

バイオマス利活用における技術的問題と事業化の課題について

山村賢治

1. はじめに

2006年に改訂された「バイオマスニッポン総合戦略」により、農林水産省をはじめ、県及び各自治体において、地球温暖化の防止、循環型社会の実現、戦略的産業の育成、農林水産業・農山漁村の活性化の観点から、バイオマスの総合的な利活用を推進することとしており、その具体的な実践が求められているところである。そのために、バイオマスの生産・収集から各種の変換・利用技術を体系化した循環システムを構築することが重要となってくるが、バイオマスのエネルギー変換に関する技術はまだ発展途上の段階であり、また、バイオマス原料の継続的収集・供給に関するシステムも確立されていないのが実情である。このような背景を踏まえ、すでに公表されている自治体のバイオマスタウン構想で検討されている技術の傾向を把握し、それが抱えている課題について考究するとともに、バイオマス原料の種類ごとに変換・利用の一般的な方法について、特に地域の活性化につながると考えられるバイオマス関連事業の産業化に向けての検討を進めるものである。

2. バイオマスタウン構想（平成20年度現在）で検討されている技術

表1. バイオマスタウン構想で取り上げられている技術

(① 堆肥化 ②ペレット等で燃焼 ③廃食油のBDF化の3点が主)

	3点 ほか	3点 のみ	メタン 発酵	家畜用 飼料	木質ガス 化・発電等	マテリアル利 用・資源作物
市部 (83)	71 (86%)	21 (25%)	42 (51%)	16 (19%)	27 (32%)	18 (22%)
町村部 (80)	66 (82%)	28 (35%)	24 (30%)	10 (13%)	5 (6%)	14 (18%)
全体 (163)	137 (84%)	49 (30%)	66 (40%)	26 (15%)	32 (19%)	32 (20%)

多くの市町村は、家畜排泄物の堆肥化、木質のチップ・ペレットの燃焼、廃食油のBDF化の3点で、このうちの2つ以上をとっている市町村は84%である。3点のみに限られるのは市部では25%、町村部では35%であり、この3点は「手につきやすい」方法ではあるが効果が限られ、この範囲内では、バイオマスタウンとしては十分な効果が発揮できないと考えているところが多いと思われる。

表2. 多くの自治体で行なわれている3点の技術の効果と残された課題

技術手段	効果	残された課題
堆肥化	以前から行なわれているところが多い。好気性発酵で発熱反応を利用できる。	作られた堆肥量に対して需要がない地域、季節がある。高品質化が求められている。水分量の関係で家畜し尿は処理しにくい。

木質ペレット/ 完全燃焼	公共施設や意識する家庭での利用。	ペレットの価格が高い。 燃焼で生成した灰が六価クロムを含むお それがある。
廃食油 BDF 化	廃食油回収の過程で住民の意識改 革。得られた BDF は公用車などに利 用。	副生するグリセリンが利用できず、廃棄物 処理業者に引き取らせているケースもあ る。

これらに次いで技術手段として取り上げられている数が多いのは、メタン発酵、木質バイオマスのガス化・発電、及び家畜用飼料製造の3つである。

メタン発酵は、市部では51%、町村部では30%である。家畜糞尿・汚泥・廃食品などで特に水分含有量が多く、先に挙げた3つの方法では処理できないものを対象にしている。

木質バイオマスについて、ペレット化/完全燃焼を超える技術としてガス化、発電、炭化などを取り上げているのは、町村部では6%と低いが、市部では32%である。

食品廃棄物や竹パウダーなどを用いた**家畜用飼料製造**については、現時点では市部で19%、町村部で13%である。しかし最近の輸入飼料の高騰から、今後廃棄物処理の減少効果と絡めて増えていくのではないかと思われる。

これ以外の技術手段としては、資源作物によるバイオエタノールの製造、未利用資源からのバイオプラスチック製造など**マテリアルとしての利用**として括った。これらを取り上げているのは市部、町村部とも20%前後である。

3. 技術手段の検討

対象とするバイオマス原料の種類と、その変換方法の関係は表3のようにまとめられる。これによれば、複数の原料に対して変換技術として用いられるのとしては、メタン発酵法、木質バイオマスのガス化/発電、及び家畜用飼料製造の3つである。これは前項の検討で明らかになった3つの技術手段（これをA技術と呼ぶ）に次いで検討対象として多い3つの技術手段と一致している。これをB技術と呼ぶことにし、その特徴と課題について整理してみる。

表3. バイオマス原料の種類とその変換方法

	バイオマス原料の種類	全国の発生量	変換・利用方法
廃棄物系	家畜排泄物	約8700万t	堆肥化 炭化 メタン発酵
	下水汚泥	約7500万t	メタン発酵 乾燥
	廃棄紙	約3700万t	素材原料 エネルギー変換
	食品廃棄物	約2000万t	焼却 堆肥化 BDF化(廃食油) メタン発酵 飼料化
	製材工場残材	約430万t	素材原料 炭化 エネルギー化(ペ レット化 チップ燃焼 ガス化 など)
	建設発生木材	約470万t	素材原料 炭化 エネルギー化(ペ

			ット化 チップ燃焼 ガス化など)
未利用系	農作物非食用部	約1400万t	堆肥化 飼料化 家畜敷料
	林地残材	約340万t	素材原料 エネルギー化(直接燃焼 ガス化など)
	竹などの伐採物		素材原料 飼料化 炭化 エネルギー 化(直接燃焼 ガス化など)
	剪定枝 刈草		堆肥素材 エネルギー化(燃焼 メタ ン発酵) 飼料化
	資源作物		オイル化 アルコール発酵 その他

(1) メタン発酵法

下水汚泥、家畜排泄物、さらに生ごみなどを処理してエネルギーとして発熱量の高い良質のもの(発熱量約6000kcal/N m³)を製造できる方法である。しかしこれまで下水汚泥処理を中心に使われていたのは、次の2つの問題点があったためである。

- ① 発生する良質のエネルギーの多くが自工程内のエネルギー補給(反応槽の保温など)に消費されていた。
- ② 発酵残渣のうちの液体分は、液肥として需要があれば有効に用いられるが、時期が限定され、それ以外の時期は排水のための浄化処理をするためにかなりの量のエネルギーが使われていた。このために、メタン発酵の多くの場合、製品である外部に供給できるエネルギーが、発生エネルギーの30%、あるいはそれ以下で、発生エネルギーの売り上げが少なかったことが産業化の技術手段としては欠点であった。

(2) 木質原料のガス化・発電法

木質のペレットやチップなどを直接燃焼する方法の問題点は次の2つである。

- ① 生成した灰に6価クロムが含まれるおそれがあり、灰の有効利用がしにくい。
灰はカリウムなどの肥料効果成分を含むとともに、ミネラル分をバランスよく含むために、江戸時代には肥料として有効に用いられていた。木質原料の加工工程中に刃物から混入したか、高温で完全燃焼時に灰が分離される時点でクロムの1部が6価クロムになるといわれている。
- ② 木質原料を完全燃焼した時の発生熱で発電しようとするれば、高温ガスが灰を含んでいるので、一旦スチームに変換してタービンを用いて行われる。この方式は大型でなければ(例えば10000kw以上)発電効率が低い(例えば10%台)。

これらの問題を解決する方法が木質のガス化法である。この方法によれば、灰が分離する時の高温雰囲気中の酸素分圧を下げられる(部分燃焼状態)ので、クロム分が含まれていても6価クロムは生成しない。また、ガス化されたものを燃焼して得られた高温ガスで直接ガスタービンを回すことができるので、小型でも発電効率を上げられる可能性がある(例 300kw規模で25%以上)。

ガス化法は方式により性能の差が大きいが、一般的な課題として次の点が挙げられる。

- ① 空気を用いて木質原料をガス化した時は、生成ガスは窒素を50%近く含み、発熱量が低く(1000~3000kcal/N m³)、ガスとしての貯留に不利であり、また発電効率を上げにくい場合がある。
- ② 生成したガスを一旦冷却して水分を分離するが、この水分は油脂分を含むのでそのまま排水できない。通常、排水処理はせずガス化炉に戻される。これによってガス化炉の熱効率に悪影響を与えている。

(3) 家畜用飼料製造法

食品廃棄物や竹パウダーを用いて家畜飼料を製造する場合には、加熱・乾燥して安定化させる前に、菌によっておこる変敗をどのようにして抑制するかが、用いることのできる原料の範囲及び工程に大きな影響を与える。夏でも変敗を安定して抑制し、かつ、できれば安い加熱源が用いられるようになると、実用化が加速される。

(4) マテリアル利用及びその他の技術

マテリアル利用及びその他については、それぞれ対象とする原料が特定される場合が多いので、ここでは検討の対象外とする。ただし、マテリアル利用の残材をメタン発酵やガス化で用いることはあり得る。

(5) A技術(3つの技術)の残された課題との関係

A技術(堆肥化、木質原料の完全燃焼、廃食油のBDF化)の残されている課題と、B技術(メタン発酵法、木質のガス化・発電、家畜飼料製造)の関係を表4に示す。

B技術はA技術の残された課題の解決に役立つことがうかがわれる。すなわちこれらは相益関係で共存しうる。

表4. A技術の残された課題とB技術によるその解決策

A技術	残された課題	B技術による解決法
堆肥化	堆肥の高品質化 需要拡大	<ul style="list-style-type: none"> ・堆肥化温度の調整、灰添加による成分調整で高品質化する(例;木質のガス化との組合せなど)。 ・メタン発酵の固体残渣の処理に堆肥化装置を用いることもできる。 ・食品廃棄物の有効利用を飼料化と分担できる。
木質の完全燃焼	灰に6価クロムが生成することがある。	木質ガス化法で灰の6価クロムの生成抑制(灰の利用を可能に)。
廃食油のBDF化	副生するグリセリンの有効利用法	メタン発酵の原料の一部として利用できる

4. バイオマス関連事業のシステム化の検討

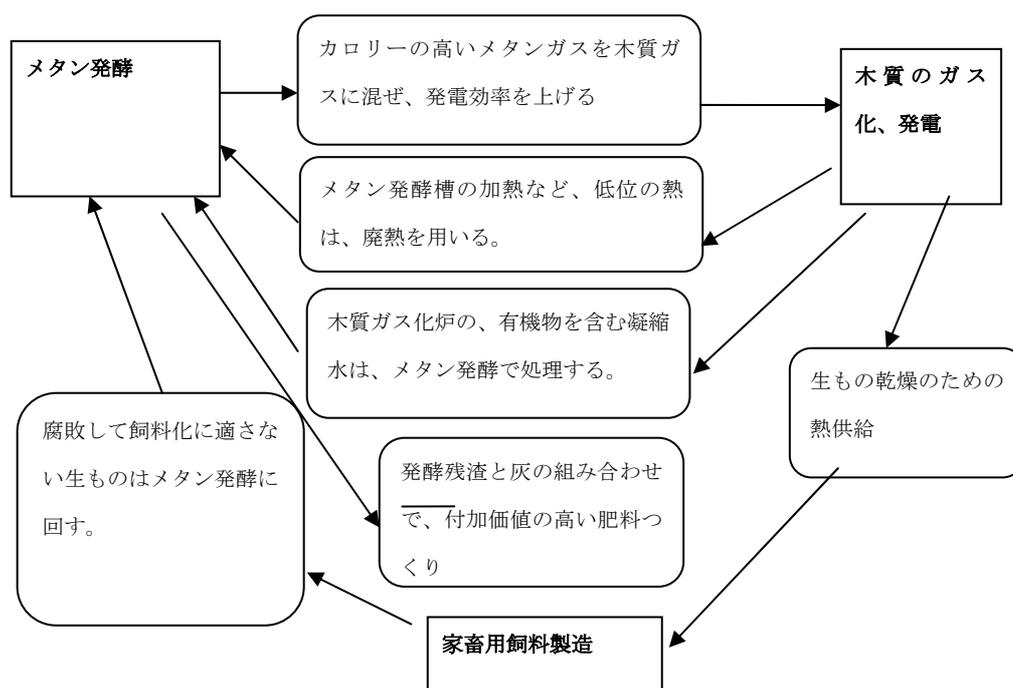
(1) 原料、製品、規模

バイオマス関連事業の産業化のためには規模がある程度以上であることが望まれる。規模は原料の入手可能量と製品の需要量の小さい方で決められる。バイオマス関連事業は「地産地消」を原則とするとしても、対象地域内での入手可能量と製品の需要量の小さい方ではなく、少なくともこのうちの大きい方を基準とし、そのバランスを合わせるという視点から周辺地域などとの連携による広域化も考えるべきであると思われる。

(2) 複数のプロセスの立地方式

産業化のためには物質やエネルギーの利用効率を上げるために、プロセス間の物質、エネルギーのやり取りができることが望まれる。そのためには、これまでは単独プロセスで考えられることが多かったが、検討対象になる複数プロセスを集中配置する形から検討をスタートし、もし、分離配置が必要な場合には、その間の輸送方法などを考えるというステップが望ましいと考えられる。対象プロセスとして項目3で記したメタン発酵、木質ガス化、家畜飼料製造を考えた場合、単独立地時の問題点の多くが、プロセス間の物質・エネルギーのやり取りで解決できる可能性があることを図1に示す。

図1. B技術の間における物質・熱のやり取りの例



(3) 時間的、季節的変動への対応

産業化のためには、需要に適応して年間を通しての稼働率をいかにして高く保つかが重要である。バイオマス関連事業では、堆肥など農業生産との関連では同じく季節の影響を受ける。また、エネルギー（熱・電力）生産という面では、その需要量が昼夜、季節などで異なる場合が多い。また、それにどのように対応するか？

・堆肥などの肥料、土壌改良材の製造について

肥料は元肥か追肥か、また追肥についても葉菜、根菜、果菜によって要求品質が異なる。堆肥あるいはメタン発酵の発酵残渣の固体分をもとに、これらの成分要求を満足する有機肥料を製造するには、温度調整手段、加えるカリウム源（灰など）、燐源としての鶏糞、場合によっては竹の抽出液などを加えることが考えられる。他のプロセスとのやり取りを利用することによって、これらを低コストで行ない、結果として堆肥需要を拡大でき、年間を通しての堆肥化設備の稼働率を上げることができる。

・エネルギーについて

熱については一般的に春、秋の需要が低い（夏は冷房用のエネルギー源に用いることができる）。電力については深夜の需要が低く、かつその余剰電力を電力会社に外販する方法はペイしにくい。いかにして有効な供給先を広げるかが重要であり、たとえば、家畜用飼料製造の加熱・乾燥用装置をそばに設置することなども考えられる。それでも余る場合は、エネルギー発生装置の操業形態を変えること（深夜は発電を止め、ガスあるいは温水で貯留する）なども検討する必要がある。

（４）補助的な技術手段

食品廃棄物や竹パウダーなどのように、時間、温度などによって変敗するおそれがあるものを付加価値の高いもの（たとえば家畜用飼料）に利用するとすれば、変敗抑制法が重要である。これによって、対象とする食品の範囲を広げ、ハンドリング費用を下げ、さらには加熱・乾燥などの最終加工までの時間的余裕を大きくし、たとえば上で述べた、深夜のエネルギーなどを有効利用できることになる。そのための技術として、雪柳の青葉から抽出したものを熟成した液を利用する方法がある。これは、菌やハエなどの害虫に対する忌避作用を利用するもので、人畜には無害である。

（５）まとめ

バイオマス関連事業の産業化に向けての具体的な検討の進め方としては

- ① できるだけ処理量が増えるように
- ② 物質、熱の有効利用がしやすいように
- ③ 時間的、季節的変動に耐えて、年間を通しての高い稼働率が得られるように

することを考え、そのためには、原料、製品需要の調査（規模の設定）、システムとしての課題抽出、課題解決策の検討を積み重ねて、経済性のあるシステムイメージをつくり上げ、それに基づき具体的な事業の進め方（企業の参画など）の検討に入ることが考えられる。

<参考文献>

1. (株)廃棄物工学研究所「H20年度実地調査報告書」特別寄稿：片山裕之
2. (独)日本学術振興会製銚第54委員会第174回研究会資料（H21年6月）片山、山村共著