

A B C 北海道のバイオマス利活用と 開拓構想



古市 徹 (ふるいち とおる)
北海道大学大学院工学研究院教授

1979年京都大学大学院博士課程修了、京都大学工学部助手、85年厚生省国立公衆衛生院に移り廃棄物計画室長を経て、94年大阪府立大学工学部助教授、97年から現職。循環計画システム研究室を主宰。主な著書に『廃棄物計画—計画策定と住民合意』共立出版・99年、『有機系廃棄物のリサイクル戦略』環境産業新聞社・01年、『有害廃棄物による土壌・地下水汚染の診断』環境産業新聞社・02年、『バイオリサイクル—循環型共生社会への挑戦』環境新聞社・06年、『バイオガスの技術とシステム』オーム社・06年、『土壌・地下水汚染—循環共生をめざした修復と再生』オーム社・06年、『不法投棄のない循環型社会づくり—不法投棄対策のアーカイブス化』環境新聞社・09年、『循環型社会の廃棄物系バイオマス—利活用事業成功のためのシステム化』環境新聞社・10年など著書・論文多数。日本学術会議連携会員、環境省中央環境審議会臨時委員、北海道環境審議会前会長、土木学会環境システム委員会委員長など。

バイオマスとは何か？

「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」というのが、バイオマスの一般的な定義になっている。動植物から出てくる有機物の資源ということである。再生可能とはどういうことかと言うと、太陽エネルギーがある限り、生物がいる限り、こういうものは再生されるので、再生可能ということである。

バイオマスというのは、廃棄物系資源、未利用資源、資源作物と大きく三つに分けられる。廃棄物系資源としては、製材工場から出てくる残材や建設土木工事から出てくる建築廃材などの林産資源、家畜ふん尿などの畜産資源、食品工場の加工残さや家庭の生ごみ、下水処理場の汚泥などの食品資源、製紙工場から出る黒液や動植物性残さなどの産業資源とに分類される。次に未利用資源としては、山林等で伐採した残りや建築資材などに利用されない木材などの林地残材、稲作等から出てくる稲わらやもみガラ、麦わらなどがある。最後に資源作物として、でんぷん資源、糖質資源、森林資源、油脂資源などがある。でんぷん資源はいも類やとうもろこし、糖質はさとうきびやてんさい、森林資源は針葉樹や広葉樹、それから油脂はナタネや大豆などがあり、このようなもの全てがバイオマスである。

バイオマスは何の役に立つのか？

図1は、バイオマスが生活の身近なところで利用されているということを示したものである。例えば、家畜ふん尿や生ごみなどは、肥料にして農家に使ってもらい、野菜を育て、また我々のところに戻ってくる。稲わら等は飼料にして、牛などに使って、肉や卵になり戻ってくる。飼料化としては、ホエーというチーズ

・バイオマスの発生から製品・エネルギーへの変換、さらに製品・エネルギーの利活用までを対象とする。

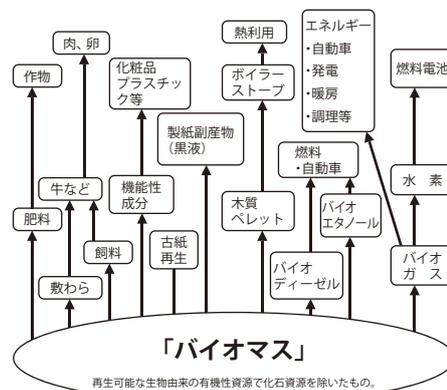


図1 生活に身近なバイオマスの利活用例
(北海道循環型社会推進課八川真幸作成の図に加筆)

を作るときに出てくる上ずみを豚に与えると非常に良い肉ができる。次に機能性成分というのは、バイオマス化学製品の原料とするということで、化学反応や生物反応などをしていろいろな製品を作る。例えば、生分解性プラスチックがあり、普通のプラスチックは微生物分解しないが、これは数カ月から遅くとも3年以内で分解する。製紙工場が出るセルロースなどを含んだ黒液は、熱エネルギーを回収することが多い。また、物理的に変換して、ペレットにしてストーブで燃やすことで熱利用できる。廃食油からのBDF^{*1}は、バイオディーゼルの燃料になる。これは普通の軽油よりも燃焼時の窒素酸化物や炭化水素などが減少するので環境にやさしいものである。若干化石燃料を使うが、エタノール発酵させたバイオエタノールでETBE^{*2}を作り、ガソリンに混入して、CO₂をたくさん出す化石燃料を節約する。また、微生物によるメタン発酵を利用してメタンガスをつくる。これを燃やすことにより、熱や電気をつくることができる。そのプロセスで出てくる水素は燃料電池に使える。つまり、いろいろと変換することにより、身近のものとして再生し、エネルギーにもなるということ。このように多様な使い方（バイオ・リファイナリー^{*3}）ができて、なおかつ環境にやさしいというのがバイオマスである。

なぜリサイクルしなくてはいけないのか？

バイオマスはどれくらいあるのかというと、家畜ふん尿、下水汚泥、食品廃棄物、黒液、林地残材などがあり、北海道が占めるシェアが多いのは、やはり家畜ふん尿と林地残材である。家畜ふん尿は、産業廃棄物であり、平成19年度の統計で約2,100万トンである。これは、北海道で出る産業廃棄物の約半分の量であり、全国の約24%を占めている。林地残材は、北海道は森

林が多いので、全国の約3分の1ぐらいのシェアを占めている。このことが、北海道にはバイオマスが豊かにあるということの根拠になっていると思う。また、総バイオマス発生量は4,050万トンであり、その組成は、廃棄物系でない農作物非食用部・林地残材を除いて、廃棄物系が約93%あり、やはり産業廃棄物の家畜ふん尿が多いという構造となっている。

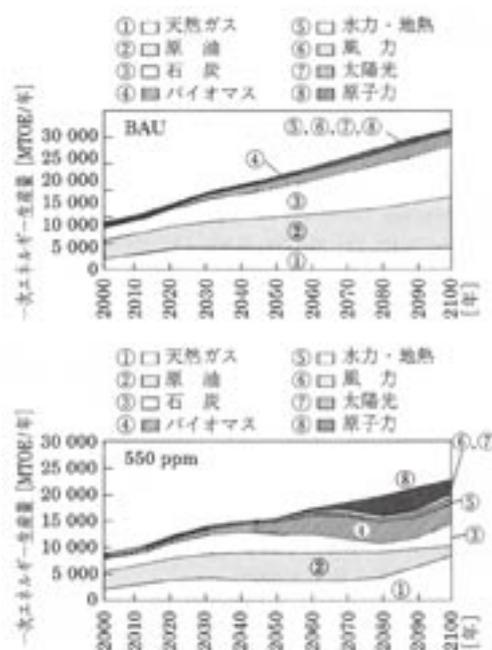
表1に、北海道の炭素量換算したバイオマス利活用率と利用可能量を示している。廃棄物系バイオマスと未利用バイオマスがあり、紙類で約半分、木くずで90%ぐらい利活用されている。動植物性残さや家畜ふん尿も90%以上利活用されている。未利用バイオマスでは、やはり林地残材の発生量が多いが、まだ1%しか利活用されていない。林地残材と紙類が、これからどれだけ上積みできるかがポイントである。

バイオマスエネルギーの現在の導入状況について、海外主要国と日本を比較すると、日本はバイオマスエネルギーの比率が他国よりも少ない。アメリカやEU全体だと、バイオマスエネルギーの比率が日本の2倍ぐらいある。この違いの背景は、やはりそれを使う仕組みがないということが大きい。日本ではバイオマスを使って発電しても、売電価格が買電の半分以下であり、ドイツ等では売電価格が逆に2倍である。このあたりが普及しない理由であり、何か支援する仕組みが

表1 北海道のバイオマスの利活用率と利用可能量（炭素量換算）

バイオマスの種類	発生量	利活用率	利用可能量
紙類	約51.5万トン	51%	約25.4万トン
生活系・事業系生ごみ	約3万トン	7%	約2.8万トン
し尿等	約1.1万トン	35%	約0.7万トン
下水汚泥	約9.1万トン	52%	約4.4万トン
紙くず	約0.9万トン	47%	約0.5万トン
木くず	約14.5万トン	90%	約1.5万トン
動植物性残さ(食料品)	約4.7万トン	98%	約0.1万トン
家畜ふん尿	約125万トン	94%	約7.2万トン
黒液	約63万トン	100%	0
稲わら	約14.5万トン	99%	約0.16万トン
もみ殻	約3.7万トン	81%	約0.7万トン
麦かん	約25.3万トン	85%	約3.8万トン
林地残材	約29.3万トン	1%	29.0万トン
合計	約378.8万トン	78%	83.6万トン

出展：北海道、北海道循環型社会形成推進基本計画、2010.4 平成14年度の利活用率：70.9%



出典：バイオマスハンドブック、(株)日本エネルギー学会（オーム社、2009年）

図2 2100年予測の一次エネルギー構成とバイオマスエネルギー（BAUケースと550ppmケースの比較）

必要である。ガスの直接利用の方では、エネルギー供給構造高度化法が昨年できて、そちらで補助制度ができれば、バイオマスエネルギーがもっと普及するのではないかと期待している。

図2は、(社)日本エネルギー学会のバイオマスハンドブックで示されているシミュレーション結果である。これから90年先の2100年まで予測している。BAUと550ppmという二つのケースが記載されているが、BAUというのは、特にCO₂のことを考えないでこのまま使っていくとどうなるかということ、550ppmというのは、1997年の京都議定書で決められた、日本はCO₂マイナス6%ということを守った場合で予測したものを示している。現状のままだと、いわゆる化石系のものをたくさん使うことになり、バイオマスは生産量4位で、今注目されている太陽光や風力は意外と小さく、バイオマスの方が有効だということになっている。550ppmで見ても、バイオマスは4位で全体の5分の1ぐらいを占めている。2007年に世界で使われているエネルギーが400EJ(エクサ(10の18乗)ジュール)で、それに対して2100年には800EJが使われるだろう予測され、そのうちの167EJがバイオマスということになっている。

バイオマスで北海道を元気にできるか?

「バイオマス・ニッポン総合戦略」(以下「総合戦略」)は、2002年12月に我が国におけるバイオマスの総合的な利用を図るということで閣議決定された。これがある意味、火付け役というか、今まで北海道はバイオマスを他の都府県に比べると利用していたし、実績もあるが、関係府省が共同して策定することで、一気に加速したと思う。総合戦略で、バイオマス利活用がなぜ動き出したかということ、これはあらゆる課題を網羅していることに理由がある。①地球温暖化の防止で、カーボンニュートラルというのは炭素の増減がない、植物というのは光合成をするので、それを燃やしてCO₂が発生しても、また吸収するということで大気中の炭素の増減はない。②循環型社会の形成であり、これは廃棄物からのバイオマスエネルギーをできるだけ有効活

用するような社会を目指すということである。③競争力ある戦略的産業の育成がある。これはバイオ・リファイナリーにより、燃料電池やバイオプラスチックなどを開発するという技術革新が起こることで、日本が得意とする技術を使っての新たな産業を育成すること。④農林漁業の活性化により、元気を復活する可能性がある。北海道はまさにこれが大きい。このような課題をトータルで解決する方向を示している。総合戦略が推進するバイオマスタウンは、今年7月末で283地区認定(北海道には28地区あり、南幌町が最近認定)され、今年度末までに目標の300地区を達成できる見通しである。しかし、未利用バイオマスの利用は、25%の目標に対して17%にとどまっている状況である。このような課題を解決するため、国は、昨年6月に「バイオマス活用推進基本計画」というバイオマスを戦略的に活用する計画を策定した。都道府県など自治体も、同様な計画を策定することになる。この計画の精神として、地方自治体、企業、国民は、バイオマスを利活用する責務が生じる。国は今ごろ言っているが、道は2年前に「北海道循環型社会形成の推進に関する条例」を策定して、バイオマスの利活用が道、道民、企業の責務であると明記している。そういう意味でも、北海道は国よりも先行していると考えられる。

ABC開拓構想とは

道は、「北海道循環型社会推進基本計画」を5年前に策定し、今年改定し、北海道らしい施策として、バイオマスの利活用を最優先に挙げている。また、バイオマスの利活用を推進するため、道の循環型社会推進課が事務局となり、「北海道バイオマスネットワーク会議」が5年前に設立された。目的は、地域のバイオマス利活用の取組を促進・支援し、全道的なネットワークを構築すること。階層構造を作るのではなく、フラットな連携組織でいろいろな地域で取り組まれている方々と連携し、人や情報を共有するという組織である。民間企業の方々、大学・試験研究機関とも連携しながら進められている。

バイオマス利活用の促進を実践していくために、筆

※1 BDF (Bio Diesel Fuel)

バイオディーゼル燃料。原料となる油脂からグリセリンをエステル交換により取り除き糖度を下げる等の化学処理を施し、ディーゼルエンジンに使用できるようにしたもの。

※2 ETBE (Ethyl Tertiary-Butyl Ether)

エタノールとイソブテンから合成される化学物質である。

※3 バイオ・リファイナリー (bio-refineries)

再生可能資源であるバイオマスを原料にバイオ燃料や樹脂などを製造するプラントや技術のことである。

者の研究室では、北海道バイオコミュニティ開拓構想（Advanced Bio-Community Dream in Hokkaido, 「ABC開拓構想」と略記）を提案した。コンセプトは、バイオマス（主に廃棄物系、未利用系）の利活用を実践するために、バイオリサイクル技術の研究開発、実機運転・施設設置から、事業化まで、技術とシステムが集積した総合情報発信基地をつくることである。北海道は、バイオマスが豊富に存在し、事業化の立地条件として空、海、大都市へのアクセスの良い、大規模な土地が確保可能である。バイオマスの利活用普及のため、情報のネットワークとともに、それを支える人のネットワーク、例えば情熱的なリーダー、人脈、関係者の協力等が特に重要である。前述の「北海道バイオマスネットワーク会議」、および「NPOバイオマス北海道」は、まさにこのような目的達成のための例である。ここでは、「排出事業者」「運搬業者」「リサイクル事業者」「リサイクル製品利用者」、そして「行政」および「学」が、それぞれの役割分担・責任を意識しつつ、具体的な事業を展開していくことが目指されている。早くからバイオマスに着目し取り組みを進めてきた北海道は、地方公共団体、事業者等の関係者の努力により、既に事業関係者レベルでの普及・啓発は行き渡り、次は市民レベルでの幅広い普及のための市民参加（協力）が求められている。そして、これまでの研究成果を実践に移す時がきている。

北海道のバイオリサイクルの方向

図3に21世紀環境立国戦略とバイオマスの利活用との関係を示している。これは循環型社会、低炭素社会、自然共生社会という三つの社会を連携して、持続可能な社会を形成するということである。これをバイオマスの利活用から見て、循環型社会は廃棄物、低炭素社

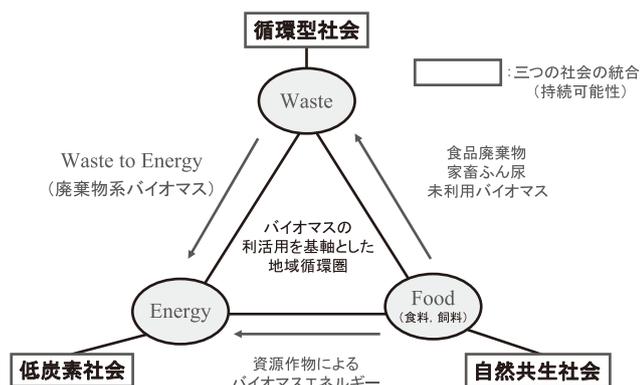


図3 21世紀環境立国戦略とバイオマスの利活用

会はエネルギー、自然共生社会は食料・飼料というのが背景にあって、こういうものは、相互にトレードオフしている場合もあるし、相互に高めている場合もあるということを示している。三つの社会を統合するというはわかりづらいので、バイオマスの利活用をベースに置くと、非常にわかりやすくなると考え図で示した。

筆者は、バイオマスのリサイクルを構築するとき、常に五つの要素を考え、システム化して考えている。つまり、「インプット」としてバイオマス、「アウトプット」である受入先、「変換」するための技術、事業化するための「事業主体」、これはどこでも成り立つわけではないので「地域特性」を考慮しなければならないという五つの要素である。

次に北海道におけるシステム化の事例として、

- (1) 稚内市と利尻・礼文島を連携した仕組みができないかということ。稚内市では、生ごみの中間処理施設ができるので、それを使って連携できないか検討している。
- (2) 工業団地において、動脈産業と静脈産業をつなぐことで、うまく循環できないかということ、先ほどのABC開拓構想の例である。ここでは電力よりもガスを直接利用した方が良いのではないかと、ガスのいろいろな注入の仕方を検討している。現在、石狩地域での可能性を検討している。
- (3) 家畜ふん尿を中心とした混合処理によるバイオガス化ということで、イメージし易いが、耕畜連携、要するに畜産のふん尿をメタン発酵して、バイオガスを作って利用する。それから耕種農家で残さを液肥として利用するということである。
- (4) 未利用廃棄物、特に木質系の利活用システム。フィンランドなど北欧では、化石燃料用の炉をこういう木質系用に切り替えられている例が多くある。

道内ではこのような検討が進められ、全道的にそのような取組が行われようとしている。筆者の研究室では、このような例をモデル化して、全国に発信し普及できないか、北海道の知恵を普及できないかということを研究している。

(本稿は、2010年10月2日に北海道大学学術交流会館で開催された、北海道バイオリサイクルフェスタで、筆者が基調講演した内容をベースに、再構成したものである)