

レポート

「バイオ炭」はカーボンニュートラルの切り札か？

～そのポテンシャルとビジネス化成功の条件～

地球環境部長 上席主任研究員 矢野 雅人

1. はじめに

近年、「バイオ炭」への関心が高まっている。バイオ炭とは、バイオマス、すなわち生物由来の資源を嫌气的条件(酸素濃度が低い環境)の下で加熱することによって生成される炭化物である。木炭はその代表例であるが、その他にももみ殻や稲わら、家畜の糞尿、再生紙の製造過程で排出されるペーパースラッジなど、さまざまな資源の炭化物が含まれる。

このバイオ炭が気候変動対策の文脈で注目を集めるようになったのは 2014 年のことである。この年、気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が「第 5 次評価報告書」の中で、バイオ炭を土壤に施用(投入)することで温室効果ガスの削減効果が得られると指摘。世界全体の削減ポテンシャルを年間 66 億トン(CO₂ 換算)とする試算結果を紹介した。これはコストを度外視して目一杯取り組みを実施した場合の最大削減量であり、必ずしも現実的な値ではないが、カーボンニュートラルを目指す世界には魅力に映り、以降有望な気候変動対策の 1 つとみなされるようになった。

その後 IPCC は、2022 年 4 月に公表した「第 6 次評価報告書」において、コストを考慮した場合の削減ポテンシャルが年間 11 億トン(CO₂ 換算)に達するとした。現実には即した分だけ「第 5 次評価報告書」より値は減ったものの、日本の 1 年間の温室効果ガス排出量を帳消しにできるほどの削減ポテンシャルが示されたことで、バイオ炭の魅力が改めて確認される格好となった。

2. バイオ炭の効果と評価方法

それでは、なぜバイオ炭を土壤に施用することで温室効果ガスの削減につながるのだろうか。その仕組みについて、木炭を例に見ていこう。

樹木は光合成の働きによって大気中の CO₂ を吸収しながら成長する。樹木の育成が気候変動対策とされる所以であるが、吸収された炭素は必ずしも永続的に樹木内に貯留されるわけではない。樹木が火災によって焼失する、あるいは枯死して分解されると、炭素は再び大気に戻り、せっかくの吸収効果が失われてしまう。

一方、樹木が火災を受けたり、枯死したりする前にこれを炭化し、生成された木炭を土壤に施用すればどうなるだろうか。木炭に含まれる炭素の多くは難分解性のため容易に大気に戻らず、長期にわたって土壤内で貯留されることになる。すなわち、生物の働きによって吸収された CO₂ を炭化することで閉じ込め、CO₂ 吸収を長期的に維持するのがバイオ炭の効果である。IPCC によると、バイオ炭を土壤に施用した後 100 年が経過しても、65～89%の炭素は分解されずに残存するとされている。

2019 年には、IPCC によって土壤へのバイオ炭施用に伴う炭素貯留量を評価するための方法論も開発された。考え方はシンプルであり、土壤に施用されたバイオ炭に含まれる炭素のうち、100 年後まで残存する量を貯留量(=温室効果ガスの削減量)として評価するというものである。算定式は以下のように記述される。

$$\Delta C = B \times F_C \times F_{perm}$$

- ΔC : 土壌へのバイオ炭施用に伴う炭素貯留量
 B : 土壌に施用したバイオ炭の重量(乾重量)
 F_C : バイオ炭の炭素含有率
 F_{perm} : 100年後の炭素残存率

このうち炭素含有率(F_C)と炭素残存率(F_{perm})については下表のように既定値(デフォルト値)も用意されたため、土壌に施用したバイオ炭の重量データさえ準備すれば、代表的なバイオ炭の炭素貯留量を求めることができる。

表1 バイオ炭の炭素含有率(原材料別)

原材料	熱処理のプロセス	炭素含有率(%)
家畜糞尿	熱分解	38
	ガス化	9
木材	熱分解	77
	ガス化	52
草本 (もみ殻、稲わらを除く)	熱分解	65
	ガス化	28
もみ殻、稲わら	熱分解	49
	ガス化	13
ナッツの殻、種	熱分解	74
	ガス化	40
バイオソリッド (ペーパースラッジ、下水汚泥)	熱分解	35
	ガス化	7

資料)IPCC「2006年 IPCC ガイドラインの2019年改良」に基づき三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

表2 100年後の炭素残存率

バイオ炭製造時の加熱温度	炭素残存率(%)
>600℃	89
450~600℃	80
350~450℃	65

資料)IPCC「2006年 IPCC ガイドラインの2019年改良」に基づき三菱UFJリサーチ&コンサルティング作成

科学的な裏付けに限りがあるため、上記方法論の対象は農地土壌と草地土壌に施用されたバイオ炭に限定されたが¹、それでも国や事業者などがバイオ炭を用いた気候変動対策を実施し、その効果を評価できる環境はひと通り整備されたと言ってよい。実際、方法論が開発された翌年に我が国は諸外国に先駆けて全国の炭素貯留量を算定し、国連への報告を開始。J-クレジット制度の方法論も早々に策定し、民間事業者の取り組み参加に道を開いた。既に具体的なプロジェクトも動き始めている。

¹ 森林土壌や有機質土壌へのバイオ炭施用に伴う炭素貯留量を評価する場合は、別途方法論について検討する必要がある。

3. バイオ炭を活用するための作法

ただし、バイオマスを炭化して土壌に施用すれば何でもよいというわけではない。効果を確かなものとするためには、いくつかの「作法」にしたがう必要がある。

まず、バイオ炭の製造方法である。先に述べたように、バイオマスの炭化にあたっては嫌氣的条件下で加熱しなければならないし、加熱温度も高く設定しなければならない。酸素が豊富に存在する開放空間で加熱する、あるいは加熱温度を低く設定すると、難分解性炭素の割合が高まらず、相当量の炭素が短期間のうちに分解されてしまうだろう。これではバイオ炭の効果が十分に発揮されない。IPCC は加熱温度の目安を 350℃以上としており、温度の上昇に応じて難分解性炭素の占める割合も増えるとしている。

次に、バイオ炭を土壌に施用する方法である。IPCC は細かな注文をつけていないが、土壌内部にしっかりと埋め込む必要がある。土壌表面に撒くだけでは風雨によって外部に流出してしまう恐れがあるためである。仮に流出しても分解されない限り炭素貯留は維持されるとの指摘もあるが、施用後のバイオ炭が行方不明でよいというわけにはいかない。そもそも IPCC の方法論は農地土壌と草地土壌への施用が前提とされており、この方法論にしたがって炭素貯留量を算定するのであれば、施用した土壌内にバイオ炭を留めるべきだろう。

そして、最後の点がおそらく最も重要であるが、取り組み実施者にとってのメリットとデメリットを十分に考慮することも求められる。木炭、もみ殻くん炭、鶏糞炭などは既に土壌改良剤として活用されており、作物収量の改善、土壌保水力の向上といった効果が報告されている。また、バイオ炭の活用によって窒素肥料の使用量が減れば、温室効果ガスの排出削減にもつながるだろう。一方で、炭素貯留効果を追求するあまり過剰にバイオ炭を農地土壌に施用すると、営農に悪影響が及ぶ可能性がある²。また、廃材などを用いて製造したバイオ炭を投入すると、重金属が溶出してしまうリスクもある。先に示した算定式では、バイオ炭の施用量が多ければ多いほど評価される炭素貯留量も増える構造になっているが、自然環境を相手にする以上、さまざまな効果や影響のトレードオフを念頭に取り組みを進めなければならない。

以上 3 つの作法を頭に入れておく必要があるが、それでも土壌へのバイオ炭施用は他の気候変動対策と比べて容易であるため、有望な取り組みと言えるだろう。一部のバイオ炭は古くから土壌改良剤として活用されており、したがって全く新たな取り組みというわけでもない。参加者の裾野は広いと思われる。

4. ビジネス化に着手する前に

バイオ炭が気候変動対策として有望であれば、カーボンニュートラルに関心を持つ企業がこれを活用したビジネスを構想するかもしれない。例えば、まとまった量のバイオ炭を製造・販売する、あるいは農地土壌に施用して炭素貯留量をクレジット化するなど、さまざまなビジネスが想定される。ただ、こうしたビジネス化を目指す場合、上記の作法に加えてさらにおさえておくべきポイントが 2 つある。

1 つ目のポイントは、一連の取り組みの中で温室効果ガスが発生するという点である。例えば木炭の場合、製造時にはメタン(CH₄)と亜酸化窒素(N₂O)が発生する。1 トンの木炭を農地土壌に施用すると、炭素貯留量はおおよそ 1.8 トン(CO₂ 換算)であるが、製造時に CH₄ と N₂O が合計 1.0 トン(CO₂ 換算)排出するため、正味の炭素貯留量は 0.8 トン(CO₂ 換算)となる。その他にも、原材料の収集や搬出、製造されたバイオ炭の運搬、土壌への施用にトラックや農機などが使用されるはずであり、これに伴う排出も考慮すれば正味炭素貯留量はさらに目減りすることになる。したがって、土壌に貯留された量(この場合 1.8 トン)だけをもって効果を謳うべきではなく、関連する排出も含めてトータルで考える必要がある。

² 農林水産省は、バイオ炭を過剰に施用した場合に土壌の酸性度合いが上昇すると指摘したうえで、施用量上限の目安を示している(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/biochar01.html>)。

ある。

また、2 つ目のポイントとして、原材料が生物由来の資源であることにも注意しなければならない。こうした資源は、取り組み実施者の都合のよいタイミングや場所で無尽蔵に収集できるわけではない。森林で木材を収集する場合は、足場が悪く、路網も発達していない場所での活動を余儀なくされるだろうし、もみ殻や鶏糞などの農業廃棄物も薄く広く存在するため、収集にあたっては相当の労力とコストを要するだろう。バイオ炭の最大の課題は原材料の確保であるとも指摘されている。こうした労力やコストを織り込みながら、利用可能な原材料に限りがあることも念頭に、持続可能な収集方法を確立することが求められる。

5. カーボンニュートラルの切り札よりも地域の知恵

以上のように、バイオ炭には大きなポテンシャルが認められる一方で、制約条件も少なくない。バイオ炭をビジネス機会と捉え、大型の事業を構想しても、さまざまな課題に直面し、その対応に時間とコストを要する可能性がある。そのため、少なくとも原材料の収集方法、適切な方法で炭化できる施設の確保、製造したバイオ炭の用途や販路については予め慎重に検討しておく必要があるだろう。もちろん必要な条件が全て揃っていれば大型ビジネスの実現も可能かもしれない。しかし、一般的には小規模な事業、すなわち原材料を無理なく収集し、収集場所の近隣でバイオ炭を製造し、付近の農地に施用するといった「地産地消」の取り組みから着手するのが妥当であると思われる。最初からバイオ炭をカーボンニュートラルの切り札といったように大仰に構えるのではなく、地域の資源循環の「知恵」のように捉え、徐々に参加する人々や地域を拓げていくことがかえって成功の早道となるのではなかろうか。

参考文献

IPCC (2014)「第5次評価報告書 第3作業部会報告書(気候変動の緩和)」(Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)

IPCC (2019)「2006年 IPCC ガイドラインの2019年改良」(2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories)

IPCC (2022)「第6次評価報告書 第3作業部会報告書(気候変動の緩和)」(Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)

農林水産省 HP「バイオ炭の施用量上限の目安について」

(<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/biochar01.html>)

－ ご利用に際して －

- 本資料は、執筆時点で信頼できると思われる各種データに基づいて作成されていますが、当社はその正確性、完全性を保証するものではありません。
- また、本資料は、執筆者の見解に基づき作成されたものであり、当社の統一的な見解を示すものではありません。
- 本資料に基づくお客さまの決定、行為、およびその結果について、当社は一切の責任を負いません。ご利用にあたっては、お客さまご自身でご判断くださいますようお願い申し上げます。
- 本資料は、著作物であり、著作権法に基づき保護されています。著作権法の定めに従い、引用する際は、必ず出所:三菱UFJリサーチ&コンサルティングと明記してください。
- 本資料の全文または一部を転載・複製する際は著作権者の許諾が必要ですので、当社までご連絡ください。