

バイオマス利用技術の現状とロードマップについて

バイオマスとは、動植物由来の有機性資源で化石資源を除いたものであるが、家畜排せつ物、下水汚泥、生ごみ等の廃棄物系、稲わら等の農作物非食用部、間伐材等の未利用系、ソルガム等の資源作物、藻類など多種多様なものがある。そして、これらのバイオマスを私たちの生活に役立つように活用するためには、熱、ガス、燃料、化学品等に変換するための技術（以下「バイオマス利用技術」という。）が必要となる。バイオマス利用技術には、直接燃焼などの単純なものから糖化・発酵、ガス化・再合成などの高度なものまで様々なものがあり、その技術の到達レベルも、基礎研究段階のもの、基礎研究を終え実証段階にあるもの、既に実用化されているものなど様々である。

このため、バイオマス利用技術の到達レベル、技術的な課題及び実用化の見通しについて、関係省庁・研究機関・企業による横断的な評価を行い、「バイオマス利用技術の現状とロードマップについて」（以下「技術ロードマップ」という。）を策定した。技術の到達レベルは、現状(2017年)、概ね5年後(2022年頃)、概ね10年後(2027年頃)、概ね20年後(2037年頃)のタイムフレームの中で、研究、実証、実用化の3段階で評価した。なお、実用化とは、技術的な観点からの評価であり、事業化のためには原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案し事業性を確保する必要がある。

関係省庁・研究機関・企業は、この技術ロードマップを産学官共通の技術評価のプラットフォームとして、研究段階にある技術は研究開発を重点的に行う、技術開発の進展状況に応じてラボレベル、ベンチレベル、パイロットレベルのように段階的にスケールアップしながら研究・実証を進める、実証を終え実用化された技術は事業化に活用するなど、限られた人的・資金的リソースを効率的に活用していく必要がある。

この技術ロードマップは、概ね2年ごとに技術開発の進展状況等を勘案したうえで、必要があるとみとめるときは、改訂を行うこととする。

主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ①

※ 技術レベルの「現状」が「実用化」段階にある場合に記載

	技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意点(●)※
				現状	5年後	10年後	20年後		
物理的変換	固体燃料化	木質系、草本系等	チップ、ペレット等	実用化				<ul style="list-style-type: none"> ○ 木材を切断・破碎したチップ、粉碎後圧縮成型したペレット、厨芥類を原料とするRDF(Refuse Derived Fuel)、下水汚泥を乾燥成型したバイオソリッド等があり、技術的には実用化段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 燃焼灰の有効利用技術の開発 ○ 燃料の規格・標準化 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保
		木質系、草本系等 (新たな原料:ネピアグラス、OPT(オイルパームトランク)、竹、ヤナギ)	チップ、ペレット等	実証(一部実用化)	実用化			<ul style="list-style-type: none"> ○ 新たな原料を用いた固形燃料化技術で、技術的には実証段階(一部実用化段階)。 ○ ネピアグラス(イネ科の多年草)の栽培技術、乾燥技術、ペレット製造技術の開発を実施。 ○ OPTを用い、無動力樹液抽出技術を利用したゼロエミッション型の灰分の少ないペレット技術を開発。 ○ 竹の改質により、燃焼時、弊害となっていたカリウム及び塩素の濃度を低減させることに成功。燃料等への利用可能性を確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 燃料の品質向上 ○ 国内における資源作物栽培等による資源確保(OPT等) ○ 改質コストの削減(竹)
		下水汚泥、食品廃棄物等	ペレット等	実証(一部実用化)	実用化			<ul style="list-style-type: none"> ○ し尿・下水汚泥等の粒状固形燃料化技術で、技術的には実証段階(一部実用化段階)。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 工程の効率向上 ○ 新規粒状固形燃料燃焼用ボイラーの開発
	燃料製造	食品廃棄物(グリーストラップ由来)	燃料(バイオ重油)	実証	実用化			<ul style="list-style-type: none"> ○ 飲食店等のグリーストラップ由来の廃棄物を60℃以下で加温して油分をバイオ重油として抽出する技術で、技術的には実証段階。 ○ A重油代替としての燃料利用が考えられ、バイオ重油とA重油をディーゼルエンジンにて混焼し、排ガスに与える影響を検討。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 実機スケールで混焼した際の排ガスの評価
熱化学的変換	直接燃焼(専焼、混焼)	木質系、草本系、鶏ふん、下水汚泥、食品廃棄物等	熱・電気	実用化				<ul style="list-style-type: none"> ○ 木質、下水汚泥等のバイオマスを直接燃焼して熱として利用する、又はボイラー発電を行う技術で、技術的には実用化段階。 ○ 実規模レベルでの実証により、焼却廃熱を利用する発電技術等を活用し、コスト縮減、温室効果ガス排出量削減、エネルギー消費量削減等の効果を確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ バイオマス混焼率の向上のための粉碎、脱水、混合の技術開発 ○ 燃焼機器の高性能化(エネルギー熱効率の向上、利用可能な燃料の含水率の向上、排出ガス低減性能の向上等) ○ 燃焼灰の有効利用技術の開発 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保
	直接燃焼(小型バーナー)	木質系、草本系、鶏ふん、下水汚泥、食品廃棄物等	熱	実用化(一部実証)	実用化			<ul style="list-style-type: none"> ○ 従来、木質ペレットでしか使用できなかった小型(100kW級)の温室用バイオマスバーナーに安価な他のバイオマスを用いる技術で、技術的には実用化段階(一部実証段階)。 ○ 安価な木質切断チップやボード用材料を用い、篩分けや簡単な破碎処理で燃料使用できるシステムを開発。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 複数の温室を同時に別条件で加温するシステムの開発 ○ 燃焼機器の低価格化
	直接燃焼(次世代型薪ストーブ)	木質系	熱	実証	実用化			<ul style="list-style-type: none"> ○ 起動時及び薪追加時に発生する煙を触媒燃焼と補助バーナーを利用して無煙化する技術で、技術的には実証段階。 ○ 煙道に設置可能な除煙ユニットを開発。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ ユニットの量産化が可能となるレベルまでの薪ストーブ需要の増大
	固体燃料化 (①炭化・②半炭化・③水熱炭化)	木質系、草本系、下水汚泥等	固体燃料、スラリー燃料、バイオコークス	① 実用化				<p>① 炭化:木質等のバイオマス、酸素供給を遮断又は制限して400℃~900℃程度に加熱し、熱分解により炭素含有率の高い固体生成物を得る技術で、技術的には実用化段階。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ 炭素含有率の高い固体燃料化技術の開発 ○ バイオマス原料発生地での簡易・移動式製造機の開発 ○ 副生物の改質濾液(木酢液と類似組成)の利用技術の開発(③) ○ 燃料の規格化・標準化 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保
			② 実証(一部実用化)	実用化			<p>② 半炭化:木質等のバイオマス、酸素供給を遮断して200℃~300℃程度の炭化する手前の中低温領域で加熱・脱水し、エネルギー密度や耐水性が高い固体生成物を得る技術で、技術的には実証段階(下水汚泥は実用化段階)。</p> <p>② 優れた耐水性やエネルギー効率等を活かした用途開発を実施。(専焼技術)</p>		

主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ^②

技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意事項(●)※
			現状	5年後	10年後	20年後		
固体燃料化 (①炭化・ ②半炭化・ ③水熱炭化)	木質系、 草本系、 下水汚泥等	固体燃料、 スラリー燃料、 バイオコークス	② 実用化				② 通常の炭化では半分以下しか残らない熱量を約9割残し、粉碎性と耐久性を向上。石炭火力微粉炭ボイラーでの混焼率を向上。(混焼技術)	(再掲) ○ 炭素含有率の高い固体燃料化技術の開発 ○ バイオマス原料発生地での簡易・移動式製造機の開発 ○ 副生物の改質濾液(木酢液と類似組成)の利用技術の開発(③) ○ 燃料の規格化・標準化 ● 原料調達や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保
			③ 実証	実用化			③ 水熱炭化:木質等のバイオマス300℃程度の加圧水で脱水、脱酸素、圧密作用を行って炭化し、更にスラリー化(液体化)することにより、高密度で高カロリーな液体燃料を得る技術で、技術的には実証段階。 ③ 木質チップを炭化し、粉碎後、ブリケット化し、石炭火力発電所にて、石炭の100%代替、もしくは混焼する実証試験を実施。	
ガス化 (発電・熱利用) (①高温ガス化、 ②低温ガス化)	木質系、 草本系、 下水汚泥等	ガス・熱・電気	① 実用化				○ 木質等のバイオマスから高温下(650℃~1,100℃)で、水蒸気・酸素等のガス化剤を利用してガスを発生させ、発電や熱利用を行う技術で、技術的には実用化段階。 ○ ガス化炉は大別して固定床、流動床、噴流床があるが、高温になるほどガス(CO、H ₂)発生量が多くなり、タールやチャーの発生量は少なくなる。また、水蒸気・酸素等のガス化剤の使用によりタールやチャーの発生を抑制できる。 ○ タール等の発生を抑制した可燃性ガスの生成及び発電システムが開発され、小規模システムの開発もされており、商用レベルでの導入実績あり。	○ タール等の抑制・除去・利用技術の開発 ○ 小型高性能ガス化炉の開発 ○ ガス化原料調整のための効率的なバイオマス粉碎技術の開発 ○ ガス利用設備(ガスエンジン等)の高性能化(エネルギー効率の向上、耐久性の向上等)開発 ○ 国内製品の導入実績の増加 ● 安定操業のため、燃料には低含水率(15%以下)のチップ、もしくはホワイトペレットを使用することが望ましい ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保
			② 研究 実証	実用化			○ ヒノキ、下水汚泥、豚糞などの混合バイオマス为原料として、低温(450℃)でガス化する技術で、技術的には研究・実証段階。 ○ 低価格な触媒を開発し、ラボスケールで連続運転が可能であることを実証。	○ スケールアップによる実証
水熱ガス化	木質系、 草本系等	ガス・熱・電気	研究 実証	研究 実証	実証	実用化	○ 超臨界水中(374℃、220気圧)で加水分解反応が迅速に進行し、有機物が効率よく分解されることを利用して、食品廃棄物等のバイオマスをガス化する技術で含水率の高いバイオマスを有効利用することが可能。技術的には研究・実証段階。	○ エネルギー効率の改善 ○ 安定操業性の確立 ○ 加圧装置及び加水分解反応器等の低価格化による製造コストの削減
ガス化・液体燃料製造(BTL)	木質系、 草本系等	液体燃料 (メタノール、 ジェット燃料等)	研究 実証	実証	実用化		○ 木質等のバイオマスを水蒸気・酸素等のガス化剤によってガス化し、生成したガスから触媒を用いて液体燃料(メタノール、ジメチルエーテル、ガソリン代替燃料、ジェット燃料等)を得る技術。有機性化合物であれば、木質系、草本系、厨芥類等幅広いバイオマスに利用可能。技術的には研究・実証段階。 ○ ラボレベル、ベンチプラントレベルで、高性能触媒等を用いた液体燃料製造(FT合成)に成功。	○ 合成に適したガスの生成制御技術の開発 ○ タール、硫化物等触媒を被毒する不純物の発生抑制・除去技術の開発 ○ 連続して安定した運転が可能で一貫製造技術の確立 ○ 製造コストの削減(高効率・高選択性の触媒開発、低圧合成技術開発、効率的なガス精製技術開発等)
液体燃料製造 (エステル化)	廃食用油、 油糧作物	バイオディーゼル燃料(BDF)	実用化				○ 廃食用油や植物油にメタノールとアルカリ触媒を加えてエステル交換する等の方法で、バイオディーゼル燃料である脂肪酸メチルエステル(FAME)を得る技術で、技術的には実用化段階。 ○ 東南アジアで推進されている輸送用燃料におけるバイオ燃料高濃度化に対応するため、部分水素化によるBDF改質技術を開発し、車走行試験により、製品の自動車適合性を確認。	○ グリセリンの利用・除去技術の開発 ○ 貯蔵安定性の確保 ○ 新型ディーゼル車両(DPFやNOx除去装置)との適合性の確保 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保
急速熱分解液化	木質系、 草本系等	液体燃料 (バイオオイル、 BDF等)、 化学品	研究 実証	実証	実用化		○ 木質等のバイオマスを500℃~600℃程度に加熱して急速に熱分解を進行させ、油状生成物を得る技術。生成物はエネルギー密度が低く酸性であるが、液化燃料として熱や発電に利用できるほか、水素化等により輸送用燃料や化学品原料を製造することが可能。瞬間加熱には熱砂、赤外線、マイクロ波などが用いられる。技術的には研究・実証段階。 ○ パイロットプラントでのバイオオイルの生成は実証済み。バイオオイルの高品質化の検討がなされているところ。	○ 油状生成物の変換・利用技術の開発 ○ 高付加価値製品の製造技術の開発 ○ 低温・低圧での反応が可能な革新触媒等の開発 ○ 化学品の分離精製を省エネルギー化する材料・プロセス技術の開発 ○ 熱分解炉の低価格化

熱化学的変換

主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ^③

技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意事項(●)*	
			現状	5年後	10年後	20年後			
熱化学的変換	水熱液化	木質系、草本系等	液体燃料 (バイオオイル、BDF等)	研究	研究 実証	実証	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 木質等のバイオマスを高温高圧の熱水で改質することにより液状生成物を得る技術で、生成物は高い粘性があり酸性である。技術的には研究段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 副生する廃液の抑制・利用技術の開発 ○ 油状生成物の改質・利用技術の開発 ○ 製造コストの削減
	接触分解	動植物油	軽質炭化水素燃料(軽油)	実証	実用化			<ul style="list-style-type: none"> ○ 動植物油の油脂分を原料として、接触分解触媒を用いて脱炭酸反応により、炭化水素系の軽油、ナフサ留分などの軽質炭化水素などを製造する技術で、技術的には実証段階。 ○ 水素化の燃料改質工程を経て安定性を向上させた燃料を用いた市バスなどの実車走行により車両適合性を確認。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 製造システムのパッケージ化 ○ 燃料収率の向上 ○ 製造コストの削減
	水素化分解	油糧種子(カメリナ、ジャトロハ等)	軽質炭化水素燃料(ジェット燃料、灯油、軽油等)	実証	実用化			<ul style="list-style-type: none"> ○ カメリナ、ジャトロハ等の油糧種子の油脂分を原料として、高温高圧の水素ガス環境下で触媒を用いた分解、水素化、異性化、脱硫等の化学反応を行い、ジェット燃料、灯油などの軽質炭化水素を製造する技術で、技術的には実証段階。 ○ モリブデン系触媒と固体酸触媒と組み合わせで高性能な多元機能触媒を開発。植物油を90%の収率でガソリン、70%以上の収率で軽油に変換可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 原料の確保 ○ 水素分解反応での水素圧の低減 ○ 低温・低圧での反応が可能な革新触媒等の開発 ○ 低コスト化・低エネルギー化技術の開発 ○ 水素製造設備の低コスト化
	固体燃料化	下水汚泥	固体燃料	実用化				<ul style="list-style-type: none"> ○ 低温廃熱を利用しつつ成型後の表面を固化乾燥させたり、水熱処理と担体式高温消化の組み合わせにより消化ガス(メタンを主成分とするバイオガス)への効率的な変換を図ることにより、低コスト、省エネルギーで固形燃料を製造する技術で、技術的には実用化段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 事業主体の登場
	水素製造	下水汚泥	水素	実用化				<ul style="list-style-type: none"> ○ 燃料電池車等に供給するため、下水汚泥由来の消化ガスから水蒸気改質等のプロセスを経て水素を製造する技術で、技術的には実用化段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 燃料電池車の普及 ○ 事業主体の登場
生物化学的変換	メタン発酵(湿式、乾式)	下水汚泥、家畜排せつ物、食品廃棄物等	ガス・熱・電気	実用化(一部実証)				<ul style="list-style-type: none"> ○ 下水汚泥、家畜排せつ物、食品廃棄物、草木等のバイオマスを微生物による嫌気性発酵によってメタンガスを発生させる技術で、液状原料を利用する湿式と水分80%程度の固形原料を利用する乾式がある。メタンを主成分とするバイオガスは熱や発電利用のほか、都市ガスや自動車燃料等に利用可能。技術的には実用化段階(一部実証段階)。 ○ 微生物糖化技術を用いた発酵速度の向上技術を開発(草本系、澱粉系、食品廃棄物)。 ○ 原料回収の最大化、メタン発生の最大化、発電効率の最大化及び使用電力量の最小化や、精製による高品位バイオガスの回収を図る技術について実規模レベルでの実証を行い、コスト削減、温室効果ガス排出量削減、エネルギー消費量削減等について効果を確認(下水汚泥)。 ○ 副生成物である消化液の農地への液肥利用について、化成肥料の施肥効果と遜色がないこと及び土壌の物理性(団粒化)改善を確認(家畜排せつ物、食品廃棄物)。 ○ アジア地域で数千万基が普及している家庭規模の無動力メタン発酵槽の技術改善を実施。有機固形物の沈殿回避と許容負荷が向上。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 廃棄物回収システムの改良・効率化(異物除去等) ○ 高効率で安価な発酵・メタン精製濃縮装置の開発 ○ 効率的な複数原料の混合発酵技術の開発 ○ メタンの利用方法の拡大(未精製ガスの利用技術の開発等) ○ 気温低下によるガス生成量減少の改善(無動力メタン発酵槽) ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保 ● 消化液の肥料等への利用拡大
	メタン発酵(湿式、乾式)	間伐材等	ガス・熱・電気	研究 実証	実証	実用化		<ul style="list-style-type: none"> ○ 湿式ミリング前処理により木材のメタン発酵を可能にする技術を実証中。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 木材の直接メタン発酵技術における樹皮利用技術、低コスト化、発酵残渣の利用技術の開発

主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ④

技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意事項(●)※
			現状	5年後	10年後	20年後		
水素発酵	食品廃棄物、糖質・澱粉質等	ガス・熱・電気	研究	実証	実用化(一部実証)	実用化	<ul style="list-style-type: none"> 食品廃棄物等のバイオマスを可溶化して水素発酵により水素を回収し、さらに残渣をメタン発酵することによりメタンを主成分とするバイオガスを回収する技術で、技術的には研究段階。 微生物電気分解セルを応用し、通常の水素発酵の10倍に相当する水素収率を達成。 組換え大腸菌を用いてバイオマス由来ギ酸から300LH₂/h/Lの水素生産を達成。 グルコース1モルから最大理論収率12モルの水素生産を目指した光合成細菌との統合型水素生産システム技術の開発を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> 二段発酵のエネルギー回収率の向上 原料の変化に対応した微生物管理技術の開発 微生物水素発生機構の解明(ヒドロゲナーゼ、ニトロゲナーゼ) 水素生産強化を目的とした微生物育種 水素生産酵素や発生機構の異種微生物への導入 変換の低コスト化
糖質・澱粉質系発酵(第1世代)	余剰・規格外農産物・食品廃棄物(甜菜、米、小麦等)	エタノール、化学品	実用化				<ul style="list-style-type: none"> 糖質・澱粉質系原料を酵素で糖化し、酵母、細菌等によりエタノール発酵させることにより、エタノールを生成する技術で、技術的には実用化段階。 	<ul style="list-style-type: none"> 安価で効率的な栄養源供給(窒素源等) 一貫プロセスの効率化と環境負荷の低減(糖化・発酵・副生成物利用等) 原料の多様化 微生物の耐熱性の向上 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保
	木質系、草本系(新たな原料:OPT)	エタノール、化学品	実証	実用化			<ul style="list-style-type: none"> OPTに含まれている遊離糖から、エタノール、ブタノール、乳酸、ポリドロキシ酪酸(PHB)等、さまざまな化学品を製造する技術で、技術的には実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> 技術の海外展開
セルロース系発酵(第2世代)	①ソフトセルロース(稲わら等) ②ハードセルロース(間伐材等)	エタノール、化学品	① 研究 ① 実証(一部実用化)	① 実用化	② 研究 ② 実証	② 実用化 ② 実用化	<ul style="list-style-type: none"> 木質系、草本系のセルロース原料を加圧熱水や酸、アルカリ、糖化酵素等を利用して前処理・糖化した上でエタノール発酵を行う技術で、技術的には研究・実証段階(一部実用化段階)。 生物学的糖化技術を用い、酵素使用量を抑制する技術を実証。 高収量資源作物(エリアンサス等)、食料と競合しないキャッサババルブ、製糖後の副産物であるバガスを原料とするエタノール及び乳酸製造技術を確立。 キャッサババルブを水熱処理してエタノールを製造する商業プラントの事業性評価を実施中。 バイオマス由来の酵素安定化剤の開発によりバイオエタノール製造における酵素使用量の低減を図る技術を開発。 ハードセルロースでの商用化に向けた一貫プロセスを検証中。 	<ul style="list-style-type: none"> セルロース構造改変等の前処理技術の開発 高効率かつ低コストな酵素開発 多様な糖質の同時発酵、使用微生物の高温発酵性向上及び固体発酵技術等の開発 最終製品に適合した良質な糖を得るための糖化・精製技術の開発 一貫プロセスの効率化・低コスト化と環境負荷の低減(前処理・糖化・発酵・蒸留・副産物利用等) リグニンを利用した高付加価値製品の製造技術の開発 酢酸発酵と水素化分解による次世代セルロース系発酵技術の開発
ブタノール発酵	糖質・澱粉質、草本系等	ブタノール	研究・実証	実証	実用化		<ul style="list-style-type: none"> 主に糖質・澱粉質系原料から、クロストリジウムなどの偏性嫌気性細菌を用いて、アセトン及びブタノールを作る発酵技術(ABE発酵)を基本とするが、現在は欧米において遺伝子組換え酵母、日本では遺伝子組換えコリネ菌によるイソブタノールの製造技術の開発が進んでいる。日本では技術的には研究・実証段階(米国では実証から実用化段階に移行中)。 非可食性バイオマス由来の混合糖(C5+C6糖類)を出発原料とした高効率バイオブタノール生産基盤技術を確立し、今後実証。 	<ul style="list-style-type: none"> 発酵効率の改善 糖質・澱粉系以外の原料を使用した発酵技術の開発 製造コストの削減
藻類由来液体燃料製造(第3世代)	微細藻類、大型藻類	液体燃料(軽油代替、ジェット燃料等)	研究	研究 実証(一部実用化)	実用化		<ul style="list-style-type: none"> 油分生産性の高い藻類を大量培養し、油分の抽出・精製等によって軽油代替、ジェット燃料を製造する技術で、技術的には研究段階。 高速増殖性を有する藻株を用いた屋外の大規模培養施設での連続した安定培養、及び油脂生産技術を確立し、今後実証。 藻の回収のための膜を使用した濃縮技術の開発を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> 生産性の高い藻類の探索・育種 自然光での微細藻類の大規模栽培技術の確立 光エネルギー変換効率が高く安価な培養槽の開発 藻体残渣の低減・利用技術の開発(飼料・肥料、他) 低コスト化のためのプロセス一貫システム(培養・回収(収集・乾燥)・油分抽出・精製)の確立 ● 耐ストレス性の付与(特にオープンポンドの場合)

生物化学的変換

主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ^⑤

技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意事項(●)*
			現状	5年後	10年後	20年後		
バイオマテリアル	糖質・澱粉質系	バイオプラスチック素材	実用化				○ とうもろこし等糖質・澱粉質系バイオマスからポリ乳酸やプラスチック・素材を製造する技術で、技術的には実用化段階。	○ 量産化技術の開発 ○ 各種バイオマス由来のリグノセルロース等を効率的に発酵性糖質に変換する技術の確立 ○ 低コストで高機能のポリ乳酸やプラスチック・素材を製造する技術の確立 ○ 新規芳香族化合物の探索(原料バイオマス中のリグニンの有効利用法に資するため) ○ バイオマスの分解に有効なイオン液体の開発と有用成分製造技術の開発 ○ 竹抽出液の殺菌作用、抗アレルギー活性等の性能評価 ○ セルロース系バイオマス前処理・糖化プロセスのコストの低減 ○ セルロース系バイオマスを糖化した混合糖(C5+C6糖類)を同時に効率的に利用できる微生物の開発 ○ 前処理や加水分解で発生するフルフラールなどの発酵阻害物質に耐性をもつ微生物及び阻害を受けないバイオペロセスの開発 ○ 高濃度のアルコールや芳香族化合物に耐性をもつ微生物の育種技術及び耐性を付与する技術の確立 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確
			研究	研究	実証	実用化	○ 熱的性質が石油合成ポリマーであるポリエチレンテレフタレート(PET)やナイロンよりも優れている高分子多糖類(α-1,3-グルカン)の合成に成功。	
			研究	実証	実証	実用化	○ 糖質類を原料とした発酵法によって得られる脂肪酸族有機酸類を利用した新規耐熱性樹脂素材や、バイオベースアクリル樹脂などの機能性材料の合成技術を開発。	
	リグノセルロース系	バイオプラスチック素材	研究 実証	実証 (一部実用化)	実用化		○ 紙パルプ製造工程や木質バイオマス変換工程で発生するリグニンを活用し、付加価値の高い樹脂・化学原料等を製造する技術で、技術的には研究・実証段階。 ○ リグニンを除去したセルロース系バイオマスから糖化、乳酸発酵を経て乳酸オリゴマーを製造。生分解性を持ち、かつ融点の高いプラスチック原料の製造に成功。 ○ ポリエチレングリコールを用いて反応性が高く分子構造を制御した改質リグニンを製造。これを用いた電子材料、ガスケット材等の開発に成功。 ○ イオン液体による効率的なバイオマスの低分子化と有用物質の製造。 ○ マイクロ波減圧蒸留装置により竹から抽出液を取り出し、残渣をセルロースナノファイバーや建材などに利用する総合利用技術を開発。	
			実証	実用化			○ コリネ型細菌を用いたバイオペロセスにより、フェノール樹脂の原料であるフェノールの生産に成功。石油由来製品と同等な性質のフェノール樹脂が得られる非可食バイオマス由来糖からの一貫生産システムが完成し、量産化目前。	
			研究	研究 実証	実証	実用化	○ 微生物や触媒を用いて、セルロース系バイオマス由来のグルコースからエンジニアリングプラスチックの原料であるモノマー(芳香族カルボン酸、芳香族アミン)を得て、優れた耐熱性を示すプラスチックの合成に成功。	
			実証	実用化			○ 木質バイオマスからセルロース繊維を精製し、ポリオレフィン等の樹脂と複合化し、各種部材を製造する技術で、技術的には実証段階。 ○ 酵素処理後にミリング処理や超音波等の物理的処理を組み合わせ、薬品を使用しない低エネルギーなナノ化手法を確立。パルプ化からナノ化までを一貫製造する実証ベンチプラントを建設。	
	セルロースナノファイバー	バイオプラスチック素材	研究 実証	実証 (一部実用化)	実用化		○ リグノセルロースナノファイバーと樹脂を混練した樹脂複合材料を高効率で連続的に製造するプロセスを開発。	
			研究	研究 実証	実証	実用化	○ セルロースナノファイバー発泡化技術による軽量化高機能プラスチック創製に取り組み、ポリプロピレンの発泡倍率18倍(空隙率94%)を達成。	

主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ^⑥

技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題等(○) 事業化にあたっての留意事項(●)*
			現状	5年後	10年後	20年後		
バイオ リファイナー	糖質・澱粉質系、 木質系、 草本系等	バイオマス由来 物質を基点に多 様な化学品・エ ネルギーを生産	研究 実証	実証 (一部実 用化)	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 各種バイオマス由来の発酵性糖質等を基点に多様な化学品・エネルギー物質(アルコール、有機酸、アミノ酸、ポリマー原料、輸送用燃料等)並びに熱・電気などのエネルギーを効率的に併産する総合技術システムで、個々の単位技術の現状と課題は、それぞれの技術によって異なるが、総合的利用技術の開発は研究・実証段階。 ○ バイオマス原料の前処理と糖化技術にセルロース系発酵(第2世代)と同等技術が利用可能。 ○ ソーダ・アントラキノン蒸解により、スギ及びブユカリから木材3成分(セルロース、ヘミセルロース、リグニン)を分離する方法を開発。(実証段階) ○ 酸素アルカリ蒸解により、スギからバニリン等フェノール系モノマー類を製造する技術を開発。(実証段階) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 各種バイオマス由来のリグノセルロースを効率的に発酵性糖質に変換する技術の確立 ○ 新規芳香族化合物の探索(原料バイオマス中のリグニンの有効利用法に資するため) ○ 発酵阻害物質を含まない糖質の生産・発酵阻害を起こさない発酵技術の開発 ○ バイオマス構成成分、代謝物等を総合的・効率的に既存あるいは新規の有用物質に変換する技術の開発 ○ 高付加価値な長炭素鎖を持つモノマー生産のための植物・微生物のバイオプロセス改変技術の確立 	
			実用化			<ul style="list-style-type: none"> ○ コリネ型細菌や酵母等の微生物を用いたバイオプロセスにより、有機酸(コハク酸、D,L-乳酸)、アミノ酸(グルタミン酸、飼料用アミノ酸、アラニン)、エタノール等の実用生産中。 ○ セルロース系バイオマスについては、コリネ型細菌を用いたC5,C6糖類同時利用や発酵阻害物質耐性バイオプロセスが実現。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 高濃度のアルコールや芳香族化合物に耐性のある微生物の育種技術及び耐性を付与する技術の確立 ● 原料調達、販路等を含む事業環境の整備や製造等に要するコストを勘案した事業性の確保 	
			研究	実証	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 必須脂肪酸であるDHAを高効率で生産するオーランチオキトリウム株の採取に成功。最適な培養条件及び全ゲノムのドラフト配列を決定。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 培養コストの低減 	
			研究	研究 実証	実証	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 海洋性微生物由来酵素群を用いて、非可食性バイオマス由来のリグニンから、フェニルプロパノン骨格を持つ芳香族モノマーが得られることを見出した。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 芳香族モノマーの効率的な骨格変換技術の開発 ○ 酵素生産コストの低減
			研究	研究 実証	実証	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 情報科学の手法で代謝経路の設計の自動化を行い、イソプレンを生合成する人工代謝経路を細胞内で構築。 ○ イソペン合成に関わる代謝酵素の変異体を作成し、野生型の酵素の100倍以上の活性をもつ酵素作成に成功。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ イソペン生産コストの更なる低減
資源作物・植物の 開発、収集運搬	木質系、 草本系等	資源開発	実証	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 資源用作物・植物の開発は実証段階。 ○ エリアンサス、ジャイアントミスカンサスなどの永年性で低投入型の資源作物を開発。耕作放棄地を活用した試験栽培を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 高バイオマス量・易分解性の資源用作物の開発と生産コストの削減 ○ 各種バイオマスの効率的な生産・収集・運搬・保管システム、減容圧縮技術等の開発 ○ 早生樹等の木質系資源と林地残材等の未利用木質系資源の低コストで効率的な収集・運搬システムと一体的利用技術の確立 ○ 遺伝子組換え作物・植物の実用化(野外植栽)に向けた基準の明確化 		
		収集・運搬・保管	実証	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 木質・草本系資源の効率的な生産・収集・運搬・保管システムの開発は実証段階。 ○ 水稻収穫用のコンバインの改造により、乾燥日数を短縮する稲わら圧砕装置を開発。 			
	食品廃棄物	収集・運搬・保管	実用化		<ul style="list-style-type: none"> ○ 家庭系厨芥をディスポーザーと下水道管渠を用いて収集・運搬する技術は実用化段階。 			
	下水汚泥	収集・運搬・保管	実証	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ メタン精製装置と車載式メタン吸蔵装置を組み合わせ、小規模下水処理場でのメタン発酵により生成されたバイオガスを集約してバイオガス発電に利用する技術で、技術的には実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 車両の運転条件等の整理 		
その他	木質系	燃焼灰の有価物 利用	実証	実用化	<ul style="list-style-type: none"> ○ 木質バイオマスの燃焼灰中に含まれるカリウムを高濃度で回収する技術を開発。これまで産業廃棄物として処理していた燃焼灰を有価物として利用することが可能。技術的には実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 安定した需要の確保 		