

バイオマス産業都市における酪農バイオガスの役割

北海道バイオガス研究会 会長
北海道大学名誉教授

松田 従三

1. はじめに

バイオマス産業都市とは、経済性が確保された一貫システムを構築し、地域の特色を活かしたバイオマス産業を軸とした環境にやさしく災害に強いまち・むらづくりを目指す地域であり、今後5年間に約100地区のバイオマス産業都市の構築を目指し、関係府省が共同で地域を選定し連携して支援するとしている。2013年(平成25年)6月11日に第一次選定地域が決定した。それらは北海道別海町、北海道下川町、北海道十勝地域、新潟県新潟市、宮城県東松山市、愛知県大府市、香川県三豊市の8地域である。このうち家畜ふん尿バイオガスプラント建設計画をもっているのは、北海道の別海町と十勝地域であり、東松島市・新潟市・大府市では生ごみや汚泥などを原料としたバイオガス処理を構築しようとしている。本稿では、農水省が公表している選定された地域の産業都市構想の資料と北海道が置かれているバイオガスプラントの現状を踏まえて家畜ふん尿バイオガスプラントを考えてみたい。また北海道では昨2012年7月の固定価格買取制度スタートから、バイオガスプラントではいろいろ問題が起きて

いるので、それらを説明して今後の展望も加えたい。

2. 北海道の酪農とバイオガスプラント

2013年の農林水産統計では北海道には乳用牛約81万頭が7,300戸の酪農家で飼育され、平均飼育頭数は113頭/戸になっており、一方北海道以外の地域では、約62万頭の乳用牛が12,000戸に飼養され、51頭/戸が平均飼養頭数になっている。2011年の酪農中央会議の資料では北海道では酪農家1戸当たりの飼料畑面積は65.4ha/戸、1頭当たりの面積が1.02ha/頭であり、本州ではそれらが7.5ha/戸、0.27ha/頭になっている。

表1 地域別バイオガスプラント数(2012)

北海道	47
東北	7
関東	6
東海・北陸	3
近畿	3
中国・四国	4
九州	8
合計	78

2013年の北海道庁の調査では道内の酪農家の約78%がつなぎ飼いであり、残りの22%の酪農家はフリーストールで200頭規模以上の大型酪農家が約半数になっている。これらの数字が示すように北海道の酪農家は飼養頭数、飼料畑面積も多く、その結果1頭当たりの飼料畑面積が大きいことがバイオガスプラントを普及させた一番の要因になっている。表1に2012年のわが国のバイオガスプラント数を示す。

家畜ふん尿のエネルギー利用では、現在は嫌気性発酵させてバイオガスを発生させ、これを燃料として利用する方式がもっとも多い。しかし現在全国で90か所、北海道で50カ所程度のバイオガスプラントがあるだけで日本国内での数は非常に少ない。ドイツの8,000か所とは大きな違いである。これ以外のエネルギー利用としては九州にプロイラーふんを燃料として火力発電しているプラントがあり、また道内では乳牛ふん尿を堆肥化で乾燥させペレット燃料として火力発電するプラントが計画中等度である。

3. バイオガス発電のメリット

家畜ふん尿バイオガス処理は、表2に示すように4つの機能を持つ。ふん尿という廃棄物処理ができ、電気や熱のエネルギーを生産し、密閉式のために温室効果ガスの発生を抑制し、消化液は良好な肥料となる。太陽光発電や風力発電に比べて機能は非常に高い。しかもエネルギー生成の安定性は太陽光、風力とは比べられない。

家畜ふん尿による発電可能性を考えてみる。北海道の家畜ふん尿発生量を2,000万トン/年とすると発電出力は15万kW、発電ポテンシャルは1,300GWh/年となる^{注1)}。また同じく日本の家畜ふん尿発生量を9,000万トン/年とすれば、発電出力67万kW、発電ポテンシャルは5,800GWh/年となる。もっと身近に、例えば乳牛300頭からのふん尿19t/日では、発電出力は50kW、発電ポテンシャルは420MWh/年となる。この数字は発電機稼働率100%の場合の出力であり、設定条件としてバイオガス発生量は家畜ふん尿：35m³/t(メタン濃度56%)、発電効率は30%とした場合である。

表2 バイオガス処理が持つ機能

	太陽光	風力	バイオガス処理	堆肥化
廃棄物処理	×	×	○	○
エネルギー生成	○	○	○	×
温室効果ガス削減	○	○	◎	×
有機肥料生産	×	×	○	○

さらにバイオガス発電の大きな利点は、火力発電所のように 365 日 24 時間安定して発電のできることである。これは日射や風速によって発電量が左右される太陽光発電や風力発電ともしっかりとした違いである。さらにガスホルダーにバイオガスを貯めておけば必要な時に発電でき、連続運転よりもっと大きな発電出力も可能というエネルギー貯蔵性をもっていることである。

注1：G（ギガ）、M（メガ）、k（キロ）

1GWh=1,000MWh=1,000,000kWh

4. 再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）

（1）調達価格・調達日数

2012 年 7 月にスタートした固定価格買取制度（FIT）^{注2）}によれば表3に示す

ように太陽光発電は 36 円/kWh（10kW 以上、2013 年 4 月から）、風力発電 22 円/kWh（20kW 以上）、バイオガス発電は 39 円/kWh の調達価格（買取価格）となっている。これらはいずれも税抜き価格であって、大方の予想よりかなり高い価格となった。調達期間は、太陽光発電 10kW 未満 10 年、地熱発電 15 年を除いていずれも 20 年としている。

FIT で算定されたバイオガスプラントは 300 頭規模で 50kW の発電機を設置すると想定しており、建設価格は 1 億 9600 万円、運転維持費 920 万円/年・50kW と見込んでいる。

注2：再生可能エネルギー固定価格買取制度（FIT）については畜産環境情報第47号も参照。

表3 FITによる調達価格・調達年数

再生可能エネルギー	太陽光発電 10kW以上	風力発電 20kW以上	バイオガス発電	未利用木材発電
IRR %	6	8	1	8
調達価格 円/kWh	37.80 (36)	23.10 (22)	40.95 (39)	33.60 (32)
調達年数	20	20	20	20

※調達価格の（ ）内の価格は税抜き

（2）償還年数

この調達価格・期間で経済的に成り立つかどうかをプラントの建設費・運転維

持費をもとにして償還期間から計算してみる。表4に示すようにその結果バイオガス化発電の償還年数は31年となる。

家畜ふん尿バイオガス電気については、原料調達リスクが低いこと、また畜産業に付随する活動であることから IRR（内部利益率）を1%台とし、買取価格は39円/kWhとした結果このような償還年数になっている。ただバイオガスプラントによるふん尿処理の効果として酪農評価額2万円/頭年を加えて、2万円×300頭で600万円/年の収入があると考えられ、この収入を加えると16年で償還可能となる。ただ実際には個別プラントではこのような収入はない。

（3）他のエネルギーの償還年数

これに対して太陽光発電10kW以上では10.8年（発電量1,000kWh/kW・年として）、風力発電20kW以上では9.2年（施

設利用率20%として）、未利用木材のバイオマス発電に至っては1.8年で償還できる計算になる。このようにバイオガス発電以外のエネルギープラントは長くても調達期間の半分で償還できてしまうのである。償還年数が短いのはIRRが未利用木材発電では8%、太陽光発電では6%と高く設定してあるからである。ただIRRが大きいということはリスクも大きいことも意味しており、木材発電は一般的に5,000kW以上の発電でなければ経済的に成り立たないとされ、このためには年間5万トン以上の木材を集めなければならずこれは非常に難しい事業になり、数字上償還年数が短いと言っても容易な事業ではない。

表4 FITによる償還年数

発電出力	調達価格 円/kWh	20年間調達価格 千円	建設費 千円	運転維持費 千円	年間収入 千円	償還年数 年	IRR %
バイオガス発電 50kW	40.95 (39)	307,476	196,000	9,200	6,174	31.7	1
太陽光発電 1,000kW	37.80 (36)	720,000	280,000	9,000	27,000	10.4	6
風力発電 1,000kW	23.10 (22)	770,880	300,000	6,000	32,544	9.2	8
未利用木材発電 5,000kW	33.60 (32)	25,228,800	2,050,000	135,000	1,126,440	1.8	8

運転効率；*太陽光発電量：1,000kWh/kW・年，**風力発電運転率：20%

（4）バイオガス発電の経済性

このように家畜バイオガス発電の場合は極端に償還年数が長くなり、この300頭規模のプラントは売電だけでは全

く経済的には成り立たないことがわかる。ただ300頭規模のプラントより1,000頭規模のプラントの方が1頭当たりの建設コスト・維持コストは下がるの

は明らかであり、したがって大きなプラントの方が償還期間が短くなるのは十分予想できる。さらに酪農家が消化液貯留槽（スラリーストア）など既設の施設を保有していれば当然建設コストは下がり償還年数は短くなる。

（５）経済的に成り立たせるために

それでは300頭規模でも家畜ふん尿用バイオガスプラントをどうして経済的に成り立たせるかである。このプラントを成立させるためには電気以外の生産物、消化液からも利潤を上げるように利用することである。消化液を液体肥料として使えば化学肥料の削減になる。

例えば鹿追町のビート・小麦などの栽培農家では約30%以上、金額にすると300万円以上の化学肥料代が削減されている。また消化液を固液分離し固形分を1週間ばかり堆肥化して敷料として使えば、オガコや麦稈などの敷料は購入しなくても良いことになる。この自家製敷料生産による支出削減は、規模や飼養方式によって異なるが数百万円から1千万円以上となる。これらはまさに酪農評価額の増大であり収入増であって、売電料とこれらの収入によって償還年数を調達期間の20年以下にすることができる。

5. 太陽光発電とバイオガス発電の競合

（１）太陽光発電の動き

バイオガスプラントで発電した電力を売電することを考えてみる。酪農家がこのプラントを建設して発電することになっても電力会社が全量買い取ってくれるかどうかは北海道では不確実で

ある。農家の近くまで来ている配電線に送電容量があるかどうかを確かめなければならない。特に50kW以上の発電機を設置した場合は発電した電気を流せないという状況が道内各所には現れている。北海道は特に太陽光発電が盛んなために太陽光発電事業者がすでに経済産業省の設備認定を取り、電力会社と送電容量いっぱい送電契約をしている。そのためバイオガスプラントからの電気は買取りできなくなっているところが多い。もともと北海道電力は変電所容量が小さいためにこのような結果になっており、これらの改善が望まれる。

（２）バイオガス発電との両立

バイオガスプラントの長所はバイオガスを貯蔵しておけることである。貯蔵しておけばいつでも発電できることになる。バイオガス発電でも、スマートグリッドが考えられる。太陽光発電の配電線を使って送電するのである。太陽光発電は日中にその送電線を使い、発電できない夜間はバイオガス発電がその送電線を使う方式である。このスマートグリッド方式を使えば太陽光発電とバイオガス発電は両立する。

問題なのは夜間バイオガス発電をする場合、バイオガスを貯めるためのガスホルダーと発電機を大きくしなければならないことである。これらの発電設備を大きくすることは農家の負担になることであり、この余分の負担分を誰が支援してくれるかである。もし夜間の発電分は高い買取価格になれば問題ない。ドイツではすでにこのように電力会社の都合で発電時間を変えた場合は買取価

格にボーナスが加算される制度になっている。わが国でもこのような制度ができればスマートグリッド方式が始まるかもしれない。しかし今はその制度もないし、その上送電契約をしても太陽光発電は建設されていないので送電線を使うことはできず、スマートグリッドは絵に描いた餅である。

(3) 課題

日本の FIT の一番の問題点は、送電線に電力を流す優先権が決められておらず、早い者勝ちということである。この

ため酪農家のバイオガスプラントは常に太陽光発電に遅れをとっている。さらに電力会社には送電線容量を拡大する義務がないことである。ドイツやデンマークでは送電線容量を拡大する義務があり、風力発電・バイオガス発電などが計画されれば送電線容量は拡張される。このようにわが国の固定価格買取制度にはいろいろ課題もあるが、現在バイオガスプラント普及のもっとも強力な切り札になることは間違いないだろう。

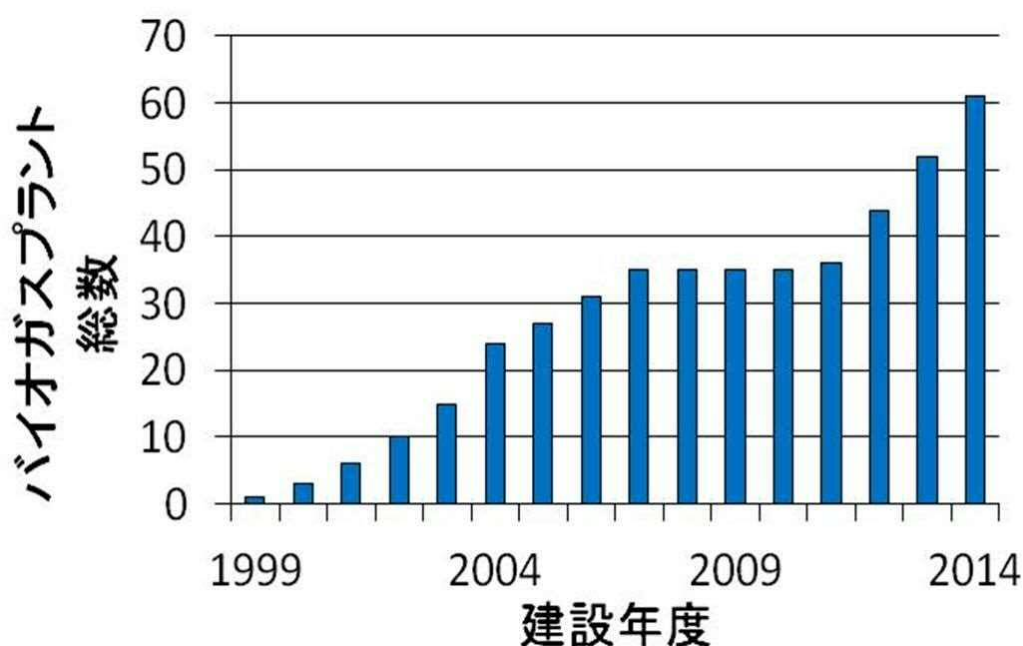


図1 北海道のバイオガスプラント数の推移

6. バイオマス産業都市構想とバイオガスプラント

(1) バイオガスプラントの現状

北海道では1999年から2007年までに家畜バイオガスプラントは47基建設され、うち11基が運転中止あるいは廃棄

された。2008年から2010年までは1基も建設されなかったが、2011年から再び建設が始まりFITが始まった2012年に8基、バイオマス産業都市構想が始まった2013年にも8基が建設中であり、2014年も9基以上が建設される計画で、この

うち2基は集中型プラントの予定である。ただ2013年からのプラント建設がすべてバイオマス産業都市構想のものかどうかは資料がないので分からない。道内でも十勝地域での建設が盛んで現在2012年建設の5基も含め17基が稼動中である。十勝地域ではさらに2013年には3基が建設中であり、2014年は7基が建設予定で、これらのうち大部分がバイオマス産業都市構想によるものと見られる。この他にこれから建設が予定されている道東別海町の集中型プラントもバイオマス産業都市構想によるものである。図1に北海道のバイオガスプラント数の推移を示す。2014年は計画の9基も含んでいる。

(2) 十勝地域の構想

FITでは発電設備として発酵槽、ガスホルダー、発電機までが含まれている。2012年12月の政府仕分作業により、発電した電力をFITで全量売電する場合は発電設備に対して1/2の補助金は支給されないことが決まった。電力を自家利用して余剰分を売電する場合あるいは発電しないでガス利用する場合はこの補助金が支給されることになっている。

その結果十勝地域ではこの都市構想でプラントを建設し全量売電を希望していた酪農家は、仕分け以前は30酪農家程度がいたが、仕分け後はほとんどの農家は手を下ろしてしまった。多分帯広市はじめ十勝地域市町村の都市構想担当者はバイオガスプラント建設を希望する農家を探すのに苦労したのではないかと考えている。この補助金が支援されないと決まった結果、十勝では2013

年建設中の個別農家3戸のうち2戸が、2014年建設予定の個別農家6戸のうち3戸が発電しても全量売電でなく自家利用して余剰を売電する方式あるいはガス利用方式を選んでいる。これらの農家のうち前述したように十勝地域は太陽光発電のために送電線の容量が少ないために全量を送電線に流せず、余剰電力を売電することを選んだ農家もいるとのことである。因みに2013年2014年に建設される十勝以外地域のバイオガスプラントは全て全量買取方式を選んでいるようである。十勝地域には今後鹿追町の集中型をはじめ、集中型、個別型のプラントはますます建設されるものと考えられる。ただここでも全量買取では1/2の補助金がでないこと、あるいは送電線の容量がないことが普及の大きな妨げになることは間違いない。

(3) 別海町地域の構想

別海町のバイオマス産業都市構想では、集中型バイオガスプラントを建設する計画が具体化している。この計画では民間事業者が事業運営会社を設立し、プラント建設と事業運営を行うというものである。この計画は5,000頭の乳用牛を対象にして日量300トンのふん尿を集めてバイオガス発電を行うという日本で最大のプラント建設運営を目指している。300トンのふん尿のうちスラリーふん尿は190トン、敷料の入った固形ふん尿は110トンを計画している。

別海町にはすでに1,100頭規模の集中型プラントが稼動しているが、ここでもスラリーふん尿と固形ふん尿を受け入れている。固形ふん尿は固液分離して固

形分は堆肥化、液分をメタン発酵にまわしているが、それに対し新しいプラントでは固形ふん尿は摩砕してこれも全量をメタン発酵するという計画である。さらにこの新プラントには生ごみなど食品廃棄物も原料として利用することになっている。事業運営会社が、売電収入、ふん尿処理費、食品廃棄物処理費、消化液販売費、多分敷料販売費も入るであろうが、などの収入によって運営できるのか非常に興味あるところである。

このように北海道では個別型プラントを複数建設する市町村と大型の集中型プラントを建設して酪農家を参加させる市町村とがある。

ドイツでは個別型の方が多いが集中型も両方とも稼働している。デンマークでは集中型の方が多い。これらはそれぞれ長所短所があるが各市町村の地域特性、農業情勢によって選ばれた方式であろう。いずれの方式のプラントも順調な運転、健全な経営が続くものと期待している。

7. これからのバイオガスプラント

わが国の家畜ふん尿バイオガスプラントは、この補助金制度、送配電線容量

の不足が続く限り大幅な普及は望めないように思える。売電だけでなく、食品廃棄物の投入による処理費収入や消化液の化学肥料代替、消化液固形分の敷料代替なども加えて、経済的に成り立たせる努力が必要であろう。発電だけでなく、バイオガスを精製してバイオメタンとし、1MPa^{注3)}以下の低圧貯蔵で需要地まで運んで利用する方式もこれからは重要なガス利用方式になるだろう。

また北海道でも消化液の利用に困っている地域もある。消化液を濃縮したり固形化したりする低コストの新技术が開発されれば、消化液は地域外に運搬し利用することもできるようになり、本州でもバイオガスプラントの普及が進むものと考えられる。

ただ日本の家畜ふん尿バイオガスプラントは経営的に成立しなければ問題外であるが、家畜ふん尿処理、ふん尿利用、悪臭低減、河川地下水汚染防止といった農業問題、環境問題の解決のためのプラントであることも忘れてはならない。

注3：MPa（メガ パスカル）

1Mpa≒10気圧≒10kg重/cm²