

【3K113016】バイオマス・二酸化炭素を原料としたソーラー燃料・化成品変換システムの構築に関する研究

(H23~H25 ; 累計交付額 36,240 千円)

天尾 豊 (大阪市立大学)

1. 研究開発目的

研究期間 3 年間で、多糖類セルロースと二酸化炭素から生物工学的手法と光エネルギー利用により新規エネルギー源・燃料となる水素・メタノール生産反応系を確立し、システムの効率化プロセスへ展開する。具体的には、バイオマス利用の需要が高い古紙以外の不溶性セルロースの使用が可能な反応系を構築することを目的とし、反応収率も同様に、物質量換算で不溶性セルロースの 50%程度を水素に変換でき、なおかつ糖化したグルコースはすべてグルコン酸に変換可能な系の達成が最大かつ最終の成果目標とする。一方メタノール生産に関する目標値として、申請者の持つ技術シーズでは、二酸化炭素を原料として収率 50%でメタノールが合成できている。さらに収率を 80%まで向上させる。概算ではあるが、二酸化炭素 20L とし、反応収率を 80%に設定し、1 日あたり炭素換算で 7.2g 削減することができるシステムを目指す。研究期間で確立したセルロース糖化系と可視光駆動型水素発生・二酸化炭素分子変換系とを連結した反応システム具現化に関する研究を進めた。具体的な研究成果として、前年度までに進めてきたイオン液体を用いたセルロースの糖化液と人工光合成系の連結反応による可視光駆動型水素・ギ酸生産系の構築について反応体積 3ml レベルでの反応条件の検討、生成物である水素・ギ酸濃度の定量及び化成品として抽出したグルコン酸濃度の定量することができた。さらにセルロース糖化系と可視光駆動型可視光駆動型水素発生・二酸化炭素分子変換系とを送液ポンプで連結した 500ml レベルの大容量型反応装置の開発に成功した。本システムでは反応収率は物質量換算で不溶性セルロースの約 30%程度を水素に、約 0.5%をギ酸に変換することができた。セルロースから水素への物質変換効率は最終目標値の 6 割以上まで達成できたが、二酸化炭素-燃料 (メタノール・ギ酸等) 変換効率は最終目標値へ到達させるためには人工補酵素のさらなる機能化が必要であると考えられる。

2. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

研究期間内でセルロース糖化系と可視光駆動型水素発生・二酸化炭素分子変換系とを連結した反応システム具現化に関する研究を進め、イオン液体を用いたセルロースの糖化液と人工光合成系の連結反応による可視光駆動型水素・ギ酸生産系の構築について反応体積 3ml レベルでの反応条件の検討、生成物である水素・ギ酸濃度の定量及び化成品として抽出したグルコン酸濃度の定量することができた。さらにセルロース糖化系と可視光駆動型可視光駆動型水素発生・二酸化炭素分子変換系とを送液ポンプで連結した

500ml レベルの大容量型反応装置の開発に成功した。本システムでは反応収率は物質換算で不溶性セルロースの約 30%程度を水素に、約 0.5%をギ酸に変換することができた。またセルロースの糖化に伴うグルコン酸の変換は 80%程度まで達成できた。これらの成果はバイオマスと二酸化炭素から太陽エネルギーを利用して水素とそのキャリアー分子であるギ酸を生成できたもので水素エネルギー利用技術としての基盤研究の新しい道を開拓したと考えられる。

(2) 得られた成果の実用化

本研究ではセルロースを中心とした草本系バイオマスを温和な条件下で糖化し、その糖化液と二酸化炭素とを原料とし人工光合成系と酵素・触媒とを利用することで、水素及びメタノール燃料を生産し、同時にグルコースから変換された化成品グルコン酸も獲得可能な多機能システムを構築するものである。現状ではセルロースの糖化液と二酸化炭素とを原料として光エネルギーを用いて水素とギ酸(メタノール生成のための中間分子)が生成するに至っている。今後 3 年後を目途にプロトタイプを、小規模(反応体積 1L 程度)なものであれば 5~7 年後に実用化できると考えている。大阪市立大学に併設された人工光合成研究センターとタイアップして早期の実用化を実現する。

(3) 社会への貢献の見込み

研究期間 3 年の達成度としてシステム駆動原理は確立することができた。一方で二酸化炭素からメタノール生成プロセスの組み込み、木材チップなどの難容性セルロースの原料として十分な利用までには至らなかった。今後セルロースの糖化プロセスの効率化を検討する必要がある。しかしながらセルロースの糖化プロセスと人工光合成系の連結による水素生産、二酸化炭素還元系を達成できたことは今後のバイオマス、二酸化炭素の活用、環境問題・エネルギー問題解決への新規な手法として活用できると期待される。さらに近年注目されている水素エネルギーキャリア分子としてギ酸は有効であることが示されており、本研究の成果であるバイオマスと二酸化炭素から太陽エネルギーを利用して水素とそのキャリアー分子であるギ酸を生成できたことは今後の水素エネルギー社会構築に大きく貢献できる。

3. 委員の指摘及び提言概要

バイオマスと二酸化炭素を原料として燃料や化成品を生産する研究であるが、温暖化問題の本質である膨大な量の二酸化炭素の削減寄与として量的に僅かである。また検討した多くの課題は、互いのつながりが見られないし、断片的な知見の収集に止まっており、とても期待される成果が得られたとは言いがたい。環境総合研究推進の「推進」に当たっての実装や実証、プラント化の意識の薄い研究である。

4. 評点

総合評点：C