

## 2.1.6 バイオマス発電・利用

### (1) 研究開発領域の定義

本領域はバイオマスのエネルギー利用や化学品などの物質利用の関わる領域である。バイオマスを燃料や電力等の二次エネルギーに利用する技術とシステム技術、バイオマスから複数形態のエネルギーや他製品を生産するシステム技術（廃棄物系バイオマスを含むバイオリファイナリーとしてバイオガス・液体燃料のコプロダクション、熱電併給コジェネレーション、ならびに生分解性プラスチックの製造等のバイオマスのケミカルリサイクルやエネルギー回収プロセス）を対象とする。

### (2) キーワード

非食用バイオマス、第二世代バイオ燃料、第三世代バイオ燃料、バイオマス発電、バイオガス製造、バイオマスコジェネ、トレファクション（半炭化）、BECCS（Biomass Energy with Carbon Capture and Storage）、カーボンリサイクル技術、バイオマスケミカルリサイクル・エネルギー回収

### (3) 研究開発領域の概要

#### [本領域の意義]

バイオマスは、持続可能な生産が前提となるため量的な制約はあるものの、再生可能エネルギーの中で唯一の炭化水素資源であり、かつ石炭、石油、天然ガスや水素及び化学品原料等への転換もできることから、貴重かつ再生可能な有機資源として有効利用が図られている。また、再生可能エネルギーの中でベース電源として役割を果たせるのは大型水力や地熱発電であるが、今後すぐに導入拡大が見込まれないため、バイオマスは天候等によって変動する太陽光や風力発電の平準化のための補助的なベース電源の役割を果たすことも可能である。さらに、2050年カーボンニュートラルに向けて石炭火力への混焼、IGCC（石炭ガス化複合発電、スチームタービン+ガスタービン）、IGFC（石炭ガス化燃料電池複合発電、スチームタービン+ガスタービン+燃料電池）への適用によって化石資源代替を図っていく上でも、バイオマスの役割は大きいといえる。特に、石炭火力でのCCS及びCCUによるCO<sub>2</sub>利用技術に加えて、BECCS（バイオマス発電・利用とCCSの組み合わせ）によってネガティブエミッションを目指すことも重要である。その実現には、大規模な植林と共に農業残渣等の未利用バイオマス資源を有効利用することによって、持続可能なバイオマス資源の生産サイクルを構築することが求められている。

また、2019年1月のダボス会議での安倍首相の講演で取り上げられた人工光合成やカーボンリサイクルというキーワードに基づいて、同年6月にカーボンリサイクル技術ロードマップが発表され<sup>1)</sup>、G20サミットのエネルギー・環境大臣会合でも取り上げられた。上述のロードマップでは、微細藻類由来のバイोजェット燃料、廃棄物系バイオマスの発酵技術によるバイオメタンや水素製造技術、ブルーカーボン（海洋バイオマスを含む）構想によるCO<sub>2</sub>回収技術が注目されている。最近では特に、海洋プラスチック問題、資源廃棄物制約、温暖化対策の一環としてレジ袋有料化やバイオプラスチックの利用促進が図られており、そのための未利用バイオマスのケミカルリサイクルやエネルギー回収等についても、脱炭素社会を支えるプラスチック等資源循環システムの構築に向けた実証や、バイオマス由来プラスチック、生分解性バイオポリマー等の厳密な評価法や標準化に関する事業も推進されている。

## 【研究開発の動向】

食料と競合しないリグノセルロース系バイオマスから自動車燃料用の第二世代バイオ燃料（エタノール、BTL クリーンディーゼル燃料等）製造技術に加えて、次世代バイオジェット燃料製造を目指した藻類由来等の第三世代バイオ燃料製造技術の研究開発が進められている。また、2012年7月の再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT制度）導入により、種々のバイオマスを燃焼による発電だけでなく、熱分解ガス化や嫌気性メタン発酵による熱電併給（コジェネ）型の利用技術の実証・実用化が促進されている。同時に、石炭火力発電混焼用のバイオマスのトレファクション（半炭化）技術やペレット製造プロセス（バイオマス専焼用も含む）の実証・実用化も進んでいる。

また、CCS（CO<sub>2</sub> Capture and Storage）技術を併用して、温室効果ガスの削減を促進する BECCS（Biomass Energy with CCS）や CCU（CO<sub>2</sub> Capture and Utilization）、ならびにバイオケミカル併産型のバイオリファイナリーへの展開も図られている。その中で、大崎クールジェンの酸素吹き IGFC プロセスに CCS を併設し、回収した CO<sub>2</sub> を農業利用や CCU プロセスとの組合せによるメタノール等の併産プロセスへ展開することも検討されている。

REN21（21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク、2004年設立）が発表した自然エネルギー世界白書 2020<sup>2)</sup> では、2017年の再生可能エネルギー（大型水力を含む）は世界の電力供給の約 25% を賄っており、そのうちバイオマスの占める割合は 5.6% 程度（全体では 1.4%）に微増していることが報告されている。バイオマスについては、熱利用や輸送用燃料や他の化学原料等としての用途開発が進んでいる。ガソリン代替用のバイオエタノールは微増（約 1.06 億 kL）で、軽油代替用の FAME バイオディーゼルは 3100 万 kL で横ばい、水素化植物油（HVO）は 650 万 kL で漸増している状況であるが<sup>3), 4)</sup>、これは原油等の化石燃料価格が比較的安定していることも一因であろう。日本でも、2011年の東日本大震災と 2012年の FIT 制度導入に伴い、バイオマス利用が発電にシフトしており<sup>5), 6)</sup>、運輸用のバイオ燃料を含む熱利用が停滞気味で、第三世代のバイオジェット燃料製造技術、バイオ水素やケミカル併産型のバイオリファイナリープロセスの研究開発へシフトしている状況である<sup>7), 8)</sup>。

バイオマスのエネルギーとしての用途拡大のためには、熱利用による化石資源代替が重要であるが、これも原油等の化石燃料価格の低価格安定傾向のため伸び悩んでいる状況である。しかしながら、2015年のパリ協定発効に伴って、2050年に向けて世界的に大幅な炭酸ガス削減が求められているため、化石資源の代替に効果的なバイオマスを主とした自然エネルギー熱利用への支援策やインセンティブ政策を打ち出すことが喫緊の課題となっている。

例えば、World Bioenergy Association（WBA）等は、バイオエネルギーへの安定的な投資環境の整備のため、今後の化石資源に対する統一的なカーボンプライシングの導入を求めている<sup>2), 3), 6)</sup>。EUでは、2018年1月に可決された再生可能エネルギー新指令（RED II）で再生可能エネルギー熱の取り扱いが重要視され、バイオマス以外の風力や太陽光エネルギー等の変動を吸収できるヒートポンプ技術等が開発されている。地域熱供給網における供給温度が低温化していることから、熱源としてヒートポンプや大規模な太陽熱集熱器を採用する事例が見られている<sup>2), 3), 6)</sup>。

発電市場の世界的な傾向では、これまでの石炭火力のバイオマス混焼に加えて、大規模な石炭火力発電所でバイオマスへの燃料転換事例が増えている<sup>2), 3), 6)</sup>。イギリスの Drax 発電所やカナダの Ontario 発電所では 100% バイオマス燃料への転換が実現されている。他にも、ガス化発電分野で石炭や天然ガスを木質バイオマスに転換する事例も見られている。特に、デンマークのオーステッド社が 2017年2月に 2023年までに石炭使用を停止し、自然エネルギー電力を増大することを発表し、石炭火力発電所でのバイオマス転換を推

## 2.1

### 俯瞰区分と研究開発領域 エネルギー区分

進んでいる。デンマークの石炭火力発電所は熱電併給プラントであるため、地域の熱需要に合わせて発電所の出力を調整できることも有利な点であることから、より効率の良いエネルギー需給システムが構築されていれば、既設の石炭火力発電所を再利用することも期待されている。日本でも、石炭火力を削減する方針が出され、より一層のCO<sub>2</sub>排出低減に向けて国内外の石炭火力でのバイオマスの混焼率向上のためのトレファクション（半炭化）技術の開発が進められている。

上述したような大規模な石炭火力発電所におけるバイオマス転換が拡大すると、木質バイオマス需要が急激に増大するため、木質バイオマス等の持続可能性基準の導入をセットで実施しなければならない<sup>2), 3)</sup>。これは、将来的に利用可能なバイオマス資源の供給不足を招く可能性が危惧されている。また、ドイツでは以前の全量買い取りが保証されていた時と制度が変わり、自ら売電することが求められるようになり、小規模な発電事業者は需要家の電力需要を束ねて効果的な販売を行うアグリゲーターを介してVPP（Virtual Power Plant）を構築して売電を行うようになってきている。ドイツでは、約1000のバイオガスプラントと契約し、変動する電力需要に合わせて稼働割合を調整しながら対価を得ている会社もある<sup>2), 3)</sup>。このような場合は、出力調整が容易なバイオガスによるガスエンジン発電が主となっているが、木質バイオマス発電プラントも調整力等の条件を満たせば参入可能であり、将来のバイオエネルギー発電の導入拡大モデルになると期待される。

アジアでは、日本や韓国のように海外の化石資源依存度が高い国では炭酸ガス排出削減のため、太陽光や風力発電だけでなく木質ペレット等によるバイオマス発電が増大している。しかし、国産の木質バイオマス資源だけでは賄いきれないことから、東南アジアや北米等からの木質ペレットの輸入に頼らざるを得ない状況にある<sup>9)</sup>。一方、中国では、国内の農林バイオマスによる直接燃焼発電とごみ焼却発電で大半以上を占めているが、最近ではごみ焼却発電の割合が大きくなってきている<sup>10)</sup>。

#### （4）注目動向

##### 〔新展開・技術トピックス〕

バイオエネルギーの将来展開を考える上で、2017年にIEA等の国際機関から重要なレポートが公表されている。IEAは5年ぶりにTechnology Roadmapを発表し、熱と電力に加えて輸送部門も含めた総合的な内容となっている<sup>4)</sup>。特に、地球温暖化防止に向けた2°Cシナリオと整合する量的な見通しを示している。具体的には、バイオエネルギーには他の自然エネルギーに対応できない輸送用燃料や産業用の熱利用の増大が今後見込まれており、太陽光や風力等の変動し易い自然エネルギーを補完する役割が重要視されている。欧州では、バイオマスの熱利用に対してインセンティブを付与する熱FITも導入されている。自然エネルギー財団がこのような国際的な動向をまとめて、日本のバイオエネルギー戦略の再考に関するレポートを出している<sup>6)</sup>。

また、2050年に向けた脱炭素化のより一層の促進に向けて、世界的に石油を主体とする化石資源由来のプラスチックや化学原料等をバイオマス由来に転換する動きも加速されつつある。その中で、Bioeconomyという新しいビジョンに基づいて、バイオマスをエネルギーだけでなくマテリアルとして積極的に利用することによって農地・森林等の適切な管理を前提として生態系の炭素固定を加速し<sup>11)-13)</sup>、バイオマス由来のCO<sub>2</sub>回収（BECCS）も促進するネガティブエミッションを実現するコンセプトが示されている。2020年1月に公表された「革新的環境イノベーション戦略」<sup>14)</sup>においても、“スマートな生態系利用を通じた農林水産業のゼロエミッションの実現及び革新的技術を活用したCO<sub>2</sub>吸収源の拡大”の中で、最先端のバイオ技術等を活用した資源利用及び農地・森林・海洋へのCO<sub>2</sub>吸収・固定の重要性が指摘されている。また2020年のInnovation for Cool Earth Forum(ICEF)ではバイオマスの炭素除去・貯蔵の価値に着目した、新しい用語であるBiCARS（Biomass Carbon Removal and Storage）についてのロードマップも公表された<sup>15)</sup>。



さらに、持続可能なバイオマス利活用の国際的動向として、輸入バイオマスのトレーサビリティが重要視されてきている。特に、日本では、FIT制度導入に伴って海外からの木質チップ・ペレットや PKS (Palm Kernel Shell) 等のバイオマスの輸入が急拡大しており、FITの対象としてディーゼル発電用にパーム油までも輸入する動きがあり、日本に対する批判にもなっている。木質バイオマスについては、FSC®等の森林認証によって、違法伐採木材をFITの対象としないように、所謂「合法木材」を燃料とするバイオマス発電をFITの条件としている。しかしながら、今後急速に木質バイオマスの輸入が拡大すると、ベトナム、インドネシア等の東南アジア諸国で、持続可能な伐採・植林のサイクルが保証されているかどうかを事前に確認する必要があると考えられる。また、東南アジア等で大量に副生しながら未利用の農業残渣を有効利用することによって化石資源代替可能なバイオ燃料を効率良く生産し<sup>12)</sup>、廃棄物系バイオマスからの環境調和型・ゼロエミッションのバイオエネルギーを併産するエコシステムの重要性も指摘されている<sup>13)</sup>。

### 【注目すべき国内外のプロジェクト】

バイオマスは、地熱発電や水力等のベースロード電源を担える再生可能エネルギーと同様に、補助的なベースロード電源やエネルギーとして石油や石炭、天然ガス等の化石資源を直接的に代替し、温暖化防止に貢献できる役割を果たすことができることから、NEDOでは脱炭素社会を見据えたバイオマスエネルギー利活用プロジェクトも公募している<sup>16)</sup>。また、バイオマスは発電だけでなく、運輸用燃料を含めた熱利用、バイオガス（メタン、水素）製造、生分解性プラスチック等の原料としてのエネルギー、マテリアル利用への展開が期待されている。特に木質バイオマスの成分分離技術の高度化、セルロースナノファイバー合成や、ヘミセルロースやリグニン由来物質からのケミカル製造プロセスの実証・実用化プロジェクトが推進されている。また、バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業やバイオジェット燃料生産技術開発実証/実証を通じたサプライチェーンモデルの構築、微細藻類基盤技術開発に関する公募も実施されている。さらに、種々のリグノセルロースバイオマスや微細藻類由来の機能性・健康食品や医薬品原料としての用途開発も図られている。バイオマス資源は、元来木材や食料としての利用が本筋であり、その高付加価値利用を図ることによって、生ごみや畜産・農業系の廃棄物系バイオマスを含めて総合的に熱電供給やマテリアル利用することが環境保全的にも経済的にも優位であると考えられる。

米国 DOE (エネルギー省) は、2018年にバイオエネルギー変換、ドロップインバイオ燃料や関連エネルギー作物の低コスト生産研究等に8000万ドルを支出することを発表し<sup>17)</sup>、さらにCCUを含む藻類等のバイオマス利活用研究を推進している。Neste Oil社はバイオ燃料に関してシンガポールへ重点投資を行い、バイオディーゼル油の生産能力を、2022年にさらに拡張する<sup>18)</sup>。同社は、欧州でも数カ所で100万トンクラスのバイオジェット燃料や化学品原料油を生産している。また、同社と Clariant は持続可能な化学品材料を共同で開発することに合意し、家具、スポーツ用品、衛生用品、エレクトロニクス、自動車などのプラスチック材料やコーティング材料に用いられる添加剤溶液をバイオベース原料とすることで、石油の使用量と GHG の削減を目指している<sup>19)</sup>。

GRE2018国際会議では、ドイツの農業残渣等の未利用バイオマスの有効利用の一つとして水熱前処理による成分分離や引き続く化学反応や炭化处理等の組み合わせにより、ヒドロキシメチルフルフラール (HMF) やセルロースナノファイバー、リグニン誘導体等の有用物質を回収し、水熱炭化处理を組み合わせるバイオ炭素材料を製造できることが報告された<sup>20)</sup>。農業残渣等の未利用バイオマスは熱分解・ガス化によるコジェネレーションやバイオエタノール等の原料としても有効利用でき、水熱処理や化学反応・炭化反応の組み合わせにより HMF や炭素材料等の有用物質コプロダクション型アグロファクトリーを提案している。

また、最近では海洋汚染物質として問題視されているマイクロプラスチックごみを削減するため、バイオマス由来の海洋・生分解性プラスチックの開発も注目されており、石油由来プラスチック製のストローや飲み物容器などを天然素材やバイオマス由来プラスチックに切り替える取組みも広がってきている<sup>21)</sup>。

## (5) 科学技術的課題

バイオマス利活用における科学技術的な主な課題として、次の5つが挙げられる。

### ① バイオリファイナリー

バイオリファイナリーについては、いくつかの分類がなされているが、基本的にはバイオマス原料を、その主成分であるセルロース、ヘミセルロース、リグニン等に成分分離し、各々の性質に応じた利活用を図るものである。バイオマス原料は木質バイオマスのみならず、稲わらやもみ殻、バガス等の農業残渣が含まれるが、それぞれの原料によって分離される成分の特徴が異なるため、石油リファイナリーのような大量生産プロセスの構築が難しいことが課題の一つである。その課題解決のためには、製材所や製紙・パルプ産業において比較的原料調達が容易な木質バイオマス等のカスケード利用を図ったうえで、その未利用残材の利活用を図ることが挙げられる。これまで石油や石炭等の化石資源にエネルギーの一部を依存していた製材・製紙産業において自前で熱電供給をしながら、バイオケミカルやバイオプラスチック原料を併産することは、脱化石資源を図る上で中長期的に取り組むべき課題の一つである。

### ② 廃棄物系バイオマスゼロエミッション

日常的に排出される生ごみ、下水汚泥等の廃棄物系バイオマスは水分が多いため、化石資源を投入して焼却処分されているので、余剰の自前エネルギーでゼロエミッション型の有効利用を図ることは、非常に重要である。最近はFIT制度の導入によりこれらの廃棄物系バイオマスからのバイオガス製造による発電事業も推進されているが、その過程で副生する固体残渣や廃液を有機肥料や液肥として有効利用するゼロエミッションシステムも農工連携のアグリビジネスとして注目されている。このような廃棄物系バイオマスのゼロエミッションプロセスは、大都市で大量に排出される生ごみ、下水汚泥だけでなく、農村部での農産物残渣や家畜糞尿の有効利用によるエネルギー・食料併産システムの構築にもつながり、地産地消型の地方創生プロジェクトの一つとして中長期的に取り組むべき課題である。

### ③ CCU を含む人工光合成

バイオマスのカーボンニュートラル性を最大限に活用して、BECCS (Biomass Energy with CO<sub>2</sub> Capture and Storage) に加えて、CCU (CO<sub>2</sub> Capture and Utilization) を含む人工光合成プロセスの研究開発が注目されている。火力発電所や高炉等から排出される化石資源由来の炭酸ガスは比較的大規模な CCS プラントが必要であるが、ビール・酒造やバイオメタン発酵等のバイオマス利用において排出または副生する炭酸ガスをさらに回収・再利用すれば、比較的小規模であってもネガティブエミッションとしての GHG 削減効果が見込まれる。人工光合成を含む CCU としては、再生可能エネルギー由来の水素を活用して、例えばギ酸やメタノール、メタン、DME 等をエネルギーキャリアとして炭化水素資源として再利用し、化石資源代替を図ることも有望視されている。

### ④ 省エネルギー木造住宅

古来より優れた木の文化を有する我が国は、森林による CO<sub>2</sub> 吸収・固定量を最大化するためにできるだ

け国産の木材を建材や木工製品等として最大限に利用することを推進すべきであろう。昨今広まりつつある CLT（Cross Laminated Timber）等を活用した木造建築へ回帰し、快適な省エネルギー木造住宅を普及させることも木質バイオマス利活用の有効な方法の一つである。CLT は欧州で開発された工法であり、板の層を各層で互いに直交するように積層接着した厚型パネルの呼称で、間伐材や細い木材の高度有効利用の観点から日本でも普及拡大が図られている。CLT の利用拡大によって住宅・ビルや公共建造物等の省エネルギーを追求することは、国産材の用途拡大と共に、民生部門由来の炭酸ガス削減を同時に達成する上で必要である。このような CLT を中心とした木造建築の普及は、日本伝統の大工技術の継承と共に木材の利用拡大及び自給率向上の点からも、中長期的な日本の省エネライフスタイルを確立する上で非常に有意義である。

### ⑤ カーボンリサイクル技術と高濃度 CO<sub>2</sub> 利用によるバイオマス増産技術の確立

2019年6月に取り纏められたカーボンリサイクル技術ロードマップでは、微細藻類由来のバイオジェット燃料やバイオマス由来のガス・液体燃料の製造技術の重要性が示されており、さらに再生可能エネルギー由来の電気エネルギーを利用した水の電気分解等で生成した水素と CO<sub>2</sub> から製造される e-Fuel も注目されている。この技術は、P2X（Power to X）とも呼ばれ、再生可能エネルギー由来水素の価格を2050年までに20円/m<sup>3</sup>程度に低減することが大きな課題となっている。また、海洋バイオマスの増殖を含むブルーカーボン構想によって海洋での CO<sub>2</sub> 回収・固定化を促進する技術も注目されている。

### （6）その他の課題

バイオマスのエネルギー利用については単に発電や熱利用だけでなく、バイオマスニッポン総合戦略でも謳われているように、そもそもバイオマスによる化石資源代替を促進し、正味の CO<sub>2</sub> 削減を実現して地球温暖化防止に貢献することが第一優先課題である。2012 年から実施された再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT 制度）は、東日本大震災に伴う福島第一原子力発電所事故の影響が大きかったことは事実であるが、太陽光や風力、地熱、水力等の他の再生可能エネルギーと共に、我が国のエネルギー自給率の向上に寄与することが本題である。単に FIT による利益追求によって国民負担が拡大し、しかも低価格な海外太陽電池パネルや輸入バイオマスの利用を促進する結果になっていることは、FIT のマイナスの部分と言えよう。

これに加えて、バイオマス利用については、エネルギー自給率のみならず、木材や食料自給率の向上の面からもコストベネフィットを考慮すべきである。また、石炭火力へのバイオマス混焼についても、CO<sub>2</sub> 削減だけでなく、PM、SO<sub>x</sub>、NO<sub>x</sub> 等の大気汚染物質の削減効果も加味して、環境影響を含めた費用対効果を検討すべきである。量的な制約を伴うバイオマスの持続可能性の確保は重要な課題であるが、本来は日本に未利用で存在するバイオマス資源を極限まで有効利用することが追求されるべきであろう。

このような観点で今後のバイオマス利活用拡大への政策や法規制については、2050 年カーボンニュートラルを実現するための総合的な再生可能エネルギー政策であると考えられる。単に、石炭等の化石資源の利用撤廃と再生可能エネルギー最大化を目指すだけでなく、環境影響ミニマムとエネルギー自給率の向上と共に、日本人の“もったいない精神”に立脚した健全、かつ持続可能な省エネ・省資源ライフスタイル（LOHAS）による脱炭素社会を実現することが期待される。

## (7) 国際比較

| 国・地域 | フェーズ    | 現状 | トレンド | 各国の状況、評価の際に参考にした根拠など                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------|---------|----|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 日本   | 基礎研究    | ○  | ↗    | リグノセルロース系バイオマスの成分分離リファイナリーと用途開発に関する研究は推進されている。                                                                                                                                                                                                                                        |
|      | 応用研究・開発 | △  | →    | FIT 対象のバイオマス発電の開発は進んでいるが、自動車用バイオ燃料の実証研究は停滞している。                                                                                                                                                                                                                                       |
| 米国   | 基礎研究    | ○  | →    | バイオマス由来のケミカルや医薬品・健康食品、バイオプラスチック等の研究は継続している。                                                                                                                                                                                                                                           |
|      | 応用研究・開発 | ○  | →    | 非食用バイオマスからのバイオ燃料製造に関する研究開発は継続されている。                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 欧州   | 基礎研究    | ○  | ↗    | 国際的に持続可能なバイオマス利活用システムの提案と課題解決のためのスキームが議論されている。地産地消型バイオマス利活用スキームの提案と再生可能エネルギーの最大利用システムが議論されている。<br>【英国】<br>CO <sub>2</sub> 削減と化石資源代替を実現するためのバイオマス利活用スキームが提案されている。<br>【ドイツ】<br>地産地消型バイオマス利活用スキームの提案と他の再生可能エネルギーとの組合せ最適化が議論されている。<br>【フランス】<br>未利用バイオマスの高付加価値利用に向けた触媒反応プロセスの研究開発が継続している。 |
|      | 応用研究・開発 | ◎  | ↗    | エネルギー政策として、バイオマス発電だけでなく、CHP における熱利用による化石資源代替が推進されている。脱化石資源に向けた再生可能エネルギーの利用拡大が進み、小型バイオマス発電が拡大している。<br>【英国】<br>脱石炭火力に向けて、バイオマスの混焼や専焼プラントへの転換が加速されている。<br>【ドイツ】<br>脱原発と脱化石資源に向けた再生可能エネルギーの利用拡大が進み、小型バイオマス発電が拡大している。<br>【フランス】<br>バイオマス発電と非食用バイオ燃料製造に関する研究開発は継続されている。                     |
| 中国   | 基礎研究    | △  | →    | 第二、第三世代バイオ燃料の製造研究が継続している。                                                                                                                                                                                                                                                             |
|      | 応用研究・開発 | △  | →    | 食料と競合しない第二世代バイオ燃料の応用研究が継続している。                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 韓国   | 基礎研究    | △  | →    | 未利用バイオマスからの高付加価値物質の製造研究が継続している。                                                                                                                                                                                                                                                       |
|      | 応用研究・開発 | ○  | ↗    | 木質ペレットやバイオ燃料の導入拡大が進められている。                                                                                                                                                                                                                                                            |

(註1) フェーズ

基礎研究：大学・国研などでの基礎研究の範囲

応用研究・開発：技術開発（プロトタイプの開発含む）の範囲

(註2) 現状 ※日本の現状を基準にした評価ではなく、CRDS の調査・見解による評価

◎：特に顕著な活動・成果が見えている

○：顕著な活動・成果が見えている

△：顕著な活動・成果が見えていない

×：特筆すべき活動・成果が見えていない

(註3) トレンド ※ここ1～2年の研究開発水準の変化

↗：上昇傾向、→：現状維持、↘：下降傾向



## 関連する他の研究開発領域

- ・火力発電 (環境・エネ分野 2.1.2)
- ・化学エネルギー利用 (環境・エネ分野 2.1.12)
- ・バイオ材料 (ナノテク・材料分野 2.2.1)

## 参考・引用文献

- 1) 経産省,『カーボンリサイクル技術ロードマップ』, <https://www.meti.go.jp/press/2019/06/20190607002/20190607002.html> (2021年1月17日アクセス)
- 2) REN21,『自然エネルギー世界白書』, <https://www.iseip.or.jp/archives/library/category/renewables-global-status-report> (2021年1月17日アクセス)
- 3) 環境エネルギー政策研究所,『自然エネルギー白書2018/2019サマリー版』, <https://www.iseip.or.jp/jsr2018> (2021年1月17日アクセス)
- 4) Frankl Paul, "IEA Renewable Perspective : Tracking Clean Energy Progress 2018," *NEDO Session at Grand Renewable Energy* (2018), <https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2018/FR/CRDS-FY2018-FR-01.pdf> (2021年1月17日アクセス)
- 5) 三菱 UFJ リサーチ & コンサルティング,『バイオマス発電を含めたバイオマス利用のあり方に係る調査報告書,平成29年度新エネルギー等の導入促進のための基礎調査』(2018), [https://www.meti.go.jp/meti\\_lib/report/H29FY/000052.pdf](https://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H29FY/000052.pdf) (2021年1月17日アクセス)
- 6) 自然エネルギー財団『日本のバイオエネルギー戦略の再構築: バイオエネルギー固有の役割発揮に向けて』(2018), <https://www.renewable-ei.org/activities/reports/20180413.html> (2021年1月17日アクセス)
- 7) 藤井照重他『再生可能エネルギー技術』(森北出版,2016), <https://www.morikita.co.jp/books/book/3025> (2021年1月17日アクセス)
- 8) 久保田健、神本正行監修『知の散歩シリーズ1 再生可能エネルギーで地域を変える』(弘前大学出版会,2017), <https://www.hirosaki-u.ac.jp/hupress/2017/02/4314> (2021年1月17日アクセス)
- 9) アジアバイオマスオフィス, [https://www.asiabiomass.jp/topics/1211\\_03.html](https://www.asiabiomass.jp/topics/1211_03.html) (2021年1月17日アクセス)
- 10) 国家再生可能エネルギー編著『2016年中国再生可能エネルギー産業発展報告』(中国経済出版社,2016)
- 11) 中川仁他,『農林バイオマス資源と地域利活用』(養賢堂,2018), <https://www.yokendo.com/books/9784842505640/> (2021年1月17日アクセス)
- 12) IRENA, "Biofuel Potential in Southeast Asia : Raising food yields, reducing food waste and utilising residues", 2017, [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Jun/IRENA\\_Biofuel\\_Potential\\_SE\\_Asia\\_2017.pdf](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2017/Jun/IRENA_Biofuel_Potential_SE_Asia_2017.pdf) (2021年1月17日アクセス)
- 13) Meyer Markus A. and Leckert Florian S., "A Systematic Review of the Conceptual Differences of Environmental Assessment and Ecosystem Service Studies of Biofuel and Bioenergy Production," *Biomass and Bioenergy*, 114 (2018) : 8-17, DOI : org/10.1016/j.biombioe.2017.05.003

## 2.1

### 俯瞰区分と研究開発領域 エネルギー区分



- 14) 統合イノベーション戦略推進会議：内閣府『革新的環境イノベーション戦略』(2020), [https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2020\\_honbun.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2020_honbun.pdf) (2021年1月17日アクセス)
- 15) ICEF 2020 ロードマッププロジェクト『バイオマス炭素除去・貯蔵 (BiCRS)』, <https://www.icef-forum.org/pdf/2020/roadmap/roadmap.pdf> (2021年1月17日アクセス)
- 16) NEDO, 『2021年度「NEDO先導研究プログラム/新技術先導研究プログラム」に係る公募について』, <https://www.nedo.go.jp/search/?type=koubo> (2010年1月17日アクセス)
- 17) Department of Energy, “Department of Energy Announces 36 Projects for Bioenergy Research and Development”, <https://www.energy.gov/articles/departement-energy-announces-36-projects-bioenergy-research-and-development> (2021年1月17日アクセス)
- 18) Hydrocarbon Processing, “Welcome to 2017 — and to the new Gulf Publishing Company” (2017), <https://www.hydrocarbonprocessing.com/media/2434/hydrocarbon-processing-2017-media-09202016.pdf> (2021年1月17日アクセス)
- 19) Biofuels Digest (San Francisco, CA, 2018), <https://advancedbiofuelsusa.info/ablc-global-2018-november-6-9-2018-san-francisco-ca/> (2021年1月17日アクセス)
- 20) Proceedings of Grand Renewable Energy International Conference 2018, Biomass Session (Pacifico Yokohama, 2018), <http://grand-re2018.org/english/index.html> (2021年1月17日アクセス)
- 21) 野中寛, 「石油系樹脂を使わないバイオマス三次元成形の取組～ウッドストローを例として～」『日本エネルギー学会 RGB 三部会シンポジウム予稿集』(2019): 34-43

## 2.1

俯瞰区分と研究開発領域  
エネルギー区分