

バイオマス利用技術の現状とロードマップについて（案）

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、本検討チームにおいて、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、別添の「主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ」（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（2012年）、概ね5年後（2017年頃）、概ね10年後（2022年頃）、概ね20年後（2032年）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。

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、今後の技術開発の進展状況等を勘案し、概ね2年ごとに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（案）①

技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題				
			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"> チップ・ペレット等の製造コストの削減 規格・標準化の推進 燃焼灰の有効利用技術の開発 			
	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。 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー利用効率の改善 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 燃焼機器の低価格化 燃焼機器の高性能化(熱効率の向上、利用可能な燃料の含水率の向上等) 燃焼灰の有効利用技術の開発 			
熱化学的変換	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、バイオコークス	① 実用化	② 実証	③ 実証	① 実用化	② 実証	③ 実証	<ul style="list-style-type: none"> ①炭化：木質等のバイオマスを、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。 ②半炭化：木質等のバイオマスを、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)。 ③水熱炭化：木質等のバイオマスを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の液体燃料を得る技術で、技術的には実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> 炭素含有率の高い固体燃料化技術の開発 製造コストの削減 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(水熱炭化) 	
	ガス化（発電・熱利用）	木質系、草本系等、下水汚泥等	ガス・熱・電気	実証（一部実用化）			実証	実用化		<ul style="list-style-type: none"> 木質等のバイオマスから高温下(650～1,100℃)で空気(酸素)、水蒸気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、技術的には実証段階(下水汚泥は実用化)。 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、H₂)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。 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー利用効率の改善 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 高耐久・高効率なガス利用設備(ガスエンジン等)の開発 	
	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				<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー効率の改善 安定操作性の確立 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	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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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) 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
	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							<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造コストの削減 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NO_x除去装置)との適合性の確保

主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ（案）②

技術	原料	製造物	技術レベル				技術の現状	技術的な課題	
			現状	5年後	10年後	20年後			
熱化学的変換	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	<ul style="list-style-type: none"> 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解炉の低価格化 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 	
	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・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压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・実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造コストの削減 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 	
	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、高温高压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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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 	
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			<ul style="list-style-type: none"> 下水汚泥、家畜排せつ物、食品廃棄物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、液状の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（乾式及び小型設備は実証段階）。 	<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 アンモニア抑制・除去技術の開発（乾式等） 消化液・乾式残渣の利用技術開発（肥料・飼料等） メタンの利用方法の拡大（未精製ガスの利用技術の開発、都市ガス向け安価な精製技術の開発等） 	
	水素発酵	食品廃棄物等	ガス・熱・電気	研究（一部実証）	研究・実証	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した後に、メタン発酵することによりエネルギーと水素を回収する技術で、技術的には研究段階（一部実証段階）。 	<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
	糖・澱粉系発酵（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・澱粉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・低コスト化と環境負荷の低減（糖化・発酵・副産物利用等） 原料の低コスト化・多様化への対応
	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・実証 ② 研究・実証	① 実用化 ② 実証	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。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造コストの削減 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化の酵素開発 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）。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造コストの削減 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 	

主要なバイオマス利用技術の現状とロードマップ（案）③

技術	原料	製造物	技術レベル	技術の現状	技術的な課題
			現状 → 5年後 → 10年後 → 20年後		
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)		<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。 	<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
バイオマテリアル	①糖・澱粉質系 ②リグノセルロース系 ③セルロースナノファイバー	バイオプラスチック・素材		<ol style="list-style-type: none"> 各種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、とうもろこし等糖・澱粉質系は実用化(木質等リグノセルロース系は研究・実証段階)。 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 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、技術的には研究・実証段階。 	<ul style="list-style-type: none"> 製造コストの削減(化石資源由来プラスチックと競合) 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 リファイナリー	糖・澱粉質、 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		<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)並びに電気・熱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。 	<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
資源・収集運搬	木質系、 草本系等	①資源開発 ②収集・運搬・保 管		<ol style="list-style-type: none"> 資源用作物・植物の開発は研究・実証段階。 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研究・実証段階。 	<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 稲わら、籾殻、エリアンサス、早生樹等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