



森林環境 多事争論

その8

バイオマスエネルギーは 再生可能エネルギーなのか？

東京大学アジア生物資源環境研究センター准教授

則定真利子

固定価格買取制度による普及

日本のエネルギー自給率の向上と二酸化炭素排出量の削減を目的として、再生可能エネルギーの普及のための再生可能エネルギー固定価格買取制度（以下、固定価格買取制度）が2012年7月に導入された。再生可能エネルギーで発電した電気を、国が定める一定価格で一定の期間、電気事業者が買い取ることを義務づけた制度であり、買い取りに要した費用は「再生可能エネルギー発電促進賦課金」として、電気使用者である私たちが毎月の電気料金に上乘せされる形で電気使用量に応じて徴収されている（経済産業省資源エネルギー庁2017a）。固定価格買取制度が買い取りの対象としているのは、太陽光・風力・水力・地熱・バイオマスのいずれかを使って発電された電気である。エネルギーの種別や発電規模によって定められた認定基準に基づいて事業計画が国によって認定されると、その時点での買い取り価格で一定の期間、買い取りが保証される。

制度導入以降、再生可能エネルギーによる発電量が急速に増えてきた。制度導入時には風力発電よりも買取実績発電量が少なかった太陽光

発電が、その後大幅に拡大したことが大きく貢献しており、2017年度には毎月の買取実績発電量の約7割強を占めるに至っている。太陽光発電に比べて少ないものの、バイオマス発電も伸びており、制度導入年度には買取実績発電量が風力発電の10分の1以下であったものが、3年後の2015年度には逆転し、17年9月時点での制度導入以来の累積買取実績発電量が風力発電とほぼ同じにまで至っている（経済産業省資源エネルギー庁2018a）。資源エネルギー庁は再生可能エネルギーを「資源が枯渇せず繰り返し使え、発電時や熱利用時に地球温暖化の原因となる二酸化炭素をほとんど排出しない優れたエネルギー」とウェブサイトで説明している（経済産業省資源エネルギー庁2018b）。バイオマスエネルギーは再生可能エネルギーなのだろうか。

二酸化炭素排出削減効果

バイオマス発電では化石燃料以外の生物由来の資源を燃焼することでタービンを回して発電する。植物由来の資源として、バイオ燃料作物、農業廃棄物や間伐材、製材端材、建築資材廃棄物、剪定枝^{せんていし}などを利用する。植物に含まれる炭

素は、植物が成長の過程で光合成によって大気中から固定した二酸化炭素であるため、燃焼によって二酸化炭素として排出されても大気中の二酸化炭素濃度に影響を与えず、このことから植物由来の燃料はカーボンニュートラルであるとみなされている。しかしながら、使用する植物由来資源を生産、収穫、加工、輸送する過程で二酸化炭素が排出されるので、発電システムとしてはカーボンニュートラルではない。バイオマス発電による二酸化炭素排出削減効果はこれらの過程を考慮に入れて考える必要がある。このことはバイオマス発電による二酸化炭素排出削減効果についてまじめに考えている人たちにとっては大前提であるが、日本の社会であまり広く認識されていないように思う。

燃料に何を使っているのか

バイオマス発電は、太陽光発電や風力発電とは異なり、発電の場とエネルギー源の確保の場が一致しなくてもよい。固定価格買取制度による再生可能エネルギー導入拡大の意義としてエネルギー自給率の改善が掲げられているからには、バイオマス発電についてもその燃料は国内で調達されるものと考えてのが自然なように



タイ南部低湿地域の農園で実をつけたアブラヤシ。
土地条件がよいところではもっと大きな実をつける

思うが、実際には必ずしもそうではない。むしろ規模の大きなバイオマス発電は海外での燃料調達を前提としており、その主なものは北米産の木質ペレットとマレーシア産あるいはインドネシア産のヤシ油あるいはヤシ核殻（PKS）である。2017年9月までに認定されたバイオマス発電事業の発電容量は1300万キロワットを超えている（経済産業省資源エネルギー庁2017b）。このうち1062万キロワットを占める2万キロワット以上の大規模事業に限って、6000キロワットあたり9万立方メートルの燃料が必要であるとして必要バイオマス量を試算すると1億5930万立方メートルとなる。2016年度に閣議決定された森林・林業基本計画での製材用材や合板用材などすべてを含めた木材供給量の2025年目標値が4000万立方メートルであり、認定された発電容量を国産バイオマスで実現することはできない。実際、この認定事業のうち、燃料にPKSを含むものは出力ベースで4割を超える（経済産業省資源エネルギー庁2017b）。国としては、国産の低級材の燃料利用による林業活性化をにらみつつも、バイオマス発

電の導入拡大のためには海外での燃料調達も前提としていることであろう。現在拡大しつつある再生可能エネルギー発電の主力は太陽光発電であり、バイオマス発電が占める割合は電力供給量として1割強程度であるため、バイオマス発電に輸入バイオマスが使われても国全体のエネルギー自給率に与える影響は軽微である。しかしながら、太陽光や風力による発電と異なつて安定的に発電を行える電源としての特徴があり、地域活性化にも資するものとして位置づけられているバイオマス発電が、為替や世界の需給バランスに影響を受ける輸入バイオマスに依存している状況は、なんとも奇妙である。

アブラヤシ生産の二酸化炭素排出

ヤシ油あるいはPKSの利用は、原材料であるアブラヤシの生産過程における二酸化炭素排出量が大きい可能性があるため、バイオマス発電の二酸化炭素排出削減効果については慎重に検討する必要がある。アブラヤシの二大生産国であるインドネシアとマレーシアでは、広大な面積の土地がアブラヤシ農園となっており、両国での熱帯林の消失あるいは劣化の要因となってきた（Wicke et al. 2011）。インドネシアではこの先も作付面積の増加が予想されている。森林の現存量が大きく成長量も大きな熱帯林を開発した場合、開発前よりも土地の二酸化炭素固定能が低下する。さらに、開発によって土壌中の有機物の分解が促進され、二酸化炭素として大気中に放出される。そのため、熱帯林を開発して生産されたバイオマス燃料は化石燃

料の代替燃料となり得ないという指摘がある（Fargione et al. 2008）。生物多様性や地域社会の資源損失といった面でも問題がある場合が少なくなく、バイオマス発電の持続性を考える上で必要な環境や社会への配慮という点において十分であるかどうかという問題もある。

スマトラ島とボルネオ島の熱帯泥炭湿地林でのアブラヤシ農園の開発は、炭素循環の面で特に問題となっている。湛水環境では、土壌中の酸素濃度が低下するため、根の機能障害により多くの植物種で生育が阻害される。作物の中では湛水に対して耐性が比較的あると言われているアブラヤシも例外ではなく、生産のために排水設備を整備して水位を地表面下数十センチ



ボルネオ島の上空を飛ぶと、アブラヤシ農園（左手前）が広がっているのを目にする。土地条件が不適なためかアブラヤシの生育が悪い。右奥は農園転換前の二次林（インドネシア東カリマンタン州）

に下げる必要がある。熱帯泥炭湿地林は、湛水環境での嫌氣的な条件下で植物遺骸の分解が抑制されるために数千年以上にわたって膨大な量の有機物が泥炭として蓄積され、そこに成立している森林の大きな成長量と相まって、二酸化炭素の巨大な吸収源であったが (Page et al. 2004)、開発にともなう排水によって好気条件となつて微生物による泥炭の分解が進み、森林の伐採によつて二酸化炭素固定能が著しく損なわれることも加わり、二酸化炭素の巨大な排出源となつてゐる (Hoofier et al. 2010)。地下水位が低いほどアブラヤシの生育のためにはよいが、その分、好気条件に晒される泥炭が増えるので泥炭分解による二酸化炭素の排出が増え、少なくとも地表面下50^{センチ}までは地下水位が低いほど排出量が増えると言われている (Couwenberg et al. 2010)。

この開発にともなう二酸化炭素の排出を化石燃料を代替することによる排出削減で相殺するには400年以上かかるという試算もあり (Fargione et al. 2008)、泥炭湿地で生産されたアブラヤシから得られたヤシ油をバイオマス発電の燃料とするのは避けるべきである。開発の際に地上部植生を取り除くために火入れを行う場合には泥炭の焼失により更に二酸化炭素排出量が増える。また、開発による排水で泥炭が乾燥することにより野火が発生しやすくなるため、それによる二酸化炭素の排出も問題となつてゐる。泥炭の焼失は、二酸化炭素排出量が膨大であるというだけでなく、人々の健康や輸送活動、経済活動一般への煙害による

悪影響が周辺国を巻き込んで生じており、問題となつてゐる。アブラヤシへの施肥による二酸化炭素の発生温室効果ガス排出量への寄与も小さくないという指摘もある (Okarita et al. 2017)。

ヤシ油輸入国の対応

ヤシ油の主要輸入国であるEUでは、ヤシ油のバイオ燃料としての使用を禁止する方向に動いてゐる。日本では、アブラヤシ生産過程での二酸化炭素の排出問題に関して、2018年度からはヤシ油を燃料として使用する場合には、持続可能なヤシ油の生産と利用を促進することを目的に活動している非営利組織である「持続

可能なパーム油のための円卓会議」(RSPO) による第三者認証の証明を事業認定の要件に含めることで対応をしようとしているが、既に認定されている事業に対して追加的にこれを求めることはないと思われる。またRSPOによる認証を受ける際の基準となる「原則と基準」は泥炭湿地でアブラヤシを生産する場合の開発規模や水位管理に規定を設けているものの、生産そのものを禁止しているわけではない (RSPO 2013)。さらにその水位管理は地下水位を平均50^{センチ}に維持するというもので (RSPO 2013)、泥炭分解を抑制する効果はほとんど期待できない。

PKSに関しては、そもそもは廃棄物である



タイ南部低湿地域に新規に造成されたアブラヤシ農園。生産量は上位2カ国に比べてはるかに少ないが、タイでもアブラヤシ農園が拡大している



タイ南部低湿地域のアブラヤシ農園。排水整備が不十分なため、年によって雨季の湛水が激しいとアブラヤシが枯死する

ものを活用しているということで原料生産過程での持続性については事業認定の要件としないという考え方のようである。無価値あるいはコストであるゴミに価値を与えるということはゴミを排出するシステムをコスト的に支えることになると考えれば、PKSについてもその由来によって扱いを区別する必要があるのではないだろうか。

少し話が脱線するかもしれないが、東南アジアでのアブラヤシの生産の拡大が二酸化炭素の排出を増大させているのは事実だが、排水して生産環境を十分に整えた条件では、アブラヤシが生産性が非常に高い油糧作物であり、生産国そして生産者にとってかけがえのない作物であることも事実である。使用する側は代替が見つかれば使用を止めればよいだけのことだが、生物資源の場合、生産する側には生産を止めても生産のために改変された土地が残される。泥炭湿地は多くの作物には耕作不適地であり、アブラヤシと同等の収益をもたらす作物を見つけるのはたやすいことではないであろう。ヤシ油は食用油や食品加工、石けんなどが本来の用途であるから、バイオ燃料としての使用がなくなっても需要が急激に減ることはないのかもしれないが、急激な需要の低下により生産者が苦境に立つ可能性がある。ヤシ油の主要輸入国であるEUは一時的に大量な供給拡大を引き起こした当事者としてその可能性に対する認識をもつべきであり、代替となる作物生産について共に知恵を絞る責任があるように思う。日本も同様の立場に立つ可能性があることを認識しておく必

要がある。そもそも地球温暖化問題の原因である化石燃料の大量消費を享受してきた当事者でもあるのであるから。

土地利用の変化にともなう二酸化炭素の排出の問題はアブラヤシに限った話ではない。ブラジルでのダイズやサトウキビの生産、米国でのトウモロコシの生産でも化石燃料の代替による排出抑制によってこの土地利用による排出を相殺するのに長い年数がかかると試算されている(Fargione et al. 2008)。バイオマス燃料を利用する場合、それがどのような条件で生産されているのかが非常に重要となる。需要の急激な拡大は不適地への生産の拡大を引き起こしうる。不適地での生産は収量の低下を通じて土地利用変化にともなう二酸化炭素の排出の相殺年数をさらに引き延ばすことになるが、かといって生産環境を整えるために膨大なエネルギーを投入したり、大規模な造成によって二酸化炭素排出を増やしたりすることは利用目的から考えて適当ではないだろう。直接的な土地利用の変化に加え、その土地をバイオマス燃料の生産に利用することが他の土地の利用を生むことによって生じる二酸化炭素排出や生物多様性などへの影響についても留意する必要がある。

バイオマスエネルギーは燃料の生産から輸送までの過程での二酸化炭素排出をきちんと考慮してはじめて再生可能エネルギーとなり得る。日本でのバイオマス発電は、国内で発生する植木資源・廃棄物に限定して、熱利用を前提としたシステムを材料としての利用と統合的に地道に展開していくのがよいのではないだろうか。

注1) 木質ペレットは、乾燥して細かく粉砕した木質材料を小さな円筒状に圧縮成型したもので、木材チップに比べて水分量が少なく、熱量密度が高いため、輸送効率の面でも発電効率の面でも優れている(石丸2015)。

注2) ヤシ油は、主要食用油の中で最も生産量が多く、インドネシアとマレーシアで世界の生産量の9割近くを占めている。PKSは、ヤシ油とヤシ核油をアブラヤシの果肉と種子からそれぞれ製造した後、廃棄物として残る種子の殻であり、加工が不要で、油分を含むため木質ペレットと遜色のない発熱量を有する(石丸2015)。

石丸英宗(2015) 木質バイオマス発電事業の拡大と輸入バイオマス燃料。共済総研レポート2015-12 <https://www.kjri.or.jp/PDF/2015/Repl42ishinaru.pdf> (2018年2月8日閲覧)

引用文献

- 経済産業省資源エネルギー庁(2017a) 固定価格買取制度とは。 http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saene/kaion/surcharge.html (2018年4月6日閲覧)
- 経済産業省資源エネルギー庁(2018a) 固定価格買取制度 情報公表用ウェブサイト、表C 固定価格買取制度における再生可能エネルギー発電設備を用いた発電電力量の買取実績について(買取電力量)(万kWh)。 <https://www.rteportal.go.jp/PublicInfoSummary> (2018年4月9日閲覧)
- 経済産業省資源エネルギー庁(2018b) 再生可能エネルギーの種類と特徴。総論 http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saene/renewable/outline/index.html (2018年4月11日閲覧)
- 経済産業省資源エネルギー庁(2017b) 資源エネルギー庁調達価格等算定委員会第32回配付資料1(2017) 一般木材等バイオマス発電について http://www.meti.go.jp/committee/chotaisu_kakaku/pdf/032_01_00.pdf (2018年2月8日閲覧)
- Wicke et al. (2011) Exploring land use changes and the role of palm oil production in Indonesia and Malaysia. *Land Use Policy* 28: 193-206.
- Fargione et al. (2008) Land clearing and the biofuel carbon debt. *Science* 319: 1235-1238.
- Page et al. (2007) A record of Late Pleistocene and Holocene carbon accumulation and climate change from an equatorial peat bog (Kaimantam, Indonesia): implications for past, present and future carbon dynamics. *Journal of Quaternary Science* 19: 625-635.
- Hooijer et al. (2001) Current and future CO₂ emissions from drained peatlands in Southeast Asia. *Biogeosciences* 7: 1505-1514.
- Couwenberg et al. (2010) Greenhouse gas fluxes from tropical peatlands in south-east Asia. *Global Change Biology* 16: 1715-1732. DOI: 10.1111/j.1365-2486.2009.02016.x.
- Oktarita et al. (2007) Substantial N₂O emissions from peat decomposition and N fertilization in an oil palm plantation exacerbated by hotspots. *Environmental Research Letters* 12: 104007. DOI: 10.1088/1748-9326/a8001.
- RSPO (2013) RSPO Principles and Criteria for the Production of Sustainable Palm Oil 2013. <https://rspo.org/key-documents/certification/rspo-principles-and-criteria> (2018年4月25日閲覧)