

## 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

本章においては、バイオマスエネルギーの現状や将来見通しについて述べる。バイオマスエネルギーは、廃棄物系バイオマスや未利用系バイオマスを収集・運搬し、また、資源作物を栽培し、バイオマス資源を物理的、熱化学的、生物化学的に気体燃料、液体燃料、固形燃料などに変換し、熱、電気エネルギーとして利用するものである。

本書においては、バイオマスエネルギーに関連する技術として、原料栽培・収集・運搬（貯蔵含む）、エネルギー変換技術、一般廃棄物処理関連技術、バイオリファイナリー（化成品製造）に大別し、さらにエネルギー変換技術を、「物理的変換」、「熱化学的変換」、「生物化学的変換」の3つに区分することとした。対象としたバイオマスエネルギーの技術体系を図表 4.1 に示す。

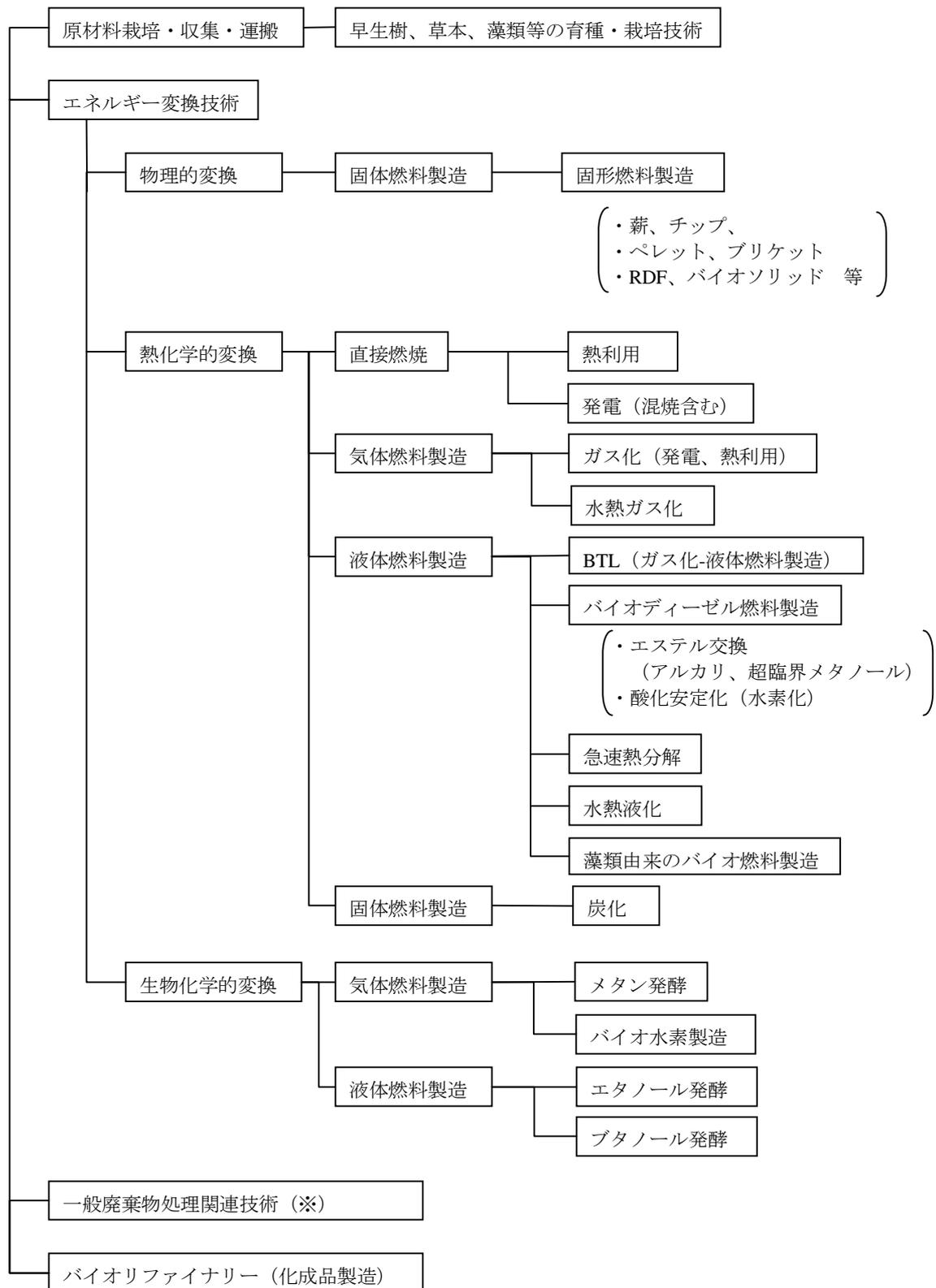
エネルギー利用および化学原料利用・素材原料利用を含めて、総合的かつ効率的に利用するという概念を「バイオリファイナリー」と呼ぶ。本書では化学原料利用、素材原料利用を技術体系に含めた。エネルギーを効率的に生み出すという観点に加え、エネルギー利用以外の利用も含めて有効にバイオマス資源を利用することが重要である。

また、一般廃棄物処理関連技術について、技術体系上、エネルギー変換技術と別枠での扱いとした理由は以下の4点である。

- 1) 組成が複雑であること。
- 2) 組成中のバイオマスからのエネルギー変換のみを目的とした技術体系でないこと。
- 3) 近年になって、ようやくバイオマスエネルギー回収に主眼を置いた施設設置が進んできたこと。
- 4) エネルギー回収設備の設置等においては交付金等による促進が主であり技術開発、普及に係る要因がコスト制約のみではないこと。

以下、各要素技術について、技術の概要（プロセス概略）、適用バイオマス資源、エネルギー利用などについて記述する。

図表 4.1 バイオマスエネルギー技術体系



※「一般廃棄物処理関連技術」については、1)組成が複雑であること、2)組成中のバイオマスからのエネルギー変換のみを目的とした技術体系でないこと、3)近年になって、ようやくバイオマスエネルギー回収に主眼を置いた施設設置が進んできたこと、4)エネルギー回収設備の設置等においては交付金等による促進が主であり技術開発、普及に係る要因がコスト制約のみではないこと、等を背景に本書においてはバイオマスエネルギー変換技術とは別の体系として整理した。

## 4.1 技術を取りまく現状

### 4.1.1 技術の俯瞰

#### (1) 資源・収集・運搬

エネルギー利用されるバイオマス資源は多様であり、様々な区分方法が考えられる。ここでは、未利用系資源、廃棄物系資源、生産資源に大別し、それぞれに分類される資源の例を図表 4.2 に示す。

現在、我が国でエネルギー利用されているバイオマス資源のほとんどは廃棄物系資源であり、製材残材、建築廃材などの木質系バイオマス、黒液等の製紙系バイオマスが利用されている。

工場等で発生する廃棄物系バイオマスをオンサイトで利用する場合には、比較的効率的に原料を収集・利用することが可能であるが、国内に広く薄く分布する森林バイオマス等未利用系資源については、収集コストや利用技術の低コスト化を推進し、地域での利用も含め利用拡大していく必要がある。

また、エネルギー転換設備の稼働率、エネルギー変換効率の向上をはかるための貯蔵施設等を整備し需給バランスをとることも重要である。

一方、海外諸国の一部ではエネルギー利用を前提としたバイオマス資源（生産資源）の生産が行われており、我が国の次世代バイオ燃料の実用化段階では、国内の未利用資源の利用拡大をはかるとともに、海外においてバイオ燃料を製造し輸入する、いわゆる「開発輸入」の推進が不可欠である。

図表 4.2 バイオマス資源の体系

バイオマス資源	未利用系資源	木質系バイオマス	森林バイオマス	林地残材	
				間伐材	
				未利用樹	
			その他木質バイオマス (剪定枝など)		
		農業残さ	稲作残さ	稲わら	
				もみ殻	
			麦わら		
	バガス				
			その他農業残さ		
	廃棄物系資源	木質系バイオマス	製材残材		
			建築廃材		
		製紙系バイオマス	古紙		
			製紙汚泥		
			黒液		
		家畜ふん尿・汚泥	家畜ふん尿	牛ふん尿	
				豚ふん尿	
				鶏ふん尿	
				その他家畜ふん尿	
				下水汚泥	
				し尿・浄化槽汚泥	
		食品系バイオマス	食品加工廃棄物		
			食品販売廃棄物	卸売市場廃棄物	
				食品小売業廃棄物	
			厨芥類	家庭系厨芥	
				事業系厨芥	
			廃食用油		
	その他	埋立地ガス			
紙くず・繊維くず					
生産資源	木質系バイオマス	短周期栽培木材			
	草本系バイオマス	牧草			
		水草			
		海藻			
	その他	藻類			
		糖・でんぷん			
植物油		パーム油			
		菜種油			

## (2) 物理的変換

### ① 固体燃料製造（薪、チップ、ペレット、ブリケット、RDF、バイオソリッド 等）

固形燃料には、木質系バイオマスを加工した薪、チップや、粉碎した後圧縮成型してペレット化、ブリケット化したもの、また、厨芥類等を原料とした RDF（Refuse Derived Fuel：廃棄物燃料）がある。また、高含水率バイオマスである下水汚泥を乾燥・成型したバイオソリッド等がある。

また、紙くずや廃プラスチックを圧縮成型した RPF（Refuse Paper and Plastic Fuel）も流通している。

薪は家庭用暖房等での利用が一般的であったが、近年、欧米では高性能小型ボイラが開発され地域熱供給に用いられる事例もある。チップの用途は幅広く、小型ボイラによる地域熱供給から事業用石炭火力発電ボイラでの混焼に用いられる。

ペレットは、形状、含水率、発熱量を調整できるため扱いやすく、また、運搬コストを低減できることにより石炭火力発電ボイラで混焼利用されるなど利用は拡大している。

## (3) 熱化学的変換

### ① 直接燃焼

バイオマスを直接燃焼し、熱（温水、蒸気等）として利用、さらに、得られた熱を利用し発電を行う技術である。

エネルギー効率を高めるためには乾燥し含水率を低減させる必要があり、特に下水汚泥等の高含水率バイオマスでは、燃焼で得られるエネルギーよりも大きな乾燥用エネルギーが必要となる。

バイオマス発電、工業炉燃料、製材廃材・食品加工廃棄物・鶏ふん尿のオンサイト利用、地域熱供給等とさまざまな利用形態で普及拡大してきたが、更なる導入拡大のためには、バイオ燃料の安定供給、経済性の確保が必要である。

### ② 気体燃料製造

#### i) ガス化（発電、熱利用）

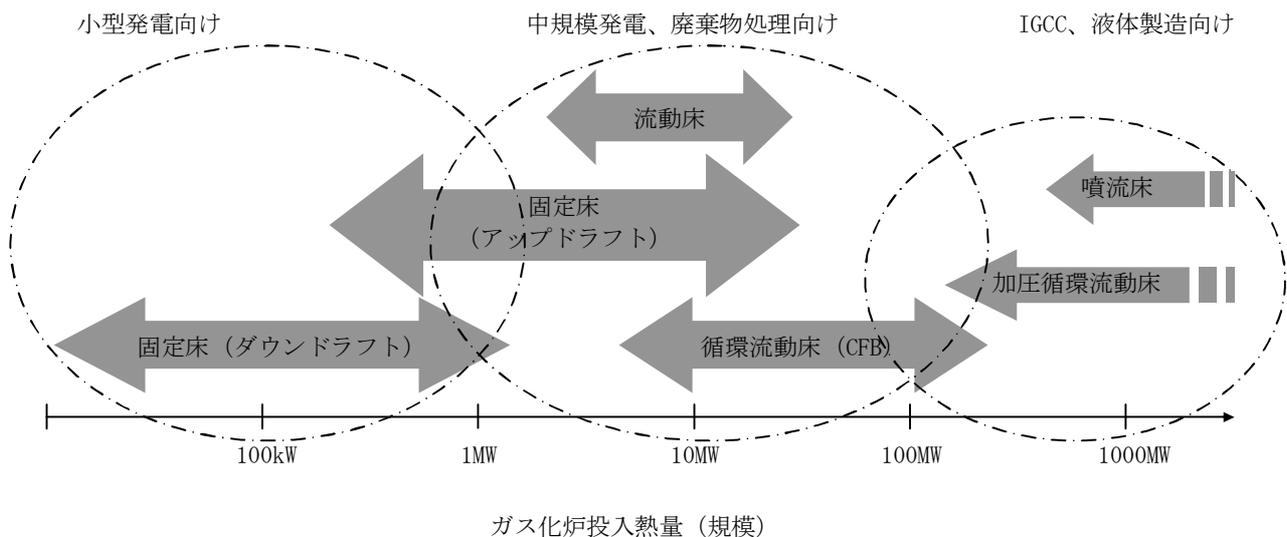
バイオマスのガス化は、空気（酸素）、蒸気等のガス化剤を利用し高温下で行う。後述の BTL 製造用途のガス化では、不純物の低いガスや目的製造物に適した組成比のガスが求められるが、発電、熱利用用途のガス化では発熱量の高いガスが求められる。また、ガス中の S、Cl、P、N などの微量成分についても数十～数 ppm 程度と BTL 製造に比較しガス精製の許容度が大きい。ガス化の形式別の特徴を図表 4.3 に、適用規模を図表 4.4 に示す。

図表 4.3 ガス化の形式別の特徴

ガス化方式 (炉形式)	固定床		流動床	噴流床	ロータリー キルン
	ダウン ドラフト型	アップ ドラフト型			
炉イメージ 図					
原料	破片、ブロック 可能	破片、ブロック	破片、ブロック	粉体状	破片、ブロック
バイオマス ガス化温度	700-1,100℃	700-900℃	650-900℃	800-1,000℃	700-1,000℃
備考 (規模、 タール用途 等)	小規模 タール比較的少 発電用 簡易・小型地域 分散対応型とし ての実証例あり	小規模 一次発生ター ル多 発電用	大規模 一次発生ター ル多 発電 (コジェネ レーション) 用 液体燃料製造 も可 構造によりバ ブリング型、循 環流動床型な ど多種存在	大規模 (外部加熱型 は小-中規模対 応可能) 一次発生ター ル少 組成ガス調整 容易で液体燃 料製造に適す、 発電用も可	中-大規模 一次発生ター ル多 後段に改質部 位を設けること によりタール減 少 発電用

出典：独立行政法人 産業技術総合研究所資料

図表 4.4 ガス化炉タイプと適用規模



出典：「バイオマスを原料とする合成燃料の生産技術および利用に関する最新動向調査」(2009, NEDO)

### ii) 水熱ガス化

水の臨界温度、臨界圧力よりも高い状態を超臨界状態といい、この周辺の比較的高密度で反応性に富んだ状態を含めて水熱状態という。水熱状態では熱分解が迅速に進むため、ガス化、液化が容易に進行する。

温度の違いで生成物が異なり、100～200℃といった低温での反応は、可溶化、低分子化として他の変換の前処理として水熱処理が行われることもある。200～300℃で液化し、超臨界状態を含む 370℃前後でガス化する。

原料の乾燥が不要であるため、含水率の高いバイオマスを有効利用することが可能である。

## ③ 液体燃料製造

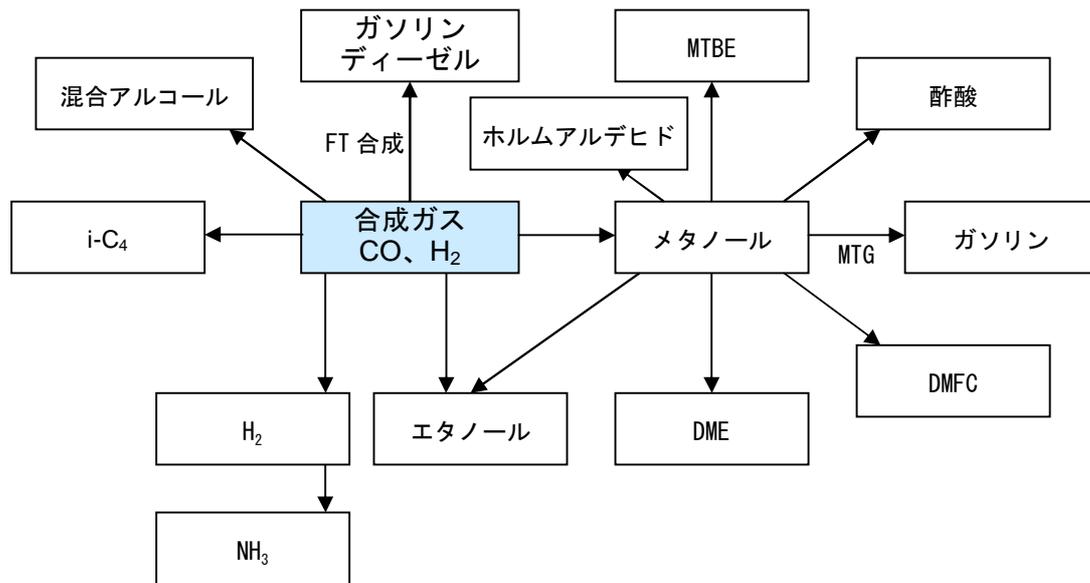
### i) BTL (ガス化-液体燃料製造)

BTL (Biomass-To-Liquid) とは、原料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を得る技術、あるいは得られる石油(ガソリン、軽油など)代替燃料のことである。ガス化により得られる合成ガスの組成は、ガス化剤の種類、圧力、温度条件等で制御可能である。最適な  $H_2/CO$  比は、目的製造物により異なり、例えば FT 油を製造する場合、最適な  $H_2/CO$  比は 2 である。合成ガスおよびそこから得られるメタノールを基点として、多様な代替燃料が製造可能である。BTL により得られる代替燃料は、短期的には、メタノール、DME (Dimethyl Ether)、フィッシャー・トロプシュ (FT : Fischer Tropsch) 合成反応によって得られる FT 油が主であり、将来的には、混合アルコール、炭化水素 ( $C_3$ 、 $C_4$  を主とする  $C_2\sim C_5$ )、エタノールなどを得ることが期待される。また水素製造やアンモニアなどの合成も可能である。

得られたガスをそのまま発電等に使用する場合と異なり、BTL の場合は後段において触媒反応により液体燃料を得るが、触媒反応に用いる合成ガスは、プロセスや生成物に応じガス組成を厳密に制御しなければならず ( $H_2/CO=1\sim 3$ )、また後段に高温高圧での触媒反応が控えるため、空気吹きガス化は基本的に適用できず、さらに、触媒を被毒する不純物 (タール、S、Cl などの微量元素) の除去が必要となる。(発電目的のガス化に比べ、不純物の濃度を 1/10～1/100 とすることが要求される。)

適用バイオマス資源は、木質系バイオマス、農業残さ、草本系バイオマス、厨芥類である。ガス化プロセス (ならびに熱化学反応全般) 自体が、発酵などと異なり、有機性化合物であれば全てガス化可能であり、本技術は対応可能な原料の幅が広いことが特徴と言える。

図表 4.5 合成ガスを基点とする燃料/ケミカルズの製造



出典：NREL/TP-510-34929 “Preliminary Screening Technical and Economic Assessment of Synthesis Gas to Fuels and Chemicals with Emphasis on the Potential for Biomass-Derived Syngas,” (2003)より作成

MTBE：メチル・ターシャリー・ブチル・エーテル

MTG：Methanol to Gasoline

DMFC：ダイレクトメタノール型燃料電池

DME：ジメチルエーテル

FT合成：フィッシャー・トロプシュ合成。触媒を用いる合成。

#### ii) バイオディーゼル燃料製造（エステル交換（アルカリ、超臨界メタノール）、酸化安定化（水素化））

植物油や廃食用油はグリセリン（3 価アルコール）と脂肪酸のエステルであるが、これらにメタノールとアルカリ触媒を加えてエステル交換し、脂肪酸メチルエステル（FAME：Fatty Acid Methyl Ester）を得ることができる。これはディーゼル代替燃料として利用することができバイオディーゼル燃料（BDF）と呼ばれる。エステル交換の際にはメタノール、エタノール、プロパノール等の種々のアルコールが適用可能であるが、コストの観点から通常はメタノールが用いられる。また、エステル交換反応を無触媒で進行させるために、超臨界あるいは亜臨界状態で反応させる方法もある（それぞれ、超臨界メタノール法、亜臨界メタノール法と呼ぶ）。

植物油の利用だけでなく、土地利用効率向上の観点から油脂生産蓄積酵母等の研究開発も進められている。

水素化（水素添加、水素化分解）は、水酸基を水素へと置換する反応であり、植物油脂などを軽油に含まれる成分と同程度の分子量に分解するとともに、不飽和炭化水素を消失させ、酸化安定性に優れたディーゼル燃料（BHD（Bio Hydro - fined Diesel））に変換する技術である。

#### iii) 急速熱分解

急速熱分解とは、バイオマスを急速に加熱することによって熱分解を進行させ、油状生成物

を得る技術である。瞬間的または急速に昇温した後、迅速に冷却して高次の熱分解反応を抑制することにより、熱分解油、植物由来の有用な高分子等を得ることができる。触媒は用いず、温度などの制御によって反応を進行させる。乾燥、熱伝導を良くするために原料バイオマスの微粉砕が必要であり、熱分解装置においては、熱分解油は重縮合して固化しやすいため速やかな排出が重要となる。瞬間加熱には、熱砂浴、赤外線加熱、マイクロ波などが用いられる。また、遠心力型熱分解装置により熱分解する方法もある。いずれの方式も大規模な処理には適さない。

適用バイオマス資源は木質系バイオマスであり、生成液体燃料は原油の半分程度の発熱量を持ち、発電・熱利用することが可能である。

#### iv) 水熱液化

バイオマスを高温高压の熱水中で熱分解させ、オイルを得る技術である。前述したように、水熱状態は温度の違いで生成物が異なり、200~300℃でバイオマスが液化される。

パイロットスケールまでの開発は行われたが、実用化例はまだない。

#### v) 藻類由来のバイオ燃料製造

食料生産と競合しない原料として藻類からのバイオ燃料製造が注目されている。微細藻類は、耕地（田畑）を必要とせず、工業的な生産が可能であり、穀物等の陸上、高等植物に比較して単位面積当たりの生産性が非常に高く、安定した生産が期待できる。その培養には、水が供給可能であれば、耕地として利用できない砂漠などの荒廃地の利用が可能であり、海水で培養できる藻類株も多種存在する。将来的にバイオマス、バイオ燃料の原材料として高いポテンシャルを秘めていると言えるが、現状製造原価が極めて高いことから、藻類由来のバイオ燃料は実用化されていない。そこで、一般の植物同様に光合成によって炭酸ガスを固定し、油脂ならびに炭水化物を効率良く生産することが可能なバイオマス生産性の高い藻類から、これらバイオ燃料を経済的に得る手法の確立が期待されている。

### ④ 固体燃料製造

#### i) 炭化

木材、樹皮、竹、もみ殻などを空気（酸素）の供給を遮断または制限して約400~600℃に加熱し、熱分解により、気体（原料が木材の場合、木ガスという）、液体（酢液、タール）、固体（炭）の生成物を得る技術である。

炭は暖房・調理用等の燃料の他、活性炭、工業用（二硫化炭素製造等）に利用される。タールは、発熱量が重油の半分程度しかなく高粘度のためボイラ燃料に使用される。ガスは加熱用熱源や原料乾燥用熱源等として利用される。

また、下水汚泥、厨芥類等の減容化手段としても用いられる。

#### (4) 生物化学的変換

##### ① 気体燃料製造（メタン発酵等）

メタン発酵は、微生物による嫌気性発酵により有機物を分解し、その過程で発生する  $\text{CH}_4$ （メタン）等をエネルギー利用する技術である。

メタン発酵は、様々な方式があり液状またはスラリー状の原料を利用する湿式と、水分 80% 程度の固形状態の原料を利用する乾式に区分される。メタン発酵ではアンモニア濃度が高くなると発酵が阻害されるが、湿式では水分調整によりアンモニア濃度を調整できるメリットがある。一方、乾式は処理廃水が少ないというメリットがある。

プロセスの最適温度としては、中温発酵（約 35℃）と高温発酵（約 55℃）とがあり、メタン菌の種類も異なる。高温発酵では、発酵速度が高く、滞留時間が短くて済み、発酵槽の容量を小さくできるという利点がある。

プロセスで発生するのは、バイオガス、発酵液、発酵残さである。発酵液や発酵残さは、日本では水処理または焼却処理される事例も多い。しかし、このような処理には高いコストとエネルギーが必要で、特に小型のシステムでは規模の割に処理費用が大きくなってしまいうという問題がある。そのため、コンポストや液肥として農地還元により再資源化する取組みがなされている。

メタン発酵の原料としては、主に食品系バイオマス、家畜ふん尿、下水汚泥が利用されている。廃棄物を原料としているため、廃棄物成分の変動によって、発生ガス量、メタン濃度が変化する。成分によっては微生物のメタン菌の活性が低下し、メタンガスの発生が停止する可能性もある。特に、たんぱく質の多い廃棄物はアンモニア阻害が起きやすい。なお、バイオガスのメタン濃度は 50～60% 程度である。

バイオガスの利用としては、かつては発酵槽の加温用途が多く、余剰分は燃焼廃棄されていた。現在では、バイオガス用のガスエンジン等の発電利用が増え、オンサイトで、電気と熱の両方を取り出し有効利用されるコジェネレーション・システムのケースが増えている。さらに、都市ガスの性状とほぼ同様に精製して、ガスとしての販売や、天然ガス自動車（CNG 自動車：Compressed Natural Gas 自動車）への利用といった取組みも行われている。

水素発酵とは、嫌気性微生物の発酵生成物として水素を得る技術である。主に、メタン発酵の前段に水素発酵を組合せる水素・メタン二段発酵の技術開発が行われている。また、有機廃水等を原料とし、バイオマスを太陽などの光エネルギーと光合成微生物の有用機能によって水素エネルギーに変換する光水素生産技術も研究が進められている。また、微細藻類を用い水と二酸化炭素から水素生産する技術も研究が進められている。

##### ② 液体燃料製造

###### i) エタノール発酵

グルコースなどの糖質に酵母を加え、エタノール発酵させることでエタノールを生成する技術で、基本的には酒類の製造方法と同じである。でんぷん系の場合には、糖化酵素を加え、糖

化させる糖化工程が加わる。さらに、セルロース系原料からエタノールを製造する際には、加圧熱水や酸、アルカリ、糖化酵素を利用した前処理・糖化プロセスが必要となる。

適用バイオマス資源は、ショ糖・でんぷん系とセルロース系の2種類に大別できる。ショ糖・でんぷん系は、食品系、農業系バイオマスであり、セルロース系は、木質系、農業・草本系バイオマス、製紙系バイオマスである。米国とブラジルは、国家政策としてバイオエタノールの製造を推進しており、両国の製造量は、世界全体のバイオエタノール製造量の約90%を占める。現状では米国はトウモロコシ、ブラジルはサトウキビ、EUでは小麦やテンサイ等が主な原料として用いられている。

トウモロコシやサトウキビといったショ糖・でんぷん系資源（一般的に第一世代と称される）は食料需要と競合する恐れがあるため、木質系バイオマスやバガスなどの農業残さ等の非食用のセルロース系資源（一般的に第二世代と称される）を積極的に利用していく必要がある。

エネルギー用途としてのバイオエタノール利用は自動車用燃料が中心である。ガソリンと混合した燃料として利用するためには、無水エタノール化する必要があり、蒸留工程で水分、不純物を除去し、99%以上の高濃度エタノールにする必要がある。

#### ii) ブタノール発酵

ブタノールは揮発油、軽油と混和性が良好で、エタノールよりも発熱量が大きく、またエタノールのような吸湿性もないため、ガソリン、ディーゼル燃料や航空機燃料の代替可能性がある。石油化学が普及する以前、特に20世紀初頭には、ブタノールはABE（アセトン・ブタノール・エタノール）発酵法で生産された長い歴史があるが、石油化学工業でのアセトンやブタノール生産と比較して経済性が低いために1950年頃からABE発酵は商業的にほとんど行われなくなった。しかし温暖化対策として再生可能資源からのエネルギー資源が重視され、輸送燃料用のバイオエタノールが世界的に普及するようになると、エタノールよりもガソリン、軽油等との混和性が良好なバイオブタノール燃料が再び注目されるようになった。現状では製造コストが高く、ディーゼル・ガソリン代替燃料として大規模利用するためには、ブタノール発酵技術の十分なコスト低減が必要である。

### (5) 一般廃棄物処理関連技術

「廃棄物の処理および清掃に関する法律」（廃掃法、昭和45年法律第137号）では、廃棄物の定義や処理責任の所在、処理方法・処理施設・処理業の基準などを定めており、事業者自らか、または排出事業者の委託を受けた許可業者が処理する「産業廃棄物」と、市町村が処理の責任を持つ「一般廃棄物」に分類している。これまでに数回大きな改正が行われ、適正処理とともにリサイクルや有効活用の推進にも重点が置かれるようになっている。

その後成立・施行された「循環型社会形成推進基本法」（平成12年法律第110号）と関連施策においても、一般廃棄物処理による再生利用および熱回収としてバイオマス関連技術が含まれており、「エネルギー回収推進施設」「高効率ごみ発電施設」「有機性廃棄物リサイクル施設」等の技術開発および施設整備については、政府の支援による普及拡大が図られている。

4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

一般廃棄物分野の課題としては、熱回収効率・発電効率の向上や、建設費・ランニングコストの低減等が挙げられる。

(6) バイオリファイナリー（化成品製造）

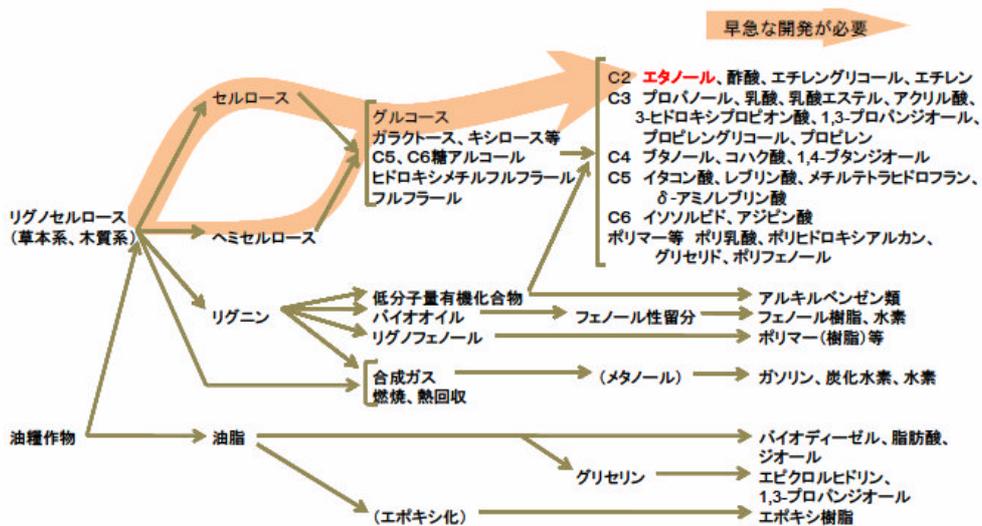
バイオリファイナリーとは、バイオマス資源から特定の燃料のみを製造するのではなく、多種多様な化学原料・燃料を効率的に生産するシステムの概念である。

バイオマスからの化学原料・燃料生産の概念図を図表 4.6 に示す。

図表 4.7 にはセルロース系原料を利用した場合のプロセス例を示す。実用化されているのはエタノール、ポリ乳酸等の一部の物質に止まっている。

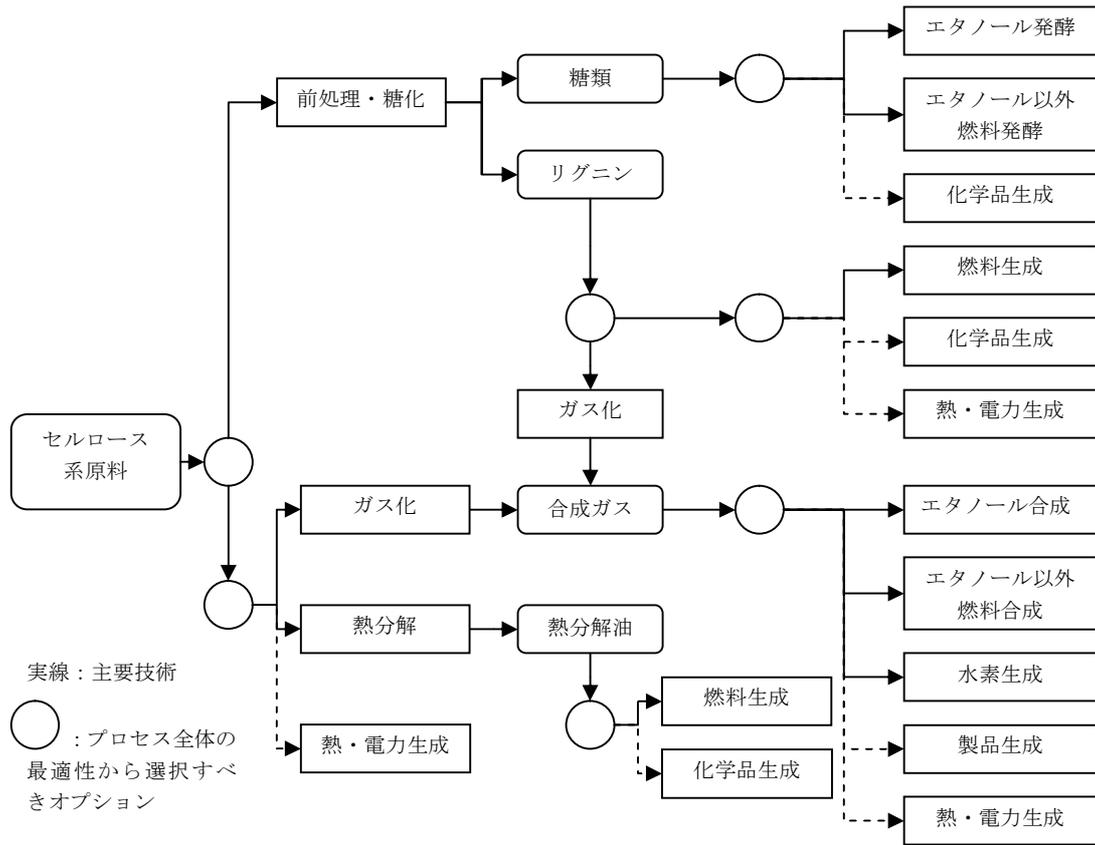
バイオマス由来の化学物質で、理論的には石油由来物質のほぼ全てを代替できると言われている。

図表 4.6 統合バイオリファイナリーの概念図



出典：バイオ燃料技術革新協議会「バイオ燃料技術革新計画」2008年

図表 4.7 バイオリファイナリーのプロセス例



出典：DOE, “Biomass Multi-Year Program Plan: March 2010”, 2010 より作成

### 4.1.2 ポテンシャル

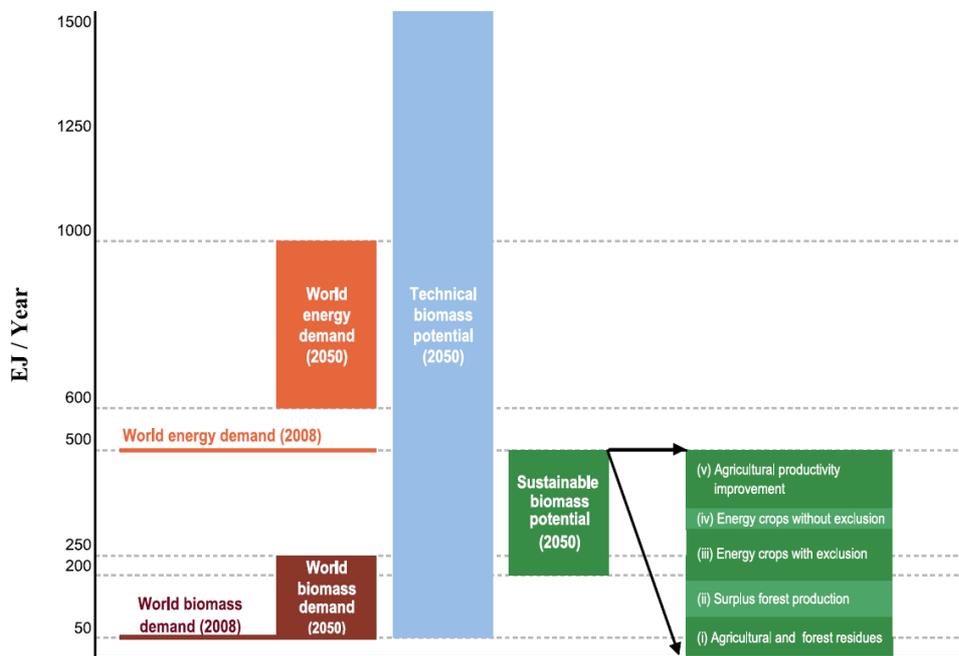
#### (1) 世界

IEA が、世界のバイオマスエネルギーに関するポテンシャルをとりまとめている（図表 4.8）。

これによると、現在（2008 年）バイオマスエネルギーの需要量はおよそ 50EJ/年とされており、世界の全エネルギー需要 500EJ/年のおよそ 1 割を占めている。一方、将来（2050 年）の需要量についてはモデル計算・文献値を用いて 50～250EJ/年（下限～上限、以下同様）としており、世界の全エネルギー需要 600～1,000EJ/年とすると最大で約 4 割を占めるとされる。

ポテンシャルについては、まず技術的なポテンシャルは 50～1,500 EJ/年、持続可能な資源利用を前提としたポテンシャルは 200～500 EJ/年であるとしている。

図表 4.8 IEA によるバイオマスエネルギー需要量およびポテンシャルの推計



凡例

- 現在の世界のエネルギー需要（500EJ/年）
- 現在の世界のバイオマスエネルギー需要（50EJ/年）
- 2050年における世界のエネルギー需要（600-1000EJ/年）
- 2050年におけるバイオマスエネルギー需要のモデル計算値（文献値）（50-250EJ/年）
- 2050年におけるバイオマスエネルギーの技術的なポテンシャル（文献値）（50-1500EJ/年）
- 2050年におけるバイオマスエネルギーの持続可能なポテンシャル（200-500EJ/年）

内訳：

- (i) 農作物非食用部・林地残材（～100EJ）
- (ii) 森林の余剰生産量（年間の成長量－伐採量）（～80EJ）
- (iii) エネルギー作物（土壌劣化や水資源不足のみられる土地を除く）（～120EJ）
- (iv) 土壌劣化や水資源不足のみられる土地で生産されるエネルギー作物（～70EJ）
- (v) 生産性向上による増加生産量（～140EJ）

出典：「BIOENERGY – A SUSTAINABLE AND RELIABLE ENERGY SOURCE」（2009.6 IEA）

## (2) 日本

### 1) ポテンシャル（資源量ベース）

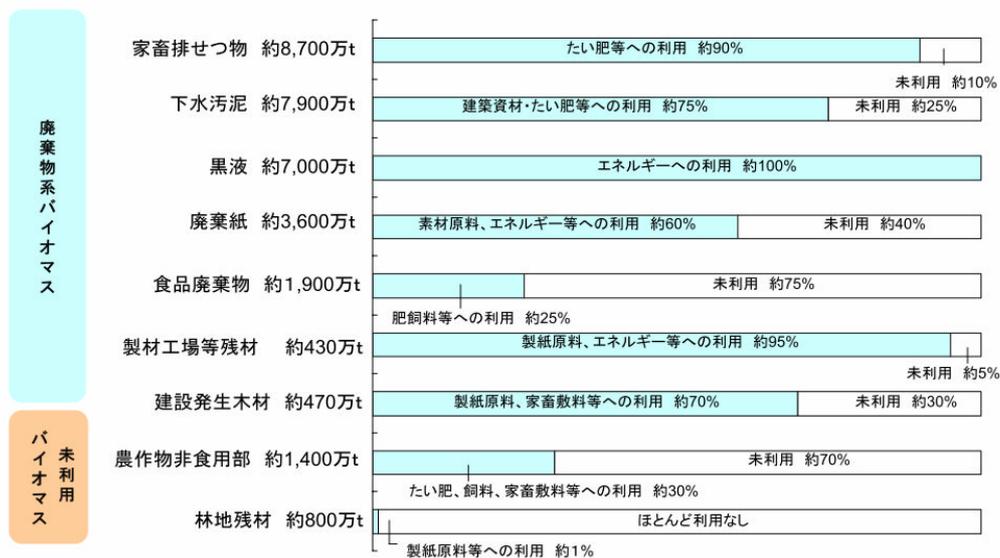
「バイオマス・ニッポン総合戦略」のアドバイザリーグループ会合資料によると、2008年3月時点の賦存量および利用量は図表4.9のとおりである。

なお、「バイオマス/ニッポン総合戦略」としての2010年における利用率の目標（炭素量換算）は、廃棄物系バイオマスが80%、未利用バイオマスが25%とされている。この数値目標に関する達成状況が、第2回バイオマス活用推進専門家会議（平成22年3月、農林水産省）において総括されている。

まず、廃棄物系バイオマスについては、「目標である利用率80%までは至らないものの、68%から74%へ向上している状況」と総括している。主な要因としては、建設リサイクル法、食品リサイクル法などの個別法による規制の効果や、下水汚泥のセメント化等の建設資材利用の大幅な進展等の後押しを挙げている。

一方、未利用バイオマスについては、「利用率（炭素量換算）は17%（目標25%）となっており、総合戦略策定時からの向上が見られない」と総括している。主な要因としては、林地残材等の低コスト・効率的な収集・運搬システムの開発やバイオマスの用途を拡大するための研究・技術開発に取り組んだものの、「未利用バイオマスの有効な回収システムの未確立であることや利用者とのマッチングが不十分であることが要因」とされている。未利用バイオマスの中でも、特に林地残材の利用余地が大きく、今後は、回収システムの確立を含め森林の路網整備や林業の活性化などを図ることが望まれる。

図表 4.9 我が国のバイオマス賦存量・利用率（2008年）

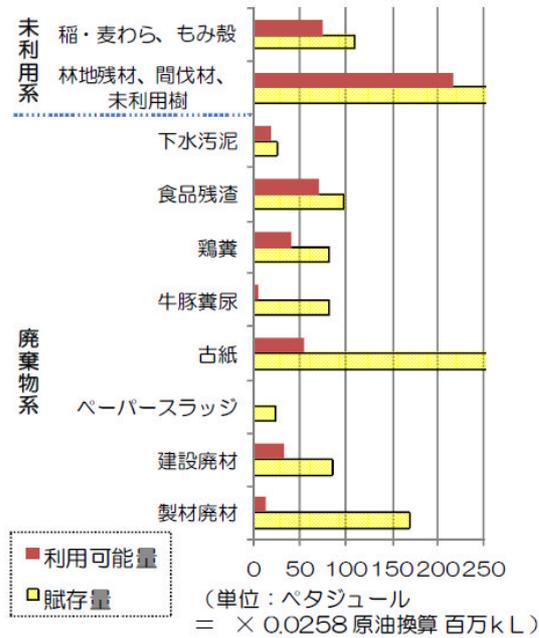


出典：「第12回バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議およびバイオマス・ニッポン総合戦略推進アドバイザリーグループ会合合同会議 参考資料」（2009）

### 2) ポテンシャル（エネルギー換算ベース）

総合資源エネルギー調査会新エネルギー一部会資料によると、我が国のバイオマスエネルギー利用可能量はおよそ510PJとされる（図表4.10）。

図表 4.10 我が国のバイオマスエネルギーのポテンシャル



出典：「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（第30回）」（H21.2 経済産業省）  
 配付資料-資料1 p11 より引用

また、「国産バイオ燃料の大幅生産拡大」（平成19年2月、バイオマス・ニッポン総合戦略推進会議）によると、廃棄物系バイオマスと未利用バイオマスの賦存量のうち、未利用部分のエネルギーポテンシャルは、約530PJ（原油換算1,400万kL）と試算され、さらに、資源作物のエネルギーポテンシャルは、約240PJ（原油換算620万kL）と試算されている。

### 4.1.3 導入目標量例

欧州、米国、日本における再生可能エネルギーおよびバイオマスエネルギーの導入目標等を図表 4.11 に示す。

**図表 4.11 EU、米国、日本の再生可能エネルギー・バイオマスエネルギーの導入目標等**

	導入目標 等	
	再生可能エネルギー全体	バイオマスエネルギー
EU	<ul style="list-style-type: none"> <li>2007 年に、2020 年の再生可能エネルギーの利用比率を 20%とする戦略を決定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2009 年の「再生可能エネルギー導入促進に関する欧州指令」で、左記戦略目標の達成のために、2020 年までに輸送用燃料の 10%を再生可能燃料とすることを規定。</li> </ul>
米国	<ul style="list-style-type: none"> <li>多くの州で、電力部門における再生可能エネルギー利用義務制度 (RPS)あり。オバマ大統領は、2025 年までに 25%導入という連邦 RPS 制度を提案。</li> <li>ブッシュ大統領の 2007 年の一般教書演説で、2017 年までにガソリンの 20%を削減する「Twenty in Ten」の目標を設定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2007 年エネルギー自立・安全保障法では 2022 年までの再生可能燃料（バイオ燃料）の導入目標量を設定。2022 年に 360 億ガロン（約 1 億 1,400 万 kL）。</li> </ul>
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>長期エネルギー需給見通し（再試算）において、2020 年：2,455 万 kL、2030 年：3,213 万 kL の導入見通しが示される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エネルギー基本計画にて 2020 年にガソリン消費 3%以上のバイオ燃料導入が示される。</li> </ul>

出典：「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第 3 版）」（2010, NEDO）等を参考に作成。

また、EU や米国におけるバイオ燃料導入目標に関し、温室効果ガス排出量（ライフサイクルアセスメント適用による）、生物多様性等に係る持続可能性基準が設定されている。

## (1) 欧州

EU では、2009 年 6 月に発効した再生可能エネルギー指令(2009/28/EC)で、2020 年に輸送用燃料の 10%を再生可能エネルギーとする目標を定めた。現在、EU 指令に対応するため、加盟各国にて国内法が準備されている。図表 4.12 は、欧州主要国の再生可能エネルギー全体、バイオマスエネルギーの導入目標等を整理したものであるが、前記の国内法整備により目標値が今後見直される可能性がある。

図表 4.12 欧米諸国における再生可能エネルギー・バイオマスエネルギーの導入目標等

	導入目標 等	
	再生可能エネルギー全体	バイオマスエネルギー
英国	<ul style="list-style-type: none"> <li>2008 年「英国再生可能エネルギー戦略」や 2009 年の「再生可能エネルギー導入促進に関する欧州指令」で、2020 年の再生可能エネルギー比率を 15%とする目標を設定。</li> <li>2020 年に再生可能エネルギー比率を 15%とする場合、2020 年に電力部門における再生可能エネルギー比率は 32%と想定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2008 年から再生可能燃料導入義務(RTFO)により燃料供給業者に再生可能燃料（バイオ燃料）の販売割合を義務付け。2010～11 年は 5%。</li> </ul>
ドイツ	<ul style="list-style-type: none"> <li>2009 年の「再生可能エネルギー導入促進に関する欧州指令」で、2020 年の再生可能エネルギー比率を 18%とする目標を設定。</li> <li>2008 年の「再生可能エネルギー法」改正により、2020 年までに電力部門における再生可能エネルギー利用率を 30%とする目標を設定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2007 年の「バイオ燃料割当法」で燃料販売者にバイオ燃料の販売割合を義務付け。2015 年は 6.25%。</li> <li>2008 年の「改正ガス供給網接続令」で 2030 年までに現在の天然ガス消費量の約 10%程度（約 100 億 m<sup>3</sup>）をバイオガスによってまかなう目標を設定。</li> </ul>
スウェーデン	<ul style="list-style-type: none"> <li>2009 年の「再生可能エネルギー導入促進に関する欧州指令」で、2020 年の再生可能エネルギー比率を 49%とする目標を設定。</li> <li>2004 年の政府法で、2016 年までに再生可能エネルギー電力を 2002 年から 17TWh 増加する目標を設定。</li> </ul>	—
デンマーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>2009 年の「再生可能エネルギー導入促進に関する欧州指令」で、2020 年の再生可能エネルギー比率を 30%とする目標を設定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2020 年までにバイオガス生産量を 10PJ（国内エネルギー消費量の 1.2%）に増加させる目標を設定。</li> </ul>

出典：「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第 3 版）」（2010, NEDO）

## (2) 米国

2007 年 12 月 19 日に成立した「エネルギー自立およびエネルギー安全保障法」において、『第 2 章 バイオ燃料増産によるエネルギー安全保障』が掲げられ、図表 4.13 の再生可能燃料使用基準（RFS）が定められた。

図表 4.13 米国「エネルギー自立およびエネルギー安全保障法」での再生可能燃料使用基準  
単位：億ガロン

年	RFS	RFS に占める先進バイオ燃料 (セルロース)
2006	40.0	—
2007	47.0	—
2008	90.0	—
2009	111.0	6.0 (0.0)
2010	129.5	9.5 (1.0)
2011	139.5	13.5 (2.5)
2012	152.0	20.5 (5.0)
2013	165.6	27.5 (10.0)
2014	181.5	37.5 (17.5)
2015	205.0	55.0 (30.0)
2016	222.5	72.5 (42.5)
2017	240.0	90.0 (55.0)
2018	260.0	110.0 (70.0)
2019	280.0	130.0 (85.0)
2020	300.0	150.0 (105.0)
2021	330.0	180.0 (135.0)
2022	360.0	210.0 (160.0)

出典：米国「エネルギー自立およびエネルギー安全保障法」条文より作成

注：2022年のRFSは約1.36億kL、先進バイオ燃料（セルロース）は約0.79億kL（約0.61億kL）に相当。

### (3) 日本

#### i) 長期エネルギー需給見通し

「長期エネルギー需給見通し（再計算）」（総合資源エネルギー調査会 需給部会、2009）では、2020年、2030年の新エネルギー導入見通しが示された。（図表 4.14）

図表 4.14 2010 年の新エネルギー導入目標と 2020 年・2030 年見通し

単位：原油換算（万 kL）

	2005 年度	2010 年度目標 対策上位ケース	2020 年度見通し 最大導入ケース	2030 年度見通し 最大導入ケース
太陽光発電	35 万 kL	118 万 kL	700 万 kL	1,300 万 kL
風力発電	44 万 kL	134 万 kL	200 万 kL	269 万 kL
廃棄物発電 +バイオマス発電	252 万 kL	586 万 kL	408 万 kL	494 万 kL
バイオマス熱利用	142 万 kL	308 万 kL※1	335 万 kL※3	423 万 kL
その他※2	687 万 kL	764 万 kL	812 万 kL	727 万 kL
合計 (対一次エネルギー供給比)	1,160 万 kL (2.0%)	1,910 万 kL (3%程度)	2,455 万 kL	3,213 万 kL

※1：輸送用燃料におけるバイオマス由来燃料(2010年：50万kL、2020年：60万kL)を含む。

※2：「その他」には、「太陽熱利用」、「廃棄物熱利用」、「黒液・廃材等」等が含まれる。

出典：「長期エネルギー需給見通し（再計算）」（2009、経済産業省 総合資源エネルギー調査会 需給部会）

## ii) エネルギー基本計画

平成 22 年 6 月 18 日に政府が策定し、閣議決定された「エネルギー基本計画」において、バイオ燃料に関する目指すべき姿として、次の目標が明記されている。

図表 4.15 「エネルギー基本計画」におけるバイオ燃料目標

<p>第 2 節. 自立的かつ環境調和的なエネルギー供給構造の実現</p> <p>1. 再生可能エネルギーの導入拡大</p> <p>(1) 目指すべき姿</p> <p>(中略)</p> <p>バイオ燃料については、LCA での温室効果ガス削減効果等の持続可能性基準を導入し、同基準を踏まえ、十分な温室効果ガス削減効果や安定供給、経済性の確保を前提に、2020 年に全国のガソリンの 3%相当以上の導入を目指す。さらに、セルロース、藻類等の次世代バイオ燃料の技術を確立することにより、2030 年に最大限の導入拡大を目指す。</p> <p>(後略)</p>
---

出典：「エネルギー基本計画」（平成 22 年 6 月 18 日、閣議決定）

## iii) セルロース系バイオ燃料等の生産可能量（試算）

「セルロース系バイオ燃料等の生産可能量（試算）」（総合資源エネルギー調査会新エネルギー一部会、2009）では、2020 年における我が国の国産・準国産のセルロース系エタノール等の生産可能量については、国産・準国産の合計で原油換算約 50 万 kL 程度と試算している。内訳としては、国産バイオ燃料は、草本系（稲わら等）、木質系（製材工場残材等）の原料を中心に、

2015 年頃から生産拡大・設備整備が進むと見込まれ、バイオマスの賦存量等から原油換算約 40 万 kL、開発輸入バイオ燃料（準国産バイオ燃料）は、技術確立やスケールアップ等の課題から原油換算約 10 万 kL となっている。

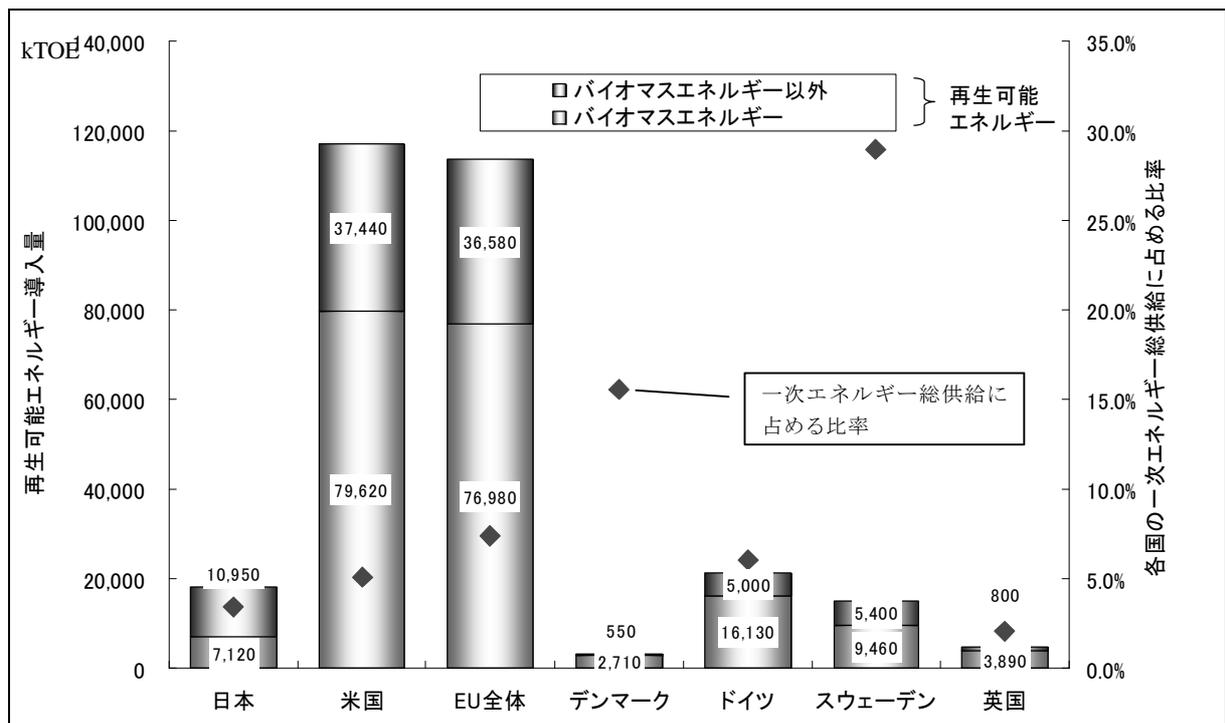
#### 4.1.4 導入実績

##### (1) 世界

我が国および欧米諸国の再生可能エネルギー（地熱、水力エネルギー含む）、バイオマスエネルギー導入量を図表 4.16 に示す。我が国の一次エネルギー総供給に対する再生可能エネルギー導入比率（3.4%）は米国（5.0%）や EU 全体（7.4%）と比し遜色ないレベルであるが、その中のバイオマスエネルギー比率は低い状況である。

また、スウェーデンやデンマークといった北欧諸国ではそれぞれ再生可能エネルギー導入比率が 29%、16%と我が国の 4～8 倍のレベルであり、バイオマスエネルギー比率も高いのが特徴である。

図表 4.16 主要国における再生可能、バイオマスエネルギー等の導入実態（2007 年）<sup>1, 2</sup>



出典：「Energy Balances of OECD Countries (2009 Edition)」(2009, IEA)

また、各国におけるバイオエタノール、バイオディーゼル燃料、バイオガスの導入量を図表

<sup>1</sup> バイオマスエネルギー以外の再生可能エネルギーには地熱、水力エネルギーを含んでいる。我が国の場合、地熱、水力エネルギーの導入量は各々3,570kt、7,380ktであり、これらが再生可能エネルギー全体の61%を占めている。

<sup>2</sup> EU全体はオーストリア、ベルギー、デンマーク、フィンランド、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイルランド、イタリア、ルクセンブルグ、オランダ、ポルトガル、スペイン、スウェーデン、イギリスの15カ国である。

4.17 に示す。

図表 4.17 バイオマス導入実績

単位：原油換算（万 kL）

	バイオエタノール	バイオディーゼル燃料	バイオガス
欧州（欧州連合）	191	854	638
ドイツ	44	268	258
フランス	44	218	33
英国	11	75	176
その他	92	293	171
米国	1,580	170	1,170

備考

欧州連合、欧州連合加盟各国：バイオエタノール・バイオディーゼル燃料は 2008 年（出典：“BIOFUELS BAROMETER”（EerObserv’ER, 2009））、バイオガスは 2007 年、（出典：“BIOGAS BAROMETER”（EerObserv’ER, 2008））

米国：2007 年（出典：U.S Energy Information Administration ホームページ（<http://www.eia.doe.gov/fuelrenewable.html>））

欧米主要国におけるバイオマスエネルギーの主な導入形態は以下のとおり。

### ① 米国

廃材、おがくず等の木質系バイオマスを燃料とした数万 kW 級の大規模発電利用が数事例ある。また、再生可能燃料使用基準（RFS）によって輸送用燃料への再生可能エネルギー導入が義務化され、特に 2000 年以降、バイオエタノール（主に E10）の導入が急速に拡大している。現在のバイオエタノール原料の中心はトウモロコシだが、非食用の草本系バイオマス等を原料とするバイオエタノール製造の技術開発も行われている。

### ② 英国

2002 年に導入された Renewable Obligation（再生可能エネルギー使用義務）によって、電力供給者等によるバイオマス発電設備が多数導入されている。特に同国では経済性に優れる埋立地由来バイオガス（Landfill gas）の利用が多い。

バイオ燃料に対しては、2008 年には再生可能輸送燃料義務制度が導入されたが、現段階ではブラジル等から輸入するバイオエタノールが半数程度を占めている。

### ③ ドイツ

廃材等の木質系バイオマスが地域熱供給や家庭内暖房に利用されている。近年の再生可能エネルギー法の改正で、バイオマス由来電力の買取価格増額や対象拡大により、大規模なコージェネレーション・システムの導入も拡大している。また、2009 年より新築建物の所有者に対し再生可能エネルギーによる暖房が義務付けられるため、バイオマスを利用した暖房の更なる普及が見込まれる。

また、近年、エネルギー作物等をメタン発酵利用する小規模分散型のプラントの導入が進み、バイオガスの生産は EU 最大となった。固定価格で買い取られる発電利用に加え、精製されたバイオガスの天然ガス供給網への注入に関する法律が制定された。

バイオ燃料の消費量も EU 最大である。自動車用燃料販売事業者にはバイオ燃料販売義務が課せられており、バイオディーゼル燃料、純植物油、バイオエタノール（主に ETBE）が利用されている。

#### ④ スウェーデン

エネルギー供給の 18%が木質系バイオマスや黒液を中心とするバイオマスエネルギーによるものである。木材産業や地域熱供給事業において木質系バイオマスを利用したチップボイラ、コージェネレーション・システムが利用されている。家庭におけるペレットストーブ導入も増加している。

家畜ふん尿、家庭からの厨芥類を原料とした大型のメタン発酵施設も多数稼働しており、得られるバイオガスは自動車用燃料や、コージェネレーション・システムの燃料として利用されている。スウェーデンにおいては、既存の下水処理施設、廃棄物処理施設に併設させる形で、家畜ふん尿のメタン発酵プラントを導入してきた経緯がある。

#### ⑤ デンマーク

家庭等から排出される廃棄物を用いたエネルギー回収が積極的に行われており、コージェネレーション・システムにより発電や地域熱供給が行われている。また、林業系の木質バイオマスや農業残さの利用も行われている。

また、家畜ふん尿や厨芥類のメタン発酵も盛んである。これらの大半は地域の酪農家等の共同出資で設立された事業体による大規模な集中型混合消化施設にてメタン発酵され、主にコージェネレーション・システムの燃料として利用されている。さらに、天然ガス供給網に供給される精製バイオガスの優遇買取価格も設定された。

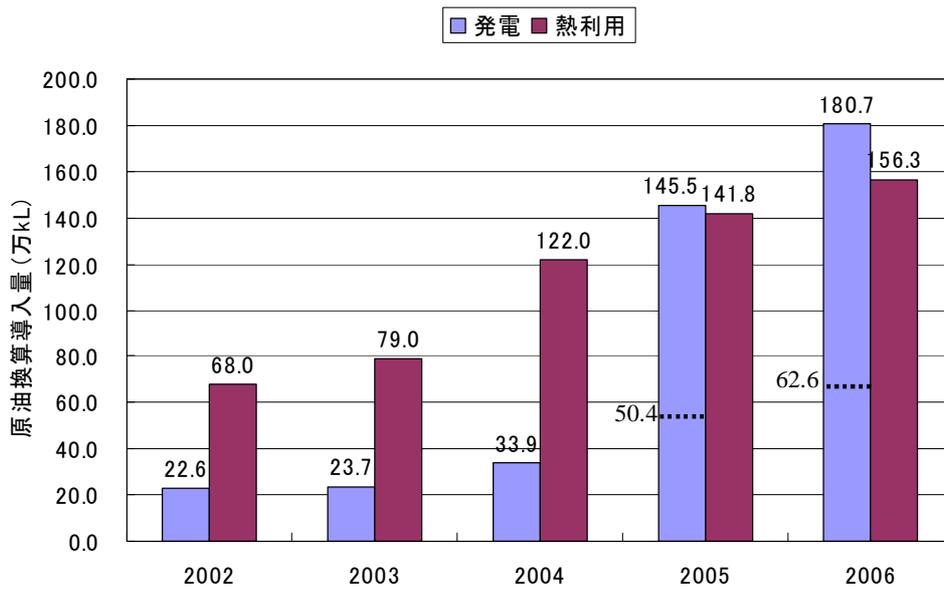
### (2) 日本

木質系バイオマスについては、製材廃材、建設廃材を直接燃焼し、発電や材木の乾燥を行う事例や、チップ、ペレットを使用した公共施設への熱供給等の事例がある。また、小規模なガス化発電の導入事例がある。

家畜ふん尿、下水汚泥、食品廃棄物のメタン発酵プラントや、廃食用油からバイオディーゼル燃料を生産する事例は多数ある。

図表 4.18 に日本のバイオマスエネルギー導入量の推移を、図表 4.19～図表 4.20 には発電量と熱利用量の内訳を示す。

図表 4.18 日本のバイオマスエネルギー導入量の推移

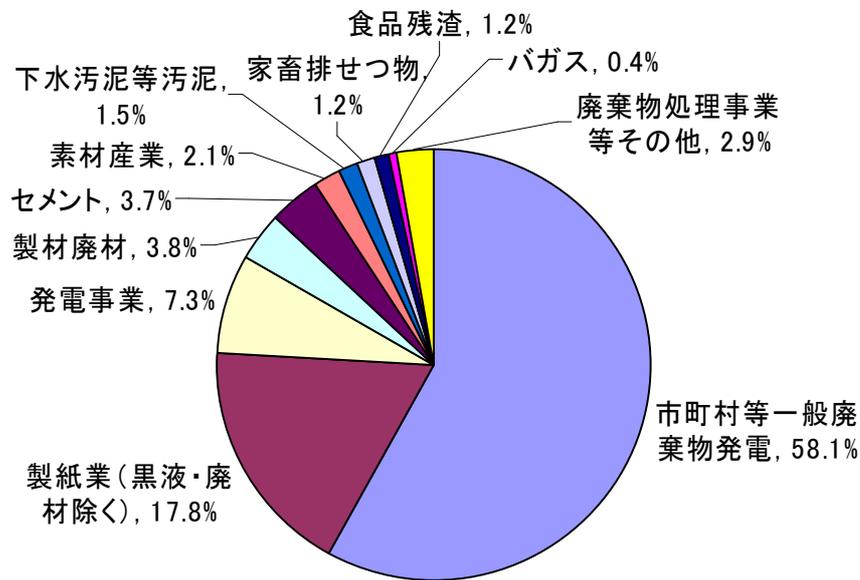


※発電量について：2005年度からは、売電だけでなく自家消費分（買電節約分）についても調査対象を拡大して計上。

2005、2006年度の破線は売電だけを計上した場合の推定値。

出典：「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（第30回）資料」平成21年2月13日

図表 4.19 バイオマス発電の利用実態（発電量の内訳）

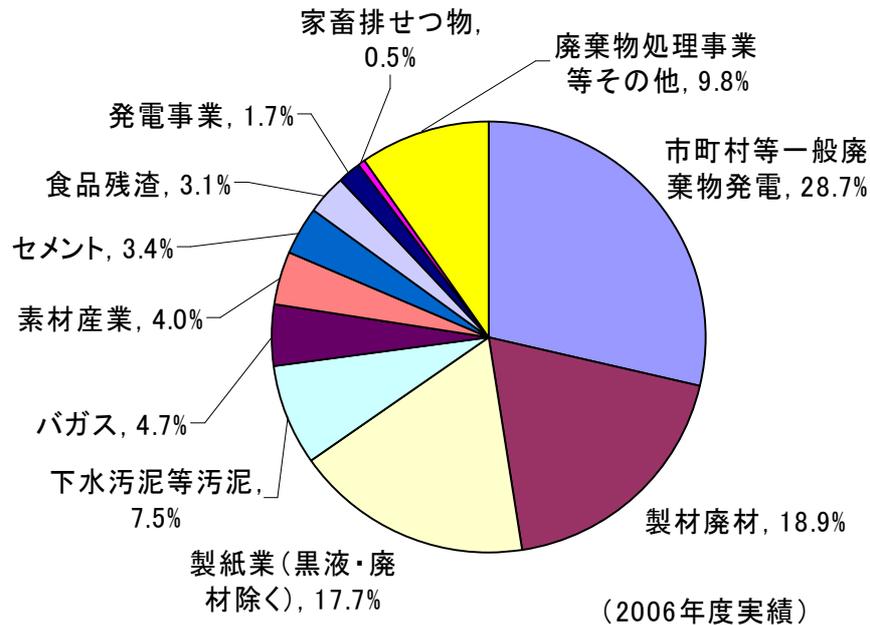


(2006年度実績)

※ここでは、一般廃棄物中のバイオマス分のみをバイオマスエネルギーとして計上している。

出典：「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（第30回）資料」平成21年2月13日

図表 4.20 バイオマスエネルギー熱利用の利用実態（熱利用量の内訳）



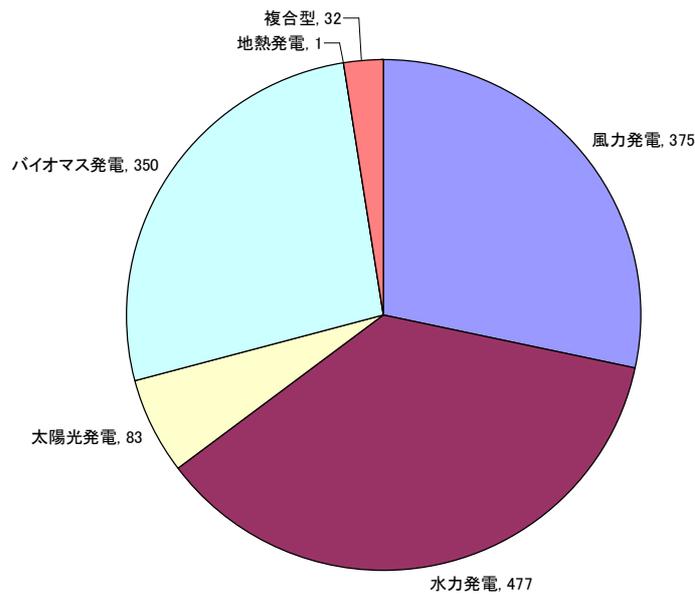
※一般廃棄物中のバイオマス分のみをバイオマスエネルギーとして計上している。

出典：「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会（第30回）資料」平成21年2月13日

また、2002年6月に公布された「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」（RPS法）において認定を受けた設備について、図表4.21に電源種類ごとの認定件数、図表4.22には認定設備出力（バイオマス発電は総出力に使用燃料のバイオマス熱量比率を乗じた出力）を示す。

バイオマス発電は、認定件数で全体の27%（特定太陽光発電（買取対象）は除く）を占め、発電出力では全体の44%（同様に、特定太陽光発電（買取対象）は除く。特定太陽光発電（買取対象）を含めると31%の比率）を占める。

図表 4.21 RPS 法における認定設備状況（認定件数、2010 年 3 月 31 日現在）

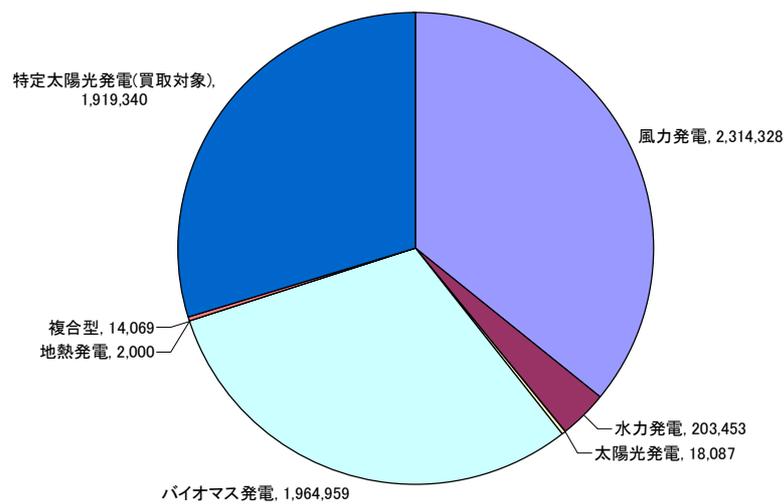


出典：経済産業省 RPS 法ホームページより作成

注 1：特定太陽光発電（買取対象）設備の認定設備件数 518,648 件は除く。

注 2：図中の数値は件数を示す。

図表 4.22 RPS 法における認定設備状況（認定発電出力、2010 年 3 月 31 日現在）



出典：経済産業省 RPS 法ホームページより作成

注 1：バイオマスはバイオマス発電の出力に使用燃料のバイオマス熱量比率を乗じた出力。

注 2：図中の数値は kW を示す。

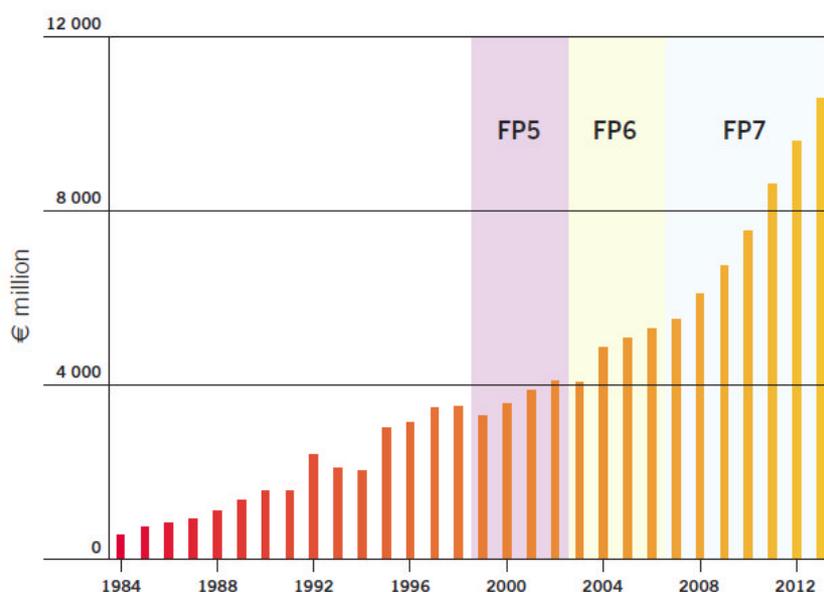
## 4.1.5 技術開発動向

### 4.1.5.1 国内外の技術開発動向

#### (1) 欧州

欧州（EU）では、加盟各国共同で研究活動を行うための支援計画として、欧州フレームワーク計画（FP）<sup>3</sup>を定め、技術開発を行っている。図表 4.23 に、FP の予算の推移を示す。FP 予算は年々増加しており、現在の FP7（2007～2013）では約 500 億ユーロの予算が実行されている。

図表 4.23 欧州フレームワーク計画（FP）予算の推移（1984～2013）



出典：“RTD info – Inside the Seventh Framework Programme-”（2007, EC）

FP7 の主要な活動分野は、「Cooperation（協力）」「Ideas（アイデア）」「People（人材）」「Capacities（キャパシティ）」の 4 つである。再生可能エネルギーを含むエネルギー関連プログラムは、最も多く予算が配分されている「Cooperation（協力）」に含まれている。

「Cooperation（協力）」分野の中で、再生可能エネルギーを含む「Energy（エネルギー）」プログラムには 23.5 億ユーロの予算が割り当てられており、FP6 における予算（8.9 億ユーロ）と比較して、約 2.6 倍に増額されている。

FP6 の主なバイオマスエネルギー関連プロジェクトの一つに、RENEW プロジェクト（正式名称は、Renewable Biofuels for Advanced Powertrains）があった。1,980 万ユーロの予算で、2004 年から 2008 年まで、欧州 33 組織によってバイオ燃料の研究が行われた。図表 4.24 に、6 つのサブプロジェクトとその概要を示す。

<sup>3</sup> 欧州フレームワーク計画（FP）とは、欧州連合（EU）における科学分野の研究開発への財政的支援制度。1984 年の FP1 から始まり、現在は FP7（2007～2013）が実施されている。

図表 4.24 RENEW プロジェクトの概要

サブプロジェクト	概要
BTL 燃料の最適化	フィッシャー・トロプシュ合成法を用いたコーレン社の Carbo V ガス化法により、ガス化以降の製油工程も含め、リグノセルロース含有バイオマスを原料とした BTL 燃料の製造、製造工程の改善、分析、および試験の実施。焦点は、燃料の品質と工程の最適化。
BTL 製造工程の最適化	3 種類のガス化法（自動温度調整流動床法、加圧噴流床法、循環流動床法）およびフィッシャー・トロプシュ合成用触媒の最適化。
黒液からの DME・メタノール製造	スウェーデンにある製紙プラントで、黒液から DME・メタノールを製造し、その技術的および商業的影響を調査。
バイオエタノール製造の最適化	熱化学を応用して、リグノセルロース含有バイオマスからエタノールを製造する方法を最適化し、酵素を用いたエタノール製造のためのデータを収集。
バイオ燃料の評価	欧州の潜在的バイオマス生産能力の分析、収穫地から給油タンクに至るまでのサイクルの評価、リグノセルロース含有バイオマスから BtL 燃料を製造する既存の方法の技術的ならびに経済的な評価を実施。
研修	各プロジェクトの成果を関係者に伝え、サマーアカデミーやインターネット上の講座を開催し、研修の機会を提供。

出典：「第 2 世代バイオ燃料製造技術の研究開発に関する報告書」  
(2007, 財団法人石油産業活性化センター) より作成

図表 4.25 に FP7 の主要なバイオマスエネルギー関連プロジェクトを示す。液体燃料製造や原材料栽培に関する研究に、多くの予算が割り当てられている。

図表 4.25 FP7 の主要なバイオマスエネルギー関連プロジェクト (2010 年 6 月時点)

プロジェクト名	概要	予算 (百万ユーロ) (うち EC 出資分)	期間
BIODME	バイオマスからの DME 製造と、輸送用・産業用燃料としての利用の研究	28.26 (8.20)	2008/9/1～ 2012/8/31
LED	リグノセルロース系エタノールの実証研究	10.47 (8.63)	2009/3/1～ 2013/8/31

## 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

プロジェクト名	概要	予算(百万ユーロ) (うち EC 出資分)	期間
NUE-CROPS	作物生産における環境への悪影響を減少させるための、ヨーロッパの主要な食物・飼料・バイオ燃料用作物の栄養効率の改良の研究	9.60 (6.00)	2009/5/1～ 2014/4/30
ECODIESEL	様々な原材料を用いて改良された FAME 製造のための、温室効果ガス排出最小限の高効率バイオディーゼル燃料の研究	8.99 (4.97)	2008/1/1～ 2011/12/31
PLANTPOWER	クリーンで、再生可能で、持続可能で、効率的で、オンサイトでバイオエネルギーを製造する微生物を用いた燃料電池プラントの研究	5.23 (4.00)	2009/1/1～ 2012/12/31
ENERCOM	バイオマス残さと下水汚泥からのエネルギー・燃料・肥料のポリジェネレーションシステムの研究	5.20 (2.53)	2008/11/3～ 2011/11/2
LIGNODECO	リグニン・炭水化物を原料とした化学変換の詳細な特製評価による、ブラジルの短周期作物(木材用・非木材用)の前処理最適化の研究	5.02 (2.99)	2010/1/1～ 2012/12/31
GLYFINERY	バイオリファイナリーにおけるバイオ液体燃料・バイオエネルギー・グリーンな化学製品の持続可能で統合的な製造の研究	4.97 (3.75)	2008/3/1～ 2012/2/29
SWEETFUEL	代替燃料用作物としてのスイートソルガムの研究	4.95 (2.97)	2009/1/1～ 2013/12/31
DIBANET	ヨーロッパと中南米における、残さや廃棄物からの持続可能なバイオディーゼル混合燃料製造の研究	4.84 (3.73)	2009/7/1～ 2012/12/31
VALORGAS	食品廃棄物からのバイオガスによる物価安定政策の研究	4.65 (3.49)	2010/3/1～ 2013/8/31
BABETHANOL	リグノセルロース系エタノールのより持続可能な開発と製造のための、新たな原材料と革新的な変換プロセスの研究	4.30 (3.17)	2009/5/1～ 2013/4/30
ENERGYPOPLAR	エネルギー利用のためのポプラ特性の改良の研究	4.14 (2.99)	2008/3/1～ 2012/2/29
AGFOODTRADE	農業と食糧とバイオエネルギーの売買における新たな論点の研究	3.42 (2.50)	2009/2/1～ 2013/1/31

## 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

プロジェクト名	概要	予算 (百万ユーロ) (うち EC 出資分)	期間
BEE	バイオエネルギー利用のためのバイオマス資源評価	2.82 (1.82)	2008/3/1～ 2010/11/30
CANEBIOFUEL	サトウキビのエタノールへの変換の研究	2.49 (1.66)	2009/3/1～ 2011/2/28
FUEL-PATH	植物からのバイオ燃料製造を効率化するための病原性微生物の糖化ポテンシャルの開発	2.10 (2.10)	2009/1/1～ 2013/12/31
CEUBIOM	陸域観測を用いたヨーロッパのバイオエネルギーポテンシャルの分類	1.34 (1.34)	2008/3/1～ 2010/11/30
BIOTOP	中南米におけるバイオ燃料の技術的機械と研究ニーズの評価	1.29 (0.99)	2008/3/1～ 2010/8/31

出典：EC ホームページ ([http://cordis.europa.eu/fp7/projects\\_en.html](http://cordis.europa.eu/fp7/projects_en.html)) より作成

## (2) 米国

米国では、エネルギー省が中心となってバイオマス技術の研究開発を進めている。2008年には省エネルギー・再生可能エネルギー局（EERE<sup>4</sup>）によって「バイオマス複数年プログラム計画（Biomass Multi-Year Program Plan）」が策定され、これにそったバイオマスの技術開発が行われている。

本プログラムは、2007年にブッシュ大統領が掲げた2017年までにガソリンの20%を削減する「Twenty in Ten」の目標や、エネルギー自立・安全保障法で定められた2022年までの輸送用再生可能燃料の導入目標達成を目的とするものである。このため、バイオマス利用技術の中でもバイオ燃料の生産、特にセルロース系原料からのバイオエタノール生産に重点が置かれている。このプログラムは、米国農務省とのBiomass Research & Development Initiative等とも連携して進められている。

プログラムの内容は、コア技術の研究開発（原料技術、転換技術）、実証・普及（バイオリファイナリー、インフラ）、市場転換に分類されており、これらの取組みを通じ、図表4.26に示す技術開発目標の達成と、図表4.27に示す開発目標時期が掲げられている。これは2010年3月のプログラム進捗報告書に記載された目標で、2008年当初の目標からは全体的に引き下げられている。

**図表 4.26 「バイオマス複数年プログラム計画」における技術開発目標**

- ・ 研究開発を通して、セルロース系バイオ燃料の化石系燃料に対するコスト競争力を高め、エタノールについては、成熟技術による規範プロセスのコストを2012年までに2.62ドル/ガソリン等価ガロン（1.76ドル/エタノールガロン）とする。
- ・ 2017年までに、再生可能ガソリンは2.85ドル/ガロン、再生可能ディーゼルは2.84ドル/ガロン、再生可能ジェット燃料は2.76ドル/ガロンを達成する。
- ・ 2022年までにバイオ燃料の生産・使用を最大化するための環境（コスト効率的な技術、十分なインフラ、適切な政策、消費者の支持）の形成を支援する。

出典：“Biomass Multi-Year Program Plan, March 2010” (EERE, 2010)より作成

<sup>4</sup> Energy Efficiency & Renewable Energy

図表 4.27 バイオマス複数年プログラム計画における技術開発戦略

コア技術の研究開発	<b>原料コア技術の開発</b> 持続可能な原料生産・収集技術、利用しやすい原料供給の開発・検証 2012:原料生産コストを\$0.39/ガロンに低減、原料調達量140百万トンの検証 2017:原料生産コストを\$0.33/ガロンに低減、原料調達量250百万トンの検証		
	<b>転換コア技術の開発</b> バイオマスからコスト競争力のある液体燃料への転換のための、技術生化学・熱化学技術の開発 2012:セルロース系エタノール転換コストを\$0.92/ガロンに低減 2017:セルロース系エタノール転換コストを\$0.60/ガロンに低減		
実証・普及	<b>統合バイオリファイナリー</b> 商業的に成り立つための性能・コスト目標を達成する、統合技術の実証・検証 2014:次世代バイオ燃料の合計100百万ガロン生産の実証 規範技術による先駆的プラントの検証		
	<b>バイオ燃料インフラ</b> E10普及の全国的戦略、一部地域ではE85普及のための地域戦略 2012:規格開発、E15・E20の試験 バイオ燃料24十億ガロンの送配設備の整備		
分野横断	<b>市場転換</b> 市場転換を促進するための効率的なコミュニケーション、政策、パートナーシップの構築 2012:教育・パートナーシップ・政策等による市場転換促進の支援		
2005	2010	2015	2020

出典：“Biomass Multi-Year Program Plan, March 2010” (EERE, 2010)より作成

現在は、2012 年を当面のターゲットとして、図表 4.28 の分野での研究開発が実施されている。

図表 4.28 現在の研究開発プログラムの目標

		原料	研究開発プログラムの目標	
コア技術の研究開発	原料	農業残さ	2009年：試作機で乾燥トウモロコシ茎葉と乾燥麦わらの原料の収集技術を検証。	
			2012年：試作機で湿潤トウモロコシ茎葉の原料の収集技術を検証。	
		エネルギー作物	2009年：試作機で乾燥スイッチグラスの原料の収集技術を検証。	
			2011年：試作機で木質系エネルギー作物の原料の収集技術を検証。	
			2012年：試作機で湿潤スイッチグラスの原料の収集技術を検証。	
			2012年：パイロット規模でトウモロコシ茎葉（乾燥／湿潤）の前処理、酵素加水分解、エタノール生成技術を検証。	
	転換	農業残さ	2010年：パイロット規模でトウモロコシ茎葉と麦わらの合成ガスを生成するガス化技術を検証。	
			2012年：パイロット規模でトウモロコシ茎葉・麦わらベースの合成ガスから生成した混合アルコールによるエタノールの生産技術を検証。	
			2015年：パイロット規模で農業残さ系バイオマスの熱分解によるガソリン・ディーゼル燃料生産技術を検証。	
			2017年：パイロット規模でスイッチグラス（乾燥／湿潤）の前処理、酵素加水分解、エタノール生成技術を検証。	
		木質系原料	2009年：パイロット規模で最低一種類の改質触媒の性能を検証。	
			2010年：パイロット規模で木質系原料からクリーンな合成ガスを生成するガス化技術の検証。	
2012年：パイロット規模で木質系原料ベースの合成ガスから生成した、混合アルコールによるエタノールの生産技術を検証。				
2015年：パイロット規模で木質系バイオマスの熱分解によるガソリン・ディーゼル燃料生産技術を検証。				
統合バイオリーナリー			トウモロコシ	2012年：トウモロコシ乾式プラントで、トウモロコシ繊維からの経済的なエタノール生産プロセスを実証・検証。
			農業残さ	2012年：実証／商業規模で農業残さからのエタノール生産プロセスを実証・検証。 2012年：実証／商業規模で農業残さの合成ガスからのエタノール生産プロセスの実証・検証。
インフラ	共通	2012年：他省庁と連携し、基準の策定と、E15/E20の送配システム・車両に係る基準の策定と試験を完了。 2022年：バイオ燃料360億ガロン（約1.36億kL）の輸送・送配容量の確保。		

実証：パイロット規模以上のシステムが設計どおりに稼動し、性能目標（個別技術、システム全体として）を全て達成していることを立証すること。

検証：パイロット規模以上で、プロセスにおいて望みどおりの結果と当初の意図を達成していることを確認すること。

出典：“Biomass Multi-Year Program Plan, March 2010” (EERE, 2010)より作成

## 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

現在エネルギー省ではバイオマスプログラムに基づき、セルロース系原料からバイオ燃料への転換に関する技術開発や、プラントの実証試験が行われている。(図表 4.29) また、農務省との共同イニシアティブである Biomass Research & Development Initiative では、原料栽培に関する研究や、化学品・バイオガス等生産に関する研究開発、またバイオマス利用に係る社会経済的評価等が行われている。(図表 4.30)

さらに、2009年に景気回復策として制定されたアメリカ再生・再投資法においても、バイオ燃料産業振興のため、バイオリファイナリー実証、次世代バイオ燃料、高濃度エタノール利用の各分野に予算が配分された。(図表 4.31)

図表 4.29 現在の研究開発プロジェクト (エネルギー省)

テーマ	概要	主体、規模
セルロース系原料によるバイオリファイナリーの実証	商用スケールで様々なセルロース系原料(トウモロコシ繊維、廃材、農業残さ、廃棄物等)からエタノール等を生産するバイオリファイナリーの実証。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abengoa Bioenergy Biomass of Kansas, LLC (ミズリー州) 76 百万ドル</li> <li>BioFire Ethanol, Inc. (カリフォルニア州) 40 百万ドル</li> <li>Poet (サウスダコタ州) 80 百万ドル</li> <li>Range Fuels (コロラド州) 76 百万ドル</li> </ul>
エタノール発酵用微生物の開発	C5 糖・C6 糖双方を効率よく発酵する微生物の開発。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cargill Incorporated 4.4 百万ドル</li> <li>Verenium 5.3 百万ドル</li> <li>E.I. DuPont de Nemours &amp; Company 3.7 百万ドル</li> <li>Mascoma Corporation 4.9 百万ドル</li> <li>Purdue University 5 百万ドル</li> </ul>
セルロース系原料の熱化学処理の実証	セルロース系原料(スイッチグラス、トウモロコシ茎、木材等)をガス化処理によりバイオ燃料に転換する技術の実証。	<ul style="list-style-type: none"> <li>Emery Energy Company (ユタ州) 1.7 百万ドル</li> <li>Iowa State University (アイオワ州) 2 百万ドル</li> <li>Research Triangle Institute (ノースカロライナ州) 2 百万ドル</li> <li>Southern Research Institute (アラバマ州) 2 百万ドル</li> <li>Gas Technology Institute 2 百万ドル</li> </ul>
小規模セルロース系原料バイオリファイナリーの検証	商用規模の 10% のスケールで、セルロース系原料からのバイオ燃料とバイオマス由来化学品・製品等の生産技術を検証。	<ul style="list-style-type: none"> <li>ICM Incorporated (カンザス州) 30 百万ドル</li> <li>Lignol Innovations Inc (ペンシルバニア州) 30 百万ドル</li> <li>Pacific Ethanol Inc. (カリフォルニア州) 24.3 百万ドル</li> <li>NewPage Corp. (オハイオ州) 30 百万ドル</li> <li>Flambeau River Biofuels (ウィスコンシン州) 30 百万ドル</li> <li>Verenium Biofuels, Inc. (ルイジアナ州)</li> <li>RSE Pulp (メイン州) 30 百万ドル</li> <li>Ecofin, LLC (ケンタッキー州) 30 百万ドル</li> <li>Mascoma (テネシー州) 25 百万ドル</li> </ul>
酵素	セルロース系原料の低コスト糖化酵素技術の開発。	下記合計 70 百万ドルを補助。 <ul style="list-style-type: none"> <li>DSM Innovation Center Inc.</li> <li>Genencor—a Division of Danisco, USA, Inc.</li> <li>Novozymes, Inc.</li> <li>Verenium Corporation</li> </ul>

出典：EERE ホームページ ([http://www1.eere.energy.gov/biomass/past\\_solicitations.html](http://www1.eere.energy.gov/biomass/past_solicitations.html)) より作成

図表 4.30 現在の研究開発プロジェクト（農務省・エネルギー省共同）

テーマ	主体、規模	概要
バイオ燃料、 バイオマス由来製品	GE Global Research 1.6 百万ドル	バイオマスガス化装置設計のための力学モデルの開発
	Gevo, Inc. 1.8 百万ドル	セルロース系糖質のイソブタノール発酵用微生物の開発
	Itaconix 1.9 百万ドル	広葉樹林バイオマスからの発酵・重合によるポリイタコン酸生産プロセスの開発
	Yenkin-Majestic Paint Corporation 1.8 百万ドル	食品系廃棄物、木質系廃棄物からのバイオガスや、熱・電気の生産技術の実証
	Velocyc, Inc. 2.6 百万ドル	セルロース系残さの液体燃料変換のための効率的な水素化処理技術の開発
	Exelus, Inc 1.2 百万ドル	Biomass to Gasoline 技術の開発
バイオ燃料開発の 分析評価	Purdue University 0.9 百万ドル	第二世代バイオ燃料の、エネルギー技術、経済・気候変動政策としての評価分析モデルの開発
	University of Minnesota 2.7 百万ドル	森林起源のバイオ燃料原料の持続可能性、供給可能性の評価
	Consortium for Research on Renewable Industrial Materials	森林系残さ、廃棄物等原料によるバイオ燃料生産による、環境面・経済面のライフサイクル評価
原料開発	Agrivida	前処理を簡便化する遺伝子組み換えスイッチグラスの開発
	Oklahoma State University	スイッチグラス生産のベストプラクティスの開発、持続可能性の評価
	The University of Tennessee	スイッチグラス管理・収穫のベストプラクティスの開発

出典：DOE プレスリリース（2009年11月12日）より作成

図表 4.31 現在の研究開発プロジェクト（アメリカ再生・再投資法）

テーマ	概要、規模
バイオリファイナリー実証	・パイロット～実証規模：18 箇所 509 百万ドル ・実証～商用規模：1 箇所 82 百万ドル
次世代バイオ燃料	・藻類起源バイオ燃料開発実証：49 百万ドル ・次世代バイオ燃料生産パスウェイの評価：35 百万ドル ・持続可能性に関する研究：5 百万ドル以上 ・次世代バイオ燃料技術開発：18 百万ドル
高濃度エタノール利用	・高濃度エタノールが車両に与える影響評価：16 百万ドル ・Flex-Fuel Vehicles における E85 燃料効率の最適化：2 百万ドル ・給油所の E85 対応：1 百万ドル

出典：“Biomass Program Recovery Act Factsheet” (EERE, 2010)より作成

### (3) 日本

我が国においては、「バイオマス・ニッポン総合戦略」（2006年3月策定）を始めとして、関連省庁（内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省）が連携して、地球温暖化防止や循環型社会の形成などを目的に、バイオマス利用の高度化を実現すべく、様々な技術開発や社会実証実験を進めている。

食料との競合や、持続可能な生産・利用、供給安定性・経済性といった中長期的課題を克服するために、産学官の「バイオ燃料技術革新協議会」が設立され、セルロース系（草・木）の次世代バイオエタノール生産の具体的な導入、コスト目標、技術開発、ロードマップ等を内容とする「バイオ燃料技術革新計画」が2008年3月に策定されている。この中で、①国内の現存する農林業から発生するものを主体とした原料（稲わらや林地残材の残さ等）による「バイオ

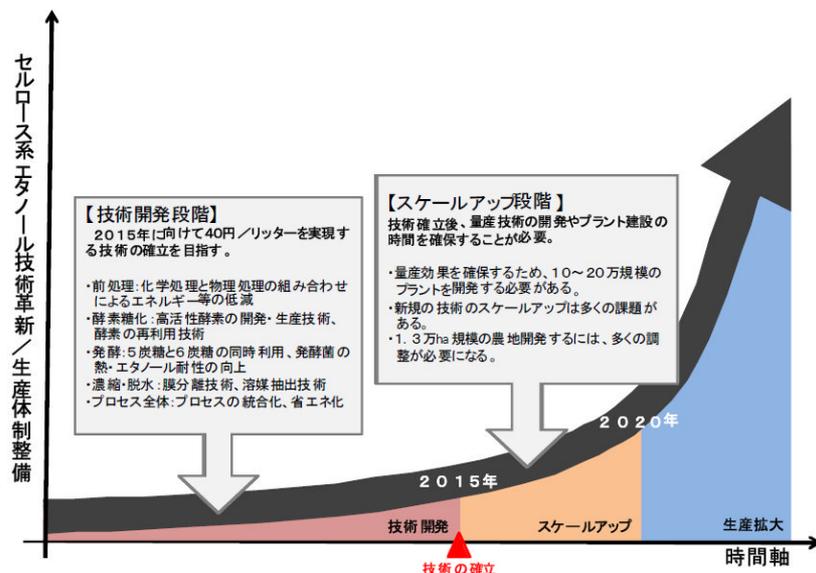
4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

マス・ニッポンケース」(主に農林水産省が主導)と、②エネルギー政策の観点からガソリン価格との競争力や米国等の開発計画を勘案し、多量に生産が可能な国内外の資源作物を利用し、抜本的な技術革新を目指していく「技術革新ケース」(経済産業省が主導)の双方を内容としている。

バイオ燃料技術革新計画の技術革新ケースにおいては、年産10~20万kL規模の工場を一単位として、40円/Lを目指すこととされている。原料となるバイオマスの効率的な収集や、個別の製造プロセス(前処理、酵素糖化、発酵、濃縮・脱水)についての低コスト化・省エネ化、プロセス全体の統合技術などの技術革新が同時に必要とされており、また2015年の技術確立後においてもプロセスの開発やバイオマス原料を確保するための農地開発が必要で、直ちに大幅なバイオ燃料の生産が進むことは困難であるとしながらも、2020年までには国産セルロース系エタノール61万kL(原油換算33万kL)が製造可能と試算されている。

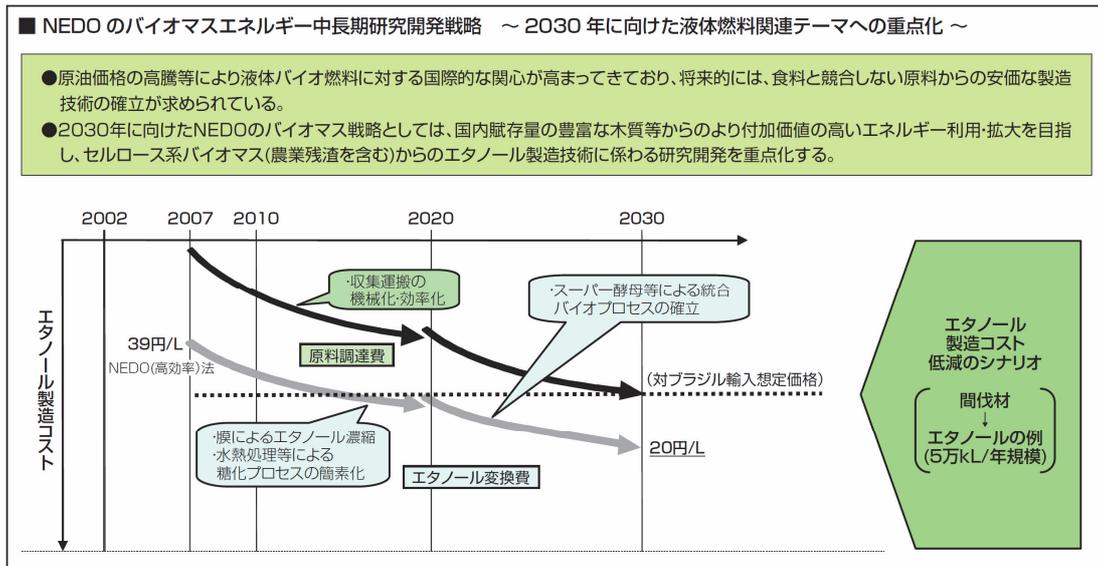
セルロース系エタノールの技術開発については、技術開発段階、スケールアップ段階、生産拡大段階とステージを想定し研究開発が進められている。(図表 4.32)

図表 4.32 セルロース系エタノール技術革新/生産体制整備計画



出典:「総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会(第35回)」(H21.5 経済産業省) 配付資料-参考7(2)P.6より引用

図表 4.33 NEDO のバイオマスエネルギー中期研究開発戦略



出典：NEDO 技術開発機構 事業紹介 エネルギー・環境技術分野

NEDO の「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業」(図表 4.33)においては、「バイオ燃料技術革新計画」における技術革新ケース(2015～2020年においてバイオエタノール製造コスト 40 円/L、年産 10～20 万 kL、CO<sub>2</sub>削減率 5 割以上(対ガソリン)、化石エネルギー収支比 2 以上)の実現に向けて、食料と競合しない草本系又は木本系バイオマス原料からのバイオエタノール生産について、大規模安定供給が可能なセルロース系目的生産バイオマスの栽培からエタノール製造プロセスまでの一貫生産システムを構築し、研究開発を実施することにより環境負荷・経済性等の評価を実施している。具体的には図表 4.34 の研究開発などが実施されている。

図表 4.34 セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業の具体内容

実施者	研究開発の概要
王子製紙株式会社 独立行政法人産業技術総合研究所 新日鉄エンジニアリング株式会社	早生樹からのメカノケミカルパルピング前処理によるエタノール一貫生産システムの開発 【概要】大規模安定供給可能なエタノール生産好適早生樹からの、メカノケミカルパルピング前処理および高温耐性酵母による C6 糖発酵と C5 糖発酵の組合せによる、セルロース系目的生産バイオマスからエタノール製造までの高効率一貫生産システムを開発する。
バイオエタノール革新技術研究組合 国立大学法人東京大学	セルロース系目的生産バイオマスの栽培から低環境負荷前処理技術に基づくエタノール製造プロセスまでの低コスト一貫生産システムの開発 【概要】草本系植物と木本系植物のセルロース系目的生産バイオマスを原料とし、低コスト収穫・運搬・貯蔵技術を用いた周年供給システムと低環境負荷なアンモニア前処理技術を基本として、最適糖化酵素の取得と高度利用、膜を利用した糖化液濃縮、非遺伝子組換え酵母によるエタノール生産等の技術を組合せた大規模安定供給が可能なエタノール一貫生産システムを開発する。

#### 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

「バイオマスエネルギー等高効率転換技術開発事業(先導技術開発)」では、エネルギー転換・総合利用技術の研究開発を行うとともに、2009年度からは、2015～2030年頃に実用化が期待される遺伝子組み換え等の品種改良技術を利用した食料と競合しないエネルギー植物の創成を目的とした「エネルギー植物の創成」枠が設けられた。

#### 4.1.5.2 技術別の開発動向

4.1.1 技術の俯瞰と同様に、(1) 資源・収集・運搬、(2) 物理的変換、(3) 熱化学的変換、(4) 生物化学的変換、(5) 一般廃棄物処理関連技術、(6) バイオリファイナリーの6つに区分し、技術開発動向を整理した。各要素技術について課題を整理し、現状の技術レベル（研究、実証試験、実用化）、今後の展望、開発動向等について記述した。

##### (1) 資源・収集・運搬

国内では森林のポテンシャルに対する木質系バイオマスの利用量が、ヨーロッパと比較してまだ少ない。路網整備等のインフラ整備や高効率収穫・収集・運搬機器の開発・導入、集材方法の変更等による収集・運搬コストの削減が重要となる。一部の地域では、小規模な私有林の所有者を団地化することで、高効率機械を導入し組織的に間伐する方式により効率化、低コスト化を行っている事例がある。

また、木質バイオマスを建築用材料、合板材料、パルプ原料、エネルギー利用等の用途に応じた安定的な供給を行うためには、集積基地等を整備し効率的な仕分けを行うことが重要となる。

一方、バイオ燃料生産用資源については安定調達源の確保が必要であるため、土地利用効率の高いバイオマス資源が求められており、遺伝子組み替え技術を用いた次世代資源の研究開発が行われているところであるが、遺伝子組み替え技術に関する合意形成、土地の確保等が課題である。

##### (2) 物理的変換

###### ① 固体燃料製造（薪、チップ、ペレット、ブリケット、RDF、バイオソリッド 等）

薪、チップ等の木質系バイオマス燃料は、広く流通しており、基本的な製造技術はほぼ確立されている。しかしながら、製造設備（チップパー、破砕機等）の改良や、生木を効率的に破砕できる機器の開発、導入を行う等の効率化、低コスト化技術開発を継続的に行うとともに、事業集約による大型設備を導入する等の効率化を図る必要がある。

ペレット生産量は、世界的には年率 30%で増加しており、この傾向はこれからも続くと考えられる。ペレット使用機器の設計の効率化をはかるため、ヨーロッパの一部では木質ペレットについて国家的な統一基準が作成されている。また、米国のように民間の協会がガイドラインを設けている国もある。我が国では日本木質ペレット協会が自主規格を定め運用しているが、今後は規格化に向けた検討を進めていく必要がある。

また、RDF、バイオソリッド等の廃棄物系燃料については、いくつか実用化の事例があるものの、成分的制約、環境面の制約等により、限られた施設での利用に止まっている。

##### (3) 熱化学的変換

###### ① 直接燃焼

直接燃焼は、熱利用、発電利用として実用レベルであり、種々のバイオマスを利用した多くのプラントがオンサイト、オフサイトとも稼働している。

しかしながら、製材廃材、建築廃材等の均質で低含水率のバイオマスが不足してきており、

間伐材、バーク等比較的含水率の高いバイオマスを燃料利用し燃焼効率を維持、向上させるためには、乾燥等の前処理技術の開発が必要となる。また、未利用資源、廃棄物資源の利用拡大のためには、バイオマス資源に対応した施設の改良、設計へのフィードバックが重要である。

既設の事業用・産業用火力発電設備や工業炉に木質系バイオマスの投入設備を設置した化石燃料との混焼利用が拡大している。新設のバイオマス発電に比較し、設備投資が少なく有利ではあるが、既設利用のため混焼率に制限がある（微粉炭焚きボイラで熱量ベース3%程度）。利用拡大のためには、燃焼効率を向上させ混焼率を向上するための技術開発が重要となる。

一方、地域の熱供給においては、燃焼機器の高効率化と低価格化が必要である。ヨーロッパでは、エネルギー効率の基準が定められており、薪ボイラ等のエネルギー効率は80%程度にまで高められている。我が国でも、最先端の燃焼機器を導入、開発し地域熱供給の効率化、普及、拡大を図ることが重要である。

## ② 気体燃料製造

### i) ガス化（発電、熱利用）

現状、フィンランド、ドイツ、オランダ、デンマーク、スウェーデンといった国々で大規模プラントが建設されている。北欧は熱の需要が大きく、また原料を収集することが容易であるため、大規模化が可能である。一方、我が国では、原料調達面での制約から、小規模のガス化施設の実用化例がある。

小規模ガス化発電でも、発電効率が高いガスエンジンを利用できるため、分散型のエネルギー資源であるバイオマスに適しており、将来的には、地産地消型の小規模プラント利用を拡大させていくことが期待されている。そのためには、施設の建設と維持管理にかかるコストを低減させる必要がある。

ガス化には、タールによるトラブルという課題があり、それを適切に処理するための技術開発が進められている。

我が国のガス化発電システムの開発企業例を図表 4.35 に示す。

ここで掲げた技術以外にも多くの企業が開発を行っており、より効率的なシステム技術開発が進むことが望まれる。

図表 4.35 バイオマスガス化発電システムの開発企業（例）

企業名	形式	導入規模	対象原料	導入状況
中外炉工業	外熱式多筒型 キルン	100～数百 kW 級	木質・草本	3 箇所 (実験・実証含む)
川崎重工業	ダウンドラフト	100～200kW	木質	3 箇所 (実験・実証含む)
月島機械	ダウンドラフト	100～200kW	木質	2 箇所 (実験・実証含む)
JFE グループ	アップドラフト	MW 級 (2MW)	木質	2 箇所
電中研・オカドラ	炭化ガス化	不明	木質・廃棄物	1 箇所 (実験・実証含む)
カワサキプラント システムズ	流動床ガス化	150kW (商用規模 は MW 級)	木質	1 箇所 (実験・実証含む)
サタケ	ダウンドラフト	数十～MW	木質・農産・草本	37 箇所 (実験・実証含む)
トリスミ集成材	固定床 ダウンドラフト	300kW	木質	1 箇所 (実験・実証含む)
新興プランテック ・大友産業 ・東洋システム	固定床 アップドラフト	55kW	畜糞	1 箇所 (実験・実証含む)
八木建設・ 宇部テクノエンジ	二段階スチーム リフォーミング法 バイオマスガス化	30kW	建設廃木材 チップ	1 箇所 (実験・実証含む)
東京ガス・ タクマ	循環流動床	157kW	汚泥	1 箇所 (実験・実証含む)
明電舎	固定床 アップドラフト	36kW	木質	1 箇所 (実験・実証含む)

出典：「バイオマスを原料とする合成燃料の生産技術および利用に関する最新動向調査」（2009, NEDO）

#### ii) 水熱ガス化

現状では、実証段階であり、実用化例はまだない。

水と熱エネルギーのみで有機物や無機物をクリーンに処理できること、脱水や乾燥というプロセスなしで廃棄物を処理できること、高速での熱分解が可能であることなどのメリットがある。実用化のためには、高温高压に耐える装置の開発、処理技術の向上が必要となる。

国内外における水熱ガス化の研究開発事例を図表 4.36 に示す。

図表 4.36 水熱ガス化の研究事例

研究機関	原料	触媒	反応条件	炭素ガス化率
ハワイ大学 自然エネルギー研究所	グルコース水溶液	活性炭	600℃ 34.5MPa	100%
資源環境技術総合研究所 (現・産業技術総合研究所)	セルロース	ニッケル 炭酸ナトリウム	400℃ 19MPa	84%
ハワイ大学 自然エネルギー研究所	ジャガイモ廃棄物	活性炭	724℃ 28MPa	79%
パシフィック・ ノースウェスト研究所	ビール工場 廃麦粒上澄み	ニッケル	350～360℃ 21MPa	67%
東京大学	キシラン	ニッケル	400℃ 25MPa	60%
東京大学	リグニン	ニッケル	400℃ 25MPa	9%
中国電力・広島大学・産業技 術総合研究所・東洋高压	鶏糞	活性炭	—	—
カールスルーエ 研究センター	各種バイオマス	アルカリ触媒	—	—

出典：「バイオマスハンドブック」（2009，日本エネルギー学会編集）

### ③ 液体燃料製造

#### i) BTL（ガス化-液体燃料製造）

BTLは多様なバイオマス資源を利用できることなどから、軽油、航空機燃料の代替燃料として期待されている。ドイツ、ノルウェー、米国で、実証試験が実施されている。ドイツのCHOREN社は、27万kL/年の商用プラントを建設する予定である。

BTLの特徴は、セルロース系エタノールがリグニンを原料にできないの対して、BTLはそれが可能であるため、効率がエタノールより高くなることである。

国内外の研究開発事例は図表 4.37 のとおりである。

図表 4.37 実証等が進むバイオマス変換技術の技術開発の例 (BTL)

技術分類	区分	主要な事例・企業	技術の段階
ガス化＋FT合成	国内	・ 産業技術総合研究所(1.6L/日、技術開発段階(固定省ガス化炉、ベンチスケール))	実証段階
	海外	・ 米国：Flambeau River Biofuels LLC (9百万ガロン/年、50百万ポンド wax、実証段階) CARBONA ・ フィンランド：NSE Biofuels Oy (100 000 t/a wax、実証段階) NESTE OIL, Vapoi, VTT ・ ドイツ：コーレン・インダストリーズ社 (CHOREN Industries GmbH) 2008年4月商業プラント完成。年産1,800万L、木質原料6.5万トン。 ・ ドイツ：Lurgi ・ スウェーデン：Vernamo, Vaxjo	実証段階～ 実用化段階
ガス化＋エタノール等合成	国内	・ 三菱重工業株式会社、中部電力株式会社、産業技術総合研究所(木質系バイオマス2t/日、メタノール)、実証～実用化段階	実証段階～ 実用化段階
	海外	・ 米国：Range Fuels Inc.、実証～実用化段階(1.87百万ガロン(エタノール:メタノール=1:1)/年、2010年商用開始予定) ・ カナダ：Enerkem、実証～実用化段階(500万L/年のエタノール、2010年春に操業開始予定(当初はメタノール、続いてエタノールの予定)) ・ ドイツ：Lurgi	実証段階～ 実用化段階
ガス化＋DME合成	国内	・ 岩谷産業株式会社、産業技術総合研究所(小規模、実証段階)	実証段階
	海外	・ スウェーデン：CHEMREC, VOLVO ・ 中華人民共和国：中国科学院	実証段階
ガス化＋バイオSNG(合成天然ガス)合成	海外	・ オーストリア：Bio-SNGプロジェクト(1MW SNG、実証段階(商用段階で20-200MW SNGを予定)) ・ オランダ：ECN/HVCプロジェクト、実証段階(20MW コージェネレーション(熱電併給)、2012年実証開始を予定) ・ ドイツ：Lurgi ・ スウェーデン：Goteborg Energi	実証段階

出典：以下資料より作成

- ・ European Biofuel([http://www.biofuelstp.eu/spm2/spm2\\_prog\\_draft.html](http://www.biofuelstp.eu/spm2/spm2_prog_draft.html))
- ・ European Biofuels Technology Platform(<http://www.biofuelstp.eu/bio-sng.html>)
- ・ 各社ホームページなど

注：「ガス化＋バイオSNG(合成天然ガス)合成」は液体燃料製造ではないが、類似技術のためここに記載した。

#### ii) バイオディーゼル燃料製造(エステル交換(アルカリ、超臨界メタノール)、酸化安定化(水素化))

世界各国でバイオディーゼル燃料が利用されており、既に実用化されている技術である。エンジン自体の改良が不要であるため、既存のインフラ、車両をそのまま利用することが可能である点や、排ガス中の有害物質(硫黄酸化物など)が減少する点など、燃料としての実用性が高く、将来的に利用の拡大が期待されている。

エステル交換については、原料油の質によらず、バイオディーゼル燃料の品質を一定にする

技術の開発や、生成するグリセリンの処理技術の研究が進められている。

また、超臨界メタノールを用いた処理では、高温・高圧条件に耐えうる実用化装置の開発が進められている。

酸化安定化については、目的の分子量に低分子化することがまだ困難であり、処理技術の研究が進められている。また、経済性という点からも二酸化炭素固定という点からも、水素の低コストでの安定供給が必要である点も課題の一つであり、研究が進められている。

なお、世界的に見ると、食用油を燃料とすることへの反対意見や、一部の地域では食料生産との競合といった技術以外の観点での課題もある。

### iii) 急速熱分解

我が国を始め、米国、カナダ、イタリア、ドイツといった国々で開発が進められており、技術開発レベルとしては実証段階であると言える。

現在はボイラ燃料としての利用が主であるが、将来的には、発電用のガスタービンやディーゼルエンジンなど輸送用の燃料としての利用が期待されている。

石油と異なり酸素原子を多く含んでいるため、発熱量は原油の半分程度でありエネルギー密度が低い点が課題の一つである。また、酸性であるので、タンクやボイラの材質には耐酸性の処置が必要となり、コストがかかるという問題もあり、製造コストの更なる向上を図るための技術的开发に力が入れている。また、利用の幅を広げるために水素化改質などの処理に関する研究も進められている。

### iv) 水熱液化

現状としては実証段階であり、実用化例はまだ少ない。しかし、クリーンな処理であることから、将来的には利用の拡大が期待されている。

課題としては、強い酸性と高い粘性のため、そのままでは輸送用燃料として利用できない点が挙げられ、分留か水素などによる改質の研究が進められている。また、高温・高圧下における装置の腐食、熱交換器の効率の低さ、装置へ原料を搬入する難しさなど、水熱ガス化と同様、装置の面での開発も進められている。アルカリ触媒やニッケル触媒、有機溶媒、還元性ガス（水素、一酸化炭素）などを用いた様々なプロセスについても研究が行われている。

### v) 藻類由来のバイオ燃料製造

主にコスト面での課題等から、実用化には至っていないものの、単位面積当たりのエネルギー収率の高さや、食料生産と競合しない点、植物栽培に適さない土地でも利用でき、二酸化炭素固定への寄与率が高いといった点から、将来的に期待されている技術である。エネルギー収率（単位面積から収穫されるバイオマスを原料として生産される燃料量）の高さは、大豆や、パーム油と比較して10倍以上と考えられている。

今後においては製造コスト低減に向け、油分生産性の高い微細藻類の探索や、低コストで効率的な培養および油分抽出技術の研究が進められている。特に、藻類の場合、その生理・生態学的な特徴から含水率が高く高濃度な糖類や油脂類を得ることが困難なため、糖類、油脂類の回収に係る工程、比較的多く含まれる水分を除去する工程の低コスト化が課題である。

図表 4.38 には米国、欧州、我が国における主要機関での藻類によるバイオ燃料生産への取組状況を示す。これらより、米国は国立研究所、大学、産業界による積極的な取組みが行われているのに対し、我が国、欧州では一部の機関での研究開発に限られていることがわかる。

図表 4.38 欧米諸国での藻類由来のバイオ燃料製造技術への取組状況例

国	研究機関	取組概要
欧州 (オランダ)	アルジリンク社 KLM オランダ航空	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ フォトバイオリクターによる最適な藻類増殖技術の開発を行っている。</li> <li>・ 海運用として、船上で藻類を培養、燃料生産する技術についても構想を有する。</li> </ul>
米国	国立再生可能エネルギー研究所 (NREL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1978 年から 1996 年にかけて藻から再生可能な輸送用燃料をうる研究を実施し、燃料生産に適した 300 種の緑色藻と珪藻植物を探索。</li> <li>・ 近年、藻類による燃料生産に係る研究が再開された。</li> </ul>
	テキサス大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 日光と塩水の条件下で、軟質セルロース、グルコース、スクロースを分泌する藻類の開発に成功。</li> <li>・ 開発した藻類は軟質のゲル状であり、分解が容易であるという特性も有している。</li> </ul>
	カリフォルニア大学サンディエゴ校スクリプス海洋研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ エタノール生産にも、バイオディーゼル燃料生産にも適している藻類として、1 日で 2 倍に増殖する藻類 (50% 以上が脂質とでんぷん質) の発見に成功。</li> </ul>
	アリゾナ州立大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 海藻を利用した自動車用バイオディーゼル燃料、軍用ジェット燃料の開発に取り組む。</li> <li>・ 4 万株以上の既知の単細胞生物の油脂生産能力を調査し、単位面積あたり大豆の 100 倍の生産能力を有する藻類を発見。</li> </ul>
	US サステイナブルエナジー社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 20 ポンド (約 9kg) の藻類を用いたバイオ燃料製造試験を行っており、原油 5%、水分 40% を含んだバイオ燃料から発火性燃料の生成に成功している。</li> </ul>
	ペトロサン社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ テキサス湾沿岸の 1,100 エーカー (約 445ha) の塩水池からなる藻類農場を開設し、4.4 万ガロン (約 17 万 L) の藻類油、110 百万ポンド (約 5.0t) のバイオマスを生産する計画。</li> <li>・ バイオジェット燃料の開発も実施予定。</li> </ul>
	グリーンフューエルテクノロジー社	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 発電所から排出される CO<sub>2</sub> を利用した藻類によるバイオディーゼル燃料生産工程を開発、特許取得し、数箇所の発電所への設置を計画中。</li> <li>・ 油脂含有率 50% 以上の藻類株を選択し、1 エーカー (約 0.4ha) あたり 15,000 ガロン (約 57kL) のバイオディーゼル燃料生産が可能としている。</li> </ul>
日本	筑波大学 生命環境科学研究科	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 緑藻の一種「ボトリオコッカス」からバイオ燃料の抽出実験を行っており、現段階では「沖縄株」等が有望株されており、乾燥重量 45% の油生産が可能とされる。</li> <li>・ 品種改良、新株の探索等で高効率化、低コスト化が目指されている。</li> </ul>
	株式会社デンソー 中央大学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ NEDO 「バイオマスエネルギー先導技術研究開発」の研究委託として、微細藻類シュードコリスチスを用い、ゲノム情報を利用した炭化水素生産性向上を目指している。</li> </ul>
	慶應義塾大学 先端生命科学研究所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 微細藻類を利用し、効率よくオイルを産生させるため、品種改良や培養条件の最適化によりオイル産生能力を高める研究を実施。株式会社デンソーとの共同研究により、高効率な培養槽の研究、細胞内に蓄積したオイル抽出法の研究も実施している。</li> </ul>

出典：以下の資料ほかより作成

- ・ “米国における藻類のバイオマス活用の現状”、NEDO 海外レポート (2008.7.23、NO.1026)
- ・ “藻類起源のバイオ燃料製造法ならびに市場動向の調査” (2008、NEDO・大阪府立大学)

#### ④ 固体燃料製造

##### i) 炭化

直接燃焼と同様実用化レベルであり、木炭は燃料用、活性炭・工業用に加え土壌改良等の新用途に使用され普及している。工業用連続炭化炉では、処理量増大を図る高温化、原料の多様化に合わせた炉の構造や加熱方式の改良、工夫等が行われている。また、下水汚泥等の廃棄物資源の減容化を主目的とした炭化装置の開発も行われ実用機が稼働している。

#### (4) 生物化学的変換

##### ① 気体燃料製造（メタン発酵等）

メタン発酵に必要な要素技術開発は概ね確立している状況であるが、普及拡大のためにさらに省エネルギー化、低コスト化を進めていく必要がある。発酵収率向上、適用資源の拡大のためには、難分解性原料の前処理技術の確立が必要であり、超音波を用いた破砕技術、熱アルカリ処理によって有機物分解率を向上させる技術などの開発が進められている。

高温発酵技術（55℃付近）は、加温するためのエネルギー損失が大きい一方で、有機物の分解効率および発酵速度が向上するため、発酵槽のコンパクト化が期待できる。また、乾式メタン発酵は、固形有機性廃棄物を加水無しの状態で直接メタン発酵を行うものであり、発酵槽のコンパクト化と同時に発生する廃液が少ない点でもメリットがある。しかし、高温発酵、乾式メタン発酵共に、従来の中温、湿式発酵と比較して安定性が低く、アンモニア阻害の影響も受け易い。その解決手段として、アンモニアストリッピング等のアンモニア阻害抑制技術の開発も併せて行われているところである。

発生したバイオガスは、ガスエンジンの燃料として電力および熱として利用されるのが一般的であるが、規模の大きい設備ではガスタービン発電が利用されるケースもある。さらに、山形市や城南島（東京都大田区）では、バイオガスを脱硫し、水素に改質した後、燃料電池の燃料として利用する技術も導入されている。

現在、コジェネレーションを中心としたオンサイト利用が中心であるが、メタン発酵を普及させていくためにはガス供給を想定したオフサイト利用も積極的に推進していく必要がある。神戸市や横須賀市などでは、バイオガスを精製して圧縮天然ガス（CNG）車の燃料として利用する実証試験が行われている。また、長岡市や金沢市では、都市ガス事業者のガス処理工場へ供給されたバイオガスが天然ガスと共に処理され、都市ガスとして供給されている。さらに2009年から神戸市および城南島で都市ガス導管供給の実証試験がスタートしている。都市ガス導管供給の場合、CNG車利用よりもバイオガスを高度に精製する必要がある。したがって、オフサイト利用拡大のためには、バイオガス精製技術の低コスト化が重要である。

水素発酵は、まだ研究段階であり実用例はないが、メタン発酵の前処理工程とすることで、メタン発酵の高速化・コンパクト化、総合エネルギー効率の向上といった効果が期待できる。一方で、水素発酵の安定性はメタン発酵に比べて低く、実用化のためには水素発酵フローラの制御技術の開発が重要である。

光水素生産は基礎研究段階であり、遺伝子組み換え等を用いたエネルギー変換効率の向上などの研究が進められている。発酵生産、光合成生産いずれの場合においても、生成されたバイオ水素を利用するためのインフラがないのが現状であり、運搬・貯蔵・利用機器（燃料電池な

ど) といった水素利用実用化のための技術開発も、長期的な視野で進められるべきである。

## ② 液体燃料製造

### i) エタノール発酵

現状、ショ糖・でんぷん系資源を用いたエタノール生産技術については既に実用化されている。サトウキビを原料として大規模生産を行っているブラジルでは、バイオエタノール生産にはガソリンと同等の価格競争力がある。

将来的には、我が国でもバイオエタノールが価格競争力を持ち、ガソリン代替燃料としての利用が拡大することが期待されている。そのためには、木質系バイオマスやバガスなどの農業残さ等の非食用・低コストのセルロース系エタノール（第二世代）の実用化と共に、プロセス全体を低コスト化する必要がある。

セルロース系バイオマスの利用のためには、前処理・糖化技術の確立が必要である。また、発酵後の濃縮・脱水工程や廃液処理技術も、プラントのエネルギー収支改善やコスト低減のために重要な開発要素である。

我が国をはじめ、米国、欧州各国ではセルロース系資源を利用するための実用化技術の開発を精力的に進めている。

「資源・収集・運搬」で述べたように、低コストでセルロース系資源を得るために、エネルギー作物（草本系資源や早生樹種等）の品種改良や、効率良く栽培・収集・運搬するための技術の開発が行われている。

セルロース系資源を前処理し糖化するまでの技術開発については、各国、各研究機関がしのぎを削っているところである。具体的には、希硫酸加水分解と酵素加水分解を組合せた方式、希硫酸二段加水分解方式、濃硫酸加水分解方式、苛性ソーダ・アンモニア等のアルカリ処理や水熱処理・メカノケミカルパルピング等物理処理と酵素加水分解を組合せた方式など、様々な方式が開発されている。酵素を用いる場合には前処理コストにおいて酵素コストの占める比率は高く、酵素の効率的利用に関する研究が行われている。

発酵においては、セルロース系原料に多く含まれる C5 糖を利用することが重要で、C5 糖・C6 糖同時利用などの高効率発酵プロセスの研究が行われている。

濃縮・脱水工程については、従来の共沸蒸留方式ではエネルギー投入が大きいいため、省エネルギー化を目指し、膜脱水技術を組合せた方法についての開発が進んでいる。

廃水処理については、発酵廃液中に含まれる有機物をメタン発酵法等により処理する必要がある。また、前処理・糖化廃液は、その方式によって排出される廃液の組成が異なるため、例えば硫酸の回収もしくは中和等、それぞれの方式に適した処理方法を適用することが求められる。

### ii) ブタノール発酵

ABE 発酵は 1950 年頃から商業的にほとんど行われなくなったが、バイオブタノール燃料が再び注目されるようになったことおよび遺伝子組み替えによって改良が可能になったことから、

## 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

バイオブタノールに関する様々な研究開発が行われている。

ABE 発酵法に用いられている嫌気性細菌（クロストリジウム）ではブタノール濃度上昇によって発酵阻害が生じるため、連続的なブタノール回収プロセス研究や、阻害に耐性のある微生物への遺伝子操作による改良が進められている。英国では、DuPont 社と BP 社による ABE 発酵法をベースとしたバイオブタノール生産の実証が行われている。また、我が国では、ABE 発酵法に代わる好気性細菌を創製し、これを用いた高効率なブタノール生産プロセスの開発が進められている。

また、生成したブタノールの蒸留のためには、多量の熱エネルギーを要する。前述のようなブタノール高濃度化技術開発に加え、低コスト・低エネルギーの膜分離法の開発も行われている。

## (5) 一般廃棄物処理関連技術

一般廃棄物処理に関連したバイオマスエネルギー利用については、高効率ごみ発電技術、その他のエネルギー利用技術に係る技術開発動向について述べた。

## i) 高効率ごみ発電によるバイオマスエネルギー利用

現在のごみ発電の発電効率は約 11%（平成 18 年度）であり、事業用、産業用火力発電所の発電効率に比較して、低い数値に留まっている。高効率化の対策としては、施設の大型化や高効率対応技術の採用（低空気比による安定燃焼、ボイラ蒸気条件の高温高压化、ボイラ効率の向上、蒸気の効率的利用、タービン内部効率の向上等）がある。

図表 4.39 国内における一般廃棄物処理技術（高効率ごみ発電）にバイオマスエネルギー利用事例

施設名称	規模	特徴	発電効率
北九州市新門司工場	720 (t/日)	低温エコノマイザ、水冷式復水器と低温触媒を採用し、高効率発電を達成。	22.3%
札幌市白石清掃工場	900 (t/日)	蒸気条件を高温高压にするとともに、地域条件（寒冷地）を踏まえ白煙防止条件を設定しないことで、高効率発電を達成。	20.8%
大阪市環境局東淀工場	400 (t/日)	湿式排ガス処理を採用しながらも、低温エコノマイザ、2 段抽気タービン等の導入により高効率発電を達成。	20.4%
国崎クリーンセンター（猪名川上流広域ごみ処理施設組合）	235 (t/日)	小規模ながら、低空気比、排ガス循環システム、低温エコノマイザを採用し、高効率発電を達成。国内最高水準の公害保証値も同時に達成。	15.7%
さしまクリーンセンター 寺久（さしま環境管理事務組合）	206 (t/日)	ナトリウム系薬剤を用いた高効率乾式排ガス処理を採用。	12.7%

出典：「高効率ごみ発電施設整備マニュアル」（2009，環境省）より作成

## ii) その他の一般廃棄物処理技術によるバイオマスエネルギー利用

ごみ発電以外に図表 4.40 に示す技術開発が行われている。

**図表 4.40 国内における一般廃棄物処理技術によるバイオマスエネルギー利用の実証事例  
(ごみ発電以外)**

	実施者	概要
メタン発酵と焼却の組合せ	穂高広域施設組合	NEDO「バイオマスエネルギー地域システム化実験事業／先進型高効率乾式メタン発酵システム実験事業」として実施。 地域のバイオマス資源（生ごみ・紙ごみ、木質系バイオマス）を乾式メタン発酵、ガスエンジンにより発電。発酵残さは乾燥、造粒固形燃料化。
生ごみと下水汚泥のメタン発酵	神奈川県鎌倉市	焼却ごみの約 40%を占める生ごみと下水汚泥を集約処理する。国土交通省の「下水汚泥資源化・先端技術誘導プロジェクト（ロータスプロジェクト）」で評価されたバイオマスエネルギー回収施設を整備予定。
生ごみの機械選別とメタン発酵	神奈川県横須賀市、住友重機械工業株式会社	NEDO「環境調和型エネルギーコミュニティフィールドテスト事業（二酸化炭素排出抑制対策事業費等補助金）」として実施。
都市ごみのエタノール化	福岡県北九州市、新日鐵エンジニアリング株式会社	NEDO「食品廃棄物エタノール化リサイクルシステム実験事業（バイオマスエネルギー地域システム化実験事業）」として実施。 炭水化物を選択的に糖化するプロセスを活用することにより、①食品廃棄物中に多少の夾雑物が混入していてもリサイクル可能、②ごみ焼却排熱をカスケード利用、③糖化液を原料に無水エタノールを製造し、E3 ガソリンに加工して利用。
エタノール発酵とメタン発酵の組合せ	東京都、財団法人東京都環境整備公社、東京ガス株式会社	環境省「平成 19 年度次世代廃棄物処理技術基盤整備事業」として実施。 江東区内の小中学校の給食ごみ等からバイオエタノールとバイオガスを同時に回収する実証試験。生ごみからバイオエタノールとバイオガスを同時に回収する技術を実証し、より高効率で高付加価値の再生可能エネルギーを回収するシステムの構築を図る。
廃食用油からのバイオディーゼル燃料製造	京都府京都市	環境省「二酸化炭素排出抑制対策事業」、農林水産省「バイオマス利活用フロンティア推進事業」として実施。市内で回収された廃食用油から、5,000L/日のバイオディーゼル燃料を精製し、市ごみ収集車や一部の市バスで使用している。
一般廃棄物の炭化物の石炭火力発電所における混焼	電源開発株式会社 西海市	NEDO「一般廃棄物の炭化燃料製造実証試験事業」として実施。一般廃棄物を炭化し、石炭と混焼することにより、石炭火力発電所の CO <sub>2</sub> 排出原単位の削減が可能。(H19-20 年の実証実験)。バイオマス混焼は、専焼よりも熱効率が高くなる等の実証結果が得られている。

出典：NEDO、各自治体、各メーカーのホームページ資料より作成

#### (6) バイオリファイナリー（化成品製造）

バイオマス原料からの化成品製造として、トウモロコシやサトウキビ等の糖系原料からポリ乳酸を製造するプロセスは商用化されている。また、エタノールも各種化学品生産のために重要な原料となる。

バイオリファイナリーとは、多様なバイオマス原料から多様な目的生産物を製造し、石油代替製品を作ることである。

汎用的な化成品は、糖からの生物的・化学的変換により生成可能なものが多い。また、今後はセルロース系原料の利用拡大が見込まれるが、その前処理・糖化技術、副産物の効率的利用、要素技術を組合せたプロセス化が必要である。

#### 4.1.6 システム価格、エネルギー単価等

バイオマスエネルギーの変換技術に着目し、「物理的変換」、「熱化学的変換」、「生物化学的変換」の3つに区分して整理する。

##### (1) 物理的変換

##### ① 固形燃料製造

間伐材等や製材くず等を加工した木質ペレットについての価格を示す。

図表 4.41 木質ペレット燃料の製造事例・販売価格

用途	種類	ペレット販売単価 (円/kg) (H21 年下期)		
		高値	中値	低値
ストーブ燃料向け	バーク	50	45	30
	ホワイト	45	41	39
	全木	44	42	35
ボイラ燃料向け	バーク	31	23	23
	ホワイト	39	34	34
	全木	38	37	33

出典：一般社団法人 日本木質ペレット協会 調べ

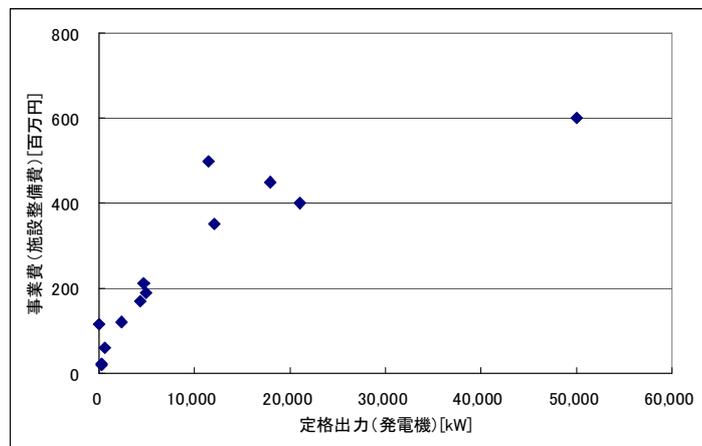
木質ペレットは家庭用・産業用に利用されているが、石油・ガス・電気と比較して使い勝手が良くないことから、需要が小さいのが現状である。そのため、木質ペレット製造の規模の拡大も限定的となっている。このような背景を持つ木質ペレットの課題解決については、温度制御の自動化やボイラ燃焼室へのペレット供給の自動化、灰搬出の簡易化など、石油・ガス・電気と同等の使い勝手のよい機器の技術開発が必要である。

(2) 熱化学的変換

① 燃焼（木質バイオマス）

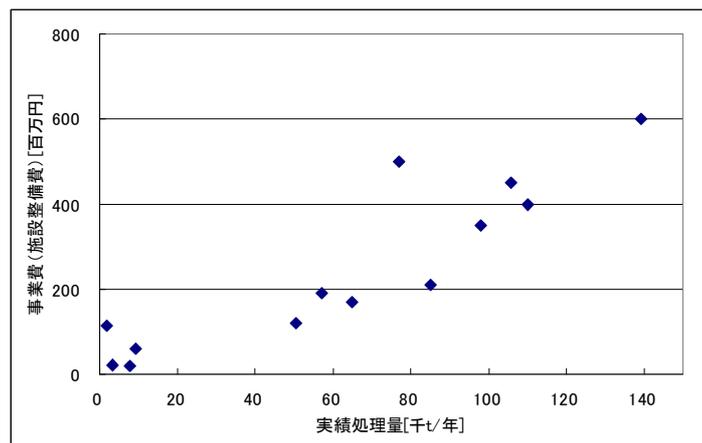
国内における直接燃焼（木質バイオマス）の定格出力（発電機）と事業費（施設整備費）の関係を図表 4.42 に、実績処理量と事業費（施設整備費）の関係を図表 4.43 に示す。これらのデータによると、施設整備費の目安は、発電機の定格出力ベースでは、5,000kW 未満の平均値は 455 円/kW、5,000kW 以上の平均値は 25 円/kW となっている。また、実績処理量ベースでは、50t 未満の平均値は約 38,000 円/t、50t 以上の平均値は約 3,700 円/t となっている。ただし、事業費は規模（定格出力や実績処理量）だけでなく熱電比率や土地条件、立地年などの影響も受ける点に留意が必要である。

図表 4.42 直接燃焼（木質バイオマス）の定格出力（発電機）と事業費（施設整備費）の関係



出典：「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第3版）」（2010, NEDO）の事例データを用いて作成

図表 4.43 直接燃焼（木質バイオマス）の実績処理量と事業費（施設整備費）の関係



出典：「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第3版）」（2010, NEDO）の事例データを用いて作成

## ② 液体燃料製造

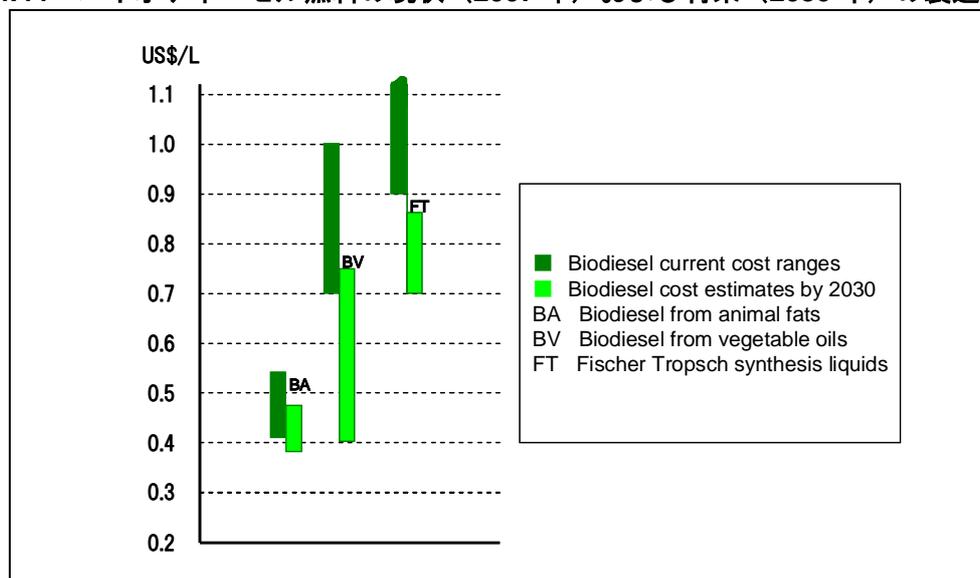
### ◇バイオディーゼル燃料製造

海外におけるエステル交換および FT 合成による燃料製造（バイオディーゼル燃料製造）について、IEA の試算を図表 4.44 に示す。

エステル交換による製法では、2007 年現在、植物油脂原料については 70～100 円/L（1 ドル＝100 円で換算、以下同じ）とされているものが、2030 年には、植物油脂原料では 40 円/L まで低コスト化されるとの試算がなされている。

FT 合成による製法では、2007 年現在 90 円/L 以上とされているものが、70 円/L まで低コスト化されるとの試算がなされている。

図表 4.44 バイオディーゼル燃料の現状（2007 年）および将来（2030 年）の製造コスト



出典：「IEA Energy Technology Essentials」(Jan.2007) <http://www.iea.org/techno/essentials2.pdf>

日本国内においては、地域資源の有効活用といった観点から、菜の花プロジェクトに代表されるような地域コミュニティや NPO が中心となった小規模の事例と、事業系の廃食用油も含めて自治体主導の事例が中心である。一方で、廃食用油を中心とした事業展開においては、大量の原料調達による大規模で安価な生産が難しいという課題もある。

今後普及が進むためには、代替となる軽油価格との競合がターゲットとなるが、各地での製造ノウハウ蓄積の進展や、資源作物の栽培による原料確保といった形での需要と供給の拡大が必要である。

## (3) 生物化学的変換

### ① 気体燃料製造

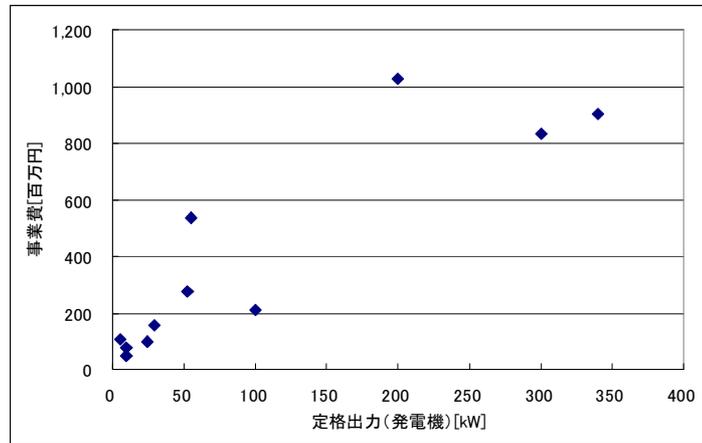
#### ◇メタン発酵

国内におけるメタン発酵設備の定格出力（発電機）と事業費（施設整備費）の関係を図表 4.45 に、処理能力と事業費（施設整備費）の関係を図表 4.46 に示す。これらのデータによると、施

4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

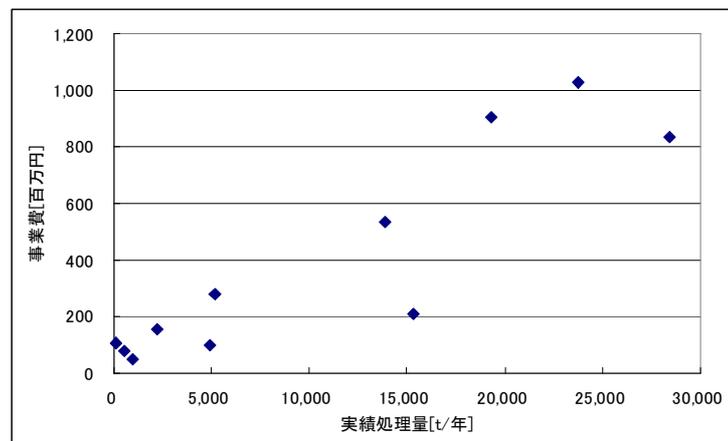
設整備費の目安は発電機の定格出力ベースで 250 万～1,100 万円/kW、年間処理量ベースで 13,000～60,000 円/t 程度となっている。ただし、事業費は規模（定格出力や実績処理量）だけでなく熱電比率や規模、土地条件、立地年などの要因の影響も受ける点に留意が必要である。

図表 4.45 メタン発酵の定格出力（発電機）と事業費（施設整備費）の関係



出典：「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第3版）」（2010, NEDO）の事例データを用いて作成

図表 4.46 メタン発酵の実績処理量と事業費（施設整備費）



出典：「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第3版）」（2010, NEDO）の事例データを用いて作成

② 液体燃料製造

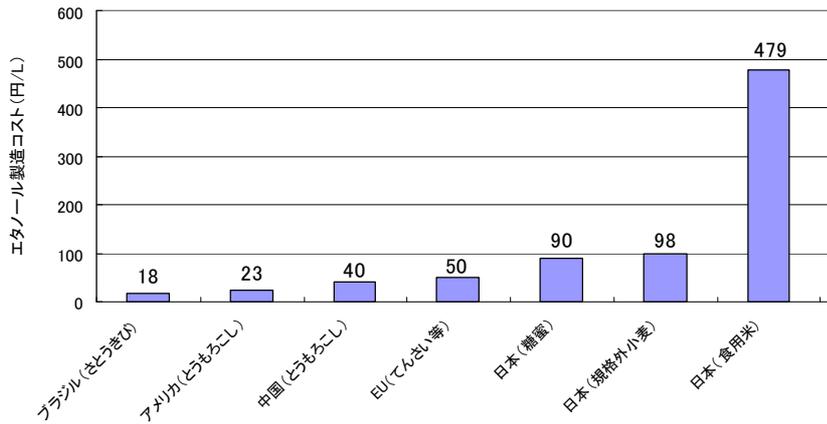
◇エタノール発酵

国内でのバイオエタノール生産については、小規模な実験プラントにおいてサトウキビからの精糖工程で発生する廃糖蜜やでんぷん質原料を基にバイオエタノールの生産が実施されてきたところである。

「国産バイオ燃料新時代」（平成 22 年 3 月、農林水産省）に示された、各種原料由来のバイオエタノール生産コストの比較を図表 4.47 に示す。

海外製のバイオエタノールが 50 円/L 以下であるのと比較しても、国内原料によるエタノール製造については、コスト面での競争力が劣っている。

図表 4.47 各種バイオエタノールとの製造コストの比較

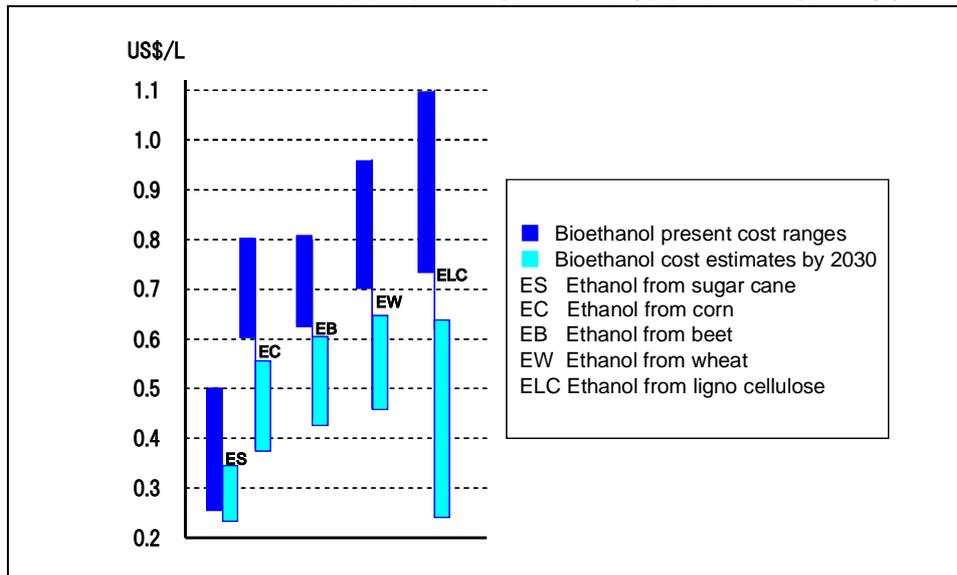


出典：国産バイオ燃料新時代（2010、農林水産省）

こうした状況を踏まえ、国内でのバイオ燃料に関する技術革新の道程を検討することを目的に2007年11月に経済産業省と農林水産省が共同で立ち上げられた「バイオ燃料革新技術協議会」の中では、2015年時点におけるセルロース系エタノール製造コストとして100円/L（バイオマス・ニッポンケース）と40円/L（技術革新ケース）の2つの目標が掲げられたところである。

海外におけるバイオエタノール生産について、IEAの試算（図表4.48）によると、2007年現在、もっとも安価な原料はサトウキビで25～50円/L（1\$=100円で換算、以下同じ）、次いでトウモロコシ、ビートが62～82円/Lと続き、セルロース系は80円/L以上とされている。これが、2030年には、サトウキビでは22円/L、トウモロコシ等では38円/Lに低下し、セルロース系もサトウキビと同等まで低コスト化されるとの試算がなされている。

図表 4.48 バイオエタノールの現状（2007年）および将来（2030年）の製造コスト



出典：「IEA Energy Technology Essentials」(Jan.2007) <http://www.iea.org/techno/essentials2.pdf>

### 4.1.7 推進施策・関連法令

#### (1) 海外の推進施策および関連法令

##### 1) 欧州<sup>5</sup>

##### ① バイオ燃料の位置づけ

2003年5月に発行された「輸送用燃料バイオ燃料に係る指令 (The EU Biofuels Directive on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport) (2003/30/EC)」において、バイオ燃料を輸送分野での温室効果ガス排出抑制対策、エネルギー供給安全保障対策、および持続可能な地域発展に伴う新たな雇用創出を目的として推進している。

##### ② バイオ燃料導入施策

###### i) 燃料規格

- ・ 1985年12月5日 Council Directive 85/536/ECC にて規定。
- ・ バイオエタノールを5% (体積比) まで、ETBEを15% (体積比) まで混合することを許容。

###### ii) 原料生産

- ・ 共通農業政策 (Common Agricultural Policy) に基づく農業改革を推進。この中で、バイオ燃料用原料作物の栽培推進も位置づけられている。具体的には以下のとおり。

###### 【規制緩和】

- ・ 休耕義務地におけるエネルギー作物栽培を許可。(2003年以前は、休耕地での農産物生産は一切禁止)

###### 【助成制度】

- ・ エネルギー作物に対する特別支援を導入。1ha当たり45ユーロの奨励金が、EU全体で最大保障面積150万haの枠内で支払われる。(ただし、申請が限度額を超えた場合には、奨励金の金額はそれに応じて減額)

###### 【税制優遇】

- ・ 税制優遇 (ガソリン税の免除等) 1992年 EC Directive 92/81/EEC : パイロットプロジェクトで生産されたバイオ燃料の税額控除が認められるようになった。
- ・ 2003年10月エネルギー税指令 (Restructuring the Community Framework for the Taxation of Energy Products and Electricity) (2003/96/EC) を採択。加盟国に対してバイオ燃料に対する税制優遇措置を認めており、全額免除を含めた措置を講ずることが可能となった。(競争の不当なゆがみを避けるために、実施するためには欧州委員会の事前の許可が必要。) 税控除や減税は最大6年間に制限されるが、継続もありうる。

<sup>5</sup> EU資料、バイオ燃料・バロメータ 2009(EU) (NEDO海外レポート、NO.1054、2009.11.4) 等に基づき作成。

## 2) ドイツ<sup>6</sup>

### ① バイオ燃料の位置づけ

欧州最大のバイオ燃料消費国であるドイツは、バイオ燃料とバイオエネルギーを、エネルギー安全保障、農業振興・地域振興、温室効果ガス排出削減を達成する手段として、将来の鍵となる技術と考えている。

### ② バイオ燃料導入施策

#### i) 原料生産

共通農業政策（Common Agricultural Policy）改革（EU の政策）に準ずる。

#### ii) 燃料製造

##### 【助成制度】

- ・ バイオ燃料製造に特化した施策はない。
- ・ バイオマス由来の電力に対する特別補助として、500kW 容量の工場：6 ユーロセント/kWh、5MW 容量の工場：4 ユーロセント/kWh の拠出がなされる。

#### iii) 流通

- ・ 2007 年 1 月 1 日 バイオ燃料に関する法律（Biokraftstoffquotengest）発効
- ・ 2009 年 4 月 23 日 バイオ燃料促進再編法（The Biofuel Promotion Restructuring Act/ Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen）可決

##### 【規制】

- ・ バイオディーゼル燃料の導入率（義務）は、2007 年から 4.4%。バイオエタノールの導入率（義務）は、2007 年に 1.2%、2008 年に 2% となった。さらに、両方の燃料に総合的に適用される導入率は、2009 年は 5.25% に引き下げられ、2010 年から 2014 年に 6.25% となった。

##### 【税制優遇】

- ・ この法律では、これら以外の未開拓なバイオ燃料に対しては、より有利な税制度が維持されることになっている。
- ・ 純植物油と純バイオディーゼル燃料は割当制度の枠外とされ、2009 年の税率は 1L あたり約 18 ユーロセントとされ、毎年段階的に引き上げられる予定である。（2007 年：1L あたり 0.09 ユーロ、2008 年：0.15 ユーロ、2009 年：0.183 ユーロ、2010 年：0.245 ユーロ、2011 年：0.304 ユーロ、2012 年：0.422 ユーロ、2013 年：0.45 ユーロに引き上げられる予定となっている。）

#### iv) 利用

##### 【税制優遇】

- ・ 1999 年 4 月 1 日 環境税の導入。対象はガソリン、石油精製品、天然ガス、液化ガス、電

<sup>6</sup> EU 資料、「Germany Report to the European Commission under Article 4 of the Biofuels Directive 2003/30/EC」(2008)9、バイオ燃料・バロメータ 2009(EU) (NEDO 海外レポート、NO.1054、2009.11.4) 等に基づき作成。

## 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

力。ただし、ナタネ油から精製するバイオディーゼル燃料、純粋なバイオディーゼル燃料は免除。

- ・ 2004 年 1 月 純粋なバイオ燃料だけでなく混合バイオ燃料にも、混合分に対して鉱油税が免除されることになった。
- ・ 2006 年 8 月 1 日 税金の導入が再び決定

## v) その他関連施策等

## 【再生可能電力】

- ・ 2000 年 4 月 1 日 再生可能エネルギー法 (Erneuerbare Energien Gesetz) 施行
- ・ 2009 年 1 月 1 日 改正 再生可能エネルギー法 施行

## 【その他】

- ・ 2009 年 4 月 23 日 バイオ燃料促進再編法 (The Biofuel Promotion Restructuring Act/ Gesetz zur Änderung der Förderung von Biokraftstoffen) 可決
- ・ 燃料品質規制 (Kraftstoffqualitätsverordnung) の基準に適合している場合、バイオメタンがガソリン割当と全体割当に合計しうることになる。
- ・ 2015 年から、バイオ燃料割当に対するベンチマークは現在のエネルギー評価から温室効果ガス削減純量に転換することになる。
- ・ BTL (Biomass-to-Liquid) 燃料に対して、過去 5 年間に渡り財政的支援を実施。

3) フランス<sup>7</sup>

## ① バイオ燃料の位置づけ

フランスでは EU 全体目標を上回るバイオ燃料導入目標を設定し、自国の農業生産資源を活用できるバイオ燃料の生産・流通を拡大するための施策を積極的に推進している。

## ② バイオ燃料導入施策

## i) 原料生産

- ・ 共通農業政策 (Common Agricultural Policy) 改革 (EU の政策) に準ずる。

## ii) 燃料製造

## 【税制優遇】

- ・ バイオ燃料に対する消費税(TIC、旧 TIPP)の部分的な免税措置を生産業者に対して実施している。
- ・ ただし、この税制優遇では、許可生産という形がとられており、入札によって選定された製造業者がバイオ燃料を生産する。(2008 年: バイオディーゼル燃料 228 万 2,500 トン/バイオエタノール 89 万 1,800 トン、2010 年: バイオディーゼル燃料 323 万 2,500 トン/バイオエタノール 104 万 1,800 トンの予定。)
- ・ 2009 年の免税額は、バイオディーゼル燃料に対する免税額 (100L あたり): 15 ユーロ、

<sup>7</sup> 「French Report to the European Commission under Article 4 of the Biofuels Directive 2003/30/EC」(2008)9、バイオ燃料・バロメータ 2009(EU) (NEDO 海外レポート、NO.1054、2009.11.4) 等に基づき作成。

バイオエタノールに対する免税額：21 ユーロ。

iii) 流通

【税制優遇】

- ・ 2005 年 “ Article 32 of the Finance Law 2005 ”に基づき、汚染事業総合税( TGAP、The General Tax on Polluting Activities ) を導入。
- ・ ガソリンとディーゼルへのバイオ燃料の混合を奨励するために、期待される国家目標を下回るレベルのバイオ燃料の混合を行う事業者は、財政法第 32 条により、汚染活動に対する一般税の追加支払の義務を課される。税率は市場に出したバイオ燃料の数量に従い軽減される。

iv) 利用

【税制優遇】

- ・ 1992 年よりバイオディーゼル燃料と ETBE に対する消費税の部分的な控除を開始。
- ・ 2004 年より混合バイオエタノールも部分的な税額控除を開始。

v) その他関連施策等

【包括的バイオ燃料促進策】

- ・ 2005 年、フランス農産省は EU による Biofuels Action Plan に沿った計画推進に同意。Biofuels Action Plan は 15 の施策からなり、従来のバイオ燃料の生産や利用を刺激し、新しいバイオ燃料を推進することを目的としている。

#### 4) 英国<sup>8</sup>

##### バイオ燃料の位置づけ

英国では、再生可能エネルギー由来の輸送燃料を 10%にする目標が公表されている。一方、バイオ燃料導入に伴う環境影響を評価した Gallagher report ( 2008 年 7 月 ) を受け、バイオ燃料の導入目標を EU 指令を下回る設定とするなど、持続可能性の視点にも配慮した独自色ある施策を展開している。

##### バイオ燃料導入施策

i) 原料生産

- ・ 2003 年 共通農業政策 ( Common Agricultural Policy ) 改革 ( EU の政策 ) に準ずる。
- ・ エネルギー作物生産への補助が実施されている。

ii) 燃料製造

【助成制度】

- ・ 2008 年 3 月までバイオ燃料プラントに対して資本補助を行った。今後も補助を行うかは

<sup>8</sup> 「UK Report to the European Commission under Article 4 of the Biofuels Directive 2003/30/EC」(2008)9、バイオ燃料・パロメータ 2009(EU) ( NEDO 海外レポート、NO.1054、2009.11.4 ) 等に基づき作成。

検討中。

### iii) 流通

#### 【義務】

- ・ 2006年4月 再生可能輸送燃料義務（Renewable Transport Fuel Obligation : RTFO）制度を導入（2008年4月開始）
- ・ 販売業者に対して、一定の割合の再生可能エネルギー由来燃料を輸送用燃料の一部としてガソリンスタンドで販売することを義務付けるもの。（販売比率は、前述の導入目標として示した比率が適用）
- ・ 販売業者は買取価格を支払うことによって、RTFO の義務を果たすことも可能である。その場合の買取価格は、最初の二年間は 1L 当たり 15 ペンス、その後 1L 当たり 30 ペンスに上昇する。
- ・ 2009年に改訂された RTFO では、新たに 2 つの再生可能燃料（バイオブタノールと再生可能ディーゼル）が RTFO で認定されることになった。
- ・ 事業者は、バイオ燃料導入量と持続可能性基準（原料の環境基準への適合性、GHG 排出抑制効果、持続可能性基準への適合性による基準）の達成状況を報告する義務がある。なお、バイオ燃料持続可能性基準の達成目標は図表 4.49 に示すとおりである。

図表 4.49 バイオ燃料持続可能性基準の達成目標

Annual target	2008/09	2009/10	2010/11
環境基準に適合した原料の割合 Percentage of feedstock meeting a qualifying environmental standard	30%	50%	80%
温室効果ガス排出削減量の年間平均値 Annual average greenhouse gas saving of biofuel supplied	40%	45%	50%
持続可能性指標に関する数値のデータ報告 Data reporting on sustainability characteristics	50%	70%	90%

出典：「UK Report to the European Commission under Article 4 of the Biofuels Directive 2003/30/EC」（2008.9）

### iv) 利用

#### 【税制優遇】

- ・ バイオ燃料に対して、販売事業者に対する免税措置として 1L 当たり 20 ペンス（0.30 ユーロ/L）の消費税控除が存在するが、2010年で終了。

### v) その他関連施策等

#### 【超低炭素自動車ビジョン】

- ・ 2009年4月 超低炭素自動車の開発、実証研究の先導者となるべく、今後5年間の様々なロードマップを公表。2.5億ポンドの財政的支援も行う。

#### 【16のリサーチおよび開発プロジェクト】

- ・ 2012年までに水素駆動ロンドンタクシー開発プロジェクト等。

【Energy Technologies Institute(ETI)の設立】

- ・ エネルギー技術の開発、実証の促進、エネルギー効率の増加や温室効果ガスの削減、またエネルギーと気候変動の目標を達成することを目的とする。バイオ燃料を含む輸送分野も対象としている。

5) 米国<sup>9</sup>

① バイオ燃料の位置づけ

米国では、主に石油依存度低減を目的にバイオ燃料導入を推進しているが、トウモロコシ農家やエタノール産業に係る保護政策を通じた産業振興の側面も強いと考えられる。

② バイオ燃料導入施策

i) 原料生産

【助成制度】

- ・ 2008 年農業法：バイオエタノールやバイオディーゼル燃料普及のためにバイオ燃料製造者に対して補助金を交付し、原料農産物の生産を拡大。
- ・ 国産かつ国内向けセルロース系バイオ燃料に対して税還付制度を適用。

ii) 燃料製造

◇連邦政府

【税制優遇】

- ・ 1992 年エネルギー政策法：バイオエタノールに関する税制優遇措置を 5 セント/ガロン(約 1.3 セント/L) とし、バイオエタノール製造業者に対する税制優遇措置を 54 セント/ガロン(約 14.3 セント/L) に規定。小規模バイオエタノール生産者に対する所得税控除。年間生産量 6000 万ガロン(22.7 万 kL) 未満のバイオエタノール生産者に対して、年間 150 万ガロン(0.56 万 kL) を上限として 1 ガロン当たり 10 セント(約 2.6 セント/L) の所得税控除が適用されている。
- ・ 2004 年雇用創出法：バイオエタノール混合者に対して税制優遇を適用。また、バイオディーゼル燃料についてはバイオディーゼル混合燃料に含まれるバイオディーゼル燃料について税控除が受けられる(2006 年末までであったものが、2005 年 エネルギー政策法により 2008 年末まで延長)。

【助成制度】

- ・ 米国農務省関連のプログラムでは、商品金融公社(CCC)を通じて「CCC バイオエネルギープログラム」として指定されたトウモロコシを中心とする農作物からバイオエタノールやバイオディーゼル燃料を生産する事業者に対して、年間 1 億 5,000 万ドルの基金を提供している。参加者は前年度からの生産量増加分に応じて基金から 2005 年度は 12.1 セント/ガロン(約 3.2 セント/L) の配分を受け取る仕組みになっている。

<sup>9</sup> EPA 資料、F. O. Licht 資料、「NEDO 海外レポート、NO.1048、2009.7.15」等に基づき作成。

## ◇州政府

- ・ イリノイ州では、バイオエタノールを 10%混合したガソリンの売上税を 2%減免。(アラスカ州、ハワイ州、アイダホ州、アイオワ州、メイン州、ミネソタ州、ノースダコタ州、オクラホマ州、サウスダコタ州にても同様の措置を有する)
- ・ バイオエタノール製造業者に対しては、ミネソタ州が最大で 20 セント/ガロン (約 5.3 セント/L) の補助を行っている。(ハワイ州、インディアナ州、アイオワ州、カンザス州、メイン州、メリーランド州、ミシシッピ州、ミズリー州、モンタナ州、ノースダコタ州、テキサス州、ウィスコンシン州、ワイオミング州でも同様の措置を有する)

## iii) 流通

## 【税制優遇】

- ・ 2005 年エネルギー政策法：E85 用のガソリンスタンドのインフラ整備に関して、30%の所得税控除もしくは 3 万ドルを上限とする補助が事業者に対して適用される。

## iv) 利用

## 【税制優遇】

- ・ 1978 年エネルギー税法 (Energy Tax Act) 成立。バイオエタノール 10%以上を混合したガソリンに対して 4 セント/ガロン (約 1.1 セント/L) の税制優遇措置 (連邦税を減免) を実施。

## (2) 国内における推進施策および関連法令

## ① 法律・税制

- 電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法 (RPS 法) (平成 14 年法律第 62 号、最終改正：平成 21 年法律第 70 号)

RPS 制度 (Renewables Portfolio Standard) とは、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」(以下、「新エネルギー等利用法」という。)に基づき、エネルギーの安定的かつ適切な供給を確保するために、電気事業者に対して、毎年、その販売電力量に応じた一定割合以上の新エネルギー等から発電される電気の利用を義務付け、新エネルギー等の更なる普及を図るための法制度である。

電気事業者は、義務を履行するため、自ら「新エネルギー等電気」を発電するか、他者から「新エネルギー等電気」を購入、または「新エネルギー等電気相当量 (法の規定に従い電気の利用に充てる、もしくは、基準利用量の減少に充てることのできる量)」を取得することとなる。

**図表 4.50 RPS 法下における新エネルギー等電気等に係る取引価格推移  
(「RPS 相当量+電気」の加重平均価格)**

単位：円/kWh

	H15 年度	H16 年度	H17 年度	H18 年度	H19 年度	H20 年度
バイオマス	7.2	7.5	7.6	7.7	7.8	8.0

出典：平成 20 年度実績 RPS 法下における新エネルギー等電気等に係る取引価格調査結果について (H21.8.3)

ii) エネルギー需給構造改革推進投資促進税制（略称：エネ革税制）

省エネルギー型設備の導入を促進するために設けられた税制上の措置で、省エネルギー設備等を取得し、その後1年以内に事業の用に供した場合に税制優遇が受けられる制度である。

【対象者】

- ・ 法人または個人のうち青色申告を提出する者

【対象事業】

対象設備は以下のとおり（バイオマス関連のみ抜粋）

- ・ 紙・パルプ製造工程バイオマス燃焼ボイラ
- ・ リグニン燃焼ボイラ
- ・ 木質バイオマス発電装置
- ・ 木質バイオマス熱電併給型木材乾燥装置
- ・ 木質バイオマス利用加温装置
- ・ バイオマス利用メタンガス製造装置
- ・ バイオエタノール製造設備

【内容】

- ・ 個人および法人のうち青色申告する者が、対象設備を取得し、その後1年以内に事業の用に供した場合、次のいずれか一方を選択できる。
  - ①所得税または法人税の額から基準取得額の7%相当額の税額控除
  - ②普通償却の他に基準取得額の30%相当額を限度として償却できる特別償却但し、①は中小企業者等（大企業の子会社等を除く資本金1億円以下の法人または資本・出資を有しない法人のうち従業員数が千人以下の法人。個人事業者においては従業員数が千人以下の者。）に限る。
- ・ 平成21年4月1日から平成23年3月31日までの間に取得等をする設備については初年度即時償却が適用できる。

【期間】

平成21年4月1日～平成24年3月31日

iii) バイオ由来燃料導入促進税制

バイオ由来燃料を混合したガソリンの普及促進を図るため、バイオ由来燃料を混合してガソリンを製造した場合に、当該混合分に係る揮発油税および地方道路税を免除する制度である。

【対象者】

- ・ バイオエタノール又は ETBE（エチル・ターシャリ・ブチル・エーテル）と揮発油を混合して揮発油を生産する事業者

【対象事業】

- ・ バイオエタノール又は ETBE（エチル・ターシャリ・ブチル・エーテル）と揮発油を混合して揮発油を生産する事業

【内容】

- ・ バイオ由来燃料（エタノールまたは ETBE）を混合してガソリンを製造した場合に、当該混合分に係る揮発油税および地方揮発油税を免税。

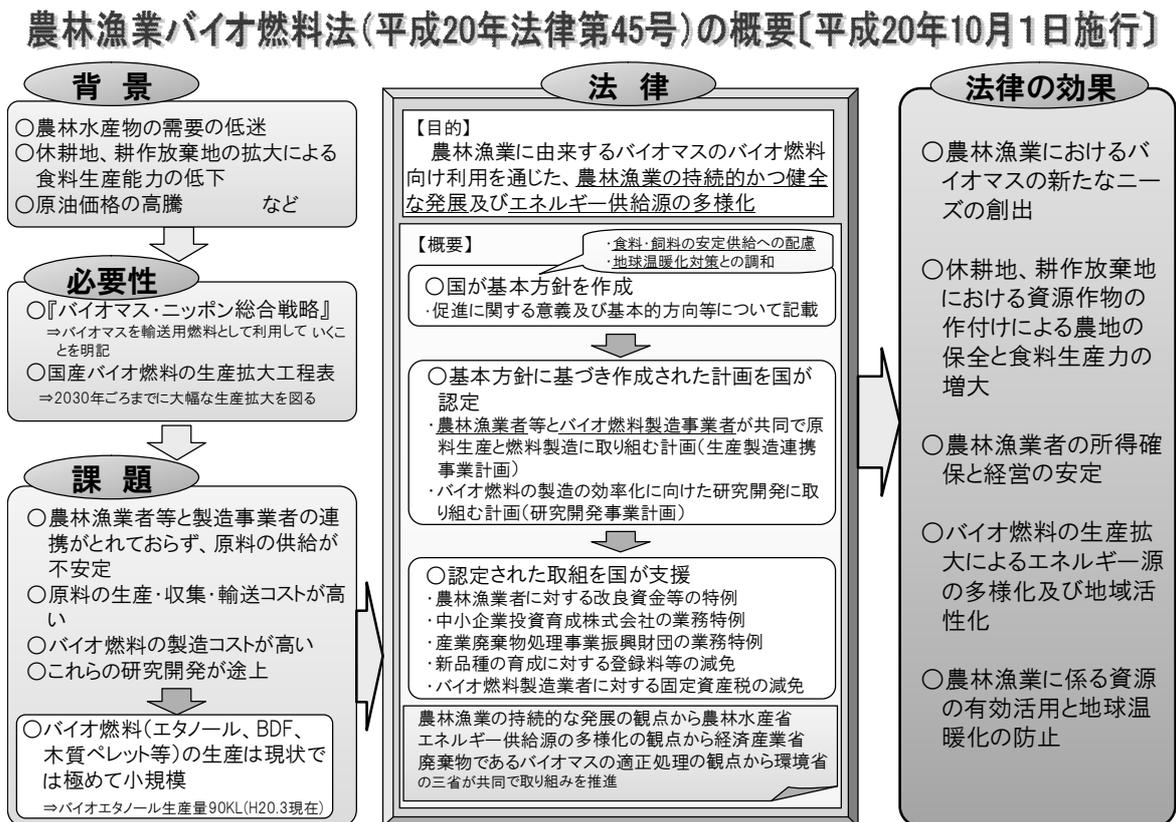
【期間】

平成 21 年 2 月 25 日～平成 25 年 3 月 31 日

iv) 農林漁業有機物資源のバイオ燃料の原材料としての利用の促進に関する法律（農林漁業バイオ燃料法）（平成 20 年法律第 45 号）

関係 7 府省（内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省〔事務局〕、経済産業省、国土交通省、環境省）による「バイオマス・ニッポン総合戦略」（平成 18 年 3 月閣議決定、後述）に基づき国産バイオ燃料の利用と生産拡大を推進する法律上の仕組みとして「農林漁業バイオ燃料法」が制定された。関連する法令の整備等を行い、農林漁業バイオ燃料法が平成 20 年 10 月 1 日に施行された。

図表 4.51 農林漁業バイオ燃料法の概要



出典：農林水産省ウェブサイト <http://www.maff.go.jp/j/kanbo/bio/nenryoho/index.html>

本法律では、「生産製造連携事業計画」（農林漁業者等とバイオ燃料製造事業者が共同で原料生産と燃料製造に取り組む計画）および「研究開発事業計画」（バイオ燃料の製造の効率化に向けた研究開発に取り組む計画）を認定し、施設にかかる固定資産税を 3 年間に限り 1/2 に減免する他、後述する「エネルギー需給構造改革推進投資促進税制」「バイオ由来燃料導入促進税制」

の適用対象とすることで取組みを推進するものである。

#### v) バイオマス活用推進基本法（平成 21 年法律第 52 号）

バイオマスに関する政府施策の代表例である、「バイオマス・ニッポン総合戦略（閣議決定）」を踏襲し、法律としてバイオマスの活用の推進に関する基本理念を定めるとともに、関係する各主体（国、地方公共団体、事業者および国民）の責務を明らかにし、バイオマスの活用の推進に関する施策の基本となる事項を定めたもの。バイオマスの活用の推進に関する施策を総合的かつ計画的に推進し、持続的に発展することができる経済社会の実現に寄与することを目的としている。

バイオマス・ニッポン総合戦略においては、基本理念は 4 項目（地球温暖化防止／循環型社会形成／戦略的産業育成／農山漁村活性化）であったが、本法律では基本理念を以下の 11 項目とするなど、バイオマス活用の意義をより詳細にかつ広範に示したものである。

**図表 4.52 バイオマス活用推進基本法の基本理念**

- |  |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 総合的、一体的かつ効果的な推進（第三条）</li> <li>・ 地球温暖化の防止に向けた推進（第四条）</li> <li>・ 循環型社会の形成に向けた推進（第五条）</li> <li>・ 産業の発展および国際競争力の強化への寄与（第六条）</li> <li>・ 農山漁村の活性化等に資する推進（第七条）</li> <li>・ バイオマスの種類ごとの特性に応じた最大限の利用（第八条）</li> <li>・ エネルギーの供給源の多様化（第九条）</li> <li>・ 地域の主体的な取組みの促進（第十条）</li> <li>・ 社会的気運の醸成（第十一条）</li> <li>・ 食料の安定供給の確保（第十二条）</li> <li>・ 環境の保全への配慮（第十三条）</li> </ul> |
|--|

なお、本法律が定めるところの「バイオマス活用推進基本計画」が政府内で検討が進んでおり、平成 22 年中に公表されることとなっている。この基本計画において、基本理念を実現するための具体的な方策等が定められることとなっている。

#### vi) 森林・林業基本法（昭和 39 年法律第 161 号、最終改正：平成 20 年法律第 38 号）および関連施策について

我が国の森林資源は、戦後の木材需要をまかなう等の理由から全国的な植林が行われた結果、人工林面積は約 1 千万 ha、木材蓄積量は約 27 億 m<sup>3</sup>（ほかに天然林の蓄積量 18 億 m<sup>3</sup>）となるなど量的充実が図られてきたが、路網整備や施業集約等の効率化が進まず生産性が低いことや、木材価格が低迷していること等、植林や育林等の森林施業に必要な収益が十分に確保できていない。その結果、木材の自給率は近年上昇しているとはいえ、24%（平成 20 年）に止まっているのが現状である。こうした森林・林業をめぐる厳しい情勢等に対応するため、「林業基本法」（昭和 39 年制定）を抜本的に見直し、平成 13 年 6 月に「森林・林業基本法」が制

定された。

#### ◇森林・林業基本計画

「森林・林業基本法」に基づく「森林・林業基本計画」は、平成 13 年 10 月に策定され、5 年後の平成 18 年 9 月に見直しが行われた。同計画では、「緑の社会資本」である森林の恩恵が将来にわたって享受されるべく、国民のニーズに応えた多様で健全な森林への誘導、国民の安全・安心の確保のための治山対策、国産材の利用拡大を軸とした林業・木材産業の再生を推進していくこととしている。

#### ◇森林・林業再生プラン

平成 21 年 10 月には、政府の緊急雇用対策本部で決定された「緊急雇用対策」において、「森林・林業の再生に向けた中長期的な政策の方向を明示し、森林・林業を基軸とした雇用の拡大を図るため、年内を目途にプランを作成する」とされたのを受け、「森林・林業再生プラン」が作成され、平成 21 年 12 月 25 日に公表された。

同再生プランでは、今後 10 年間を目途に、効率的かつ安定的な林業経営の基盤と木材の安定供給・利用に必要な体制を構築し、森林・林業を早急に再生していくための指針が示されるとともに、

- ・ 林業・林産業の再生を環境をベースとした成長戦略の中に位置付け、木材の安定供給力の強化を軸にした対策により雇用も含めた地域再生を図る
- ・ 森林計画制度等の制度面から路網・作業システム整備、人材育成などの実践面も含め、森林・林業政策を全面的に見直す

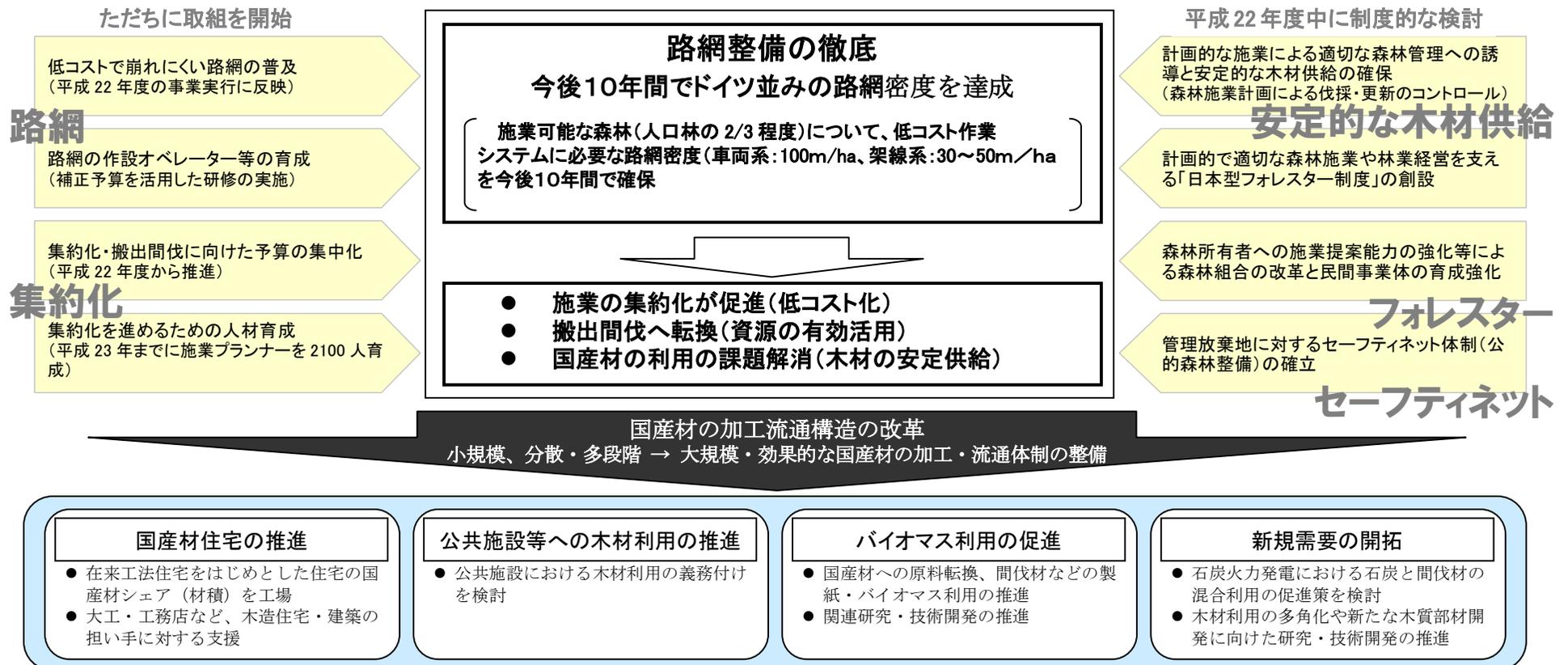
の 2 項目を目的とし、バイオマス利用の促進等によって 2020 年に木材自給率 50%、低炭素社会の実現を目指すとされている。

図表 4.53 森林・林業再生プラン（H21.12.25 公表）のイメージ図

## 森林・林業再生プラン(イメージ図)

- 強い林業の再生に向け、路網整備や人材育成など集中的に整備し、今後、10年以内に外材に打ち勝つ国内林業の基盤を確立
- 山元へ利益を還元するシステムを構築し、やる気のある森林所有者・林業事業者を育成するとともに、林業・木材産業を地域産業として再生
- 木材の安定供給体制を構築し、外材からの需要を取り返して、強い木材産業を確立
- 低炭素社会づくりに向け、我が国の社会構造を「コンクリート社会から木の社会」に転換

### 《木材の安定供給体制を構築し、儲かる林業を実現》



～ コンクリート社会から木の社会へ 木材自給率 50% 低炭素社会の実現 ～

### vii) 循環型社会形成推進基本法（平成 12 年法律第 110 号）と関連施策

「循環型社会」とは、「[1]廃棄物等の発生抑制、[2]循環資源の循環的な利用および[3]適正な処分が確保されることによって、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷ができる限り低減される社会」と定義している。国、地方公共団体、事業者および国民との役割分担を明確化し、その実現を図る法律制度である。

また、環境省および関係省庁によって策定された循環型社会形成推進基本計画（第一次基本計画：平成15年、第二次基本計画：平成20年）に基づく支援策が実施されている。

バイオマスについては、食品廃棄物の飼料化、肥料化等や稲わら、廃木材等のセルロースを原料としたエタノール生産、生ごみ等からのメタン回収を高効率に行うバイオガス化、回収された廃食油等からのバイオディーゼル燃料の生成、木質ペレット、汚泥等の固形燃料化などの推進がある。

## ② 推進施策

### i) バイオマス・ニッポン総合戦略

地球温暖化防止、循環型社会形成、戦略的産業育成、農山漁村活性化等の観点から、関係 7 府省（内閣府、総務省、文部科学省、農林水産省〔事務局〕、経済産業省、国土交通省、環境省）が協力して、バイオマスの利活用推進に関する具体的取組みや行動計画を「バイオマス・ニッポン総合戦略」として平成 14 年 12 月に閣議決定したものである。平成 18 年 3 月には、それまでのバイオマス利活用状況や平成 17 年 2 月の京都議定書発効等の戦略策定後の情勢の変化を踏まえて見直しを行い、国産バイオ燃料の本格的導入、林地残材などの未利用バイオマスの活用等によるバイオマスタウン構築の加速化等を図るための施策を推進するための総合戦略と位置づけられてきた。

前述のとおり、平成 21 年 5 月に成立、同年 9 月に施行された「バイオマス活用推進基本法」およびその基本計画として主旨および理念が引き継がれる段階にある。

#### 4.1.8 ビジネスモデル

バイオマスエネルギー関連のビジネスとしては、バイオマス資源のエネルギー変換設備・機器の製造・販売ビジネスと、バイオマス資源よりエネルギー（熱・電力・バイオ燃料）を供給するビジネスに大別できる。ここでは、後者のバイオマスエネルギー供給ビジネスについてのビジネスモデルの特徴を整理し、技術開発との関連を概観する。

バイオマスエネルギー供給に係るビジネス形態は、バイオマス資源の調達として自己調達的方式か他者から調達する方式か、さらにはエネルギー利用先として自家消費とするか他者への供給とするか、等の切り口で分類できる。

一方、こうしたバイオマスエネルギー関連事業を事業規模の概念で整理すると、i)小規模・オンサイト・地産地消型、ii)大規模・ネットワーク・基幹産業型、に大別することができる。

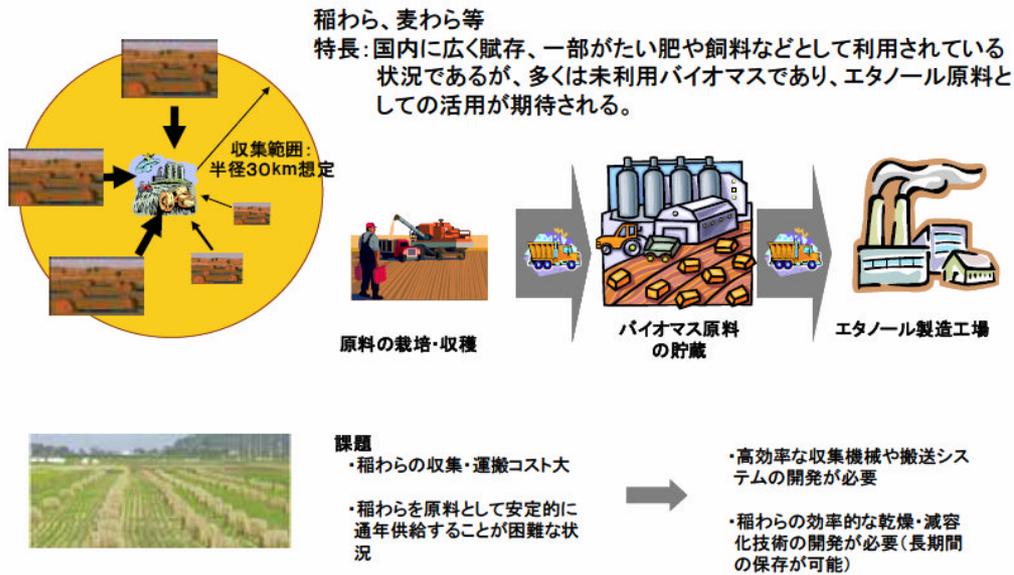
i)については、地域や事業者レベルに賦存するバイオマス資源を活用し、それぞれのエネルギー需要特性に応じた利用を行うものであり、規模は小さく、オンサイトにての利用が中心となる。ビジネスモデルのポイントは、農林水産業を中心とする資源の供給者とエネルギー利用者が連携し、地域に根ざした利用システムを構築することである。こうした事業形態においては、小規模・オンサイトという特性に合致した技術開発が必要である。

ii)については、バイオマス資源を広域から収集することで一定規模の資源量を確保し、大規模に利用する形態である。ビジネスモデルのポイントは、バイオマス資源量の安定的な確保であり、資源の供給者との連携が重要である。

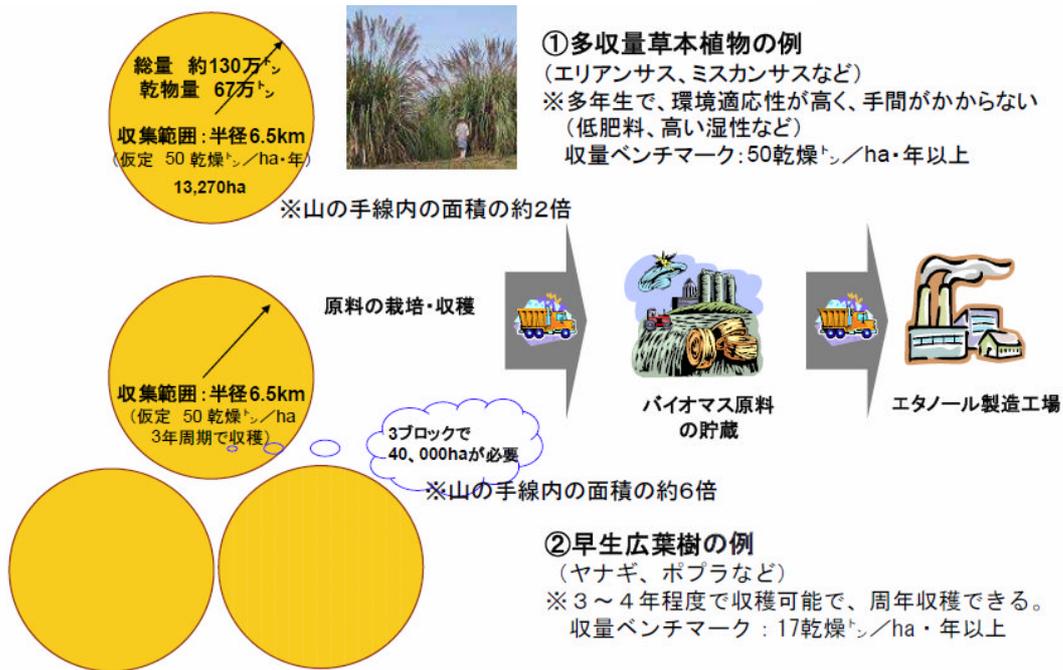
ii)の例として、図表 4.54 に「バイオ燃料技術革新計画」にて示される2通りのビジネスモデルを示す。a) バイオマス・ニッポンモデル（1万 kL/年）として示したものは、稲わら等の国内資源を用い、概ね半径 30km 程度の収集範囲としてバイオエタノール製造事業を実施する事業モデル例である。一方、b)技術革新ケース バイオエタノール生産モデル（10～20万 kL/年）として示したものは、アジア諸国等の海外での事業モデルを想定し、概ね半径 6.5km という広大な土地に多収量草本作物を栽培し、大規模なバイオエタノール事業を実施するモデル例である。

図表 4.54 バイオ燃料技術革新計画にて想定されるビジネスモデル

a) バイオマス・ニッポンモデル (1万kL/年)



b) 技術革新ケース バイオエタノール生産モデル (10~20万kL/年)



出典: 「バイオ燃料技術革新計画」(平成20年3月、バイオ燃料技術革新協議会)

#### 4.1.9 国内技術の競争力

ここでは、主要なバイオマスエネルギー変換技術について、主に欧米諸国と比較し我が国の競争力について記した。

##### (1) エタノール発酵

セルロース系エタノール生産の技術開発は、我が国をはじめ、米国や欧州でも積極的に進められている。米国ではソフトセルロースを原料とする実証試験が多数のサイトで実施されており、前処理を含めた生産技術全体で先行している。我が国も、低コスト・低エネルギー前処理技術や膜を利用した糖化液濃縮技術等、国産技術による一貫製造技術の確立に向けた、産学官連携の取組みが行われている。

##### (2) BTL

ガス化システムでは、流動床型ガス化炉とタール改質の組合せ、および、噴流床ガス化炉が開発の主流になっている。噴流床ガス化炉はシステム、運転が比較的単純でコスト面に優れ、欧州のいくつかの国で商業化が目指されている（ドイツ、スウェーデンなど）。一方、流動床型ガス化炉は、バイオマス収集量に応じた設計が可能であり、フィンランド、米国、日本などで開発が進められている。日本においては、メタノール製造、FT 合成、DME 合成などの研究が進められており、また、堅実な開発目標が設定されており、十分な技術開発力を有していると言える。

##### (3) 微細藻類

米国では、1978 年から 1996 年に国立再生可能エネルギー研究所にて実施されていた藻類に関する研究を再開するとともに、大学での基礎研究の実施、さらにはベンチャー企業等による藻類生産の実用化研究も盛んに行われている。一方、わが国では、現状幾つかの機関がラボスケールの研究開発を行うに止まっている。わが国の保有する微細藻類株の種類や過去の研究レベルは高く、今後体系化された研究開発戦略に基づいて着実な研究開発を進めることが期待される。

##### (4) バイオディーゼル燃料製造

エステル交換によるバイオディーゼル燃料製造は、技術面では確立されていると言える。

今後の課題は、副生物のグリセリンの有効活用や原料調達が課題となる。グリセリンの利用は水素化分解などの研究が日本においても進められている。また、日本においては超臨界メタノール法によるバイオディーゼル燃料製造の研究開発が進められている。日本では廃食用油を原料とするケースが多く、原料調達に限界があること、原料調達コストが高くなることがバイオディーゼル燃料の普及のネックとなっている。

##### (5) メタン発酵

「4.1.5.2 技術別の開発動向」に示したとおり、メタン発酵に必要な要素技術は概ね確立しており、効率向上、コスト低減のためのいくつかの技術開発が進められている状況である。基礎

#### 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

技術は欧州で確立された技術が多く、日本のプラントメーカーは、欧州のプラントメーカーとの技術提携等によりプラントを設計・製造している。今後、メタン発酵の普及拡大には都市ガスへの混合などの用途拡大が鍵となると考えられる。スウェーデンにおいては、自動車やバスへの利用が進んでいるが、日本でもバス等での利用が実証的に行われており、オフサイト利用用途の多様化が期待されている。

##### (6) ガス化

米国、欧州では、固定床の小型システムから噴流床等の大型システムまで、幅広く技術開発が行われている。一方、国内では、安価な原料を大量に確保するのが困難なことから、コジェネレーションを目的とした小・中規模のシステム開発が中心である。

## 4.2 技術ロードマップ

### 4.2.1 目指す姿

#### (1) バイオマスエネルギーを取りまく現状

##### ① 導入、普及に向けた課題

バイオマスは、エネルギー利用過程において二酸化炭素の発生量を増加させないため、温室効果ガス発生量削減に貢献するエネルギー資源として、その利用拡大が大いに期待されているが、その導入に際して、安定的なバイオマス資源確保の問題、エネルギー利用先確保の問題など、事業化にあたっての様々な課題、障害が存在する場合が多い。また、経済性の向上や食料と競合しない持続的なバイオマスエネルギー生産のためには、数多くの解決すべき技術課題が残っている。

このようなことから、バイオマス資源供給者、エネルギー変換事業者、エネルギー利用事業者などの関連主体が連携し事業性が確保できるシステム整備を行っていく必要がある。

太陽光発電や風力発電は天候等の影響で出力が変動するのに対し、バイオマスエネルギー出力は制御可能である。この特徴を活かし、バイオマスエネルギー技術のみの範疇に止まらず、太陽光発電や風力発電といった他の再生可能エネルギーとの組合せ（相互補完）利用やスマートグリッドといったシステム化技術との連携により、社会への普及促進を目指していくことが求められる。

また、バイオマスはエネルギー利用だけではなく、再生可能なマテリアルであるという他の再生可能エネルギーにはない特徴を有しており、バイオリファイナリー技術に関連づけて開発していくことが求められる。

##### ② 森林資源の積極活用

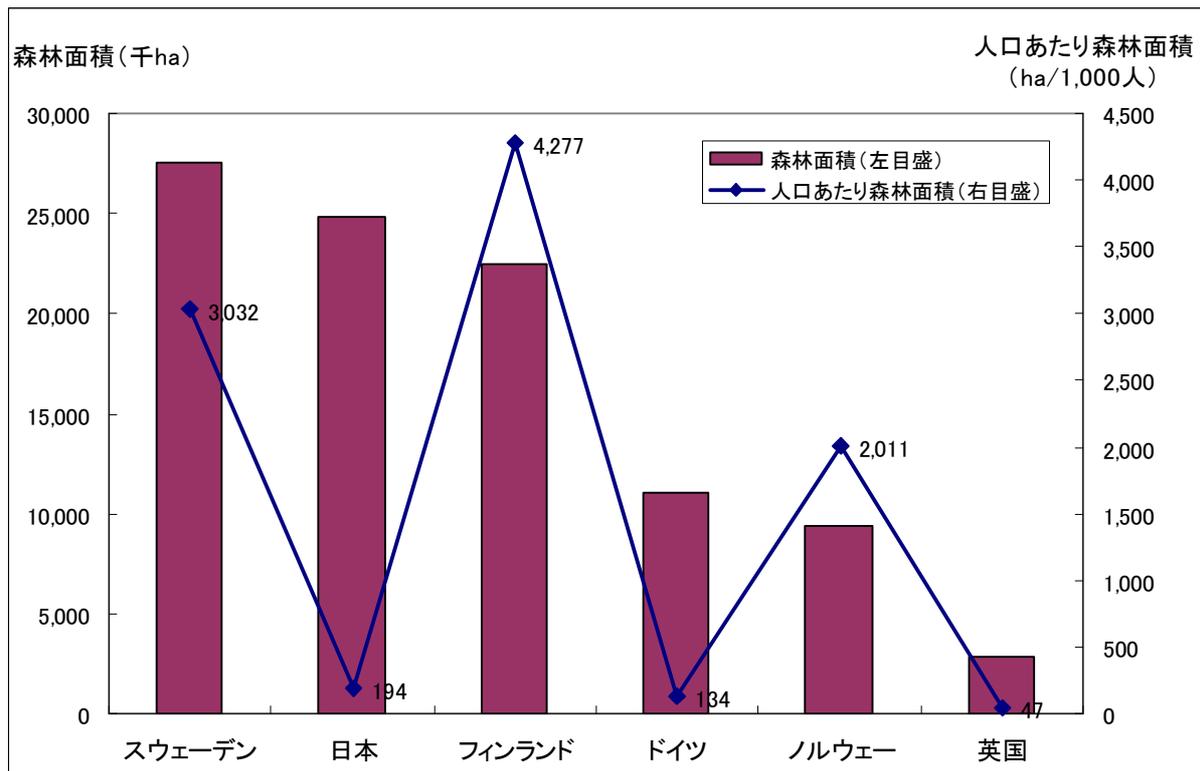
我が国に賦存するバイオマス資源の利用拡大が望まれているところであるが、現在利用されている森林資源は年間生長量以下であり、適正な森林保全の観点からも利用拡大が求められる。

人口 1,000 人当たりの森林面積は世界平均 599ha に対して、日本は 194ha と 3 分の 1 以下であるが、国あたりの森林面積で比較すると日本は北欧と同等レベルであり、豊富な森林資源に恵まれていると言える。（図表 4.55）

また、森林総面積は過去 30 年（1980～2007 年）ほぼ一定で 25,000 千 ha 強であるが、森林蓄積量は 25 億 m<sup>3</sup>（1980 年）から 44 億 m<sup>3</sup>（2007 年）と年間 7,000 万 m<sup>3</sup> 程度増加している。（林野庁資料）

こうした豊富な森林資源を積極的に活用するためには、資源の収集・運搬等に係る技術やエネルギー転換技術の開発だけではなく、森林活用や林業施策との連携が必要である。

図表 4.55 欧州主要国とわが国の森林面積、人口あたり森林面積の比較



出典：FAO データより作成

### ③ バイオマス資源利用ポートフォリオの明確化

バイオマス資源は、これまでもエネルギーだけではなく、食料、飼料、肥料、建材などとして活用されてきた。また、科学技術の発達や電力需要や自動車燃料需要、化学工業原料需要の拡大とともに、バイオマス資源のより高度な利用が進みつつある。このような中、バイオマスエネルギーの急激な利用拡大は、食料や飼料の生産、生態系保全、生物多様性保全などの観点から、利用に制約があることが明らかになりつつある。このような制約条件のもとで如何にバイオマス資源を最適に利用するかを検討することが求められてきている。

### ④ 持続可能性基準に適合した技術開発の推進

バイオマス資源のエネルギー利用にあたっては、環境、食料生産、生物多様性保全などさまざまな視点から持続可能でなければならない。経済産業省は平成 22 年 3 月に我が国におけるバイオ燃料持続可能性基準の考え方を検討し公表した。今後、具体的な制度設計がなされる見込みであるが、特に原料の選定、確保といった面で持続可能性基準に適合した利用を進めていく必要がある。バイオ燃料についてはセルロース系資源利用の実用化に向け、精力的に技術開発を展開していく必要がある。

バイオマスエネルギー生産においても、資源の栽培、収集・運搬、前処理、変換工程、製品の輸送などにおいて、土地利用変化に伴う CO<sub>2</sub> 排出、化石エネルギーの投入、環境負荷物質の排出などが伴うため、ライフサイクルアセスメント (LCA) の視点からの技術開発が求められる。

## (2) 我が国のバイオマスエネルギーの目指すべき姿

バイオマスエネルギーの利用拡大にあたっては、食料との競合、生物多様性、経済性・供給安定性などの様々な課題を克服しつつ段階的に進めることが重要である。

利用可能な国産バイオマスの最大限の活用を図るとともに、バイオ燃料については、持続可能な製造プロセスを確立すると共に、海外で大規模生産を行い輸入する開発輸入を並行して実施し、エネルギー供給の安定性を確保していく必要がある。

### 4.2.2 目指す姿の実現に向けた課題と対応

バイオマスエネルギーに関する目指す姿の実現に向けた解決すべき課題とそのための対応をバイオマスエネルギー全体に共通するものと、バイオマスエネルギーのうち中心的になる技術について技術分類別に示す（図表 4.56）。

バイオマスエネルギー利用においては、まずその資源を確保・安定供給することが重要である。また、バイオマスエネルギーは未利用系資源や廃棄物系資源はもちろんのこと、生産資源であっても、収集・運搬のために多大なコストを要する。エネルギー変換するためのサイトへ搬入するまでで生産コストのうちの大きな部分を占めている状況である。これらに加えて各エネルギー変換技術の変換効率の向上、低コスト化が求められる。

図表 4.56 バイオマスエネルギーに関する目指す姿の実現に向けた課題と対応

分類	課題と対応
バイオマスエネルギー共通	1. バイオマス資源の確保、安定供給 2. 収集・運搬コストの低減 3. エネルギー変換効率の向上、低コスト化
生物化学的気体燃料製造 (メタン発酵)	[オンサイト利用] 1. 低コスト化、コンパクト化、省エネルギー化 [オフサイト利用] 2. 既存インフラに導入する際の低コスト化
熱化学的気体燃料製造 (ガス化)	1. 設備、ランニング、メンテナンスの低コスト化 2. 適用可能なバイオマス種の拡大 3. タール低減技術開発
バイオ燃料製造 (ガソリン代替燃料)	1. 持続可能なバイオエタノール生産システム (持続可能な原料生産の確立、LCAのGHG削減) 2. 食料との競合の克服(セルロース系資源の前処理・糖化技術の確立、食糧生産不適地で栽培可能な資源作物の開発) 3. 経済性の向上(低コストでエネルギー効率の高いプロセスの確立) 4. 供給安定性の確保(我が国の技術力を活用し、国産・準国産(開発輸入)のエタノールの生産拡大をはかる)
バイオ燃料製造 (軽油・灯油代替燃料)	[バイオディーゼル燃料製造] 1. 製造コスト削減、エネルギー収支の向上 (副産物の処理・利用技術、適用資源の拡大) [微細藻類由来バイオ燃料製造] 1. 経済的に成立する製造システムの確立 (要素技術のブラッシュアップ → 一貫プロセス開発、実証) 2. 有用物質生産との組合せ、カスケード利用 [BTL(ガス化-液体燃料製造)] 1. 経済的に成立する製造システムの確立 (要素技術のブラッシュアップ → 一貫プロセス開発、実証) 2. 既存の化石燃料インフラの活用

#### 4 バイオマスエネルギーの技術の現状とロードマップ

生物化学的気体燃料製造（メタン発酵）については、オンサイト利用とオフサイト利用とで課題と対応を分けて整理することができる。オンサイト利用では実用性を向上させるために低コスト化・コンパクト化・省エネルギー化が重要である。また、オフサイト利用では、都市ガスやCNG車への供給など既存インフラへの導入ための工程の低コスト化が重要である。

熱化学的気体燃料製造（ガス化）では、低コスト化や、多様なバイオマス資源に対応すること、木質系バイオマスの利用に関してはタール低減技術の開発が重要である。

バイオ燃料製造のうち、ガソリン代替燃料製造では、食料との競合の克服や、経済性の向上、国産だけでなく準国産（開発輸入）バイオエタノール製造を目指した技術開発や国際連携が必要となる。これらの実現により持続可能なバイオエタノール生産システムの構築が可能となる。軽油・灯油代替燃料製造では、バイオディーゼル燃料製造、微細藻類由来バイオ燃料製造、BTL（ガス化－液体燃料製造）のいずれにおいても経済性の向上が必要である。技術独自の課題は、微細藻類由来バイオ燃料製造では有用物質生産との組合せやカスケード利用、BTLでは共通技術を有する化石燃料用の既存インフラを活用することが挙げられる。

### 4.2.3 技術開発目標と技術開発の内容

以下に主要なバイオマスエネルギー利用に関する技術開発項目などについて整理した。また、具体的な研究開発実施時期などについては、ロードマップに示す。

#### (1) バイオマスエネルギー（全般）

バイオマス（廃棄物含む）発電、熱利用について、「長期エネルギー需給見通し（再計算）」（2009, 経済産業省 総合資源エネルギー調査会 需給部会）で示された2020年、2030年の最大導入ケースの見通しを記載した。バイオ燃料については、エネルギー基本計画で示された「2020年に全国のガソリンの3%相当以上の導入、国産及び準国産（開発輸入）の比率50%以上」をベンチマークとした。

#### (2) 生物化学的気体燃料製造（メタン発酵）

必要な要素技術開発は概ね確立している状況であり、省エネルギー化、低コスト化技術の確立により、経済性のある小型システムを実現し、オンサイト利用の普及、拡大を図ることとしている。

また、中・大規模の施設では、エネルギー需要に応じたコジェネレーション利用（オンサイト利用）に加え、都市ガス導管等へ注入（オフサイト利用）し利用拡大を図るための技術が求められる。既に、バイオガスの都市ガス導管直接注入実証試験がスタートしており、オフサイト利用が段階的に拡大することとしている。

#### (3) 熱化学的気体燃料製造（ガス化）

ガス化は、メタン発酵と比較すると、実用化に向けた課題が多い。高効率コジェネレーション・システムの開発や、タール低減のための技術開発を行いガス化技術を確立するとともに、経済的な小規模プラントを実現し、普及、拡大を図ることとしている。

#### (4) バイオ燃料製造（ガソリン代替燃料）

2015年に製造コスト40円/Lを実現することを目標にして、前処理技術等の要素技術開発と共に、原料栽培から燃料製造までの一貫プロセスの技術開発を行い、技術確立後は、国内生産の普及拡大を図るとともに、開発輸入を並行して行い、国内導入量の拡大を図ることとしている。

#### (5) バイオ燃料製造（軽油・灯油代替燃料）

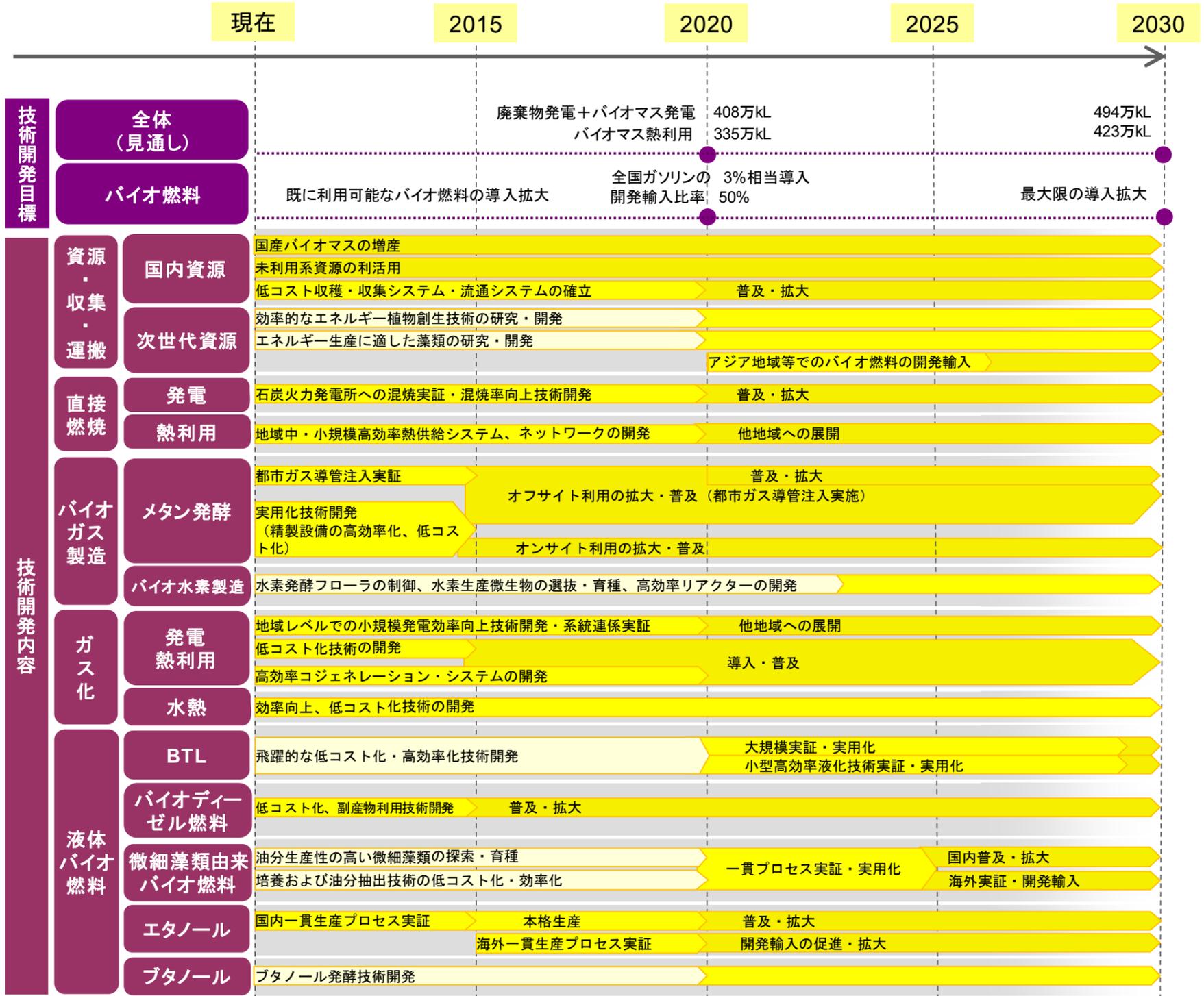
2030年頃の実用化を見据え、軽油や灯油（ジェット燃料等）代替燃料の製造技術を確立することとしている。また、技術確立後は海外での大規模生産、開発輸入を促進することとしている。

図表 4-57 バイオマスエネルギーの技術ロードマップ（1）

バイオマスエネルギーロードマップ(全体版)

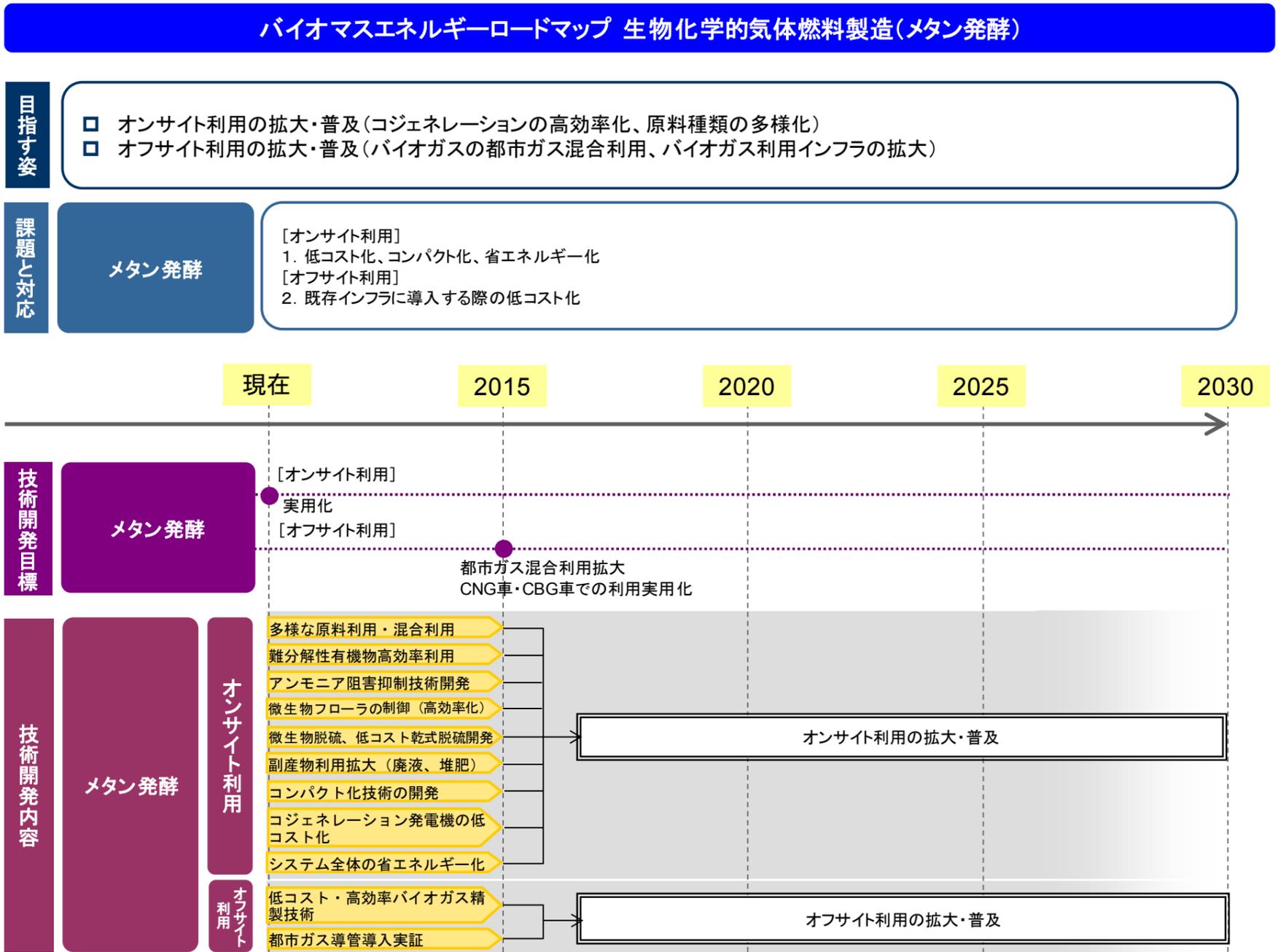
- 目指す姿**
- 利用可能なバイオ燃料の活用、拡大
  - 次世代バイオ燃料技術の確立、実証、最大限の導入
  - バイオガス利用の実証、拡大

- 課題と対応**
1. バイオマス資源の確保、安定供給
  2. 収集・運搬コストの低減
  3. エネルギー変換効率の向上、低コスト化

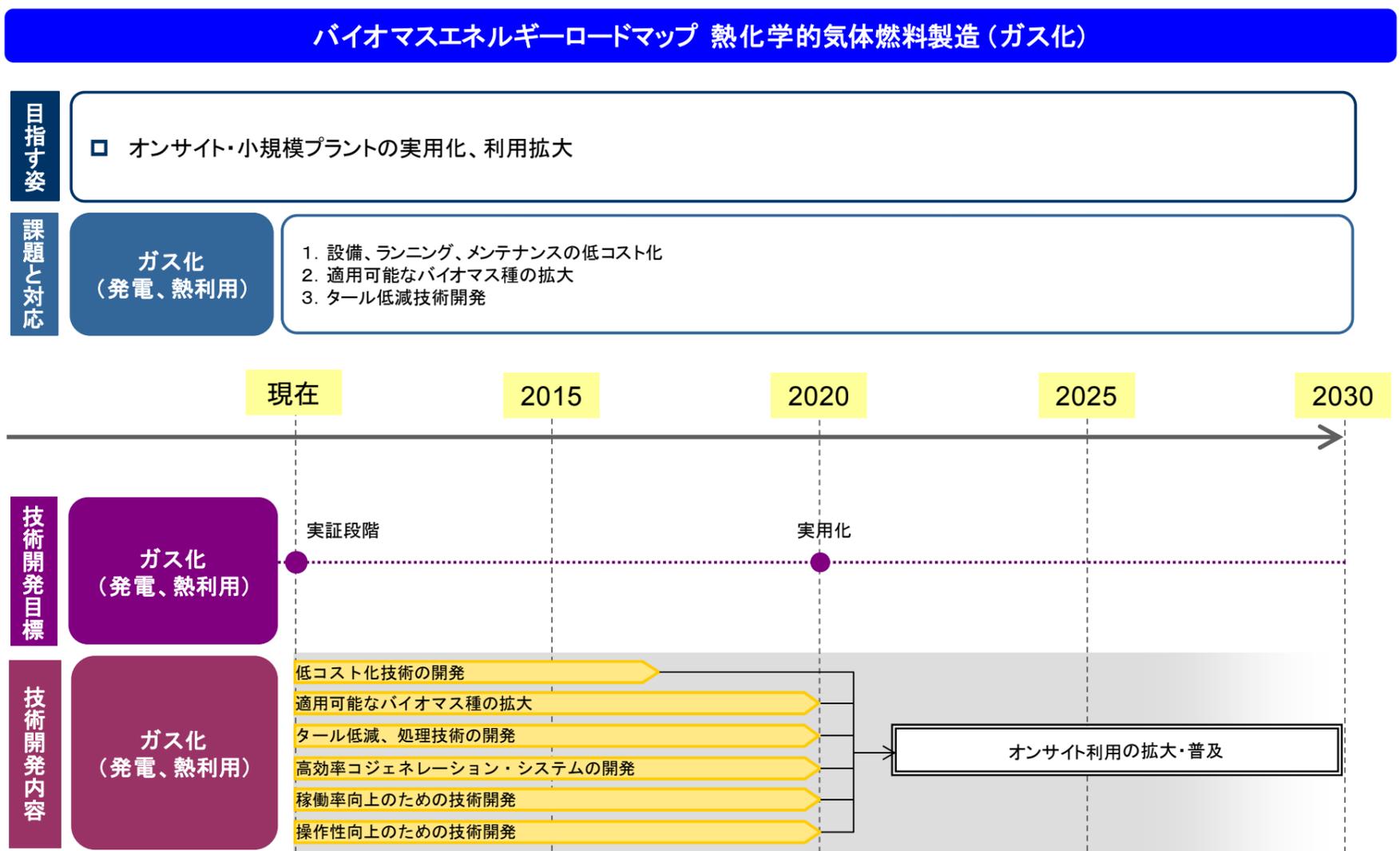


- 凡例
- 研究開発フェーズ
  - 実証・実用化技術開発フェーズ
  - 普及・拡大フェーズ

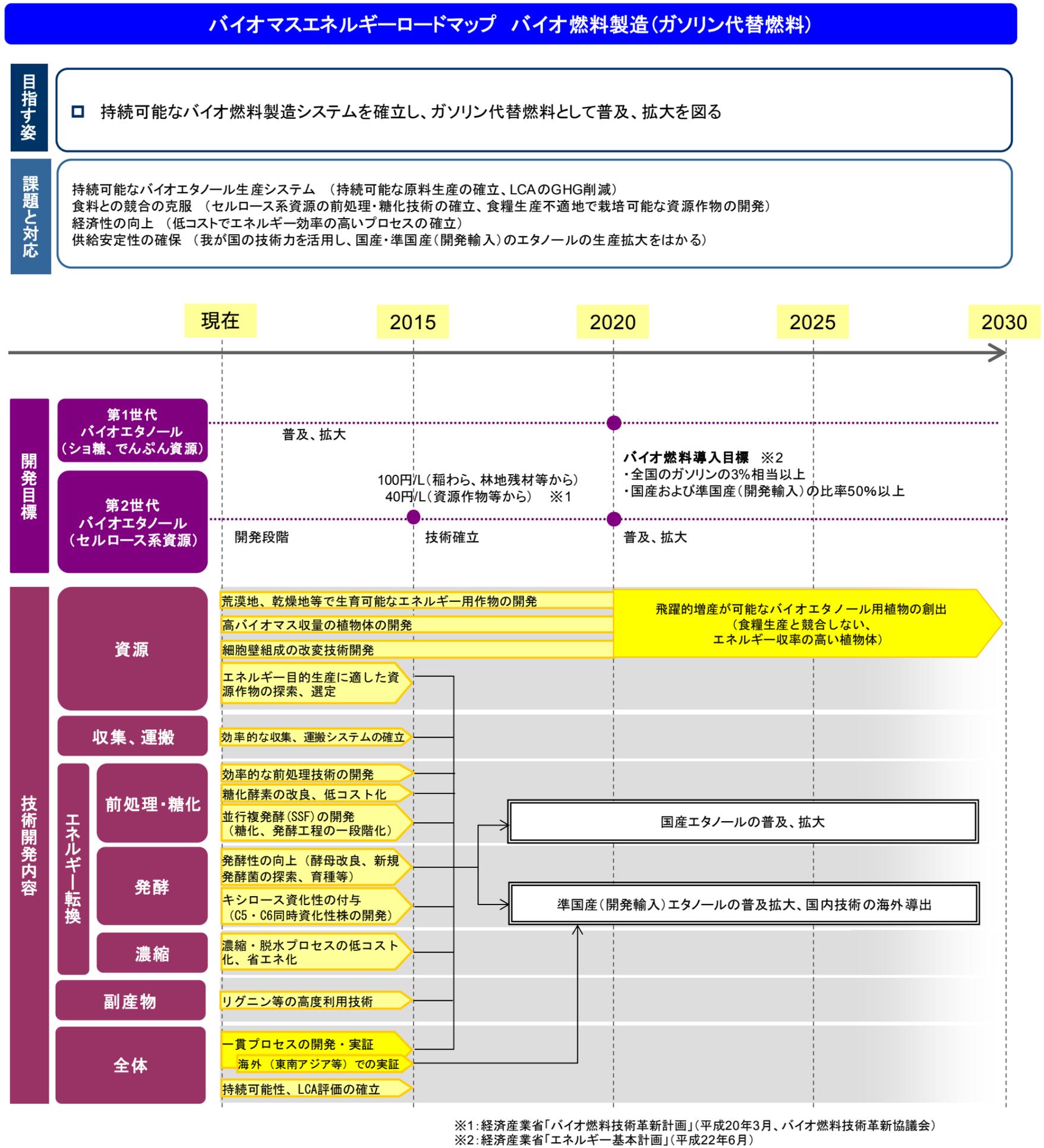
図表 4-58 バイオマスエネルギーの技術ロードマップ (2)



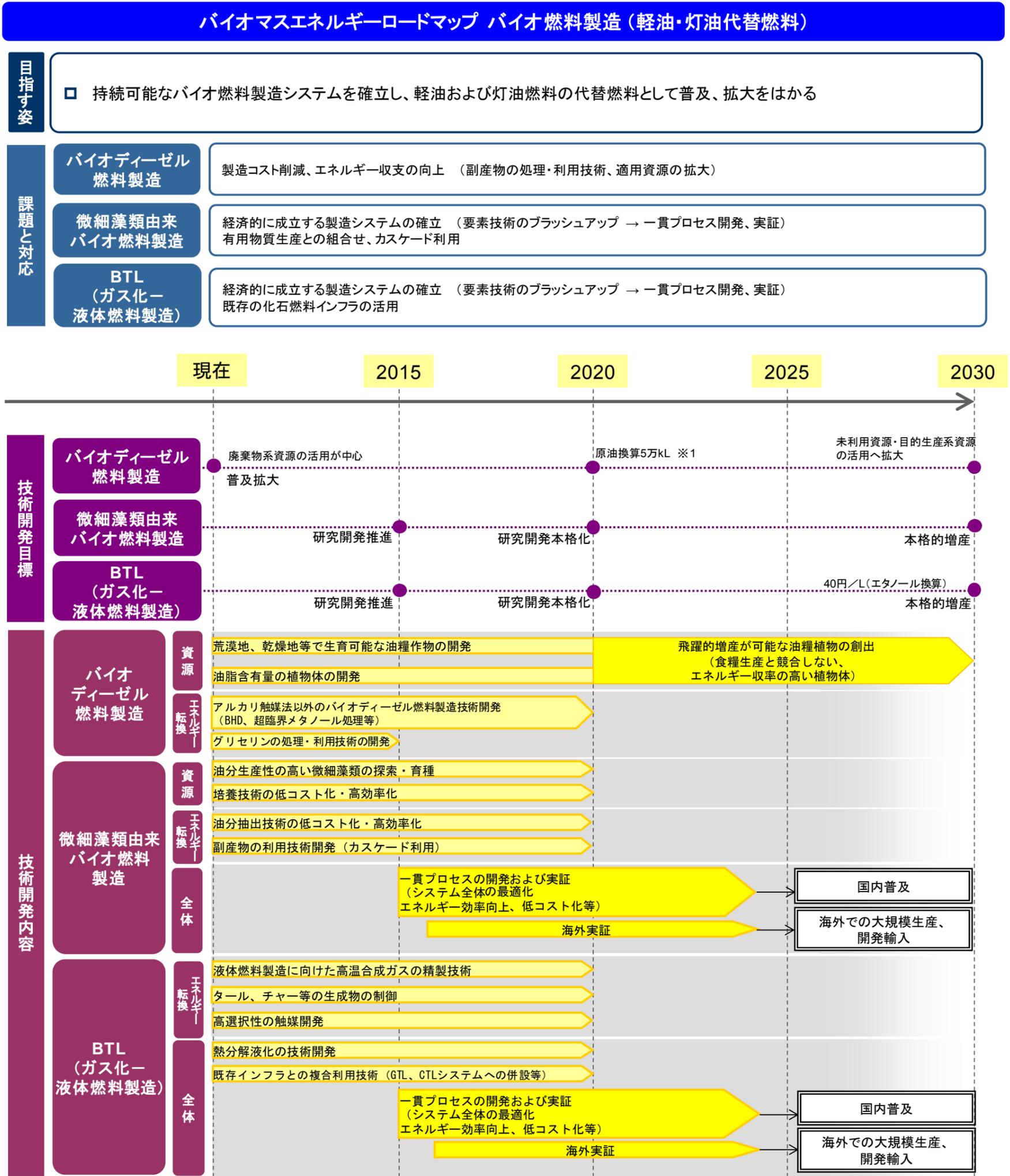
図表 4-59 バイオマスエネルギーの技術ロードマップ (3)



図表 4-60 バイオマスエネルギーの技術ロードマップ (4)



図表 4-61 バイオマスエネルギーの技術ロードマップ（5）



※1: 経済産業省 総合資源エネルギー調査会新エネルギー部会(第35回)-配付資料 我が国の技術力を活用したセルロース系バイオ燃料等の生産可能量(試算)について(2020年のセルロース系バイオ燃料等の生産量試算検討会)

