

# バイオマス利用技術の現状とロードマップについて (令和4年8月)

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、食品廃棄物等の廃棄物系、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、平成24年9月に「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。）が決定され、これまで2回の見直しを行った。技術の到達レベルは、現状(2019年)、概ね5年後(2024年頃)、概ね10年後(2029年頃)、概ね20年後(2039年頃)のタイムフレームの中で技術開発の進展状況を踏まえ、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。

また、「みどりの食料システム戦略」で位置づけられているバイオマス関連技術についても、技術ロードマップに記載している（※表中で技術番号欄に◇を記載）。

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、見直しを行うこととしている。

# バイオマス利用技術の現状とロードマップ（見直し内容の概要）

- 平成24年9月、「バイオマス事業化戦略」と併せて決定された「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。）について、関係府省、国立研究開発法人等からの情報を基に見直しを行った。

## 技術ロードマップ見直しのポイント

- 新規追加した技術 23件、更新・見直した技術 23件、変更なし 24件
- 実用化、実証、研究の技術レベル毎に一覧表で技術を整理
- 活用事例が多い又は、今後、更なる活用が見込まれる等の主要な技術の課題について、対策の検討状況や進捗状況を整理

※新規追加した技術、更新・見直した技術、変更なしの件数については、重複件数(9件)が含まれている。

## ◆新規追加された技術事例

### ① 技術: Alcohol to Jet (技術番号37)

原料: 第2世代バイオエタノール

製造物: ジェット燃料

技術レベル: 研究

現状: 工程において、糖化・発酵は実証・実用化段階、脱水・重合・水素化分解は研究・実証段階。

SAFと従来航空燃料との混合・空港輸送までのサプライチェーンは、現状、国内で十分にノウハウが蓄積されていない。



### ② 技術: バイオマテリアル(技術番号45)

原料: スギ

製造物: バイオプラスチック素材

技術レベル: 実証

現状: スギ材のリグニンを科学的に改質した素材を原料に、耐熱性などの高い機能性を与えたスーパーエンジニアリングプラスチックの製造・利用技術の開発。  
自動車部品の他にも電子基板や3Dプリンターのフィラメントとしても利用が可能。



各到達レベルにあるバイオマスの利用技術（技術レベル単位の整理表）

技術レベル	原料	製造物（技術番号※）	備考
1 実用段階	木質系、草本系	チップペレット（1）、熱・電気（6）、ガス・熱・電気（29）	
	家畜排せつ物	熱・電気（6）、ガス・熱・電気（25）	
	下水汚泥	熱・電気（6）、固形燃料・スラリー燃料・バイオコークス（10）、固形燃料（20）、水素（22）、ガス・熱・電気（25）、下水汚泥肥料（30）	
	食品廃棄物	熱・電気（6）、ガス・熱・電気（25）	
	廃食用油、油糧作物	バイオディーゼル燃料（BDF,H-FAME）（16）	
	セルロースナノファイバー	塗料（52）	
2 実証段階	木質系、草本系	チップペレット（3）、熱・電気（8）、固形燃料・スラリー燃料・バイオコークス（11）、資源開発（57）、収集・運搬・保管（59）	
	食品廃棄物	燃料（バイオ重油）（4）、固形燃料等（21）、ガス・熱・電気（26）、収集・運搬・保管（60）	
	下水汚泥	電気（9）、固形燃料・スラリー燃料・バイオコークス（11）、固形燃料等（21）、ガス・熱・電気（26）、収集・運搬・保管（61）	
	家畜排せつ物	ガス・熱・電気（26）	
	糖質・澱粉質	バイオプラスチック素材（41）	
	セルロースナノファイバー	バイオプラスチック素材（50、51）	
3 研究・実証	木質系、草本系	チップペレット（2）、バイオ炭（5）、熱・電気（7）、ガス・熱・電気（13、14、18）、液体燃料（メタノール、ジェット燃料等）（15） 液体燃料（バイオオイル・BDF等）・化学品（17）、飼料・肥料（19）、エタノール・化学品（33、34、35）、飲料用エタノール（36） 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（54、55）、資源開発（56、58）	
	下水汚泥	活性炭代替製品、土壌改良材（12）、ガス・熱・電気（13、18、27）、飼料・肥料（19）、液肥（28）	
	食品廃棄物	ガス・熱・電気（18、27、31）、飼料・肥料（19）、液肥（28）、エタノール・化学品（32）	
	家畜排せつ物	ガス・熱・電気（18、27）、飼料・肥料（19）、メタノール・ギ酸（24）、液肥（28）	
	廃食用油	ジェット燃料（23）	
	糖質・澱粉質	ガス・熱・電気（30）、バイオプラスチック素材（42、43）、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（54、55）	
	第2世代バイオエタノール	ジェット燃料（37）	
	微細藻類、大型藻類	液体燃料（38、39）、バイオプラスチック素材（40）	
	リグニン・リグニンセルロース系	バイオプラスチック素材（44、45、46）	
	セルロースナノファイバー	バイオプラスチック素材（47、48、49）	
農業副産物/残渣	機能的食品/医薬原料/バイオプラスチック（53）		

赤字は実用化（一部実証）、青字は実証（一部実用化）、紫字は研究・実証（一部実用化）、緑字は研究段階（一部実証）

（※）は、バイオマス利用技術の現状とロードマップの技術毎の番号

# 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				技術番号	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			(1)	○ 林地残材集材システムを構築し、未利用材の木質バイオマス燃料としての利用に対するコストダウンが確認された。 季節の影響等、自然環境の変化についての知見が得られた。 技術的には実用化段階。	○ 更に効率的に乾燥する方法を確立することが重要。 ● 十分な路網が整備されていることが重要。 ● 経済的な労働力の確保が可能となることが必要。	
		木質系	チップ ペレット	研究 (一部 実証)	実証 (一部 実用化)	実用化	(2)	○ 小型CHPに対応したチップの乾燥スキームとして、防湿シートを応用した天然乾燥と人工乾燥併用のシステムを提案した。 ○ 小規模バイオマスガス化CHP装置に適したチップ製造及び乾燥条件の解明を試みるとともに、地域にCHPを分散配置するシステムの経済性・環境性の評価を行う。 ○ バークを熱源とするチップ乾燥システムを構築、ペレット成形機のダイスを冷却することで成形品質の安定化への影響を確認。 ○ チップの原料となる薪の乾燥技術として、PCファンを利用した簡易送風システム、薪燃焼ボイラーによる温風乾燥システムを開発	○ 実証試験が必要 ○ 木材チップの効率的な乾燥方法 ○ システムの経済性・環境性の最適な評価方法 ○ バークのボイラーへの投入方法の省力化、ペレット成形の完全自動化 ○ 設備費用の低コスト化	
		木質系、 草本系等 (新たな原料:竹、 OPT(オイルパー ムトランク))	チップ、 ペレット等	実証 (一部 実用化)	実用化		(3)	○ ORCユニットに対して、竹とバークを混焼することにより、クリンカ発生の問題を回避することが確認できた。 ○ 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。また、OPTの搾汁糖分からバイオガスを回収した残渣を利用したペレット化技術を開発。 同一プロセスから空果房、葉柄、パーム実繊維もペレット製造が可能となった。	○ 木質バイオマスの種類により、どの程度の混合率とするか検証が必要。 ○ 海外機器については、センサー等部品類の国内品使用を検討。 ● 安定した熱需要の確保、採算性の確保 ● 技術実証は終了、事業化を進める。	
	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		(4)	○ 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とともに、抽出残渣をバイオガス化するデュアル燃料製造技術で、技術的には実証段階。 ○ 油脂含有廃棄物に対する安定メタン発酵技術を開発するとともに、デュアル燃料製造技術の実装を想定したシステムを構築。 ○ 油脂分離部分のみを利用した実規模及びシステムの実証	○ 実機スケールでの油水分離の効率化、回収率向上等 ○ 燃料の安定した品質確保	
熱化学的変換	炭素貯留	木質系	バイオ炭および それを含む堆肥 等	研究 (一部 実証)	研究 実証	実証	実用化	(5) ◇	○ 農地土壌の炭素蓄積能力を向上させるバイオ炭混合資材等の開発、地域で循環するバイオ炭製造とその施用のモデル構築、バイオ炭およびバイオ炭堆肥による土壌炭素貯留効果の総合評価に取り組んでいる。	○ 地域での原料確保、原料ごとの特性の把握 ● 農地への炭施用が農業者にインセンティブをもたらす仕組みが必要
	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			(6)	○ 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、コスト削減、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。 ○ 廃菌床の自然乾燥について、季節変化の影響等の目処が立った。燃焼灰中にバーク由来の重金属が検出され、キレート剤を用いた処理方法を確立。建設廃材、低品位木質系廃棄物を用いた施設、運転方法を確立。	○ バイオマス混焼率向上のための粉砕、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 ○ 廃菌床の環境条件の設定が効率化に重要。バークは生産地の影響によりことなる。 ● 継続した資材の入手	
		木質系	熱、電気	研究 (一部 実証)	実用化		(7)	○ ペレット、乾燥チップ兼用の家庭用ボイラーの開発に向けて30kWの試作を製作 ○ ボイラー運転時の熱需要を予測することで、瞬時負荷に対してもバイオマスボイラーで対応し、代替率を向上。	○ 家庭用の6kWへ小型化するため、構造の変更が必要 ● 小型化と低コストの両立 ○ 施設により、効果の大小があるため、調整や各種設定が必要	

# 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				技術番号	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				
熱化学的変換	直接燃焼 (小型出力装置の開発:小型ボイラ)	木質系	熱、電気	実証	実用化		(8)	○日本の家屋向けに、高効率で排気ガスがクリーンな薪ボイラ(10kW)を開発するため、炉内酸素濃度を把握し吸気を制御する技術で、技術的には実証段階。	○ダンパーのPDE制御の挙動、排ガス等の安全性の検証 ○SEへの効率的な熱伝導の検証が必要 ○連続稼働による発電効率の維持のためのメンテナンス体制の構築 ●安定稼働の実証	
	直接燃焼 (焼却廃熱利用)	下水汚泥	電気	実証	実用化		(9)	○既存の小規模汚泥焼却設備に付加可能な、焼却廃熱を利用する高効率発電技術で、技術的には実証段階。	○実規模レベルの実証による課題の把握	
	固体燃料化 (①炭化・ ②半炭化)	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				(10)	○炭化:下水汚泥を、酸素供給を遮断又は制限して250~350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。	●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			(11)	○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)。 ○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)	○土壌改良資材としての性能評価と実証試験
	炭化	下水汚泥	活性炭代替製品、土壌改良材	研究	実証	実用化		(12)	○下水汚泥を1,100度を超える超高温で炭化することにより、活性炭の代替製品等の製造を可能とする。	○実規模での実証を通じた技術的課題の把握 ●技術的課題解消後に利用促進意識の醸成などの普及促進策。
	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	② 研究 実証	実証(一部実用化)	実用化		(13)	○ヒノキ、下水汚泥、豚糞などの混合バイオマスを原料として、低温(450℃)でガス化する技術で、技術的には研究・実証段階。 ○高冷ガス効率と低タール残率を両立出来る熱分解ガス化プロセスである「第4世代ガス化」技術を確立。バイオマスを原料に、冷ガス効率(従来80%台)の向上、タール残率(従来>100ppm)の減少を目指す。 ○二塔式ガス化炉とOPT、他燃料ペレット等バイオマス燃料からの合成ガスの製造、発電、窒素肥料の製造。	○スケールアップによる実証、生産コスト縮減、開発した触媒の混合ガス対応(木質バイオマス、活性汚泥等からの混合ガス)及び触媒活性の向上 ○バイオマス資源は原料組成が一定とならない。 ○二塔式ガス化炉とOPTペレットの製造技術を組み合わせたプロセスの確認
				① 研究 実証	実証	実用化		(14)	○農業残渣である籾殻において、高温で生成する発がん性物質の結晶質シリカの抑制と、低温で発生するタールの抑制を両立させるとともに、残渣であるくん炭は肥料成分である可溶ケイ酸を含有し循環型農業に貢献できる技術を確立した。	○ガス利用設備(ガス精製機器、ガスエンジン等)の高性能化(耐久性の向上等)開発 ○排水処理設備の高性能化(小型化、運転コスト低減等)開発
				研究 実証	実証	実用化		(15)	○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。 ○バイオマスペレットからの二塔式ガス化炉からの合成ガス、または同バイオマス液体部からのメタンガス由来合成ガスより、軽油など石油代替液体燃料を製造。	○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な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) ○燃料作物資源の確保

# 主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ<sup>③</sup>

※ 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				技術番号	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			
液体燃料製造 (エステル化・部分水素化)	廃食用油、 油糧作物	バイオディーゼル燃料(BDF、 H-FAME)	実用化 (一部実証)	実用化			(16)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> <li>○ 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(H-FAME)。技術的には実証段階。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ グリセリンの利用・除去技術の開発</li> <li>○ 貯蔵安定性の確保</li> <li>○ 新型ディーゼル車両(DPFやNOx除去装置)との適合性の確保</li> <li>● 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</li> </ul>
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		(17)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> <li>○ パイロットプラントでのジェットロファ、木質バイオマス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を検討中。木質バイオマスのバイオオイル生成時の副生チャーは燃料・資材利用を検討。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 油状生成物の変換・利用技術の開発</li> <li>○ 高付加価値製品の製造技術の開発</li> <li>○ 低温・低圧での反応が可能な革新触媒等の開発</li> <li>○ 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</li> <li>○ 熱分解炉の低価格化</li> </ul>
水熱ガス化	木質系、 草本系、 食品廃棄物 下水汚泥、 家畜排せつ物 等	ガス・熱・電気	研究 実証	実証	実用化	実用化	(18)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 超臨界水中(374℃、220気圧以上)で加水分解反応と熱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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 安定操業性の確立</li> <li>○ 加圧装置及び高圧加水分解反応器等の低価格化による製造コストの削減</li> </ul>
高速加水分解 (亜臨界水処理 技術)	木質系、 草本系、 食品廃棄物 下水汚泥、 家畜排せつ物 等	飼料、肥料等	研究 実証 (一部実用化)	実用化			(19)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 亜臨界水領域(事業化の目安は扱いやすい100-200℃、10-20気圧)で加水分解反応が迅速に進行し、有機物が効率的に分解されることを利用して、様々なバイオマスを資源利用する技術。高機能堆肥の生産、アミノ酸・フルボ酸等の有用物の製造など多様な技術展開が見込まれる。技術的には研究・実証段階(堆肥化、飼料化は一部実用化)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 国内における実証試験による効果・コストの検証、課題等の整理</li> </ul>
固体燃料化	下水汚泥、 木質系	固体燃料等	実用化				(20)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 下水汚泥を低酸素状態で熱を加え固形燃料化する炭化技術や乾燥させて固形燃料化する技術は既に実機が稼働している実用化技術である。また、中小規模下水処理場向けのコンパクトで高効率の汚泥脱水・乾燥技術も、実規模実証を経て実用化段階。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 事業主体の登場</li> <li>● 製造した乾燥汚泥は、肥料および燃料化物としての利用が可能であるが、導入地域に応じた販路および期間を調整した事業性の確保に留意する必要。</li> </ul>
			実証	実用化				(21)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 下水汚泥を脱水乾燥した後に、バイオマスボイラを使うことで汚泥を大幅減量および排熱回収によるエネルギー効率出来ることを実証中。</li> </ul>
水素製造	下水汚泥	水素	実用化				(22)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 燃料電池車の普及</li> <li>○ 事業主体の登場</li> </ul>
水素化処理	廃食用油	ジェット燃料	研究 実証 (一部実用化)	実用化			(23)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 廃食用油を原料として水素化処理を行うことでジェット燃料等を製造する技術で、技術的には実証段階。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 製造システムのパッケージ化</li> <li>○ 燃料収率の向上</li> <li>○ 製造コストの削減</li> <li>● 原料の確保</li> </ul>

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④

※ 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		技術番号	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	
熱化学的変換	燃料製造	家畜排せつ物	メタノール、ギ酸	研究・実証	実証	実用化	(24)	○ 亜塩素酸ナトリウム水溶液とフルオラス溶媒の二相反応系にメタンガスを吹き込みながら紫外線を当て攪拌することで、液体燃料のメタノールとギ酸に常温・常圧で変換することにラボレベルで成功。	○ 事業化に向けてコストを含めた検討	
				実用化	実用化	実用化	(25)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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)。</li> <li>○ 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)(研究実証段階)。</li> <li>○ 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、コスト縮減、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)。</li> <li>○ 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)。</li> <li>○ 無動力の消化槽攪拌装置等、中規模下水処理場におけるコンパクトな発酵槽等の開発、小規模下水処理場における脱水機の二段活用による高濃縮汚泥の横型消化槽での高濃度消化による、低コスト・高効率なメタン発酵技術(実証段階)。</li> <li>○ 下水汚泥のメタン発酵の槽内に水素を吹き込むことにより、槽内の二酸化炭素とメタネーション反応をさせることでメタン生成量を増加させる技術について、パイロットスケールにおいて実証済み。</li> <li>○ 下水処理場の最初沈殿池からの生汚泥を積極的に回収することで、エネルギー効率の高いメタン発酵を実現。</li> <li>○ リンが高濃度で存在する消化汚泥中から高効率にリンを回収する技術は実用化段階。</li> <li>○ 地域から発生する多種類の混合系バイオマスを乾式メタン発酵により活用する実証事業を行い、目標とした性能を確保できた。</li> <li>○ 小型のバイオガス発電システムの構築を目指した技術開発事業を実施し、乳牛ふん尿を個液分離し、分離固分は堆肥化、液分はメタン発酵させ、メタン発酵後の消化液は堆肥として散布することで減容化することで、処理コスト削減が可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 廃棄物回収システムの改良・効率化(異物除去等)</li> <li>○ 高効率で安価な発酵・メタン精製濃縮装置の開発</li> <li>○ 効率的な複数原料の混合発酵技術の開発</li> <li>○ 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)</li> <li>○ 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)</li> <li>○ 特に鶏糞を原料とした場合のアンモニアによる発酵阻害</li> <li>● 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</li> <li>● 消化液、下水汚泥由来の肥料、リン等の利用拡大(利用促進意識の醸成などの普及促進策)。</li> </ul>	
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)	実用化		(26)	○ 下水汚泥を対象とした鋼板製消化槽を用いた実証実験を行い、目標としていた性能を確認。		
				実用化						
				研究・実証	実証(一部実用化)	実用化	(27)	○ 微生物糖化技術を用いた糖化速度の向上技術を開発(草本系、澱粉系、食品廃棄物)	○ 技術検証は終了。設備設計導入予定。	
		研究・実証	実証(一部実用化)	実用化	(28)◇	○ 実装スケールで、水田、施設園芸、畜産についてGHG排出削減と生産性向上両立する緩和技術システムの一部として、メタン発酵消化液の畑地での施用方法について、散布機械及び散布方法の改良に取り組んでいる。	○ 畑地に散布した消化液の流亡防止、肥料成分であるアンモニアの飛散防止。			

# 主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ<sup>⑤</sup>

技術	原料	製造物	技術レベル				技術番号	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			
メタン発酵 (湿式、乾式)	間伐材等	ガス・熱・電気	実用化				(29)	○ 湿式ミリング前処理による、様々な木材の直接メタン発酵の実証に成功。原料1kgあたり400～500Lのメタンガスが発生し、ガス濃度は概ね60%。 ● 原料調達を含む事業環境の整備やコストを勘案した事業性の確保	
コンポスト化	下水汚泥	下水汚泥肥料	実用化				(30)	○ 下水汚泥の肥料化に向け、下水汚泥を好気性発酵させる。技術としては実用化済み。 ● 利用促進意識の醸成などの普及促進策。	
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	(31)	○ 食品廃棄物等のバイオマスを可溶性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。 ○ 組換え大腸菌を用いてバイオマス由来ギ酸から300LH <sub>2</sub> /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。 ○ 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	研究	実証	実用化(一部実証)		(32)	○ セルロース系バイオマスを原料とするエタノール生産に必要な糖化酵素生産を商用機スケールで可能とするため、①開発糖化酵素の高機能化、②糖化酵素の工業用生産菌の構築、及び③糖化酵素の安価な大量生産技術の開発に取り組み目標とした成果を達成。 ○ 酵素や微生物の高機能化(耐熱性や高生産性)を実施(研究段階)。 ○ 高機能酵素の工業生産菌への取り込み。 ○ 生産性などの更なる向上 ● 製造コストの削減 ○ 微生物の耐熱性の向上	
	木質系、草本系(新たな原料:OPT)	エタノール、化学品	研究	実証(一部実用化)	実用化		(33) ◇	○ 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、ポリヒドロキシアルカン酸(PHA)、グルタミン酸ナトリウム(MSG)、タンパク質等、さまざまな化学品を製造する技術で、技術的には実証済み。 ○ OPT樹液からの糖濃度濃縮実規模試験。	
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	研究	実証(一部実用化)	実用化		(34)	○ 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(紙類、厨芥類))。 ○ 商用機スケールでの実用化に適用可能で効率的な糖化発酵生産技術を確立するため、①C5C6糖同時発酵微生物の開発、②同時糖化並行複発酵プロセスの開発、及び③商業化を目指したプロセスデザインパッケージの作成に取り組み、3種の前処理バイオマスに対して93～95%という高いエタノール変換効率を有する高効率・高温発酵・阻害物質耐性・実用生産菌の開発に成功。 ○ バイオエタノール製造コストに占める割合の高い、設備償却費の推定のために、パイロットプラントにおける技術開発及びパイロットプラントの実証運転を行い、商業用プラント建設費を算出。 ○ 微生物糖化技術による糖化酵素を一切使わない糖化技術を開発。 ○ キャッサバパルプ等を微生物糖化し、バイオガス・水素を製造する実証プラントの事業性評価を実施中。 ○ 酢酸発酵と水素分解による次世代セルロース系発酵技術の開発 ○ 一貫プロセスの効率化・低コスト化 ○ セルロース系エタノール生産における同時糖化並行副発酵において使用する糖化酵素の高機能化 ○ 菌体リサイクル技術 ● 低コスト原料バイオマスの確保	
			研究	実証	実用化(一部実証)	実用化	(35) ◇	○ セルロース系エタノール生産における同時糖化並行副発酵において使用する糖化酵素の高機能化 ○ 菌体リサイクル技術 ● 低コスト原料バイオマスの確保 ● バイオエタノールを経てさらに高付加価値化合物へ変換する技術開発が必要 ○ バイオマス原料により糖化微生物の探索と最適化が必要。	
	飲料用エタノール		研究	実証	実用化		(36) ◇	○ スギ材などを原料として、湿式ミリング-酵素同時糖化・発酵プロセスにより飲料用を目的としたエタノールの製造に成功。 ○ 機能性の解明。 ○ 安全性の評価。	

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<sup>⑥</sup>

技術	原料	製造物	技術レベル				技術番号	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			
生物化学的変換	Alcohol to Jet	第2世代バイオエタノール	ジェット燃料	研究	研究 実証 (一部実用化)	実用化	(37)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 廃パルプ等を糖化・発酵により2Gエタノール化する技術と、2Gエタノールを脱水・重合・蒸留・水素化分解を経てSAFを製造するATJ技術。糖化・発酵は、実証・実用化段階。脱水・重合・水素化分解は新規の海外技術導入のため研究・実証段階。</li> <li>○ SAFと従来航空燃料との混合・空港輸送までのサプライチェーンは、現状、国内で十分にノウハウが蓄積されていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 国産第2世代バイオエタノールを原料としたATJ技術によるSAF製造技術の確立</li> <li>○ 酵素回収技術の確立</li> <li>○ 低濃度エタノールからのエチレン生産技術の獲得</li> <li>● 100%-SKAのASTM認証取得</li> <li>● SAF製造コストの低減(SAFのGHG削減価値を考慮した上で、従来航空燃料価格に比して競争力を有すること)</li> <li>● 糖化酵素の安定調達</li> </ul>
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	(38)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> <li>○ 藻の回収のための膜を使用した濃縮技術の開発を実施。</li> <li>○ 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。</li> <li>○ ミドリムシ藻類において高効率ゲノム編集技術を開発し、安定したゲノム改変株を作出することに成功</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 生産性の高い藻類の探索・育種</li> <li>○ 自然光での微細藻類の大規模栽培技術の確立</li> <li>○ 光エネルギー変換効率が高く安価な培養槽の開発</li> <li>○ 藻体残渣の低減・利用技術の開発(飼料・肥料、他)</li> <li>○ コスト縮減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</li> <li>○ 耐ストレス性の付与(特にオープンポンドの場合)</li> <li>● 副生物活用も含めた事業性の確保</li> <li>● 生産性の高い藻類の探索・育種</li> <li>○ 自然光での微細藻類の大規模栽培技術の確立</li> <li>● 藻体残渣の低減・利用技術の開発(飼料・肥料、他)</li> </ul>	
			研究	実証	実用化 (一部実証)	実用化	(39)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 排水処理を組み合わせた藻類培養技術を開発中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 生産性の高い藻類の探索・育種</li> <li>○ 自然光での微細藻類の大規模栽培技術の確立</li> <li>○ 光エネルギー変換効率が高く安価な培養槽の開発</li> <li>○ 藻体残渣の低減・利用技術の開発(飼料・肥料、他)</li> <li>○ コスト縮減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</li> </ul>
		研究	研究 実証	実用化	(40)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 微細藻類から液体燃料を製造する際に副生する抽出残渣を原料として、プラスチック素材に変換することに成功。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 成型方法の確立</li> <li>● スケールアップのための技術開発</li> </ul>		
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	実証	実用化	(41)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ セルロース由来バイオエタノールからエチレンを製造し、バイオポリエチレンを重合プロセスについて、商用化を見据えた量産の実証段階。</li> <li>○ セルロース系バイオエタノール生産技術を応用して乳酸を製造し、ポリ乳酸を合成するプロセスについて、商用化を見据えた量産の実証段階。</li> <li>○ バイオマス原料を用い、大腸菌による発酵からのPA製造、IPAからポリプロピレンの製造についてラボスケール実証済み。</li> <li>○ 上記方法を用いたバイオポリプロピレンのスケールアップ実証中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 効率的な量産プロセスの確立</li> <li>● 量産化による十分なコスト低減</li> <li>○ 原料バイオマスの選定</li> <li>○ スケールアップによる量産プロセスの確立</li> <li>● 量産化による十分なコスト低減</li> </ul>		
			研究	実証	実用化	(42) ◇	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 生分解プラスチックPHA生産微生物の開発。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 量産化技術の開発</li> <li>○ 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</li> </ul>	
			研究	実証	実証	実用化	(43)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> <li>○ バイオベースアクリル樹脂の共重合素材の合成技術を構築。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 樹脂合成の効率化とスケールアップに向けた合成条件の最適化検討。</li> <li>● 用途開発に向けた加工技術の開発。</li> </ul>

# 主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ⑦

技術	原料	製造物	技術レベル		技術番号	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
バイオマテリアル	リグニン・リグノセルロース系	バイオプラスチック素材	研究 実証	研究 実証 (一部実用化)	実用化	(44) ◇	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> <li>○ 低分子化リグニンを組換え微生物で発酵してプラットフォームケミカル(ピロジカルボン酸)に変換し、これを重縮合してPET代替ポリエステル樹脂開発に成功。</li> <li>○ リグニンの低分子化成分を微生物代謝機能を利用して有望な樹脂原料であるPDC(2-ピロ、4,6-ジカルボン酸)に変換する技術を開発。</li> <li>○ チップ製造工程から副産物として排出される樹皮から低分子フェノールを高収率で製造する手法を開発し、フェノール樹脂等の原料としての特性を明らかにする。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ リグニンの低分子化収率向上が必要。</li> <li>○ 製造プロセスのスケールアップ。</li> </ul>	
			研究 実証	研究 実証 (一部実用化)	実証	実用化	(45) ◇	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ スギを原料にして高機能なプラスチック製品として活用可能な改質リグニンを開発し、その製造技術を実証。</li> <li>○ 改質リグニンを活用してスーパーエンジニアリングプラスチック相当の高い強度や耐熱性を持つ材料の製造・利用技術を開発中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 製造プロセスの効率化とスケールアップ。</li> <li>○ 様々な形状の原料に適用できるリアクターの高度化。</li> <li>○ 中山間地域での生産と流通システムの開発。</li> <li>● 需要創出するための利用技術と供給を安定化する生産技術の開発が必要。</li> </ul>
			研究	研究			(46) ◇	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 高分子多糖類(<math>\alpha</math>-1,3-グルカン)に短鎖・長鎖のアルキル基を導入し、優れた耐熱性を示すバイオプラスチックの合成に成功。機械強度、耐衝撃性や結晶性・非晶性制御が可能なことを示し、ゼロ複屈折フィルムを実現。</li> <li>○ アルコール系の分子を用いてマクロモノマーの末端を修飾することにより細胞膜の物質輸送を促進できることを見出した。分子量1,000程度の中分子の膜輸送を強化することによる生産性の向上、精製プロセスの簡素化を目指す。</li> <li>○ リグニンから、ナイロンやペットボトルなどの原料になるムコン酸を生産する微生物の開発に成功。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 量産化技術の開発</li> <li>○ 低コストで高機能のポリ乳酸やナノファイバー、プラスチック・素材を製造する技術の確立。</li> <li>● リグニンの構造的特徴から、均質性を保ち工業製品へと導入することは困難。</li> <li>● セルロースナノファイバーの性能を発揮するための構造制御技術が不足している。</li> </ul>
	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	(47) ◇	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。バルブ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。</li> <li>○ 酵素前処理でセルロースの機械解繊ナノ化エネルギーを低減する技術を開発、実証済(実用化)。</li> <li>○ 水中カウンターコリジョン(ACC)法で得られる竹由来のCNF(ACC-CNf)製造プロセスの簡素化、低エネルギー化(生産工程でのCO<sub>2</sub>削減)により、生産コスト削減。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 量産化技術の開発</li> <li>○ 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)</li> <li>○ 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</li> <li>○ セルロース系バイオマス前処理・糖化プロセスのコスト削減</li> <li>○ 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</li> </ul>	
			研究 実証	実証 (一部実用化)	実用化	(48) ◇	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ CNF系水系化電極を用いたLiイオン電池について、アイドリングストップ(ISS)車用、および小型EV用のプロトタイプ電池を試作し、ISS電池は従来の鉛電池と比較して3倍以上の寿命、および重量を約1/3にできる見通し。</li> <li>○ 再生セルロースにナノセルロースを添加し、その強度性向上に成功。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ リグニンの低分子化収率向上が必要。</li> <li>● 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</li> <li>○ 湿式製造法の工数削減、または低コスト化が必要。</li> </ul>	

# 主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ<sup>⑧</sup>

技術	原料	製造物	技術レベル		技術番号	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
バイオマテリアル	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	研究 実証	(49)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> <li>○ 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。</li> <li>○ 不可逆だとされていた「セルロースナノファイバーの結晶性」を回復させることに成功。界面の結晶化により、CNF会合体の弾性率や熱伝導率が向上することを見出した。</li> </ul>		
			実証 (一部実用化)	実用化	(50)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 木材やパルプからのセルロースナノファイバー製造技術、セルロースナノファイバー特性評価技術、樹脂・ゴム複合化技術、複合材料物性評価技術に関して、企業技術者・研究者を対象として技術移転につながる専門家育成講座を実施。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 企業においてセルロースナノファイバーに関連する装置・設備が整っていない場合もあり、製品開発では、公的機関や企業間の連携が重要。</li> <li>● 特定の企業や大学等公的機関が関連特許を押さえている場合は、新技術の開発や実施契約等が必要。</li> </ul>	
			実証	実用化	(51) ◇	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ OPTまたはEFB等パームバイオマスから湿式摩砕により繊維成分のナノセルロース化技術を開発中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ バイオマス素材の脱色技術の確立が必要。</li> </ul>	
			実用化		(52)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ セルロースナノファイバー配合木材用下塗り塗料を開発し、企業が実用化を達成。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 生産コスト低減</li> </ul>	
	農業副産物/残渣	機能的食品/医薬原料/バイオプラスチック	研究	研究 実証	実用化	(53)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ AI技術による分子構造から機能を予測するシステムを開発中。抽出残渣から有用化学品/プラスチック素材に変換するプロセスを開発中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 農業副産物/残渣より有用成分を高効率かつ低コストに抽出する技術の確立</li> <li>● スケールアップのための技術開発</li> </ul>
バイオリファイナリー	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	実用化 (一部実証)	実用化	(54)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ソーダ・アントラキノン蒸解により、スギ及びユーカリから木材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)</li> <li>○ 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)</li> <li>○ 木質バイオマスの分離成分から化学品原料をスケールアップして製造する変換技術の確立。</li> <li>○ コスト目標を達成するためのプロセス開発。</li> <li>○ スケールアップに必要な技術開発。</li> <li>○ 酵素を用いず、微生物糖化技術によりセルロースからグルコースへ直接変換し培養液中にグルコースを蓄積させることが可能。</li> <li>○ ソーダ酸素蒸解処理により、針葉樹並びに広葉樹からPDC化が可能な低分子フェノール類並びにCNF原料として好適な低粘度パルプを製造する技術を開発(実証段階)。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ラボレベルの実用化</li> <li>○ スケールアップ</li> <li>○ 大量製造のための処理条件の最適化。</li> </ul>

# 主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ<sup>⑨</sup>

技術	原料	製造物	技術レベル				技術番号	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			
バイオ リファイナリー	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	研究 実証 (一部実 用化)	実用化 (一部実 証)	実用化	(55)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> <li>○ 微生物による糖からの物質生産では原料が増殖に消費され生産量が減ることが問題だが、原料を両者で経路を分離することに成功。</li> <li>○ 光合成ができない微生物に、光エネルギー変換タンパク質を導入し、光によって微生物の生産能力を向上させることに成功。</li> <li>○ 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。</li> <li>○ 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1000倍以上の活性をもつ酵素作成に成功。</li> <li>○ 自動車タイヤ原料であるブタジエンを微生物発酵を用いてバイオ生産することに成功。</li> <li>○ アミノ酸の一つであり、商業生産が実現されているリジンからブタジエンをバイオ合成する新規代謝経路を設計し、その構築に成功。</li> <li>○ 合成したフラン系アミドポリマーは、従来のアミドポリマーと比較して高い耐熱性と優れたガスバリア性を示し、材料としての価値は高いことが分かった。製造工程として、ユーカリ由来パルプから直接合成するルートの一部改良し、一旦パルプを酵素糖化した糖液を経てスペシャリティーポリマー(フラン系アミドポリマー)のキログラムスケールの実証試験を行った。</li> <li>○ 必須脂肪酸であるDHAを高い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。食費素材向けの培養コストは達成している。現在は酸化を防止しつつ効率的に回収する技術を開発中。食品としての機能性を検証中。水産飼料用には、配合飼料原料として用いてDHA強化魚の作出に成功した。また、初期飼料用に、ワムシのDHA強化剤として使用しうることを見いだした。また、ワムシの代わりに仔魚に投与して仔魚を成長させることに成功。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 芳香族モノマーの効率的な骨格変換技術の開発</li> <li>○ 従来の発酵プロセスは、化学プロセスに比べて遅いということが大きな障壁。</li> <li>○ 酵素生産コストの縮減</li> <li>○ イソペン生産性の向上</li> <li>○ ブタジエン生産性の向上</li> <li>○ 高活性酵素の設計技術の開発</li> <li>○ 各工程における収率および精製コストの改善</li> <li>○ 高圧技術を使うことによる法的対応によるコスト増。</li> <li>● 原料のユーカリが輸入であることによる供給量および価格変動</li> <li>● 製造工程が、複数の国内企業による垂直統合型製造技術であるため、1社の撤退が、最終製品の製造・供給がストップするリスクがある</li> <li>○ 食品原料用には培養のスケールアップが必要。水産飼料用には培養の一段のコスト低減が必要。</li> </ul>
資源作物・植物の 開発、収集運搬	木質系、 草本系等	資源開発	研究 実証 (一部実 用化)	研究 実証 (一部実 用化)	実用化 (一部研 究)	実用化 (一部研 究)	(56)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 雑種強勢を活用したソルガム新品種が開発されており、実証段階にある。原理の解明を通じて任意の品種に高バイオマス性を短期間に付与する技術に関しては研究段階。</li> <li>○ 雑種強勢効果の高いオオムギにおいて、高バイオマス雑種の作成を容易にする開花に関する変異を突き止め、任意の品種に適用する実証段階。</li> <li>○ バイオマスの大きいソルガムの木質生産を増強し、石炭に代わる燃料を作る技術を開発。</li> <li>○ 亜麻などが作るセルロースに富んだ特殊な繊維を増産したり、他の植物に恒常的に生産させる技術の開発を行っている。</li> <li>○ スギなどの樹木のバイオマス生産を高める技術、新品種を開発を行っている。</li> <li>○ 雑種強勢(ヘテロシス)は雑種第一代の個体の生産能力が両親の生産能力を上回る現象で、バイオマスの形質向上に寄与できる。技術的には研究段階。</li> <li>○ ソルガムにおける雑種強勢に重要な遺伝子を発見</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高バイオマス生産品種栽培地・事業者の確保、栽培ノウハウの確立が必要</li> <li>○ オオムギのポテンシャルがどこまであるか見極めが必要</li> <li>● 一般的にオオムギはバイオマス生産作物とみなされていないことから事業者の意識転換が必要</li> <li>○ 成長を損なわずに木質生産を増強する画期的な技術が必要</li> <li>○ セルロースのみの生産を実現する鍵因子の同定が必要</li> <li>○ 裸子植物のバイオマス生産に関する基礎的知見の確立が必要</li> <li>● 遺伝子組換え作物、ゲノム編集作物の大規模栽培に対する社会需要の見極めが必要</li> <li>○ 雑種強勢のメカニズム解明。</li> <li>○ 雑種を得る効率の上昇。</li> </ul>

# 主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ<sup>⑩</sup>

技術	原料	製造物	技術レベル		技術番号	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					
資源作物・植物の 開発、収集運搬	木質系、 草本系等	資源開発	研究 実証 (一部実用化)	研究 実証 (一部実用化)	実用化 (一部研究)	実用化 (一部研究)	(56)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 世界初のバイオ燃料用エリアンサ品種「JES1」と「JEC1」を育成し、品種登録した(令和元年8月)。</li> <li>○ 東南北部の低標高地から九州までの非積雪地で栽培が可能で、九州では年間約30t/haの乾物収量が得られる。</li> <li>○ 株出し栽培により、一旦植え付ければ10年以上続けて栽培が可能のため、低コストの栽培が可能。</li> <li>○ 耕作放棄地で実用栽培し、栽培法を確立。</li> <li>○ 収穫物をペレット化し、温泉施設のボイラーで使用。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 高収量で耐寒性等を備えた、さらに良い品種を育成中。タイでも品種登録に向けた試験を行っている。</li> <li>● 除草剤登録が必要。</li> <li>● 発電の原料に使うためにはFIT制度の認証が必要。</li> </ul>
			実証	実用化	(57)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ ヤナギ類によるバイオマス生産のための栽培技術の開発。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 生産コストの削減。地域特性の解明。</li> </ul>		
			研究 実証 (一部実用化)	研究 実証 (一部実用化)	実用化 研究	実用化 研究	(58)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ サトウキビとサトウキビ野生種との種間交配により、砂糖収量は従来品種と同様で、バガス収量を1.5倍にする系統を育成した。</li> <li>○ タイでは品種登録し、製糖工場が実用栽培に向けて種茎を増殖中。</li> <li>○ 食料(砂糖)と競合しない農産廃棄物をあえて増やすという新しいコンセプトによる育種。</li> <li>○ バガスは製糖工場に集まっており、均質で原料として使いやすい。タイでは発電の原料として使われており、第2世代エタノール、ガス化、メタン発酵等のバイオマス利用も可能。</li> <li>○ サトウキビは株出し栽培が可能のため、低コストで多くのバイオマス収量が得られる。</li> <li>○ LCAを行った。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 種間雑種およびエリアンサとの属間雑種の利用により、さらに収量が多く、不良環境耐性を備えた系統を日本とタイで育成中。</li> </ul>
			実証	実用化	(59)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 小規模熱電併給装置(小型CHP)普及のための経済性等評価のための採算性評価ツールを開発。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 原料特性の解明。</li> </ul>		
	食品廃棄物	収集・運搬・保管	実証	実用化	(60)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。グリーストラップ由来の油脂の混合発酵に着手(研究・実証段階)。</li> <li>○ 商業施設内において、ディスポーザー由来の飲食店舗等厨芥、厨房排水固液分離汚泥、グリーストラップ廃油脂を混合してメタン発酵する技術を実証実験を通して確立。さらに、厨房排水の液分からもメタン回収するための技術を開発中。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ グリーストラップ利用では、長大な管路を経由する場合、油脂等の性状が変化。</li> <li>● 安定運転の維持には、発酵槽投入時点での油脂を含めた混合原料の油分/全固形物比を一定水準未満に制御することが有効。本比が水準を超過する場合には、施設内外から低油分含有率の廃棄物等を調達する必要がある。</li> </ul>		
			実証	実用化	(61)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 車両の運転条件等の整理</li> </ul>		
	下水汚泥	収集・運搬・保管	実証	実用化	(61)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 車両の運転条件等の整理</li> </ul>		

※技術ロードマップを利用する者と、研究・開発の担当者とのマッチングも行っていますので、下記問い合わせ先にご連絡ください。

(問い合わせ先)

農林水産省大臣官房環境バイオマス政策課 技術班 TEL:03-6738-6478、E-mail:biomass-group@maff.go.jp