

〈連載〉

自然エネルギーの可能性

第2回 | 日本におけるバイオマス利用

大和総研 環境調査部 主任研究員

小黑 由貴子

バイオマスは多様な資源

電力や化石燃料が導入される前のエネルギー源として、バイオマス（薪や植物油）と水力（水車）が利用されていたことは、第1回で紹介した通りである。本稿では、自然エネルギー（再生可能エネルギー）の中でも地域密着型のバイオマス利用について、日本の現状と今後を概観する。

バイオマスとは、化石燃料を除く動植物由来の有機物の資源を指す。石油や石炭等の化石燃料も元を辿れば植物ではあるが、生成には非常に長い時間と特殊な環境が必要なため、消費し続けた場合、枯渇する。

一方、薪や植物油等は、化石燃料に比べて短いサイクルで再生が可能のため、バイオマスから作られるエネルギーは再生可能エネルギーと位置付けられている。また、バイオマス利用によって放出されるCO₂は、もともと植物が光合成で取り込んだCO₂であり、ライフサイクルで考えればCO₂を増加させない「カーボンニュートラル」という特性がある。

バイオマスは図表1に示したように非常に多様であり、社会活動と密接に結びついている。独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）では、バイオマスを

①廃材、古紙、廃食用油、家畜ふん尿等、人間の活動の結果生じる廃棄物を利用する「未利用資源」と、②エネルギー源とすることを目的として栽培される、短周期木材、牧草、糖・でんぷん等の「生産資源」の2つに分類している^(注1)。

多様な技術を使って 多様なエネルギーに変換

バイオマスから得られるエネルギーも、熱、電気、燃料と多様であり、エネルギーへの変換にも、さまざまな技術が使われる（図表2）。

1. 熱

バイオマスを直接燃焼して得られる熱を利用する方法は、昔から世界中で行われてきた。薪として暖房や調理等に利用する方法は「伝統的利用」といい、バイオマスは途上国における重要なエネルギー源となっている。また、間伐材等をチップやペレットに加工したものを燃焼して暖房や給湯に使う「近代的利用」方法は、熱需要の多い寒冷地の北欧等で普及している。

(注1)NEDO 「バイオマスエネルギー導入ガイドブック（第3版）」(2010年1月)

図表1 バイオマス資源の体系

未利用資源	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
		製材残材	
		建築廃材	
		その他木質バイオマス（剪定枝など）	
	製紙系バイオマス	古紙	
		製紙汚泥	
		黒液	
	農業残さ	稲作残さ	稲わら
			もみ殻
		麦わら	
		バガス ^(注)	
		その他農業残さ	
	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		
	繊維廃棄物		
生産資源	木質系バイオマス	短周期栽培木材	
		牧草	
		水草	
		海草	
	その他	糖・でんぷん	
		植物油	パーム油
			菜種油

(注) サトウキビの搾りカス。

(出所) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「バイオマスエネルギー導入ガイドブック (第3版)」(2010年1月)

図表2 バイオマスエネルギー変換技術と成果物

エネルギー変換技術	成果物	
物理的変換	燃料製造(固体)	薪、チップ、ペレット、ブリケット、RDF ^(注) など
熱化学的変換	直接燃焼	熱利用
		発電
	燃料製造 (気体、液体、固体)	熱利用
		発電
		BTL (ガス化・液体燃料) ^(注)
		バイオディーゼル燃料
	藻由来のバイオ燃料	
	炭化	
	他	
生物化学的変換	燃料製造 (気体、液体)	メタン発酵
		バイオ水素
		エタノール発酵
		ブタノール発酵

(注) RDF (Refuse Derived Fuel) は、厨芥類等を原料とした廃棄物燃料のこと。

BTL (Biomass-To-Liquid) は、バイオマスをガス化し、そのガスから触媒を用いて得られる石油 (ガソリン、軽油など) 代替の液体燃料のこと。

(出所) NEDO 「NEDO 再生可能エネルギー技術白書」(平成22年7月) を参考に大和総研作成

2. 電気

バイオマスによる主な発電方法には、直接燃焼する方式とガス化して燃焼する方式がある。発電時に生じる熱を回収・利用する発電所もある。

直接燃焼する方式では、ボイラーでバイオマスを燃焼し、発生する蒸気を使ってタービン発電機を回すことにより発電する。製材廃材・建築廃材・間伐材等の木質系バイオマスや農業残さ（茎等作物の非収穫部分）等が利用される。

ガス化して燃焼する方式の場合は、バイオマス由来のガスを燃焼させてガスエンジンやガスタービンを回すことにより発電する。ガス化には主に、熱分解する方式と嫌気性処理によりメタン発酵させる方式が用いられる。

3. 燃料

燃料は形状によって、固体、液体、気体に

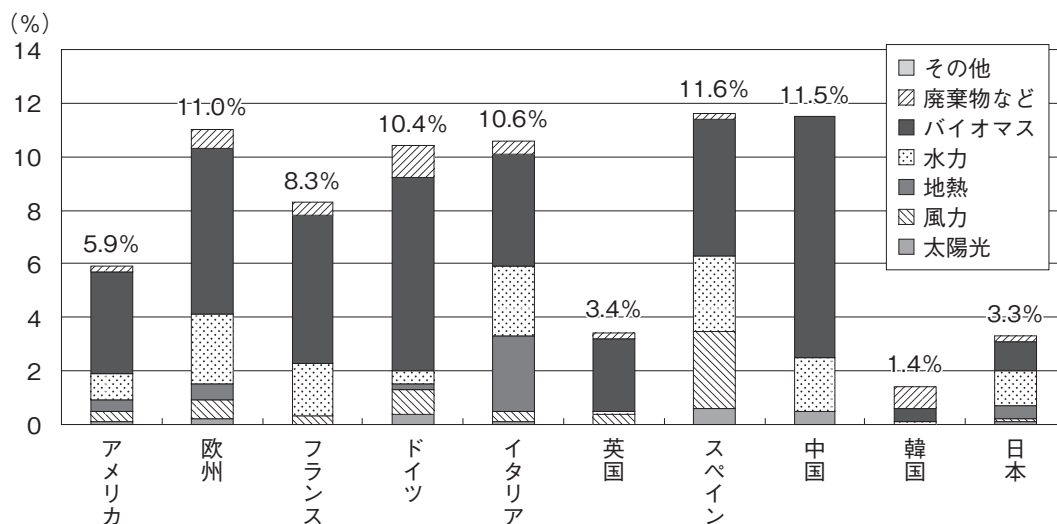
分けられる。固体燃料や気体燃料は、前述の熱利用や発電のために使われる。液体燃料は、主に自動車や飛行機等の輸送機関に用いられる。

世界と日本のバイオマス事情

世界の一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合では、バイオマスが一番大きい（図表3）。近年はドイツの太陽光発電やスペインの風力発電等の話題を目にすることが多いが、バイオマスは再生可能エネルギーの重要なプレーヤーなのである。

REN21（21世紀のための自然エネルギー政策ネットワーク）の「RENEWABLES 2012 GLOBAL STATUS REPORT」^(注2)によると、バイオマス需要の約86%は、暖房や調理のための直接燃焼等伝統的利用が占め、残りの約14%のうちの4分の3近くが発電やCHP

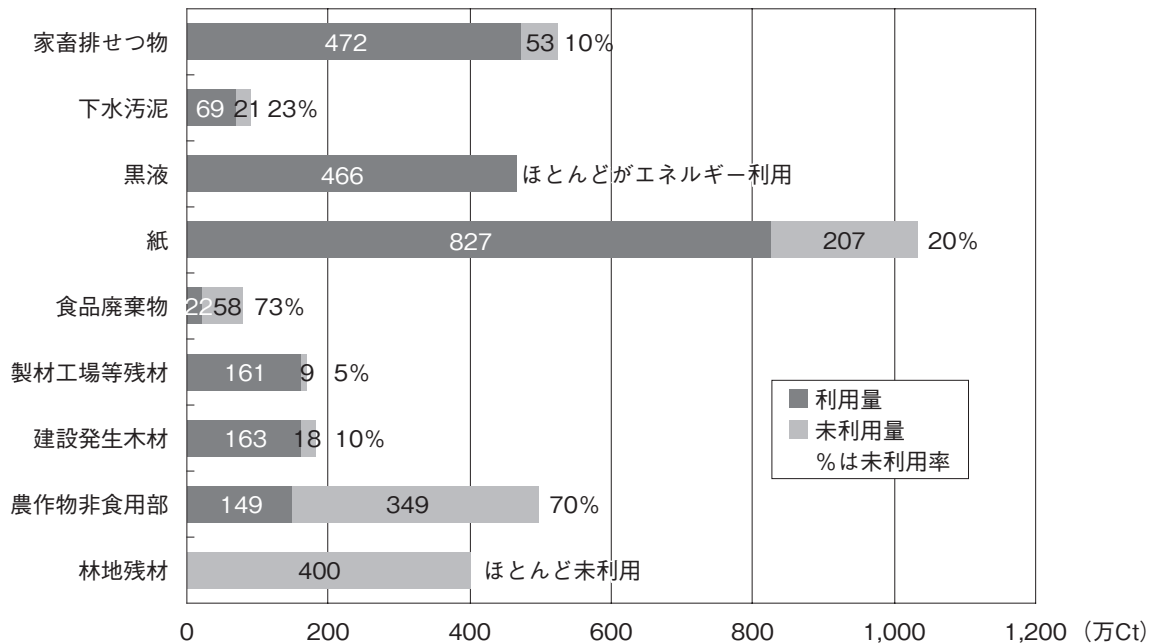
図表3 一次エネルギー供給に占める再生可能エネルギーの割合



(注) 中国以外は2010年の速報値。中国は2009年度の値。中国の太陽光、風力の項目には地熱も含まれる。
 (出所) 資源エネルギー庁「エネルギー白書2011」の「【第122-1-6】各国の再生可能エネルギー等の一次エネルギー供給に占める割合」(出典: Energy Balances of OECD Countries, Energy Balances of Non-OECD Countries) を基に大和総研作成

(注2) <http://www.ren21.net/default.aspx?tabid=5434>

図表4 バイオマスの賦存量から試算した未利用率



(注) 賦存量は「バイオマス活用推進基本計画」(平成22年12月閣議決定)に記載されている数値をもとに炭素トン換算。

(出所) 平成24年9月6日 第5回バイオマス活用推進会議 配布資料「バイオマスをめぐる現状と課題(参考資料)」を基に大和総研作成

図表5 日本国内のバイオ燃料供給量(2010年度)

	供給量 (kl)	化石燃料の消費量に対する割合 (%)	比較した化石燃料
バイオエタノール(ETBE)供給量	37.0万	0.73	ガソリン
バイオディーゼル(BDF)生産量	0.9万	0.26	軽油

(出所) 環境エネルギー政策研究所(ISEP)「自然エネルギー白書 2012」(2012年5月発行)を基に大和総研作成

(Combined Heat and Power: 熱電併給)、残りが道路輸送のための液体燃料生産であり、熱利用が多いことがわかる。

日本において、どのようなバイオマスが、どのくらい利用されているかを示したのが図表4である。堆肥、飼料、古紙、製紙原料、ボード原料、建設資材等のリサイクルの他に、燃料や発電等のエネルギーに利用されている。

バイオマス発電については、2010年度末の累積の設備容量が325.5万kW、内訳は一般廃棄物発電が55%、産業廃棄物発電が36%と、9割以上が廃棄物バイオマスを利用したものとなっている^(注3)。木質系バイオマスの中でも、製材や建築の廃材は利用が進んでいるが、林地残材(放置された間伐材)は、ほとんど利用されていない。

(注3) 環境エネルギー政策研究所(ISEP)「自然エネルギー白書 2012」(2012年5月発行)

液体の化石燃料の代替になると期待されているのがバイオ燃料である。しかし、日本においては図表5のように、自動車燃料需要の1%未満の供給にとどまっている(2010年度)。バイオディーゼルは廃食油等から製造されるが、回収や製造コストが課題となっており、普及していない。また、日本のバイオ燃料の9割以上を占めるバイオエタノールは、ほとんどがブラジル等からの輸入となっている。

日本におけるバイオマスの課題と期待

日本では、2002年「バイオマス・ニッポン総合戦略」、2009年「バイオマス活用推進基本法」、2010年「バイオマス活用推進基本計画」等、バイオマス導入を推進する政策がとられてきた。これらの政策により、196市町村において「バイオマスタウン構想」が掲げられ(平成21年4月1日現在)、バイオマス関連施設の設置が進められた^(注4)。

しかし、総務省が2011年に一連のバイオマス政策の効果の評価を行った^(注5)ところ、バイオマス利活用施設の設置数の増加等、一定の効果はあったものの、施設の稼働率が低調であったり、主管する省庁が重複する非効率性等もみられ、CO₂削減効果が発現している施設が約1割にとどまっていたこと等がわかった。関係6省^(注6)には、数値目標の具体的な根拠等の明確化、コストや効果を把握・検証する仕組みの構築等の勧告が出された。

バイオマス活用推進基本計画では、2020年

に約2,600万炭素tのバイオマス利用、約5,000億円規模の新産業創出等を目標としている。この目標達成のため、7府省^(注7)で構成される「バイオマス活用推進会議」に置かれた「バイオマス事業化戦略検討チーム」において、2012年9月6日に「バイオマス事業化戦略」^(注8)が決定された。この戦略では、コスト低減・安定供給・持続可能性基準を踏まえた上で、バイオマスを活用した事業化の実現を目指している。また、事業化推進の重点をおく技術を定め、入り口戦略(原料調達)や出口戦略(需要の創出・拡大)も提示している。

入り口戦略の一つに「バイオマス活用と一体となった川上の農林業の体制整備(未利用間伐材等の効率的な収集・運搬システムの構築等)」がある。日本と同様、ヨーロッパの林業も、高い人件費や小規模所有といった間伐材利用には不利な条件を持つ場合があるが、森林管理体制や技術向上で林業が産業として成立しており、そのため間伐材利用も行われていると指摘する専門家もいる^(注9)。バイオマス利用のために林業を復興させるのではなく、原料生産、収集・運搬から製造・利用まで林業のサプライチェーンを確立し、その中にバイオマスエネルギーを位置付ける、という意識が求められる。高知県には、間伐材の収集を行う自伐林家を増やし(林業の再生)、薪ストーブや薪ボイラー等の利用シーンの拡大や地域活性化を推進している「土佐の森・救援隊」^(注10)というNPOがあり、他の地域の

(注4)平成23年4月末現在では、318地区 農林水産省「バイオマスタウン公表状況(平成23年4月末)」

(注5)総務省 平成23年2月15日「バイオマスの利活用に関する政策評価<評価結果及び勧告>」

(注6)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

(注7)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

(注8)農林水産省 平成24年9月6日「『バイオマス事業化戦略』の決定について」

(注9)泊みゆき「バイオマス本当の話」(築地書館、2012年3月)

参考になろう。

2011年3月の東日本大震災をきっかけとして、電力不足が問題となっており、太陽光発電以外の再生可能エネルギーに対しても注目度が高まっている。バイオマス発電は太陽光発電や風力発電に比べ安定した電力供給が可能であり、発電量調整が可能な電源としての期待も大きい。しかし、バイオマスは、ボイラー等での直接燃焼による熱利用の効率が高く、経済性にも優れているといわれている^(注11)。このため、電気だけではなく、バイオマスの持つ熱の価値を有効利用する発想も求められよう。

バイオマスの自動車燃料利用で進んでいるのは、ブラジルや米国である。ブラジルでは、新車の約9割、走行車の約5割がFFV（Flex Fuel Vehicle：エタノールとガソリンをどのような比率で混合しても走行可能なフレックス燃料車）である。バイオ燃料使用の義務化や混合率の引き上げ等もあり、バイオマス利用のサプライチェーンも成立している。

ただし、これらの国は、もともと大規模な農業経営を行っている国であることに注意したい。バイオマスは広く薄く存在しており、収集・運搬に課題がある。そのため大規模な農場には、バイオマスを効率的に確保できる

というメリットがある。しかし、既存の農地や森林を非食用のバイオ燃料用作物の栽培に転換することは、食料との競合やCO₂増加^(注12)の問題を起こすと指摘されている。また、作物の種類によっては、燃料を作るために使うエネルギーの方が得られるエネルギーより多いものもある。

経済産業省は2010年3月に「バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会」報告書^(注13)を公開したが、その中で「LCA^(注14)でのCO₂削減効果」、「エネルギーとしての供給安定性」、「食料競合や生物多様性への対応」の観点からのバイオ燃料の持続可能性基準について方向性を示している。バイオ燃料用作物栽培やバイオ燃料の輸入についても、こうした複数の視点からの評価が求められる。

バイオマスのエネルギー利用を、より一層、推進するには課題も多いが、チップ化や燃料化することで備蓄や運搬がしやすくなるという、他の再生可能エネルギーにはない特性もある。また、バイオマスは一次産業、すなわち農山漁村に多く存在するため、地産地消エネルギーとしてのポテンシャルが大きい。多様なバイオマスの多様な効果を見極め、適材適所で利活用していくことが望まれる。

(注10)NPO 法人土佐の森・救援隊

(注11)日経ビジネス ONLINE 泊みゆき 「再生可能エネルギーの雄、バイオマスの底力 バイオマスは『熱』として使え」(2012年3月2日)

(注12)森林から農地に転換した場合、森林に固定されていたCO₂と作物が固定するCO₂の量には大きな差があるため、原料栽培からバイオ燃料製造を経たバイオ燃料消費までのトータルのCO₂は、化石燃料より多くなるという試算がある(脚注13参照)

(注13)経済産業省、農林水産省、環境省が連携した「バイオ燃料導入に係る持続可能性基準等に関する検討会」(平成22年3月5日)

(注14)Life Cycle Assessment 製品やサービスの原料採取から製造、廃棄に至るまでのライフサイクルの環境負荷を科学的、定量的、客観的に評価する手法