

(1)事業概要

①【事業概要】

木質バイオマス全量を、「残渣なく」分離できる「相分離系変換システム」技術の10kg木粉/日スケールのプラントを用いて、加水分解糖と副生物であるリグニン誘導体(リグノフェノール)に分離し、得られるC5糖、C6糖の混合物は、「C5C6糖同時発酵技術」により分離することなく直接エタノール発酵し生産を行う。加えて、リグノフェノールを高付加価値原料として提供することでエタノール生産コスト抑制を実現する。

②【期待されるCO2削減効果】

本事業で開発を行おうとする技術の「原料」は、本検討対象の「製材加工廃材(未利用22万t)」等、木質バイオマス系廃棄物のみならず、森林系未利用木質バイオマス(切捨て間伐材・林地残材(340万t)、草根系未利用バイオマス(放置竹林の竹材(220万t)、笹類、製糖廃棄物のバガス等)さらに都市地域木質バイオマス(建設廃材・解体材(未利用141万t)・廃棄紙(未利用1,480万t))など間口が広く、地域に広く薄く存在するものであることから、バイオマス活用推進基本法にもとづく基本計画を600市町村で策することとしており、それらの地域を対象として普及させることが効果的であると考えられる。それを前提として平成32(2020)年までに全国のバイオマス活用の推進に取り組む自治体のうち300か所を導入されるとすれば、バイオエタノールが30万kl, 副生物リグノフェノールが27万t生産され、CO2で37万tの削減が可能となる。試算パターン「C, II - i」

③【技術開発の詳細】

(1)連続型複合パイロットプラントの設計と製造連続運転・運転制御方法の開発

・JST-SORST研究(三重大)で確立した相分離系変換システムプラント(10kg木粉/日)をベースに溶媒回収・硫酸回収システムを付加し、C5C6糖類と同時に、副生物リグノフェノールを収率高く得る。C5C6糖と硫酸の高濃度分離、溶媒の蒸留、反応試薬の回収技術の連続システムの開発を行う。

(2) C5C6 混合糖液エタノール発酵システムの開発

・H23年度内にプラントで得られる糖類を醗酵できる酵母菌の育種を行う。
 ・実際の木質系C5C6糖混合系での発酵効率が課題となるため、酸性条件下、温度条件下での発酵効率評価、残留試薬の影響を評価し、直接発酵槽の最適条件を決定。
 ・発酵収率85%、木質系C5C6糖でのエタノール直接誘導。目標価格90円/L。

(3)原料種類・性状別相分離反応至適条件の検討

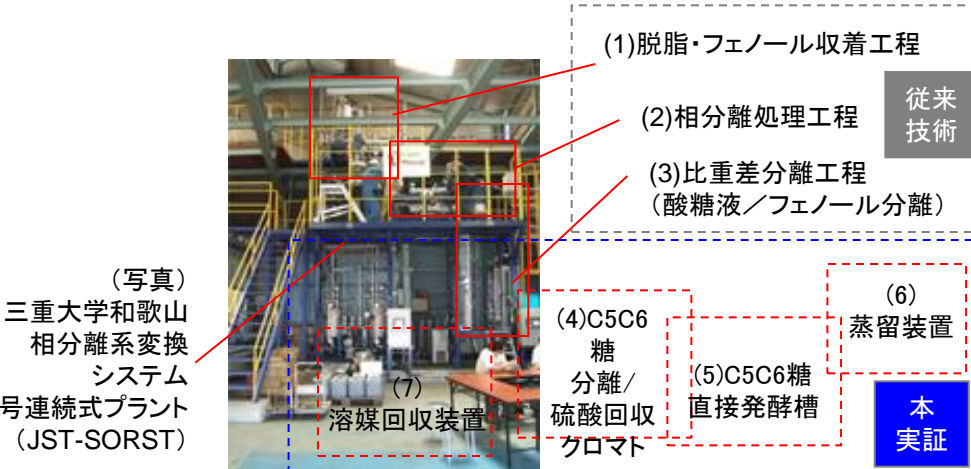
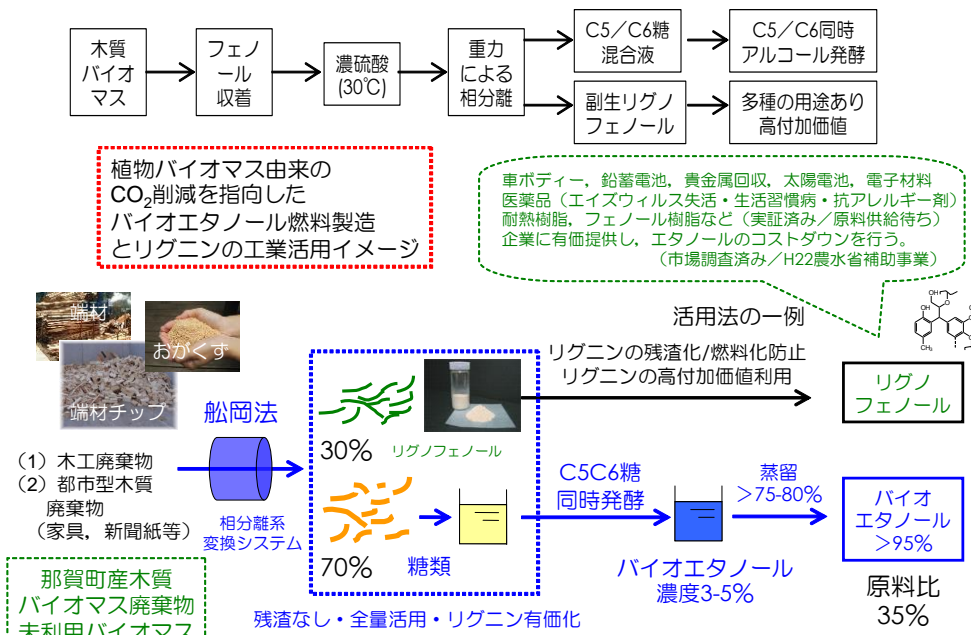
・原料の種類や前処理条件、温度・時間・原料/試薬比率、精製条件等反応各条件と得られるC5C6糖類の収率、組成分布と副生物の構造の変化を化学分析により明確な相関付けをおこない、プラント運転にフィードバックする。

(4)事業化に向けた社会システム開発、研究開発、普及活動

・森林管理と持続的供給体制の可能性、廃棄物の収集方法を現地で検討する。市場拡大のための普及活動。E10ガソリンの可能性の検討。
 ・持続可能なバイオマスによるCO2削減60%を実現するための技術・成果普及法検討。

④【システム構成】

【本提案】相分離系変換システムを活用したエタノール&副生物生産フロー



(写真) 三重大和歌山相分離系変換システム 3号連続式プラント (JST-SORST)

(2)事業の必要性

①【技術的意義】

(1)木質バイオマスの全量活用・糖質の収率:第二世代バイオマスからの炭水化物の利用では、炭水化物(70%)とリグニンの分離(30%)が課題であり、殆どのケースで「50%程度の糖」と「燃料としてのリグニン残渣」の獲得が限界であった。本法では収量低下の要因である残渣を作らないようリグニンの化学反応を進めるため、ほぼ全量の炭水化物(C5C6糖混合物)とリグノフェノールが分離され得られる。結果として炭水化物の収率が上がり、リグニンの燃焼が回避されるためCO2の削減効果も向上する。本分離技術の従前のプラントは工程検討が目的であったが本プラントは初の商用生産目的のプラントシステムであり、未利用木質バイオマスの利用促進ならびに、木質系エタノールの安定供給、ならびに医薬・樹脂・電子材料等、研究段階であったリグノフェノールの応用展開の商業規模への展開が期待できエタノール製造のコストダウンに貢献できると考えられる。

(2)C5C6同時発酵(非分離):本システムで得られる糖液はC5C6糖の混合物であるが、糖の種類による分離を行わず、耐酸・耐熱・耐薬品性を有する酵素等の組み合わせにより同時発酵を行う。本条件でのエタノール生産の実現はほぼすべての植物原料への適用が可能であり、分離工程を大幅に縮減できるため実用面においてコスト・エネルギー両面において、有望な技術である。

②【社会的意義】

(1)非食バイオマスのエネルギー資源化:相分離系変換システムを用いた低エネルギー・高収率の成分分離による糖類とリグノフェノールの獲得は、日本全国(林産地・木工場・都市)に広く分布する未利用木質バイオマスの有効活用貢献する。これらの単純燃焼廃棄やリグニンの燃焼を抑制することで固体炭素維持によるCO2排出削減効果を生む。また農林産物と化学工業が直接繋がることにより新しい市場の創生が期待できる。高い収率で得られる炭水化物に基づくC5C6糖の無分離直接発酵技術の開発、すなわち低コストバイオ燃料の生産は、より強固な組織の木質系で実現できれば、草本系ではより低エネルギー・短時間で分離できるため、日本国内のバイオスタウンならびに世界のバイオマス集積地(バガスやEFB、竹、笹)への展開が期待できる。

(2)切り捨て間伐材の有効利用など、新成長戦略に掲げられているグリーン・イノベーションの「環境・エネルギー／森林・林業再生プラン」の推進に寄与し、かつバイオマス利用基本計画に「高度利用に向けて中期的に解決すべき技術的課題」として掲げられている「リグニンの非エネルギー利用、そのカスケード型利用体系の構築及び利用推進」に大きく寄与する。また、(独)科学技術振興機構のCREST／SORSTによる研究発展とプラント技術の開発、関西化学機械製作(株)の経産省による低エネルギーC5C6同時発酵技術の開発、NPO-EEFAが行ってきた農水省による相分離系変換システムアウトプットの市場調査、協力機関の那賀町のバイオスタウン(農水省)のそれぞれの成果を融合して実現に向けて取り組む本事業は国が中心となって進めるべき事業としてふさわしいものと考えられる。

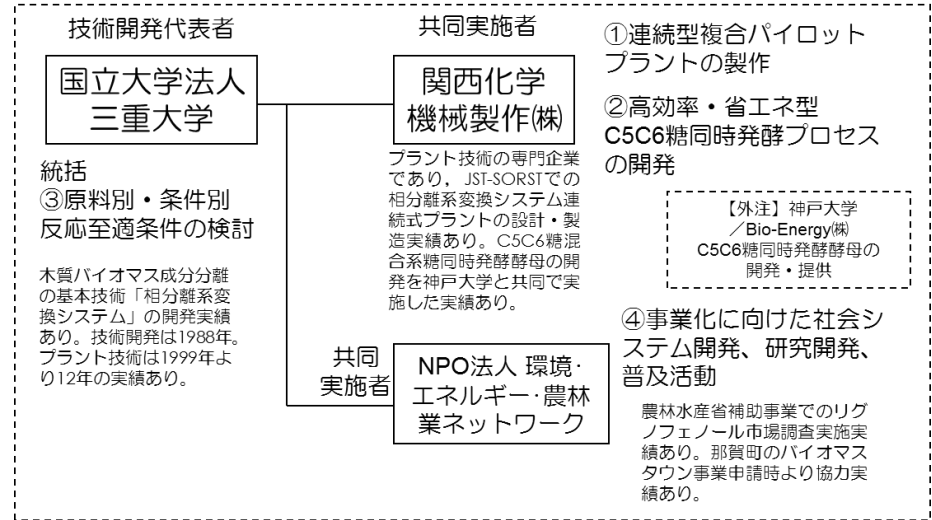
(右上につづく)

(左下よりつづく)

(3)本実証事業により、森林バイオマスの持続可能な管理・利用システムやバイオエタノールの取扱(特に地産地消的な取組)にかかる制度的な問題点が明らかになり、それを克服することで地域における森林活用と二酸化炭素の削減に資する制度の導入につながるものと考えられる。

(3)事業の効率性

①【実施体制】



②【実施計画】

	H23年度	H24年度	H25年度
①連続式複合プラント製作			→
パイロットプラントの運転	170,864千円	131,645千円	32,360千円
②C5C6糖液の同時発酵			→
			10,500千円
③原料・条件別最適化			→
	32,581千円	40,109千円	21,430千円
④社会システムへの適用			→
	21,555千円	20,500千円	10,710千円
合計	225,000千円	192,254千円	75,000千円

(4)事業の有効性

①【目標設定・達成可能性】

○過去の実績

【木質の成分分離に関して】

- ・2000年JST-CREST 3kg/バッチ・相分離系変換システムプラント1号機・運転・製造
- ・2007年JST-SORST 木粉10kg/日(24H)のパイロットプラント3号機運転・製造(相分離工程のみ連続化を実現)
- ・3号機の運転実績として木粉ベースとして糖類93%, 副生物リグノフェノール95%達成。
- ・第19回ポリマー材料フォーラム(平成22年12月2日~3日)「リグニン系機能性高分子リグノフェノールの連続的工業生産システム」(発表者:三亀, 船岡)
- ・第58回ネットワークポリマー講演討論会学会発表(平成21年10月15日~16日)「リグノフェノール事業化活動の現状」(発表者:青柳, 三亀, 船岡)

○最終的な目標:

- ・プラント性能: 10 kg(含水率10%)/日(24H)、耐用年数15年
- ・連続してエタノール・副生リグノフェノールを製品として得るプロセスの完成・最適化
- ・酸の回収, 溶媒回収を99%とする。
- ・C5C6糖からの直接発酵により, 発酵効率85%。
- ・CO2削減量60%以上。
- ・商業規模プラント(10 t木粉/日)に適用させうる基礎データの集積

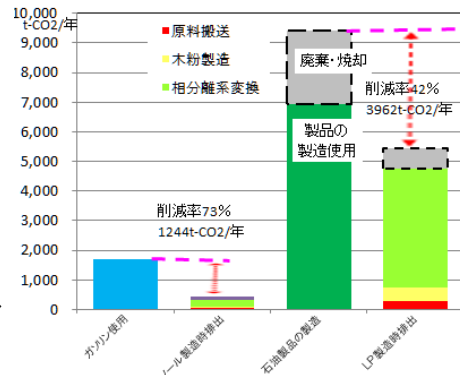
②【事業化・普及の見込み】

○事業化計画

- ・2015年までに、C5C6糖連続発酵システムの実現、副生物の頒布によるエタノール製造の低コスト化を実施。
- ・2020年までにプラント数を並列的に拡大して、生産規模を50t/日処理規模(バイオエタノール5千kl/年、リグノフェノール4,000t/年)までに拡大し、他の取組と併せた目標として那賀町全体の25%-CO2(=16,026t-CO2/年)削減を図る。
- ・システムプラントの販売(発生バイオマス組成に適したカスタマイズ)

○事業展開における普及の見込み(～2020年)

- 実用化段階エタノールコスト目標: 90円/L
- 実用化段階単純償却年: 15年程度
- 全国で商用機(10t/日処理)300基が普及した場合(なお、那賀町の木材生産量は全国の約1/300を占める)のエタノール生産量は全国の約1/300を占める)のエタノール生産量30 kl/年で、CO2削減効果は、37万t-CO2/年(リグノフェノールによる削減効果を併せて156万t-CO2/年)となることを見込まれる。



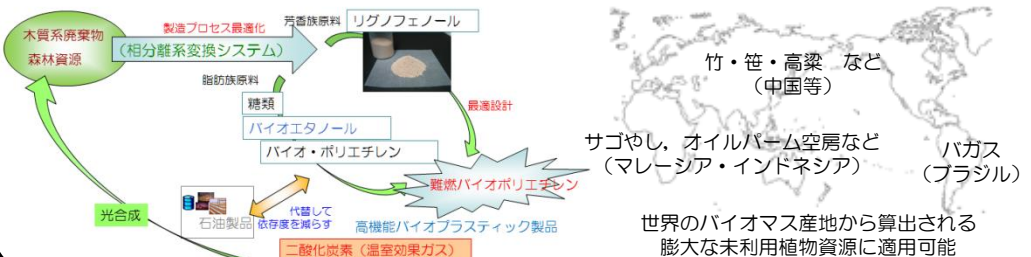
(5)事業終了後の展開

本事業において、概ね初期の目標は達成されたものの、スケールアップ検討の具体化、溶剤消費量の削減など、商用プラント実現のためにいくつかの技術課題が確認された。今後、下表に示すロードマップにより、本事業当初の目的達成に向かいたい。

本システムの事業化に際してのポイントは、リグノフェノールの商用用途の確保であるが、本事業期間中に、樹脂添加剤用途として、ポリカーボネートに続いて、ポリプロピレン、ポリエチレンと相次いで好評価が報告された。当面はポリオレフィン添加剤としての適用性評価に集中して取り組みつつ、**水素分離可能な炭化膜製造**などの中長期的観点に基づく用途開拓・評価も継続する。

本システムを用いた常温・常圧での精密な成分分離により、収率高く糖質が得られるため、エタノールの他の発酵手法(乳酸、アセトン/ブタノール等)でも既存の方法より高収率の資源化が期待できる。これにより、リグノセルロースの大きな循環利用による石油代替を進める。また、ブラジルのバガス、東南アジアのオイルパーム産業、東アジアの竹・笹等のバイオマス系廃棄物に適用可能であり、日本発の環境技術として世界に貢献する。

項目 \ 年度	2015年	2020年
相分離変換反応部のスケールアップ ・100kg処理/d ・1t処理/d	10kg処理/d → 100~200kg処理/d 設計・試作 製作・実証運用	→ 数t処理/d 設計・試作 製作・運用
溶剤消費量の削減 (糖類・溶媒回収系の完成向上) ・ガム状中間体 ・溶媒使用量の削減	効率的処理手法の確立 精製・溶媒回収系の確立	
リグノフェノール用途適用性の検証 ・ポリオレフィン	1件以上で検証 複数件で検証 下流ユーザーによる評価	
・その他用途	その他樹脂添加、分子ふるい膜材料等	
プラントシステム運用 ・10kg処理/d ・100kg処理/d ・数t処理/d(商用機) ・水平展開	(LP月産数kg) (LP月産数百kg)	適用用途ごとオーダーメイド・サンプル品製造 (LP月産数十t) 2020年度までに複数箇所(LP月産百t) 海外展開



CO₂排出削減対策技術開発評価委員会による終了課題事後評価の結果

- 評価点 5.5点（10点満点中）
- 評価コメント
 - 当初の目標は概ね達成しているものの、全体的に基礎的な研究に終止しており、今後商業ベースでの生産体制の構築を検討すること。
 - 今後の事業化のためには、リグノフェノールの用途確保が必須であるため、検討を進めること。
 - C5C6同時発酵技術のみを切り離しての実用化も検討すること。