

家畜糞尿利用バイオガスシステム導入の現状と課題 —中国・新疆ウイグル自治区を事例として—

加藤智央¹・木南莉莉^{2*}

(平成20年12月25日受付)

要 約

近年、世界的にバイオマス(生物資源)の利活用が注目されている。その背景には地球規模の環境・資源・エネルギー問題があり、各国において持続可能な経済発展への転換が求められている。中国では、三農問題解決の一つの手段として再生可能エネルギー法や農村地域の再生可能エネルギー発展計画を制定し、辺境地域の再生可能エネルギー開発を進められている。本研究では、バイオマスのエネルギー転換を進めている中国・新疆ウイグル自治区を対象として、家畜糞尿利用バイオガスシステムの導入の現状を把握し、その展開方向や問題点を明らかにする。

新大農研報, 61(2):135-143, 2009

キーワード：バイオマス、バイオガスシステム、家畜糞尿

1. 課題設定と研究の目的

近年、世界的にバイオマス(生物資源)の利活用が注目されている。その背景には地球規模の環境・資源・エネルギー問題があり、各国において持続可能な経済発展への転換が求められている。日本政府は、2002年6月25日に閣議決定した「経済財政運営と構造改革に関する基本方針2000」において、バイオマスの利活用を推進する計画を盛り込み、持続可能な循環型社会「バイオマス・ニッポン(注1)」をビジョンとして打ち出した。

一方、中国でも電力不足に直面した2002年以後、再生可能エネルギー及びエネルギー政策全般を重要視する機運が急速に高まったことを背景に、2005年2月28日に「中華人民共和国再生可能エネルギー法(注2)」が第10期全国人民代表大会(全人代)常務委員会で決議・公布され、2006年1月1日から施行された。同法に基づく再生可能エネルギー開発利用の中長期的総量目標を達成するために、2005年から2015年まで、トータルで823億元の投資が必要であり、そのうちバイオマス関連の投資額は表1に示したとおりである。また同法の中で農村地域の再生可能エネルギーの開発利用を奨励している。

表1. 中国政府のバイオマス関連の投資計画(単位: 億元)

	2005年	2010年	2015年	合計
工業廃水 メタンガスプロジェクト	25.87	36.16	51.45	113.48
家畜 メタンガスプロジェクト	13.01	38.95	38.95	90.91
茎・藁 ガス化プロジェクト	5.25	7.75	8.45	21.45

出所：日本海学推進機構(2006)p.22より引用。

これは、かねてから言われている三農問題(農業・農村・農民)解決への一施策である。農村地域で展開する具体的な施策についても同法では、「農村地域の再生可能エネルギー発展計画」を制定し、再生可能エネルギー技術の普及・応用を推進するとしているが、その中で大きな役割を持つのがバイオガスシステムによるバイオマス資源へのエネルギーの転換である。本論文の調査地域である新疆ウイグル自治区は、三農問題が深刻である西部地域に位置し、バイオマス資源のエネルギーの転換を図っている。

中国のバイオマスは作物の藁、薪、工業(食品工業)有機廃棄物、人畜の糞尿、生活ゴミなどが含まれている。現在、農業残渣の年生産量は6億^トで、林業加工廃棄物は2億^ト、薪の蓄積量は8,750億^{m³}、エネルギー作物(甘高粱)は0.56億^ト、家畜糞尿は25~36億^トである(表2を参照)。中国における再生可能エネルギーからのエネルギーは約5,200万TCE(ton of coal equivalent: 石炭換算^ト)で、全国一次エネルギー消費量の2.6%を占めている(表2を参照)。新疆ウイグル自治区(以下新疆)では、主に人畜の糞尿や食物残渣が利用されるのである。

中国農村におけるバイオガスシステムは、8~10^{m³}のタンクを作り、農家で発生する生ゴミ、家畜と人の排泄物を溜めてメタン発酵を行うものである。発生したバイオガスはガスコンロや温水器の燃料として利用できる。発酵槽内の液体と固体残渣は肥料として有機栽培にも使える。このシステムは20~30年前から始められ、近年急速に発展した。現在、毎年200万世帯に対し、中央政府と地方政府からシステム導入のための補助金が支給されている。中国全土の農家は2億4,000万世帯であり、バイオガスシステムが導入できる農家は1億4,000万世帯である(普及率は10分の1(注3))。新疆においても政府主導で個別型バイオガスプラントを導入し燃料や肥料の生成を行っており、5万戸以上の農家が利用している。しかし、メンテナンスや導入の拡大の上で課題は残る。

¹ 株式会社スタッフサービス

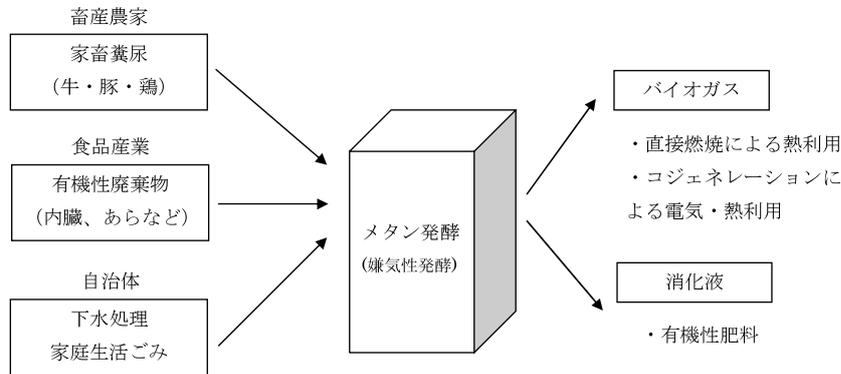
² 新潟大学農学部

*代表著者: kiminami@agr.niigata-u.ac.jp

表 2. 中国におけるバイオマスの利用状況 (2003 年)

	容量 (Kw)	発電量 (万 Kwh)	石炭換算 (万 Tce)
砂糖キビかす発電	1,700,000	400,000	14.2
農林廃棄物発電	50,000		0.07
ごみ燃焼発電	100,000		0.18
ごみバイオガス発電	10,000		0.02
	数 量	生産量 (億 m ³)	石炭換算 (万 Tce)
戸用バイオガスプラント	1,300 万戸	46	3.27
大型、中型バイオガスプラント	2,500 ケ所	12	0.03
藁ガス化	525 ケ所	1.75	0.03

出所：バイオマス情報ヘッドクォーター HP 「中国におけるバイオマス利活用の概要」
(<http://www.biomass-hq.jp/foreign/>)



出所：筆者作成.

図 1. バイオガスシステムの概念図

そこで本論文は、新疆におけるバイオガスシステムの導入の現状を把握し、その問題点や展開方向を解明することを課題とする。研究方法としては、既存研究・資料の整理・分析によって研究課題の背景への理解を深め、三農問題が深刻である西部地域に属する新疆自治区の関係機関へのヒアリング及び個別事例への調査を通じて、バイオガスシステム導入の問題点を明らかにし、今後の展開方向を探る。

2. 家畜糞尿利用バイオガスシステム導入の背景と現状

(1) バイオガスシステムとは何か

一般的にバイオガスシステムとは、有機性廃棄物をメタン発酵処理させることにより生じたバイオガスを回収し、エネルギー源として有効活用を可能にする資源循環型のシステムのことである (図 1 参照)。バイオガスシステムの原料としては、藁などの作物残渣、食品工業の有機廃棄物、人畜の糞尿、生活ゴミ、汚泥が用いられる (表 3 参照)。

メタン発酵とは、メタン細菌が有機性物質を嫌気的に発酵させ、バイオガス (メタン 60 ~ 65%、二酸化炭素 35 ~ 40% 程度) を発生することである。メタン細菌は多くの種からなり立っているため、その発酵適温は低温発酵 (20℃ 未満)、中温発酵 (37℃ 前後)、高温発酵 (55℃ 前後) の 3 つに分類できる。一般的に

表 3. 農業廃棄物からのバイオマス発生量

種 類	バイオガス発生量 L/kgVS	平均発生量 L/kgVS
豚糞尿	340-350	345
牛糞尿	150-350	250
鶏糞	310-620	460
馬糞尿	200-350	250
羊糞尿	100-310	200
わら	180-320	250
コーン殻	350-480	410
牧草	280-550	410
野菜クズ	300-400	350
汚泥	310-640	450

出所：李 (1998) より引用。

高温になるほどバイオガス生産効率が良いが、メタン発酵が好気性の処理法と違い発酵の際にほとんど発熱しないため、高温発酵のためにはガスボイラなどによる加温が必要である。また、

ph 値をコントロールしなければ発酵菌の活性が失われ、バイオガス生産に支障が出てくる恐れがある。メタン発酵の利点は、嫌気性の空間で処理されるため糞尿の臭気を減少させることができ、同時にアンモニアの大気中への揮散を防止し酸性雨の原因を削減することができることとされている。バイオガスは直接燃焼による熱利用とコジェネレーションシステムによる熱・電気の利用に用いられる。また、発生過程で得られた消化液は有機肥料として用いることができ、好気性処理をした家畜糞尿より肥料成分が高く、特にアンモニア性窒素が多いので肥料効果が高い。ただし、日本や欧州の一部では環境規制により、消化液を農地に使用できないところもある。その場合、固形分を分離して堆肥化し液分を浄化処理しなければならないが、窒素成分が高いために浄化処理にはエネルギーを要し経費がかかる。

バイオガスプラントには、個別型と共同型の2つに分けることができる。個別型は個人の農家や農場が自らの家畜糞尿処理のために利用するものであり、共同型は家畜糞尿の供給者とシステムの設置・運営者が異なり、複数の供給者（農場や食品産業）から家畜糞尿やその他の有機性廃棄物を収集し処理するというものである。

個別型のメリットは、①小規模であるため初期投資が抑えられること、②自給であるため輸送コストがかからないことである。デメリットは、①原料調達不安定であること、②バイオガスの生産量が限られているために利用範囲が狭いこと、③総じて管理費用が共同型に比べ高いことである。共同型のメリットは、①原料調達が比較的安定していること、②コジェネレーションシステムを導入することにより熱・電力を有効的に利用ができること、③システムの受益者が農家だけでなく地域住民であること、④組織経営による資源の効率的利用ができ管理費用が個別型に比べ低いことである。デメリットは、①大規模であるため初期投資が高いこと、②原料のプラントへの運搬が必要となるため輸送コストがかかり、運搬中の原料からの悪臭の問題があることである。

(2) バイオガスシステムを取り巻く状況

バイオガスの利活用は、1950年代、70年代、90年代のそれぞれの時期に世界中で盛んに研究されてきた。特に70年代前半のオイルショックの時期にバイオガスプラントが建設されたが、オイルショックが過ぎ去った後には研究が中断され、建設されたプラントも採算が合わず閉鎖された。中断された理由は、当時のプラントは多くの労働を要する割にガス発生効率が高いといった欠点をもっており、プラント導入に対する補助金もなかったからである。しかし近年、バイオガスシステムの技術が急速に進歩し、石油代替エネルギー資源確保の需要の拡大と地球温暖化の抑制及び循環型社会形成の視点から、再びバイオガスシステムに注目が集まっている。

バイオガスシステムは、世界の中では、デンマークやドイツなどのEU諸国と中国やインドなどのアジア諸国の2つの地域で利用が進んでいる（注4）。

(3) 中国におけるバイオガスシステムの導入理由

中国政府は、バイオガスシステムを①再生可能な新たなエネルギー資源、②環境負荷の小さいクリーンエネルギー、③インフラ整備が遅れている辺境地域におけるエネルギー資源確保と生活水準の向上という3点から重視している。

1) 再生可能な新たなエネルギー資源

中国は1970年代から改革・開放政策を推し進め、高度経済

成長期に入った。1980年から2000年の間に、GDPは4倍に増加した。一次エネルギー消費は年率40%で上昇し生産を上回るペースで増加した。一次エネルギー資源の純輸出は1985年の4,000万TOE (ton of oil equivalent: 石油換算ト) 弱のピーク時から1996年の800万TOEへ減少し、1997年より純輸入国に転じ、2005年現在一次エネルギー消費量の6%を輸入に頼っている。

一次エネルギー資源を資源別に見ると、石炭は純輸出、天然ガスは自給自足となっている。ただし中国では天然ガスの利用は遅れており、過小均衡状態である。問題は石油で1993年より純輸入に転じ、純輸入量は年々拡大している。石油の需要を押し上げる1番の要因は自動車である。2002年は1980年に比べ、自動車保有数は12倍近くになっている。1990年から2000年にかけて石油需要は1.1億ト増となり、その4分の1が自動車に起因している。また、電力供給について見ると、経済成長による電力需要の急増で供給が追いつかず、2002年より電力不足が顕在化している。2002年は季節的・臨時的な不足であったが、2003年には通年的電力供給不足になり停電が頻発した。2004年以降も電力需要の増加は続き、送電制限が実施されている。

急速な一次エネルギー資源の需要増に対する中国政府の政策として、①国内外の一次エネルギー資源の開発・確保、②技術革新による一次エネルギーの効率的利用の促進、③石油・石炭・天然ガスに代わる再生可能エネルギーの利用・開発を進めている。②については、一次エネルギーの利用効率は現状では先進国の6~8割であるため、技術革新によりエネルギー利用効率を高め、省エネができる潜在力は大きい。③については、2005年11月現在、中国のエネルギー消費に占める再生可能エネルギーの割合は7%であるが2015年には16%にまで高めようとしている。

バイオガス生産の主たる原料となる糞・畜産の糞尿量は、糞が年7億ト、糞尿が27~36億トにのぼり、また大量の都市生活ごみや薪、灌木、草、食品加工業由来の高濃度有機性排水の有機物資源など、中国には多くのバイオマス資源がある。したがって今後、中国においてバイオマスエネルギーシステムが普及する可能性は高い。

2) 環境負荷の小さいクリーンエネルギー

一次エネルギーの消費増加により、温室効果ガスの排出量も増加する。2002年における中国の温室効果ガスの排出量は、すでに米国に次いで世界第2位である。2030年の排出量は2000年比2.2倍の約67億トにまで増大し、全世界に占める割合は18%になると予測されている。

石炭依存度が高い中国では、石炭消費による大気汚染や酸性雨の問題も深刻である。石炭は消費すると硫黄酸化物を発生させ、硫黄酸化物は大気中で雨雲に混じり酸性雨となって降り注ぐ。国土面積の3割近くが酸性雨によって汚染され、酸性雨による農作物や住民の健康への被害額は中国のGDPの3%にあたる1,400億円ともいわれ、これまでに40万人以上が大気汚染の影響で死亡している。これらの環境負荷を低下させるには、化石燃料のクリーン利用技術の開発と化石燃料以外の環境負荷の低いエネルギーへの転換が必要である。

3) 辺境地域におけるエネルギー資源確保と生活水準の向上

中国の経済発展は、経済発展が先行した沿海地域の都市部に豊かさをもたらす一方、経済発展が遅れた内陸部の諸都市や大部分の農村地域との経済格差が拡大した。そのため、中国政府は格差の解決に向け様々な施策を行っている。エネルギー開発

については、農村地域の再生可能エネルギーの開発・利用を奨励する「再生可能エネルギー法」を制定している。具体的な施策については、「農村地域の再生可能エネルギー発展計画」を制定し、バイオマスエネルギーへの転換、家庭用太陽エネルギー、小型風力エネルギー、小型水力エネルギーなど自然エネルギー技術の普及・応用を推進するとしている。これらの施策は、主に次の3つを目的としている。①送電線などのエネルギーインフラの整備が困難な山間部や辺境地域における農村にある資源を用いたエネルギーの自給、②石炭の利用によって伴う温室ガスや大気汚染の抑制、③バイオマスシステム関連の雇用創出である。

3. 新疆における家畜糞尿利用バイオガスシステム導入の事例

中国辺境地域のエネルギー開発の現状を探るため、中国において三農問題が顕著な西部地域の一つである新疆を調査地として設定し、2006年8月9日～18日に現地調査を実施した。新疆のバイオガスシステムの導入状況や政策についてのヒアリング調査を新疆農業庁にて、また実際の導入事例の現地見学およびヒアリング調査を新疆生産建設兵団紅旗農場において実施した。

(1) 調査地の概要

1) 新疆ウイグル族自治区および農業の概要

新疆は中国の西北端の辺境地域に位置し(図2右上を参照)、土地面積は166.04万km²で、中国の6分の1を占める。総人口は1,876万人であり、うち農業人口が65%を占める。気候は温帯大陸性乾燥気候である。年日照時間は2,600～3,600時間、年間累積温度は3,000～4,000℃にもなる。年平均気温は9℃で、最大日較差は20～30℃である。年間降雨量は20～1,000mm(平均降雨量144mm)と少ないが、雪山の溶解水、山区間の降水と地下水など水資源は豊富である。

新疆の産業別GDP構成比を見ると、第二次産業の割合が全

国平均より低く、第一次産業が高いことが上げられる。つまり、農林漁業の比重が全国平均より相対的に大きいということである。平均一人当たり耕地は0.2haであり、主に穀物・経済作物・畜産品生産が行われる。改革開放以後、新疆の農産物生産は、従来の穀物生産から経済作物生産に重点を移し、穀物生産面積を減少させた。新疆では穀物の土地生産性を上げ、生産量を確保した上で、経済作物の作付面積を増加し、農民の収入を増加させようとしている。そのため農作物の生産においては、単収の増加に力を入れている。さらに近年は積極的に特色農業(有機綿・甜菜等)の発展に取り組んでいる。

新疆は、ウイグル族・カザフ族・キルギス族など13の民族が古くから牧畜業を営んでおり、現在でも畜産業は新疆経済において重要な地位を占めており、中国の「五大牧畜区」の一つに数えられるほど畜産業が盛んである。また、新疆全体は行政区画として14の市、88の県、849の郷鎮、地域経営団体としては78の国営農場、174の生産兵団に分かれている。今回、導入事例の調査を行った新疆生産建設兵団の紅旗農場は、吉木薩爾(ジムサル)県の五家常(ウジャチ)市に属している(図2を参照)。

2) 新疆生産建設兵団の概要

新疆生産建設兵団(以下、兵団という)は新疆ウイグル自治区の開墾と辺境防衛を独自に行う国家機関で、1954年に成立した。兵団は、新疆の経済建設や社会安定の維持、民族の団結、国防防衛の強化という役割を持つ。また兵団の一部は、近年民営化され中国新建集团公司となった。兵団の下に、師団(開墾区)が14、農牧団場が174、工業、建築、運輸、商業などの企業4,391社がある。兵団員の総数は245万3,600人であり、漢族・ウイグル族・カザフ族・回族・蒙古族など37民族で構成されている(うち、88%を漢族が占める)。

これまでに兵団は新疆経済に重要な役割を果たしてきた。現在でも新疆経済、特に農業生産においてその役割は大きい。近年、新疆経済に占める兵団の比重は低下している。その理由は成立の過程から農業に重点をおき、工業化が遅れていると考



出所：広瀬崇子編、「中国—漢民族による新疆の経済支配」, 未來社, 1998年

図2. 新疆生産建設兵団の紅旗農場の位置

えられる。しかしながら、第11期5ヵ年計画は農業の産業化による経済全体の開発と農村貧困地域の開発を目標として兵団は新たな役割を求められている。

(2) 新疆におけるバイオガスシステム導入の動向

2006年に中国政府は25億元、新疆政府は5,000万元をバイオガスシステム導入のために投資し、50以上の県の5万戸以上の農家がバイオガスを利用している。新疆では、バイオガスは主に燃料として用いるが、発電する設備も3ヶ所ある。そのうちの1ヶ所を生産兵団が持っている。また、この設備で発電した電力の10%は住民の照明に使われる（政府の政策で1Wにつき0.25元の補助を行う）。そこで我々は、新疆農業庁に対して聞き取り調査を行い、新疆におけるバイオガスシステム導入の理由をたずねたところ、以下のような答えが得られた。①エネルギー資源（石炭や薪炭）を節約することができる。②石炭や薪炭を燃料としないため、生態系の破壊及び悪化を防止することができると同時に政府の「退耕還林」政策にも役割を果たすことができる。③バイオガス残渣は肥料として使うことができ、農民の生活条件（糞尿処理）を向上させることができる。これらは中国政府の掲げるバイオマスシステム導入理由と合致する。

また、新疆でバイオガスシステムを発展させるメリットとデメリットについては以下のように答えている。まずメリットとしては、新疆は牧畜業が盛んなため、家畜糞尿が充分にあり、バイオガス原料が不足する心配はない（バイオガスシステムに使われる糞尿は全体量の3分の1に過ぎない）。一方デメリットとしては、冬のガス生産量が少ないという問題がある。夏には1kgの乾燥した糞尿から0.3m³のガスを生産することができるが、冬は気温が低いため、夏の半分の0.15m³しか生産できないのである。

(3) 紅旗農場におけるバイオガスシステム導入の現状

1) 紅旗農場の概況

紅旗農場は、新疆生産建設兵団（以下兵団）の10ある農師（注5）の内の第六農師（農六師）に属する大規模な総合農場の一つである。ジュンガル盆地の東南部にあるオアシス農業地帯に位置し、吉木薩爾（ジムサル）県の五家常（ウジャチ）市に属している。総人口は1万6,700人で、農家は4,000戸ある。農場は107の社宅区、4つの農業分場、36の生産連隊（チーム）、15の企業を持つ。このように農場は、一つの行政区を形成している。2005年のGDPは1億1,634万元で2004年より18%増加した。うち第一次産業が6,722万元で15%増加、第二次産業が2,255万元で23%増加、第三次産業が2,666万元で20%増加した。

農場は中型ダムを有している。ダムの貯水量は2,500万m³で、年平均貯水量は2,200～2,300万m³で農場の主要水資源となっている。その他に、規模の小さいダムが3ヶ所ある。また153個の灌漑用の井戸と地下水と河川資源もある。農場総面積14.7万haの内、耕地面積が2.4万haである。主要農産物は小麦・綿花・とうもろこし・紅花・ヒマワリである。畜産飼育頭数は11万9,300頭であり、その内、羊は10万5,900頭と約90%を占める。農家の家畜糞尿の処理方法は、乾燥した大陸性気候を利用し糞尿を屋外に堆積する自然乾燥処理法であり、また家畜舎と住居が近い状態にあるため、糞尿の悪臭や衛生面の問題がある（表4、表5を参照）。

2) 農業開発目標

農場の「第11次五ヵ年計画」においては、2010年末までの目標として、総生産額を1億9,000万元（2005年比64%増）にすると定められている。また、各産業の内訳は、第一次産業8,700万元（同30%増）、第二次産業4,900万元（同122%増）、第三次産業5,300万元（同96%増）となっている。さらに、農業生産を主に以下の5つに分けて、それぞれを特化し、総合的

表4. 都市部・農村部・紅旗農場内住民の1人当たり可処分所得（単位：元）

	2000年	2005年	年増加率
都市部	6,280	10,493	10.81
農村部	2,253	3,255	7.64
紅旗農場内	1,787	3,096	11.62

出所：中華人民共和国国家統計局（<http://stats.gov.cn/>）および現地調査資料より作成。

表5. 2006年最低生活補助金支給額

	戸数（単位：戸）		金額（単位：元）	
	第一四半期	第二四半期	第一四半期	第二四半期
107社宅区	97	98	38,358	38,880
一分場	253	256	90,165	89,874
二分場	292	283	104,046	105,087
三分場	104	103	36,321	35,850
四分場	127	129	45,345	45,891
場直	84	87	30,447	34,620
合計	957	956	344,682	350,202

出所：現地調査資料より作成。

な農業開発が進められている。すなわち、①穀物・綿花の生産地区(一、二分場・107三連・下興湖・趙家井子)、②畜産とその飼料用作物の生産地区(三分場)、③果物、野菜の生産地区(四分場)、④穀物、経済作物、飼料用作物の生産地区(三場槽子)、⑤畜産の重点生産地区(107ヶ所の社宅区)である。

3) バイオガスシステムの導入計画

農場のバイオガスシステム導入の理由は以下のようである。①バイオガスという新エネルギーの開発及び利用、②石炭等の化石燃料の消費削減によって環境保全や生態農業の発展に寄与する。③エネルギーが自給でき、農家の燃料支出を抑えることができ(注6)、また四位一体(注7)の利用による冬場の畜舎暖房の効果等で作物生産・家畜養殖の効率が向上することで、農家の収入が増加する。また、家畜糞尿処理の問題を解決し、農村の衛生環境が改善できる。これも先に述べた新疆の導入理由と同じように中国政府の掲げるバイオマスシステム導入理由と合致する。

当初農場は、大規模施設の建設を申請したが却下され、個別型の導入となった。その理由としては大型施設の場合、国から150万円、兵団から150万円の支出が必要となるからである。紅旗農場における最終的な目標は、全農場の80%に当たる3,200戸の農家にバイオガスシステムを導入させることである。残りの20%の農家は、都市部に近い天然ガスを使うこととなる。建設進捗状況としては調査時にすでに4戸を完成しており、9月15日に残りの96戸が完成予定としていたため、2006年に100戸すべてが完成し、2007年までに500戸の農家に普及させる予定である。全農場の50%の農家に普及させるのに少なくとも5年(2011年)を見込んでおり、最終的な目標までは8年(2014年)かかる予定である。

導入の取り組みとして、技術員の養成とモデル農家の設置を行っている。農場では農師の技術員はバイオガスプラント建設の安全性を確保するため、現場で技術指導を行う。バイオガスプラント建設の技術を普及するため5人が五家常(ウジャチ)市にある兵団の農業技術センターで研修を受け、2006年6月8～12日、バイオガスプラント建設技術に関連する資格を取得した。現在、技術者5名で100戸の建設に当たっている。

バイオガスシステムの普及を円滑にするため、モデルが成功しやすいよう基準を設け、農場内に4,000戸ある農家の内の100戸をモデル農家とした。その理由は、中国で新しいものを導入したり新しい試みをしたりする場合、まずモデル(模範)をつくらせるとの説明を受けた。農場内の農家100戸を選抜する基準として、①導入意欲の高い農家、②資金的に余裕のある農家、③畜産と耕作の複合経営農家、④水資源や交通などのインフラが整備されている農家、⑤ある程度の規模を有している畜産農家(注8)などの5つが挙げられている。

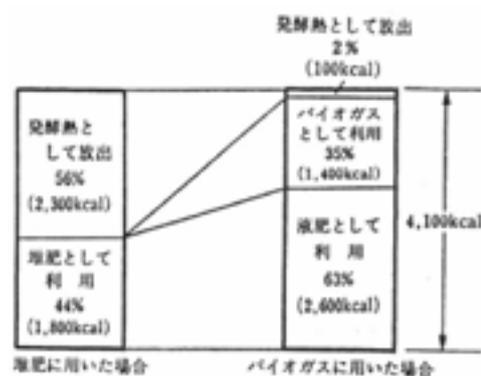
導入するバイオガスプラントの容量は 8m^3 で、糞尿投入量は $1.8\sim 2.0\text{m}^3$ である。400～500kgに糞尿を投入すると、3ヶ月間使用可能なバイオガスを発酵することができる。バイオガスプラントを建築する材質はセメントとレンガで、耐用年数は15年以上を見込んでいる。

バイオガスを発生させる発酵槽とそのエネルギーを利用する設備まで含めたシステムの建設費用は3,000円である。費用負担の内訳を見ると、農民の自己負担が800円、国からの補助金が1,200円である。その他に農場がバイオガスプラントの修理費として200円を補助する。ところで、国家からの1,200円の補助金は、バイオガスプラントの工事が国家の検査に合格した後に支払われるため、それまで農場が1,200円を立て替える。

4) モデル農家の実態

今回の聞き取り調査の後、8月15日時点で完成していたモデル農家4戸のうちの2戸(農家Aと農家B)について見学を行った。

どちらの農家も、畜産と畑作の複合経営であり、農家Aは乳牛、農家Bは羊と鶏を飼育しており、畜舎の隣にはスイカやトマトなどの作物を栽培している。同行した農場の方の話によると、紅旗農場内の農家のほとんどが家畜を飼育すると同時に綿花・スイカ・野菜等の経済作物を栽培する複合農家である。家畜の糞尿を堆肥化して作物の肥料に利用してきたが、農地の約3分の1しか堆肥を散布しておらず、堆肥は不足している。バイオガス発酵槽は、畜舎と人用トイレの間にあり、糞尿を投入する穴と、発酵し発生したガスを通す管がある。発酵後の残渣を肥料として利用することができるため、堆肥不足の問題を改善できると思われる(図3を参照)。



出所：農山漁村文化協会、1995、農業技術大系(追録第14号)、農山漁村文化協会

図3. 堆肥とバイオガス利用との相違
(豚ふん1kg(乾燥重量)の利用)

畜舎と少し離れて住居があり、台所にバイオガスを燃料とするガスコンロとガスランプがあった。実際に使用するところも見たが、ガスコンロの火力は弱かった。さらにランプも点けようとしても点かず、ライターで無理やり点けようとしたところ、ランプは爆発してしまった。また、実際に目にしたバイオガス発酵槽は、穴を覆うコンクリートの蓋にも隙間があり、質の悪さを感じた(写真1を参照)。

4. 結語

一次エネルギー資源の需要拡大、温暖化や大気汚染の問題が問われている中、世界各国でバイオマスシステムの導入の試みが行われている。中国政府は、さらに三農問題解決の一つの手段として再生可能エネルギー法や農村地域の再生可能エネルギー発展計画を制定し、辺境地域の再生可能エネルギー開発を進めている。

本論では、文献査読と新疆ウイグル族自治区にある新疆生産建設兵団紅旗農場へのヒアリング調査・現地見学を通じて、紅旗農場におけるバイオガスシステム導入の現状、展開方向、課題点を明らかにした。

新疆は三農問題が深刻な地域であるが、特に農民の抱える問題として①農民の所得の低迷や貧困家庭の存在、②家畜糞尿処理における環境問題の2つが挙げられる。

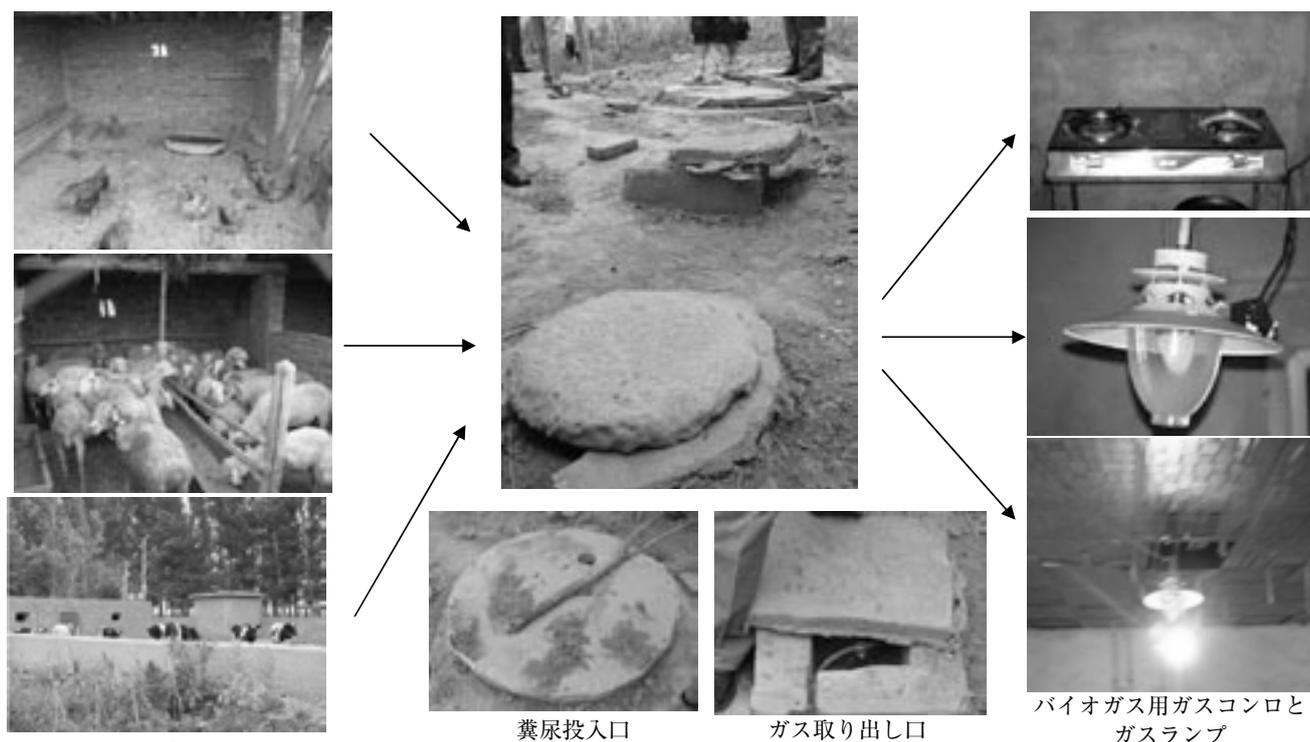


写真1. バイオガスシステムの全様

バイオガスシステム導入が農民にもたらす効果としては、上述の問題を改善する一定程度の効果が見られ、次の3つに集約される。すなわち、①処理過程で得られるバイオガスの使用による燃料費の節約、②畜舎や栽培施設の暖房効果による収入の増加、③システム導入に関する雇用機会の拡大である。

紅旗農場では、バイオガスシステムの導入を2006年より100戸の農家で行い、2015年までに同農場の80%に当たる3,200戸の農家への導入を試みている。

紅旗農場のバイオガスシステムの特徴は、①政府主導でバイオガスプラントの導入を進めていること、②家畜糞尿、特に羊の糞尿を主な原料としていること、③無加温の低温発酵方式を用いていること、④バイオガスシステムの用途が主に燃料、肥料の利用であること、⑤バイオガスプラントの導入形態が主に個別型で、モデル農家を選別・育成し段階的に導入を広めようとしていることである。

システムの問題点は、①の特徴に関しては、補助金を交付し農家へのバイオガスシステムの導入を促している点を評価できるが、現場の意見を把握しないまま政府の導入目標を達成することに邁進し、失敗する可能性がある。②の特徴に関しては、現状では全糞尿中の3分の1しか処理できておらず、また飼養頭数の90%を牛や豚に比べ糞尿量の少ない羊が占めており、効率的に糞尿を回収する上で問題がある。③の特徴に関しては、新疆ウイグル自治区の気候条件下では、冬季の厳しい低温によりガス発生効率が低下し、システムが停止する可能性がある。冬季でもガス発生効率を維持するには、メタン発酵過程を加温する高温発酵方式を選択するという道もあるが、事例のように所得が低い辺境地域では個別型での実現は難しい。④の特徴に関しては、肥料としての利用は見込みがあるが、燃料としては火力が弱い、ガスランプが爆発するなどの技術的問題がある。

⑤の特徴に関しては、中国ではバイオシステムの導入は活発であるものの紅旗農場でも初めての試みであり、一般の農民はバイオガスシステムの知識は無く、テレビやラジオ・新聞等を通し知っている程度であるため普及に時間がかかる。また個別型では、日常の管理が行き届かず、ガス中毒の恐れやガス生産効率が低下してしまう可能性がある。

したがって、バイオガスシステム導入における問題を解決するには、①農家の意見や現場の状況を把握した上での適切な導入目標の設定、②効率的にバイオガスシステムの原料を確保するための原料の種類や入手方法の見直し、③低気温条件でもシステムを使用可能な保温技術の改良、④バイオガス利用機器の改善、⑤農民に関係のある燃料費の節約・肥料・衛生環境の向上などのメリットに関する具体的な数値の提示、システムの日常管理の簡便化や理解が必要となると考えられる。

注釈

(1) バイオマスの総合的な利活用（動植物、微生物、有機性廃棄物からエネルギー源や生分解素材、飼肥料等の製品を得ること）に関する戦略。農林水産省は、文部科学省、経済産業省、国土交通省、環境省とともに、アドバイザーグループの意見も踏まえ、2002年7月30日バイオマス・ニッポン総合戦略の骨子を策定・公表し、同年12月27日閣議決定された。地球温暖化防止の取り組みとして二酸化炭素の排出源である化石資源由来のエネルギーや製品を、カーボンニュートラル（二酸化炭素の増減に関与しない）という特性を持つバイオマスで代替すること、また、循環型社会の形成、農林漁業・農山漁村の活性化、競争力ある戦略的産業の育成などの期待が寄せられている。同戦略によると、2010年までに廃棄物系バイオマス全体の80%、未利用バイ

- オマスの全体の25%以上の利用を目指すとしている。
- (2) 本法は、再生可能エネルギーの開発利用を加速し促進すること、エネルギー供給の拡大、エネルギー構造の改善、エネルギーの安全保障及び環境保護、経済と社会の持続可能な発展を促進することの5つを目的とし、「総則」、「資源調査と発展計画」、「産業指導と技術サポート」、「普及と導入」、「価格管理と費用分担」、「経済的インセンティブと監督措置」、「法律責任」と「付則」の全8章33条にて構成されている。
- (3) メタンガス発生装置の費用は約1,500円。またトイレ、豚舎、台所の改装に約2,000円がかかり、その他温水器などを加えると総額4,000円ほどかかる。そのうち政府からの補助金は平均1,000円である。現在、システムの標準化が進んでおり、国家基準には既に20項目が登録されている。
- (4) EUでは、1980年代末から酪農家における家畜糞尿の処理を目的として取り組まれてきた。近年では他の分野からも、化石燃料の代替エネルギー源としての活用が地球温暖化防止対策に有効であるとして注目されている。利用形態としては個別農家型と共同利用型のプラントがあり、ドイツのバイエルン地方では400~450戸の個人農家、デンマークでは共同20ヶ所と個人17ヶ所、イタリアでは約50戸の個人農家でバイオガスプラントが稼働し、スウェーデンでも大型の共同バイオガスプラントが稼働している。EUの政策では、畜産などの有機性廃棄物の処理に対する環境規制と再生可能エネルギー導入に関して、免税措置や補助金により、バイオガスシステムの普及を進めている。2006年6月、欧州委員会のバイオ燃料研究諮問委員会(BIOFRAC)は、「欧州連合におけるバイオ燃料—2030年以降に向けてのビジョン」において、2030年までに道路運輸部門の燃料需要量の4分の1相当をバイオ燃料で賄うという目標を設定し、バイオガスシステムの普及を進めている。
- (5) 農師とは、兵团の下に属する位のことである。
- (6) バイオガスは、一年間で8ヶ月発生させることできる。農家の一ヶ月の燃料費は150円であるため、一年間に燃料費を1,200円節約することができる。
- (7) 施設栽培+畜舎+トイレ+発酵槽の一体化のこと。統合利用の効果が期待できる(図4)。

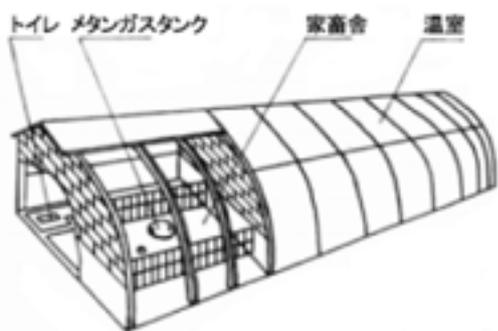
- (8) 羊を1単位として10単位が標準となっている。牛1頭は5単位、豚1頭は2単位に相当する。

謝辞

現地調査にあたっては、新疆農業庁、新疆生産建設兵团紅旗農場の皆様を始め多くの方々のご協力を頂きました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

引用文献

- a) 雑誌・その他
 李玉友. 1998. 汚泥・生ごみなど有機廃棄物の高温メタン発酵. 水環境学会誌, **21**: 644-649
 李志東. 2004. 中国のエネルギー・環境問題. 経済産業研究所 BBL セミナー (http://www.rieti.go.jp/jp/events/bbl/past_list2004.html).
 マイラ・トルソン. 2004. 中国新疆ウイグル人自治区の農業と今後の方向. 技術と普及, **41**: 55-60.
 日本海学推進機構. 2006. 環境・資源・エネルギー問題への日中間での共同対処策に関する研究. 日中産学官交流機構報告書
 農六師紅旗中心団場. 2006. 紅旗農場農業開発及びメタンガスシステム建設状況. 現地調査資料
 小川春男. 1997. 中国新疆の生産建設兵团とその動向. 世界経済評論, **41**: 25-34
 佐々木市夫. 2003. 欧州諸国における循環型農業の発展とバイオ熱エネルギー市場の形成に関する比較研究. 科学研究費補助金研究成果報告書(基盤研究(B)海外学術)(研究課題番号: 12572029)
 横濱充宏・石田哲也・大日方裕. 2007. 別海バイオガスプラントにおける高温発酵の実証試験. 北海道開発局 (<http://www.hkd.mlit.go.jp>)
- b) 参考 URL
 財団法人畜産環境整備機構. 畜産環境情報. (<http://leio.lin.go.jp/>)
 NPO 法人バイオガスシステム研究会. (<http://www.biogas-sys.jp/>)



出所:「中国におけるバイオマス利用の概要」
 バイオガス情報ヘッドクォーターHP

図4. 個別型バイオガスシステムの構造

Situation and problems about the introduction of the biogas generating system using animal waste: Case study from Xinjiang Uygur Autonomous Region of China

Tomohisa KATO¹ and Lily Y. KIMINAMI^{2*}

(Received December 25, 2008)

Summary

In the remote regions of China, the development of renewable energy is advancing in compliance with the Renewable Energy Law, and the Renewable Energy Development Plan in the rural area has been enacted as one of the means to solve "three agriculture problems". In this research, the situation and problems about the introduction of the biogas generating system using animal waste in Xinjiang Uygur Autonomous Region are clarified. It also comes up with some policy proposals for the development of the biogas generating system in rural China.

Bull.Facul.Agric.Niigata Univ., 61(2):135-143, 2009

Key words : biomass, biogas generating system, animal waste

¹ Staff Service Co. Ltd

² Faculty of Agriculture, Niigata University

* Corresponding author: kiminami@agr.niigata-u.ac.jp