

北海道におけるバイオガス発電



(持っているのは「畜大牛乳」大学生協、帯広市内の一部店舗で買えます)

梅津 一孝 (うめつ かずたか)

国立大学法人北海道国立大学機構帯広畜産大学名誉教授、北海道バイオガス研究会会長、一般社団法人北海道再生可能エネルギー振興機構理事。

帯広畜産大学大学院畜産学研究科修了、博士（農学）北海道大学。

はじめに

有機性の廃棄物をメタン発酵させ排水を浄化する技術は、下水処理をはじめ多くの産業排水に応用され、水処理技術として広く用いられています。メタン発酵施設はメタンガスを主成分とするバイオガスを生成する施設であるため一般に「バイオガスプラント」という名称で呼ばれています。バイオガスプラントによる乳牛ふん尿の再資源化は、熱、電気といった再生可能エネルギーが抽出できるという点で優れた技術であり、処理後の消化液は有機物の分解、有機体窒素の無機化、BOD*や悪臭が減少するなどの利点があります。

家畜ふん尿をメタン発酵させバイオガスを回収する方法は、わが国においても戦後、導入を試みた時期がありました。プロパンガスなどの普及により姿を消した経緯があります。1970年代、中東戦争による原油価格の高騰により、石油に代わる代替エネルギーとして関心が高まり、大学や試験研究機関で様々な研究が行われました。帯広畜産大学では1977年にソーラーエ

ネルギーと乳牛ふん尿メタンのハイブリッド型の実証試験を行っています。また、80年代にはベンチスケールでの乳牛ふん尿の発酵特性試験、90年代に入ってから北見市でコジェネレーションシステムを導入した実用規模の実証試験を行っています。

近年は、環境保全の立場から、さらに東日本大震災以降は分散型バイオマスエネルギーとしてメタン発酵は家畜ふん尿処理の主要な方法として位置づけられ、家畜ふん尿の有機質肥料としての有効利用と再生可能エネルギーとしてのメタンエネルギー利用の両面からの取り組みが行われています。

1 バイオガスの基礎

バイオガス生産を担うメタン発酵は、嫌気発酵とも呼ばれ嫌気条件で進行する有機物の分解反応であり、メタン菌群に属する微生物に有機物が分解されメタンガスを生成する反応と、水素と炭酸ガスからメタンを生成するふたつの反応の総称です。そのためメタン発酵は密閉構造の嫌気タンクを必要とします。また、メタン発酵は発生したバイオガスなどを熱源として発酵槽内を最適温度に維持する必要があります。発酵適温は中温領域（35～45℃）高温領域（55～65℃）に大別され、現行のメタン発酵施設は中温発酵法が主流です。生成するガスはバイオガスと呼ばれ、メタンが約60%、二酸化炭素が約40%、微量の硫化水素、窒素の混合気体です。バイオガス中には1,000～3,000ppmの硫化水素が含まれており、この硫化水素は発酵物質に含まれる蛋白質やアミノ酸を構成する硫黄や硫酸塩が還元硫黄細菌などによって生成される気体です。この硫化水素が燃焼すると亜硫酸ガスや硫酸となってボイラーやシリンダ内を腐食させるなどの問題が生じ、排気ガスは硫化酸化物を多く含むため大気汚染の原因ともなるため、脱硫と呼ばれる硫化水素の除去が必要となります。家畜ふん尿を対象としたバイオガスプラントの脱硫法は生物法、乾式法が主であり、両者の組み合わせも見受けられます。

*BOD (Biochemical Oxygen Demand)

生物化学的酸素要求量（水中の有機物の代表的な汚染指標【生活環境項目】）。生物が水中にある有機物を分解するのに必要とする酸素の量（mg/l）を表しています。河川の汚染度が進むほど、この値は高くなります。

バイオガスの利用方法としてはボイラーなどで直接燃焼させ熱として用いるのが最も効率的ですが、電気は使いやすいエネルギーであるため発電し売電を行う施設が多数を占めます。メタンの発熱量は8,500kcal/m³（低位発熱量）であることから、バイオガスの発熱量は概ね4,500~5,500kcal/m³となります。メタンは低級炭化水素であり、燃焼によって生じる二酸化炭素は少なく、バイオガスによる発電方法はガスエンジンにより回転界磁型発電機を駆動しエンジンからの廃熱も回収するコジェネレーション方式が採用され廃熱は発酵槽の加温の他、熱エネルギーとして温室栽培などに用いられています。

メタン発酵後の処理液は消化液と呼ばれ、生スラリーや好気性の曝気処理などを行った液肥と比較し、肥料成分、特に窒素の損失が少なく悪臭の少ない肥効の高い液肥です。また、有機態の窒素はメタン発酵の過程で無機化し、アンモニア態に変化し土壤中で直接作物の根より植物体に吸収されます。消化液は投入原料の性状と比べ有機物、BODの顕著な減少が認められますが、肥料成分の有意な減少は少なく、肥料成分の保持効果があります。また、臭気は激減し、散布による悪臭の拡散もほぼありません。現在肥料価格が高騰している中、消化液の有機質肥料としての有効利用は営農にとって非常に重要な課題となっています。

家畜ふん尿を原料としたバイオガスプラントは、農家が個別に所有する戸別（個別）型（写真1）と複数の農家のふん尿を処理する集中型（写真2）に大別されます。ふん尿の輸送費は集中型バイオガスプラント運営の重要な鍵であり、コストの35~50%を占める場



写真2 集中型バイオガスプラント（中鹿追）

合があり、輸送の効率化、コスト低減がプラント運営の成功を左右する重要なポイントとなります。バイオガスプラントの運営は個人によるもの、自治体主導、農協などのリース事業、自治体と農協などの経済団体、民間企業の共同スキームなど様々です。

2 バイオガスプラント発電の現状

バイオガスプラント事業では、プラントで発電した電力の販売が事業を維持するための重要な収入源となります。家畜ふん尿を対象としたバイオガスプラントは、1997年に採択された京都議定書以降、建設が開始され、1999年の家畜排せつ物の管理の適正化及び利用の促進に関する法律の施行後、建設数が増加しています。道内の畜産系バイオガスプラント設置数の推移を図1に示します。2000年には建設数が11基に達しましたが、当時の施設は建設後にトラブルが多発したことや電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS法）の売電単価が安価であったことも



写真1 戸別型バイオガスプラント（土幌）

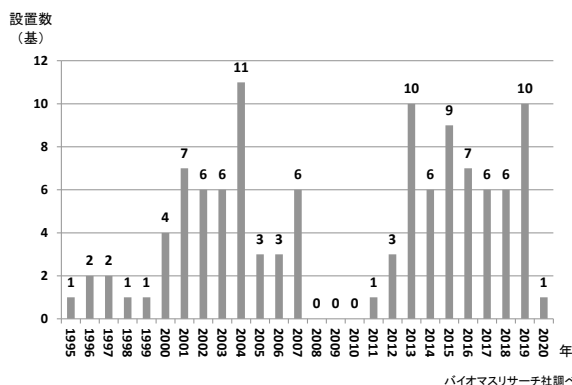


図1 北海道内の畜産系バイオガスプラント設置数の推移

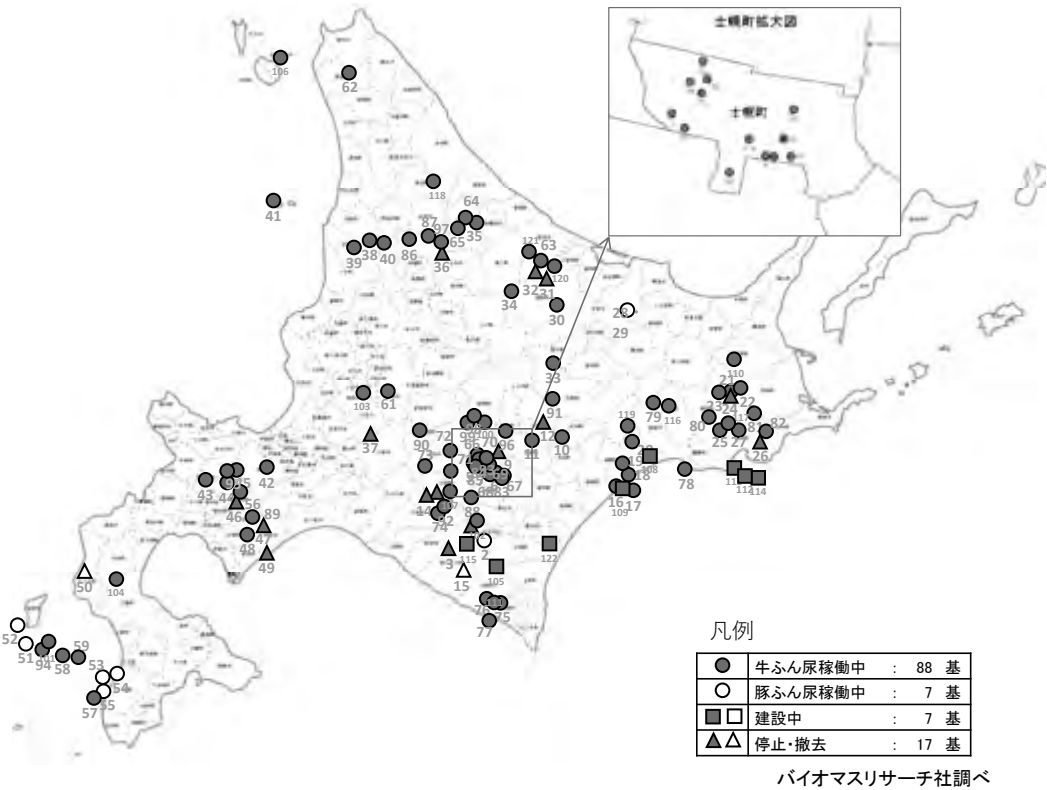


図2 北海道内のバイオガスプラントの分布

影響して、2008年から2010年にかけての建設は無くなりました。そのような中、東日本大震災による深刻なエネルギー危機を契機として2012年7月の固定価格買取制度（FIT）が開始されて以降、バイオガスプラントの着工件数は増加し、2020年までに102基の施設が建設されています。

図2にバイオガスプラントの分布、図3に北海道内の酪農用バイオガスプラントの規模を示します。経産牛換算で300頭規模以上の大型プラントが半数を占めています。図4にバイオガスプラントによる1日当たり

の乳牛ふん尿処理量の推移を示します。2015年からの集中型施設の建設の増加に伴い、ふん尿処理量は施設の大規模化に比例し急増しています。

図5に北海道内の酪農用バイオガスプラントの発電出力の推移を示します。FIT制度が始まる以前は、バイオガスの脱硫技術や発電施設の完成度が低く、メンテナンス体制が整備されていなかったこと、電気の買取価格が安価だったことで発電施設の導入は進みませんでした。FIT制度の導入を契機に北海道内のバイオガスプラントによる発電出力は増え、特に大規模集

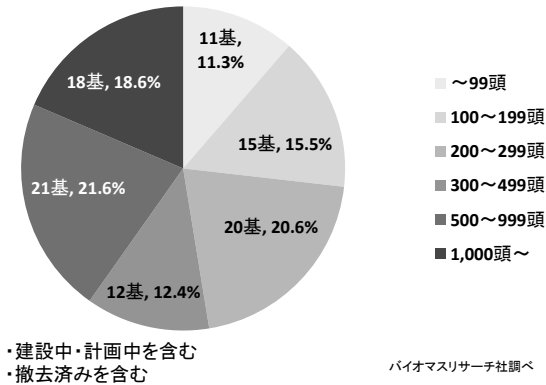


図3 酪農用バイオガスプラントの規模

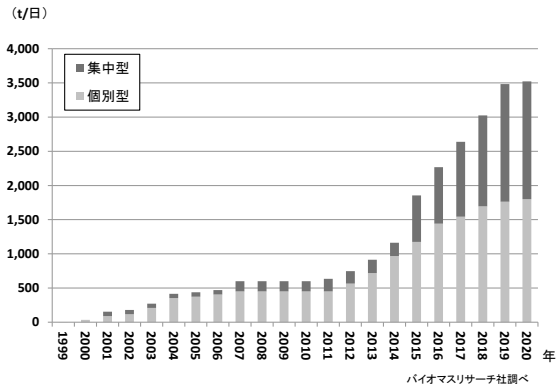


図4 北海道内のバイオガスプラントによる1日当たりの乳牛ふん尿処理量の推移

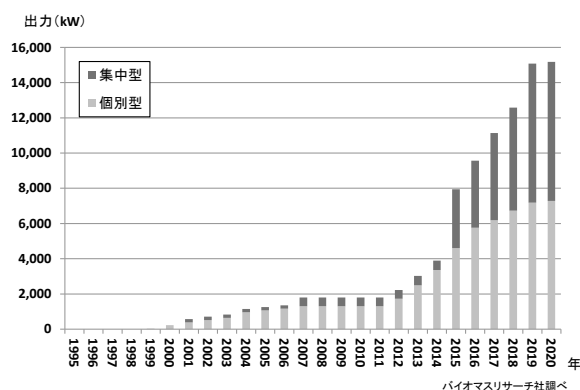


図5 北海道内の酪農用バイオガスプラントの発電出力の推移

中型施設による発電施設が大型化し、2020年の発電出力は15,000kWを超え、FIT制度導入前の発電出力1,692kWの約9倍に増加しました。しかし、近年、発電した電力を流す系統の容量の不足から、北電の判断で系統連系ができず、2020年の建設数は1件に止まりました。そのため系統の増強を行わず、送電線の空き容量を利用し発電事業者が出力を調整しながら利用する仕組みであるノンファーム型接続についての検討が行われ2021年1月13日から受付が始まり、系統連系が可能となった地域では建設が再開されています。

道内の乳牛頭数は成牛換算で547,000頭（農水省「畜産統計」2020年2月）です。バイオガスプラントで処理している乳牛数は53,800頭で処理率は9.8%とさらなるポテンシャルを有しています。今後、バイオガスプラントは多数を占める中小規模農場への小型プラントの開発普及と低出力発電器の系統への連携ならびに地域配送電網での利用推進、災害時系統電源と独立するシステムの普及などが求められます。

3 酪農・畜産の生産基盤強化と脱炭素

酪農・畜産は本道の主要産業であり、地域社会経済を支えています。酪農・畜産の営みが維持されれば、原料となるふん尿は安定的に排出され発電量も安定します。バイオガスプラントが、酪農・畜産事業者の営農課題を解決する手段となり、臭気対策や雇用の創出

等の地域への効果も考えられます。規模拡大が進む北海道の大規模な草地型酪農を持続的に営むためには、家畜ふん尿による水質悪化、悪臭防止対策は不可欠であり家畜ふん尿の適正な管理と利用は酪農生産の基盤です。北海道は寒冷で、広域分散型社会でありエネルギー需要が他地域よりも大きくエネルギーの多くを海外に依存し地域収支を悪化させています。家畜ふん尿など地域にあるバイオマス資源を電気やガス、熱として地域内で利用することは域外に流出していた資金が地域内で循環することになり地域経済の活性化につながり、地方創生にも貢献します。

現在、北海道内の畜産地帯では自治体を中心となり、バイオガスプラントで作られる電気や熱、消化液を活用したまちづくりを目指す地球温暖化対策の策定が行われています。環境省は2022年4月26日、2030年度までに電力消費に伴う二酸化炭素排出量の実質ゼロを目指す「脱炭素先行地域」に畜産バイオガス発電を中心とした取り組みを行っている鹿追町と上士幌町を認定しました。鹿追町は町議会定例会において十勝で初めて「バイオガスプラントを核とした鹿追型ゼロカーボンシティ」に挑戦することを宣言しています。同町は集中型の中鹿追バイオガスプラント（290kW）と瓜幕バイオガスプラント（750kW）を中心に独自の配電線（自営線）を設置し公共施設（9施設）の電力供給を可能にしています。また、国内初のバイオガス改質による水素事業を2022年より町と民間企業連携による水素サプライ事業を商用化しています。上士幌町では7基（2,270kW）のバイオガスプラントを有し、酪農の拡大による増頭・増産とそれに伴うふん尿の適正処理の地域の課題に向き合っています。さらに地域電力会社、かみしほろ電力（小売事業者）を設立し、地域内に畜産バイオガス発電による電力を町内で地産地消する仕組みを実現しています。両町ともFIT後のバイオガス電力の受け皿として地産地消ネットワークの構築を目指しています。