

地域バイオマス資源の健全な活用の促進

柚 山 義 人

1. はじめに

バイオマスは、農林水産省によると「バイオマスとは、生物資源（bio）の量（mass）を示す概念であり、『動植物に由来する有機物である資源（化石資源を除く。）』であり、大気中の二酸化炭素を増加させない『カーボンニュートラル』と呼ばれる特性を有している。」と定義されている¹⁾。バイオマスは、太陽エネルギーを生き物が利用する連鎖によって生成される。それは、植物が光合成によってデンプンをつくることから始まる。

わが国には多種多様な原料・燃料バイオマスが存在し、資材やエネルギーに変換して産業や暮らしの中で活用されている。地域でのバイオマス活用は、原料・燃料バイオマスの生産（発生）、その収集・運搬・貯蔵、有用な資材やエネルギー（再生資源）への変換、それら再生資源の貯蔵・運搬・利用、それぞれの段階での適正処分がつながって成立する。バイオマス活用は手段であり、①農林業の発展、②地域活性化、③循環型社会の形成、④資材やエネルギーの地産地消、⑤水質保全や温暖化抑制、⑥新しい地域産業の創出などの上位目標が存在する。

本稿では、バイオマス活用の特性と価値、多様なバイオマス資源と変換技術及び用途について整理したうえで、健全な地域バイオマス活用、バイオマス活用とスマート農業の連携について展望を述べる。

2. バイオマス活用の特性と価値

バイオマス活用の目的は様々であるが、次のような側面がある。

- ①企業が付加価値のある機能物質や商品を開発して、利益を得るために進める。

- ②行政が中心となって、それぞれの地域の産業の発展、外部不経済の解消、外部経済の発揮という観点から、公共の利益に資する社会資本の整備の一環として進める。

- ③義務を伴うビジネスとして、あるいは国際公約を守るという観点から進める。

バイオマスの活用を、再生可能エネルギーとしてポテンシャルの大きい太陽光、風力と比較すると、次のような特性がある²⁾。

- ①原料・燃料、生成物の種類が多様である。原料・燃料には、有機性廃棄物、木質・草本系バイオマス、資源作物等がある。生成資材には、肥料、堆肥・液肥、土壌改良材、工業原料がある。生成エネルギーには、電気、熱、気体・液体・固体燃料がある。

- ②原料・燃料の供給、エネルギーや資材への変換、生成物の利用の場所が異なる場合が多い。このため、運搬及び貯蔵が必要となる。

- ③炭素貯留によりカーボンマイナスとなり得る。

- ④ライフサイクルでは、ランニング部分のコストが大きい。

- ⑤環境・社会的価値により、地域共生との親和性が高い。

バイオマス活用の価値は、表-1に示すように整理できる。このうち、温室効果ガス排出削減（脱炭素化）への注目度は大きい。バイオマスは、大気中の二酸化炭素（CO₂）を増加させない「カーボンニュートラル」と呼ばれる特性を有していると言われるが、やり方次第であり、厳格には、LCA（Life Cycle Assessment）により評価されることになる³⁾。

2025年2月に閣議決定された第7次エネルギー基本

表－１ バイオマス活用の価値

価値の種類	価値の内容
環境保全	温室効果ガス排出削減、二酸化酸素吸収、水質保全、臭気対策、生物多様性
創エネルギー	電気、熱、燃料（気体、液体、固体）
化石資源由来資材代替	堆肥、バイオ液肥、バイオ炭、化成品（プラスチック原料等）
地域社会経済効果	地元産業、雇用、支出の収入化、ソーシャルキャピタル向上
レジリエンス強化	災害被害の低減、安心感の醸成
農林業の活性化	収益性向上、農作物や林産物のブランド化

計画⁴⁾には、国産バイオマスエネルギーに関して以下の記述（抜粋）がある。

①バイオマス発電は、災害時のレジリエンス向上や地域産業の活性化を通じた経済・雇用への波及効果が大きいなど、地域分散型、地産地消型のエネルギー源として多様な価値を有するエネルギー源である。国産木質バイオマス燃料の供給拡大に向け、関係省庁が連携し、林地残材等の更なる利用に向けた体制構築を推進する。また、環境、社会・労働、ガバナンス、食料との競合、ライフサイクル温室効果ガスの排出量等の観点から持続可能性が確保されたバイオマス燃料の利用を求めていく。

②バイオ燃料は植物、廃食油や廃棄物から製造され、原料の植物等が、成長過程で大気中のCO₂を吸収するため、化石燃料と比べ低炭素な燃料である。今後、次世代バイオ原料の国産化に向けた技術開発に関する取組を進める。

③脱炭素化に資するガスシステムを構築することも重要であり、合成メタンやバイオガスの導入などの様々な手段を組み合わせ、2050年の都市ガスのカーボンニュートラルの実現を目指す。

バイオマス活用が脱炭素化に貢献できるのは、次の点からである。

①創エネルギー：有機性廃棄物、未利用バイオマス、利用転換バイオマス、資源作物、藻類等を用いたガス、電気、熱、固体燃料、液体燃料の製造・利用

②化石資源の代替となる資材の生産：堆肥・液肥、セルロースナノファイバー・改質リグニン、バイオマスプラスチック、セメント材料等の製造・利用

③樹木・植生による二酸化炭素の吸収、炭素の土壌貯留：二酸化炭素は資源になる。ハウス栽培・植物工場では特に重要である。

3. 多様なバイオマス資源と変換技術及び用途

バイオマス資源の種類としては、「廃棄物系バイオマス」として家畜排せつ物、下水汚泥、黒液、紙、食品廃棄物、製材工場等残材、建設発生木材、「未利用系バイオマス」として農作物非食用部、林地残材、「資源作物」として微細藻類等がある。主なバイオマス資源の発生量は、表－２に示すように推定されている¹⁾。発生量については、湿潤重量か乾燥重量かに注意する必要がある。エネルギー化の場合は炭素含有率、農業利用の場合は窒素含有率を把握しておく必要がある。

表－２以外のバイオマスについても、きのこ廃菌床、竹、ビートトップ、廃食用油、果樹剪定枝、街路樹剪定枝、河川内樹木の賦存量または発生量、利用量の算出方法の検討が、農林水産省「令和６年度地域資源活用展開支援事業（２）バイオマス活用展開調査型」の中で実施され、結果が公開されている⁵⁾。

バイオマスを資材やエネルギーに変換する技術は、表－３のように整理される。用いる原料や活用の形態は様々である。エネルギーに着目すると、原料、変換方法、生成エネルギーの種類の関係は、表－４のように整理される²⁾。農林水産省等のバイオマス関係７府省が選定するバイオマス産業都市構想⁶⁾の事業の中では、製造するエネルギーの種類は、発電による電力供給・売電（メタン発酵、木質バイオマス等）が最多である。使用する技術は、メタン発酵、木質チップ等製造、飼肥料製造、燃料製造の順に多い。原料の種類は、林地残材等、食品廃棄物、家畜ふん尿の順に多い。

表－２ 主なバイオマス資源の発生量と利用率

バイオマスの種類		現在の年間発生量 (万トン) (※１、※２)	現在の利用率(%) (※１)	2030年の目標(%)
廃棄物系	家畜排せつ物	約8,100	約87	約90
	下水汚泥	約7,700	約74	約85
	下水道バイオマスリサイクル(※３)	約190	約37	約50
	黒液	約1,100	約100	約100
	紙	約2,300	約80	約85(※５)
	食品廃棄物(※４)	約2,200	約60	約63
	製材工場等残材	約510	約98	約98
	建設発生木材	約550	約96	約96
未利用系	農作物非食用部(すき込みを除く。)	約1,100	約35	約45
	林地残材	約1,100	約38	約33以上

- ※１ 現在の年間発生量及び利用率は、各種統計等に基づき、2024年（令和６年）７月時点で取りまとめたものの（一部項目に推計値を含む。）。
- ※２ 黒液、製材工場等残材、林地残材及び下水道バイオマスリサイクルについては乾燥重量。他のバイオマスについては湿潤重量。
- ※３ 下水汚泥中の有機物をエネルギー・緑農地利用した割合を示したりサイクル率。
- ※４ 食品廃棄物等（食品廃棄物及び有価物）については、熱回収等を含めて算定した利用率に改定。
- ※５ 本目標値は「資源の有効な利用の促進に関する法律」（平成３年法律第48号）に基づき、判断基準省令において定めている古紙利用率の目標値とは異なる。

表－３ 実用化されている変換技術

名称	概要	原料	活用の形態
飼料化	バイオマスを乾燥または液状化し、飼料をつくる	食品廃棄物	飼料（畜産・養魚用）
堆肥化	バイオマスを好気性微生物を利用して分解し、作物の生育にとって安全なものにする	家畜排せつ物、食品廃棄物、下水汚泥	肥料、土壌改良材、再生敷料
メタン発酵	バイオマスを嫌気性微生物を利用して分解し、バイオガスと消化液をつくる	家畜排せつ物、食品廃棄物下水汚泥、紙ごみ、作物残さ	電気・熱（ガスエンジン発電）ガス、バイオ液肥（消化液）、再生敷料
エタノール発酵	バイオマスを発酵、蒸留、脱水し、エタノールをつくる	資源作物、作物残さ、木質系バイオマス	バイオエタノール（ガソリン代替）
ディーゼル燃料化	廃食用油からエステル化反応により、軽油代替燃料をつくる	廃食用油（使用済み天ぷら油等）	ディーゼルエンジン燃料（エンジン用、軽油代替）
炭化	バイオマスを低酸素雰囲気下で加熱し、熱分解（乾留）し、炭をつくる	木質系バイオマス、家畜排せつ物、食品廃棄物	土壌改良材、固体燃料
直接燃焼	バイオマスを直接燃焼し、蒸気タービンで発電する	木質系バイオマス、農産廃棄物、鶏糞	電気・熱（蒸気タービン発電）
ガス化	バイオマスをガス化することにより、減量化処理と発電をする	食品廃棄物（生ごみ）、一般廃棄物、産業廃棄物、下水汚泥、し尿汚泥	電気・熱（蒸気タービン発電）、熔融物（スラグ、メタル）
固形燃料化	バイオマスから固形燃料をつくる	木質系バイオマス、食品廃棄物	固形燃料（ペレット、オガライト、RDF）
プラスチック製造	バイオマスを化学的または生物的に合成し高分子材料をつくる	サトウキビ、トウモロコシ（コーン）	バイオマスプラスチック

表－４ 原料バイオマスと生成エネルギーの関係

原料	変換方法	生成エネルギー
木質系バイオマス	チップ化、ペレット化、炭化、直接燃焼、ガス化、熱分解	電気、熱、メタノール、オイル、エタノール
草本系バイオマス	ガス化、熱分解、酵素糖化	電気、熱、メタノール、オイル、エタノール
糖・デンプン系	エタノール発酵	エタノール
有機性廃棄物	メタン発酵	バイオガス、改質ガス、電気、熱
廃食用油	メチルエステル化	FAME、SAF
都市ごみ	加熱・粉碎・乾燥・粒状化（固形燃料化）	RDF、RPF
微細藻類	培養・有用成分抽出	オイル、SAF

4. 健全な地域バイオマス活用

地域バイオマス活用には、①地域経済の発展を含めて地域活性化につながる、②循環型社会形成、エネルギーの地産地消に貢献する、③物質・エネルギー収支の面から持続性が成立する、④生産基盤整備とリンクし、地域環境を保全し地球温暖化を抑制する、⑤創意工夫で成長し続ける、という要素が入っていることが望ましい。

地域バイオマス資源の活用には、①持続的な地域資源の管理、②適切な変換技術（群）の適用、③信頼できる運営組織の設立及び維持、④再生資源（資材やエネルギー）の確実な需要確保、⑤原料・燃料及び生成物の運搬・貯蔵が重要である。バイオマスの持続的活用は、そのほとんどが、自然との良好な共生を前提としている。健全な物質循環は、生命の継承を目的とする自然界の生きものの活動が支えている。広く薄く存在している物質を集積したり、微量元素を運んだり分解を行ったりする機能抜きには成立しない。それぞれの地域の中で、人（組織）、技術、制度、情報、資金が適切に機能することによって、健全で持続的なバイオマス活用が進む。

バイオマス活用の持続可能性に係わる問題の所在と解決方策を表－５にとりまとめた。バイオマス活用を推進する初期段階においては、補助金・交付金などの公的資金の投入や優遇措置などを背景に、政策による誘導が必要となるが、最終的には地元ネットワークの総意が地域バイオマス活用の方向性を決めるべきである。公的資金による助成に頼りきった事業は健全であるとはいえず、助成金の大量投入は行政コストの増大を招く。地域レベルでも、環境保全的な方法でバイオ

マスを生産している者、合理的なバイオマス変換施設を運営している者など、公共の利益に資し、理にかなったバイオマス活用を推進する者が正当な利益を受けられる仕組みを構築していくべきである。

バイオマス活用計画の作成手順の例を図－１に示す。やり方や検討体制はさまざまである。できるだけ、地域内での合意形成が進む形をとることが望まれる。

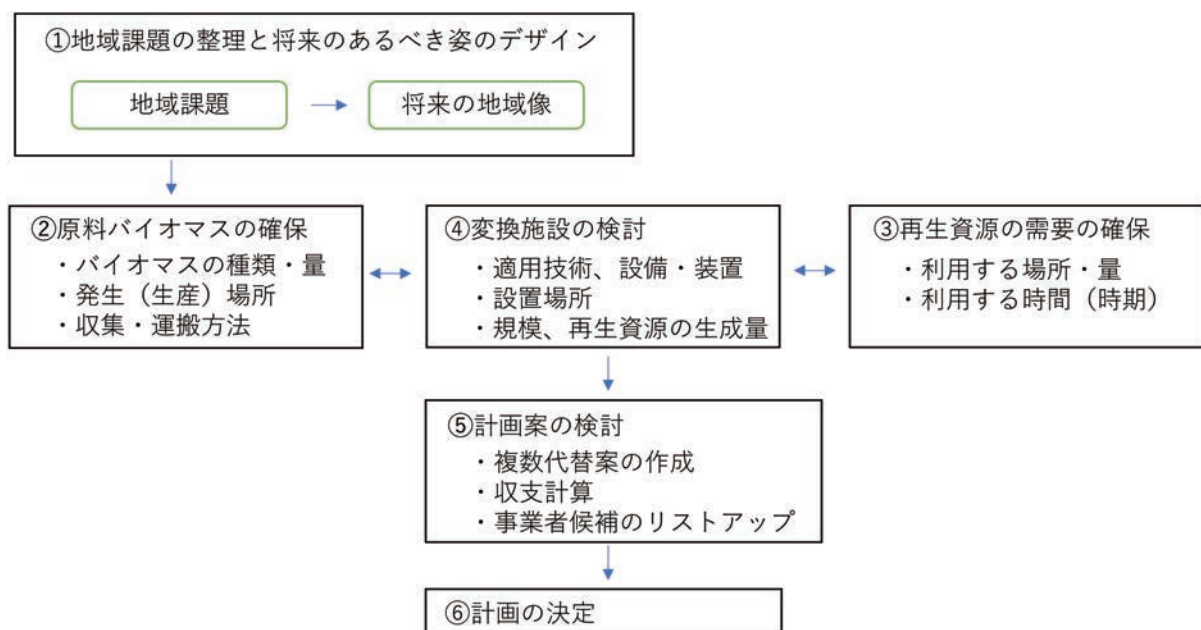
5. バイオマス活用とスマート農業の連携

バイオマス活用は、基盤整備を含めたスマート農業と連携できると、飛躍的に効果が増大する。図－２は、家畜排せつ物を原料とするメタン発酵システム⁷⁾を導入し、生成されるバイオ液肥⁸⁾を水管理に組み込むイメージである。バイオ液肥は、肥料成分濃度が低く、車両による運搬・散布にコストがかかっているが、肥培かんがい⁹⁾¹⁰⁾の技術を適用し、用水とともに供給できれば効果的である。調整施設は、バイオ液肥に必要な栄養成分を整える役割を持つ。農業施設は、大量の化石資源を使っている。農業水利施設も低炭素化が求められており¹¹⁾、バイオマス由来電気の活用が期待される。実現に向けては、技術的観点と投資に見合う効果が得られるかの検討が専門家によってなされる必要がある。

農地では、ICTも活用した精密農業により、最適施肥設計が期待される。また、メタン発酵施設で生成される電気、熱、バイオガス、改質バイオガス、バイオガスから分離される資源CO₂は、地域社会、地域産業、農・畜産業、農業施設で活用できる。再生敷料は、家畜の飼養に活用できる。

表－５ バイオマス活用の持続可能性に係わる問題と解決方策

	問題の所在	解決方策
農畜産業	・現在の農業システムは石油に大きく依存している。 ・必要量以上の肥料・農薬の投入が環境悪化を招いている。 ・持続性のある水稲作に制限がかけられている。 ・畜産のための飼料は大部分を輸入に頼っている。 ・現時点では、農作物の見栄えの良さを重視せざるを得ない状況にある。 ・中山間地域を中心に担い手不足が深刻である。	・マテリアル・エネルギーバランス、生態系への影響を重視した生産活動を展開する。 ・食品の安全は前提要件とし、品質とサービスで競争するシステムを整備する。 ・地域で得られる農業生産資材やエネルギーを利用する環境保全型農業へ飛躍的転換する。 ・飼料稲の栽培による耕畜連携、資源作物生産を推進する。 ・バイオマスの積極的活用を可能にする基盤を構築する。
林業	・木材をその成長量以上に採取することはできない。 ・適切な伐採を行わない植林は森林環境の悪化を招く。 ・間伐材の収集・運搬には相当のコストがかかる。	・森林機能の保全を念頭に置いた木質系バイオマス活用計画を策定する。 ・材木の生産、エネルギー利用など利用目的に応じた樹種を選定するとともに、伐採方法を検討する。
地域・ライフスタイル	・大量生産・大量消費・大量廃棄に基づく経済合理主義の価値観は、近々通用しなくなる。 ・生活系ゴミの処分も限界に近づいている。 ・環境保全に関わる地域住民、地球市民としての役割がより一層不可欠になってきている。	・食やエネルギーの地産地消を推進する。 ・使い捨て社会から循環型社会へ移行する。 ・見かけだけを重視しない農作物の購入によるコストと廃棄物発生量を軽減する。 ・省エネ、社会コスト低減に向けて市民も貢献する。
バイオマス活用事業	・バイオマスから得られる価値以上のエネルギー投入はすべきでない。 ・実際に収集可能な原料・燃料バイオマス量、実際に利用可能なバイオマス再生資源量と一致しない事業計画は破綻する。 ・交付金や補助金がプラントの建設に限定され、運営には適用されない。	・廃棄物処理の延長から脱却する。 ・バイオマスの発生・生産、収集・運搬から変換技術の選定・設計、得られる製品・エネルギーの需要までを考慮した一貫した計画策定を行う。 ・プラントの運転管理へ公的支援を行う。



図－１ バイオマス活用計画の作成手順（例）

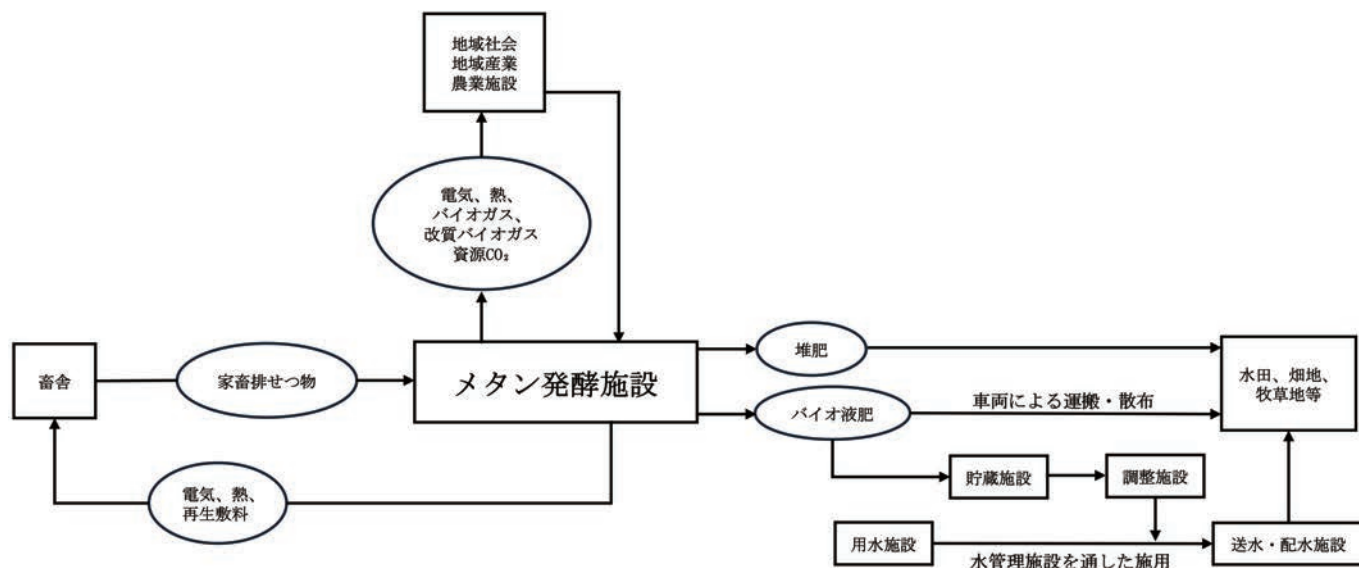


図-2 メタン発酵とスマート農業の連携

6. おわりに

今から15年前の2010年に、柚山はJACEMに「バイオマスエネルギーの適正利用」という論説¹²⁾を書かせていただいた。この中で、バイオマスエネルギー利用の展望やエネルギー生産型農業・農村システムへの転換に貢献する方策をまとめている。その後、2011年に東日本大震災が発生しFIT制度が創設されたり、2013年からバイオマス産業都市構想の具体化に向けた取組が始まったり、2050年カーボンニュートラルに向けた施策が不可欠になったりした。時々の省庁による施策の方針や支援方法は変化するが、地域バイオマス資源を健全に活用していく意義や重要性は変わらない。

農林水産省は、バイオマス活用単独での事業だけでなく、再生可能エネルギーを地域の活性化に資するものとするためには、地域の資源と経済の循環を共に高める視点が必要との観点から、地域新電力や農山漁村エネルギーマネジメントシステム（VEMS）等、地域内の経済循環につながる再生可能エネルギーの地産地消モデルの構築と普及が必要としている¹³⁾。太陽光発電や小水力との連携もイメージされている。熱利用も重要となる。

地域バイオマス資源の活用の醍醐味は、多くの組織が関わって、資材とエネルギーの地産地消の推進を地域経済活性化につなげるところにある。関係者の叡智と発想により、バイオマス活用が農業水利施設の戦略

的な保全管理につながっていくことを願う。

【引用文献】

- 1) 農林水産省：バイオマスの活用の推進（参照2025年6月20日）
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/>
- 2) 柚山義人：バイオマスのエネルギー利用の現状と課題、農村計画学会誌、44（1）、pp.28-31、2025
- 3) 環境省：令和3年度再生可能エネルギー等の温室効果ガス削減効果に関するLCAガイドライン（参照2025年6月20日）
<https://www.env.go.jp/earth/ondanka/lca/>
- 4) 経済産業省：第7次エネルギー基本計画（参照2025年6月20日）
<https://www.meti.go.jp/press/2024/02/20250218001/20250218001.html>
- 5) 農林水産省：「令和6年度地域資源活用展開支援事業（2）バイオマス活用展開調査型」報告書（参照2025年6月20日）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/attach/pdf/230908_8-8.pdf
- 6) 農林水産省：バイオマス産業都市の取組（参照2025年6月20日）
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/biomass/b_sangyo_toshi/b_sangyo_toshi.html
- 7) 日本有機資源協会編：メタン発酵システム～基礎から実務まで知り尽くす～、環境新聞社、2023

- 8) 柚山義人：バイオ液肥（メタン発酵消化液）の利用拡大方策、作物生産と土づくり、No.586、pp.29-34、2025
- 9) 農林水産省：土地改良事業計画設計基準 計画「農業用水（畑）」（平成27年5月制定）、25. 肥培かんがい（参照2025年6月20日）
https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukan/tyotei/kizyun/pdf/08_yousui_hata_gijutsusho25-37.pdf
- 10) 寒地土木研究所：平成24年度肥培かんがいシステムに関する参考資料（案）（参照2025年6月20日）
<https://hozen.ceri.go.jp/pdf/hibaisankoushiryou2.pdf>
- 11) 農林水産省：「低炭素化」からはじめよう ～農業水利施設の「低炭素化」を進めるために～（参照2025年6月20日）
<https://www.maff.go.jp/j/nousin/mizu//sutomane/attach/pdf/shoeneka-40.pdf>
- 12) 柚山義人：バイオマスエネルギーの適正利用、JACEM、No.51,pp.3-9、2010
- 13) 農林水産省：農山漁村における再生可能エネルギー発電をめぐる情勢、2025（参照2025年8月6日）
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/renewable/energy/attach/pdf/index-187.pdf>