96.8mol%、乳酸回収率 99.9 mol%であり、蒸留塔の性能は乳酸回収率 99.7 mol%、溶剤除去率 100 mol%、水除去率 93.6 mol%であった。</p> <p>(3) 両塔を合わせた乳酸精製装置によると、乳酸ナトリウム水溶液から 96.8 mol%のナトリウムおよび 93.6 mol%の水を除去して且つ、99.6 mol%の乳酸を回収できることが分かった。また、両塔とも安定した連続運転を行うことができ、機器構成や制御方法に大きな問題が無いことが分かった。</p>	85
<p>目標 2 ラクチド製造装置の開発</p> <p>(1) 本事業で 50 トン/年のラクチド装置を製作し実験運転を行いその性能を評価した。ラクチド製造装置は乳酸水溶液からラクチド装置であり、複数の連続式槽型反応器で構成される。</p> <p>(2) ラクチド製造装置によるラクチド収率は 45.3mol%であった。副生物として、乳酸重縮合物が 18.9mol%、未反応オリゴマーが 35.8 mol%回収された。</p> <p>(3) 乳酸重縮合物や未反応オリゴマーは再びラクチド原料としてフィードバックすることでラクチド収率は大幅に改善することが可能と思われる。副生物の回収やフィードバック方法の改良が課題である。</p> <p>(4) ラクチドの光学異性体の組成は、DL-ラクチドが 39.6 mol%、DD-ラクチドが 30.2 mol%、LL-ラクチドが 30.2 mol%であった。</p> <p>(5) ラクチド製造装置は安定した連続運転を行うことができ、機器構成や制御方法に大きな問題が無いことが分かった。</p>	80
<p>目標 3 プロセス設計とコスト試算</p> <p>(1) 本事業の実験結果をもとにグリセリンからラクチドを一貫して製造する装置のプロセス設計を行った。また、500 トン/年規模のラクチド製造装置を想定して試算した結果、ラクチドの生産量は 241 トン/年、ラクチドの製造コストは 407 円/kg であった。ラクチド製造コストは通常トウモロコシなどの発酵によって製造されるポリ乳酸と同等のコストであった。</p> <p>(2) ラクチド製造コストの中でグリセリン、NaOH、硫酸など原価の占める割合が大きいことから、コストダウンに向けてはこれらの割合を下げるのが先決と考えられる</p>	70
<p>目標 4 事業モデルの考察</p> <p>(1) ラクチドの販売価格を 400 円/kg 以上に設定することで採算性のある事業化が見込まれる。2010 年の世界のグリセリン生産量は 250 万トンでバイオプラスチック生産量は 80 万トンであり、今後とも増加する傾向である。このような背景からもグリセリンからポリ乳酸を製造する技術は必要とされると考えられる。</p> <p>(2) しかしながら、石油由来の汎用プラスチックの価格は 200~300 円/kg であり、本事業で製造するラクチドよりもまだ安い。採算性のある事業化を達成するには更なるコストダウンが求められると考えられる。</p>	70
<p>総合評価</p>	80

4-2 生じた課題

4-2-1 抽出塔におけるナトリウム除去率の向上

抽出塔において、硫酸ナトリウムの除去率は 96.8wt%であったが、抽出液中にはなお 0.34wt%の硫酸ナトリウムが残留していることが分かった。抽出液中の硫酸ナトリウムは次の蒸留工程で装置に悪影響を与える恐れがあるため、さらに除去すべきである。硫酸ナトリウムが残留する原因は抽出相セトラーにおける液液分離が不十分なため、セトラーを大きくするか液液分離器を増設することで改善されると考えられる。

4-2-2 ラクチド製造装置へのフィードバック設備の追加

ラクチド製造装置においてラクチド収率が低い原因は、18.9mol%の乳酸重縮合物と 35.8mol%の未反応オリゴマーが副生成されるからである。これらの生成物を再びラクチド原料としてフィードバックすることでラクチド収率は大幅に改善することが可能と思われる。未反応オリゴマーはそのままフィードバック可能であるが、乳酸重縮合物は粗ラクチド中に含まれるので蒸留塔などによる分離が必要である。

4-2-3 ラクチド精製装置の追加

ラクチド製造装置で製造される粗ラクチド中には、不純物として 22.8wt%の乳酸と 3.7wt%の乳酸重縮合物が含まれている。これらを回収するためには、溶融晶析装置や蒸留塔などの精製装置の追加が必要である。精製装置を追加することでラクチド純度を高めるだけでなくラクチド収率も高めることができると考えられる。

4-2-4 ラクチド収率の向上

ラクチド製造装置のプロセス設計の結果、500 トンのグリセリンから得られるラクチドは 241 トンしかないことが分かった。最も収率が低下する工程はグリセリンから乳酸を製造する工程であり、その収率は 75mol%である。ラクチド収率の向上のためには、乳酸製造工程の見直しを行うべきであることが分かった。

4-2-5 硫酸ナトリウムの再生

ラクチド製造装置のプロセス設計の結果、グリセリン処理量 500 トンのラクチド製造装置から排出される硫酸ナトリウムは 463 トンで製造されるラクチドよりも多い。硫酸ナトリウムは多量であるため廃棄せずに回収し再生すべきと考えられる。再生方法の一つとして、バイポーラ膜を利用した電気分解法で硫酸ナトリウムを硫酸と水酸化ナトリウムに再生できる技術が知られている。

4-2-6 ラクチド製造コストのコストダウン

ラクチド製造コストは約 400 円/kgであったが、この内グリセリンや水酸化ナトリウムや硫酸などの原価が約半分を占める。コストダウンに向けてはこれらの割合を下げる必要があると考えられる。グリセリンに関しては安価な入手先を検索する必要がある。水酸化ナトリウムと硫酸に関しては、硫酸ナトリウムを回収して水酸化ナトリウムと硫酸に再生する手法の開発が望まれる。

4-3 国内の廃棄物処理全般に与えるメリット

4-3-1 廃グリセリンの有効利用

国内各地で廃食用油を利用してバイオディーゼル燃料が製造されているが、製造過程で副生されるグリセリンは有効利用先が定まらず多くは廃棄されている。本技術はこのような廃グリセリン処理問題の解決方法のひとつと成り得る。

4-3-2 バイオディーゼル燃料の普及促進

バイオディーゼル燃料を製造する工場では廃グリセリンの保管・処分費が経費を圧迫している場合もある。上記のような廃グリセリン問題を解決することで、バイオディーゼル燃料の普及が促進されると期待される。

4-3-3 生分解性のバイオプラスチックの普及促進

ポリ乳酸は植物を原料とするバイオプラスチックであると同時に微生物によって分解される生分解性プラスチックである。生分解性を利用することでいくつかの廃棄物を低減する方法を提案することができる。たとえば、農業用ビニールハウスは交換時に多量のビニールを廃棄するが、生分解性のフィルムを使用することで廃棄物を出さなくてすむ。また、家庭用の生ゴミを入れるビニールを生分解性のフィルムとすることでコンポスト化やメタン発酵処理しやすくなる。

4-3-4 食料と競合しないポリ乳酸の提供

ポリ乳酸はほとんどトウモロコシやサトウキビといった食糧を原料として製造されているため、食糧との競合が指摘されている。本技術で利用するグリセリンは、元々の由来は食糧油であるが、バイオディーゼル燃料や石鹸などの副産物であるため直接食糧と競合しないと考えられる。

4-3-5 循環型社会の形成推進

グリセリンからポリ乳酸を製造する方法はこれまで報告されていない。本プロセスを実用化することができれば、バイオ燃料市場とバイオプラスチック市場を繋ぐ新たな流通経路を創出し、循環型社会の形成を推進することが期待される。

- (1) Glycerin market report, oleoline.com, Dec, 2010.
- (2) Product overview and market projection of emerging bio-based plastics.
(by European Bioplastics and European Polysaccharide Network Of Excellence.)
- (3) H19 年度の次世代廃棄物処理技術基盤整備事業
「(J1901) バイオディーゼル燃料副産物から生分解性プラスチック製造装置の開発」