

中国内蒙古の農家におけるバイオガスシステムの展開に関する一考察

朵 兰¹⁾・胡 尔 查²⁾・市 川 治³⁾
アズグリアイサン⁴⁾・中 村 稔⁵⁾

Investigation of rural household biogas technology for livestock production in Mongol Autonomous region of China

Duolan¹⁾, Huercha²⁾, Osamu ICHIKAWA³⁾, Aisan AZUGURI⁴⁾ and Minoru NAKAMURA⁵⁾
(Accepted 25 July 2012)

I 課題と方法

1. 本稿の課題

近年中国は高度経済発展に伴って世界第2位のエネルギー消費国になった。この結果、中国はエネルギー不足問題に直面するとともに、環境保全問題も引き起こしつつある。このような背景から、中国は再生可能エネルギーの開発を非常に重視し、年々投資額を増大させている。再生可能エネルギーの開発の重点としているのはバイオマスエネルギーである。その中で、バイオガスが特に農村地域のエネルギー問題を解決する方法の一つとして導入されてきた。現在、中国の農家におけるバイオガスシステム導入は数量と技術の上で国際的な先頭・牽引を担っているが、その内容、展開条件等が必ずしも明らかにされていない。このような認識から本研究では、中国のなかでもバイオガスシステム導入が進んでいる内蒙古の農家を対象に、そこでのバイオガスシステム導入展開条件を分析し、展開過程の問題点とシステムの効果を検討することを課題とする。

2. 考察方法

本研究では、中国内蒙古の農家におけるバイオガスシステムの導入展開を概観し、既存の統計資料や研究成果を踏まえ、中国内蒙古の農家におけるバイオガスシステム導入の実践事例分析を行い、そこから展開条件を明確にする。具体的には、内蒙古でバイオガスシステム導入が最も進んでいる呼和浩特市兵州亥村の農家を対象に、バイオガスシステム導入の効果、存続上の問題点などを分析する。そして、今後の展開上の課題を明確にする。

II 中国内蒙古のバイオガス利用条件と導入状況

1. 内蒙古のバイオガス可能地域

内蒙古自治区は中国の北部に位置し、土地面積は118.3万km²で、国土面積の12.3%を占める。2010年の総人口は2,472万人で、全国の1.8%を占める。自治区には、9地級市(地区クラスの市)、3盟がある。下級行政区単位としては21市区、11県級市(県クラスの市)、17県、52旗がある。北東から南西へのびる細長い形で、東端から西端までの距離は2,500km、南北の直線距離は1,700kmに達する。

-
- ¹⁾ 内蒙古農業大学経済管理学院・酪農学園大学大学院酪農学研究科特任講師
College of economic and management Inner Mongolia agricultural university, Hohhot, Inner Mongolia, 010018, China
Special Lecturer, Department of Dairy Science Research, Rakuno Gakuen University Graduate School, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan
- ²⁾ 内蒙古農業大学経済管理学院・酪農学園大学大学院酪農学研究科特任准教授
College of economic and management Inner Mongolia agricultural university, Hohhot, Inner Mongolia, 010018, China
Special Associate Professor, Department of Dairy Science Research, Rakuno Gakuen University Graduate School, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan
- ³⁾ 酪農学園大学酪農学部農業経済学科農業会計学研究室
Agricultural accounting laboratory, Department of Agricultural Economics, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan
- ⁴⁾ 酪農学園大学大学院酪農学研究科
Department of Dairy Science Research, Rakuno Gakuen University Graduate School, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan
- ⁵⁾ 酪農学園大学大学院酪農学研究科特任研究員
Postdoctoral fellow, Department of Dairy Science Research, Rakuno Gakuen University Graduate School, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

温帯大陸性モンスーン気候を主とする複雑多様な気候が形成されている。冬は長くて厳しく、寒波に見舞われる。年間平均気温は0℃～8℃で、降水量は50～450ミリである。牧草地、森林の面積はそれぞれ8,800万ha、2,050.7万haで、全国で1位である。地理的な特殊性と優位性によって、太陽光、風力、バイオマスなどクリーンエネルギー資源の開発可能量は全国でトップレベルである。

バイオマスエネルギーは農家におけるバイオガスシステムを中心として導入された。バイオガスシステム導入については温度条件があり、内蒙古のような北部の寒冷地域でバイオガスシステムを普及させる上で、制約要因となっている。内蒙古の全地域はバイオガスシステム建設の温度条件により、「適当な地域」、「比較的適当な地域」、「不適当な地域」に区別される^(注1)。適当な地域は57町村、比較的適当な地

域は32町村、不適当な地域は12町村がある。バイオガスシステムの建設可能な地域の農家戸数、農作物の作付面積、食糧生産量と家畜の頭数など指標は、それぞれ全体の90%以上を占めている（表1と表2）。

2. 内蒙古の農牧業の現状とバイオガス利用の原料条件

内蒙古は中国の中でも農牧業が盛んな地域であり、2010年農林牧漁業総生産額の構造からみると農業と畜牧業が合わせて93.4%を占めている。特に牧畜業が第1次産業に占める割合は年々増加傾向にある（図1）。2010年の家畜飼養頭数は10,798.5万頭で、農家1戸あたり飼養頭数は29.6頭である。その中でメンヨウの頭数は全国の1位で、全国の25.7%を占めている。牛の頭数は4位である。畜産製品の

表1 中国内蒙古の主な指標の全国割合（2010年）

指標	中国	内蒙古	割合(%)	指標	中国	内蒙古	割合(%)
土地面積(万km ²)	960	118.3	12.3	エネルギー消費総量(万t)	324,939	18,882.7	5.8
年末総人口(万人)	134,091	2,472.2	1.8	農林牧漁業総生産額(億元)	69,319.8	1,843.57	2.7
生産総値(億元)	401,202	11,672	2.9	農業	36,941.10	900.45	2.4
第一次産業	40,533.6	1,095.3	2.7	牧業	20,825.70	822.42	3.9
第二次産業	18,7581.4	6,367.7	3.4	石炭(億t)	32.40	7.89	24.4
第三次産業	173,087	4,209.0	2.4	発電量(億キロワット)	42,065.40	2,483.90	5.9
エネルギー生産総量(万t)	296,916	49,740.2	16.7	食料生産量(万t)	54,647.7	2,158.2	3.9

資料：「内蒙古統計年鑑」、「内蒙古経済社会調査年鑑」（2011年）より作成

表2 内蒙古農業における主な指標の各地域の分布構成（2008年） 単位：(%)

地域	年末農家総戸数	農村人口	耕地面積	農産物作付面積	食糧作物作付面積	食糧生産量	家畜総頭数
適当	69	63	52	54	52	68	61
比較的適当	29	36	39	37	39	27	30
不適当	2	1	9	9	9	5	9
合計	100	100	100	100	100	100	100

資料：「内蒙古統計年鑑」、「内蒙古経済社会調査年鑑」（2009年）より作成

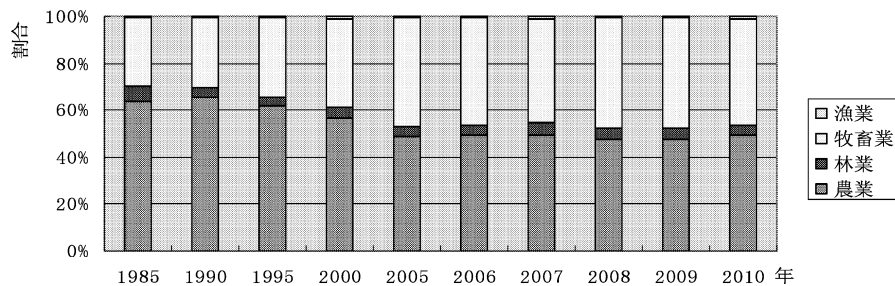


図1 内蒙古農林畜漁総生産額構成推移

資料：「内蒙古統計年鑑」（2011年）より作成

生産量は全国で注目されており、牛乳、羊肉、羊毛とカシミヤの生産量は全国で1位である（表3と表4）。農業地域の家畜飼養頭数の割合はすでに2001年の20.9%から2008年の70%にまでなった。

2010年の内蒙古の食糧生産量は2,158.2万t（全国11位）であり、1人当たり食糧生産量では全国で2位である。内蒙古は今日、中国の主な食糧生産地（13カ所）の一つになった（表5）。耕地面積は714.9万haで、全国の4.4%を占めており、第4位である。食糧作付面積は549.9万haで、農産物作付面積の78.5%を占めており、トウモロコシ、小麦、豆、イモなどの作物を中心に栽培している。この中で、トウモロコシの作付面積は食糧作付面積の45.2%を占める。内蒙古の農業と牧畜業はお互いに影響しあいながら、発展を遂げてきたが、豊富な糞尿とわらの保有はバイオガス生産を推進するのに優れた条件を提供している。内蒙古の年間のわら生産量は1,800万t以上で、そのうち58%を飼料として使用し、残り42%のうち半分を燃料として使用し、あとは廃棄した。年間の人と家畜の糞尿の収集総量は4,516万t、そのうち30%は肥料として使用し、30%は燃料として使用し、40%は廃棄した。これは、

内蒙古におけるバイオマスエネルギーの利用レベルが低いことを表している。

3. 内蒙古の農村のエネルギー消費の現状

統計によると、2008年の内蒙古の農村のエネルギー消費総量は3,524.60万t標準炭である。その中で生活用エネルギーの消費量は1,125万t標準炭で、全体の32%を占める。農村の生活用エネルギー消費構造から見ると、わらなどバイオマス資源消費量は610.4万t標準炭で、全体の54.2%をしめ、石炭など商品エネルギー消費量は合わせて全体の44.4%をしめ、バイオガスなど再生エネルギーの消費量は合わせて1.4%を占めている。つまり、農村の生活用エネルギー消費は熱エネルギーのバイオマス資源を中心に行っているのが現状である。内蒙古の各地域の生活用エネルギー消費構造からみると、ほぼ同じような状況である（図2）。農村の生産用エネルギー消費量はエネルギー消費総量の68%を占めて、エネルギーの構造の中で商品エネルギー消費量は合わせて98%を占め、バイオマスは2%である。また、農村バイオマス利用は主に普通のストーブで直接燃やして利用している。効率がわずかに10～20%と低い

表3 内蒙古の主な家畜の頭数の全国割合および順位（2010年）（単位：万頭）

地域	牛	馬	ロバ	ラバ	ラクダ	ヤギ	メンヨウ
中国	10,626.4	677.1	639.7	269.7	25.6	14,203.9	13,884.0
内蒙古	676.5	71.9	92.1	32.9	10.0	1,708.2	3,569.0
割合(%)	6.4	10.6	14.4	12.2	39.0	12.0	25.7
全国の順位	4	5	4	3	2	3	1

資料：「中国統計年鑑」（2011）より作成

表4 内蒙古の主な畜産製品の全国の割合および順位（2010）

地域	牛肉 (万t)	ひつじの肉 (万t)	牛乳 (万t)	メンヨウ毛 (t)	ヤギ毛 (t)	カシミヤ (t)
中国	653.1	398.9	3,575.6	386,768.3	42,713.8	18,518.5
内蒙古	49.7	89.2	905.2	107,452	12,579	8,104
割合(%)	7.6	22.3	25.3	27.7	29.4	43.7
全国の順位	4	1	1	1	1	1

資料：「中国統計年鑑」（2011年）より作成

表5 内蒙古の主な農産物の全国の割合および順位（2010年）（単位：万t）

地域	トモロコシ	小麦	豆	イモ	テンサイ
中国	17,724.5	11,518.1	1,896.5	3,114.1	929.6
内蒙古	1,465.70	165.2	166.0	171.0	161.0
割合(%)	8.27	1.43	8.75	5.49	17.3
順位	6	12	2	7	3

資料：「中国統計年鑑」（2011）年より作成

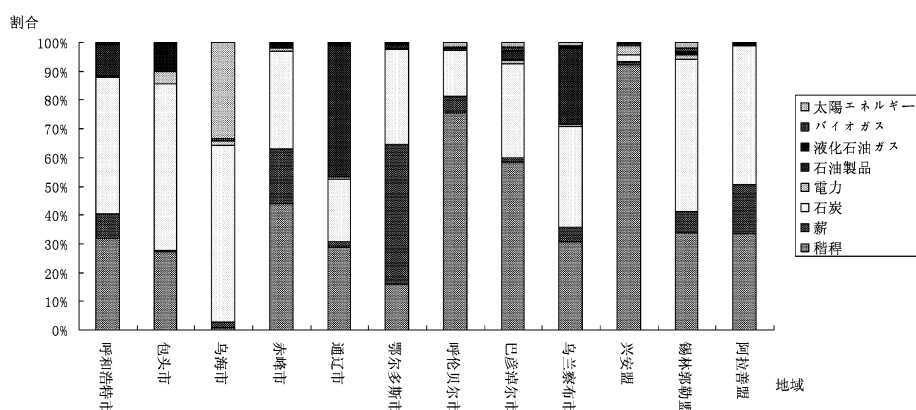


図2 内蒙古の各地域農村生活用エネルギーの構成（2008年）

資料：「内蒙古再生可能なエネルギーの統計報告表」（2009年）より作成

水準にあるうえ環境汚染を引き起こしている。現在農村のエネルギー利用水準の低さは、農村の経済と社会の発展を大きく妨げている。

4. 内蒙古の小規模農家経営の現状と収入の増加

2010年内蒙古の農村人口は1,099.3万人であり、全体の44.5%を占める。村の数は11,199であり、農村総戸数は364.3万戸である。そのうち、農村地域は319.8万戸で、遊牧地域は44.19万戸である。一人当たり耕地面積は0.3ha、農村住民1人当たり経営耕地面積は0.65haで、全国2位である。しかし、大半の農家は経営規模が小さく、零細な農家が多い。

内蒙古は中国最大の牛乳生産地であり、2010年末の乳牛飼養頭数は292.5万頭であり、全国の首位になった。2010年内蒙古の乳用牛飼養戸数は45万戸であり、飼養規模別構造からみると、飼養頭数9頭以下の農家数は40.9万戸で、全体の91.3%を占める。飼養頭数5頭以下の農家数は32.6万戸で、72.8%を占めている。内蒙古の乳牛の飼養は家族経営を中心に展開している。現在内蒙古のバイオガスシステムは、家畜の糞尿を主な発酵原料としていて、特に農家におけるバイオガスシステムの急速な増加は内蒙古における酪農・乳業の発展と深い係りがあると考えられる（図3と表6）。

2010年内蒙古のGDPの伸びは年率で15%である。近年の農牧業の発展は著しく、農牧民の収入水準は確実に大きく上昇した。2010年農牧民の1人当たり純収入は5,530円で、去年より12%増加し、そのうち農民のそれは5,222円、12%増加し、遊牧民では7,851円で11%増加した。農牧民の収入水準が年々上昇していくにつれてバイオガスシステムを導入する資金調達能力も高まってきた（図4と表7）。

5. 内蒙古の農家におけるバイオガスシステムの導入状況

内蒙古の農家におけるバイオガスシステムは、1970年代後期から農牧地域のエネルギー問題を解決するために導入され、90年代中後期からバイオガスを仲立ちとして栽培業と養殖業を結びつけた農牧地域におけるバイオガス建設のモデルが展開された。2000年以降は中国中央政府の支援政策の強化に伴って、内蒙古におけるバイオガス事業が急速に発展する新たな段階に突入してきた。内蒙古では2001年から2010年に渡って、中央政府からバイオガス建設補助金として8.6億元が投資され、建設された農家におけるバイオガスシステム（農村家庭用メタンガス池注2）の数は2001年の0.3万戸から2009年には43.2万戸になった。バイオシステムの村レベルのバイオガスサービスセンター注3）が1,384ヶ所あり、畜産小区および連合農家バイオガスプラントが128棟ある。2009年末までに建設されたバイオガスプラント（大型、中型、小型のプラント）が55ヶ所ある。

農家におけるバイオガスシステムのバイオガス生産量は7,383万 m^3 で、バイオガス総生産量の91.7%をしめ、一戸当たりガス生産量は325 m^3 である。バイオガスプラントの生産量は667万 m^3 で、バイオガス総生産量の8.3%をしめ、プラントの総容積2.2万 m^3 である。現在内蒙古のバイオガスシステムは農家を中心として導入され、中央政府投資額の90%以上を占めている。また内蒙古の農家におけるバイオガスシステムにはバイオガス発酵槽の容積が8 m^3 、10 m^3 の2種類のサイズがある（図5、図6、図7）。

農家におけるバイオガスシステム導入の基本的モデルは、「一池三改」モデルであり、現在主に内蒙古

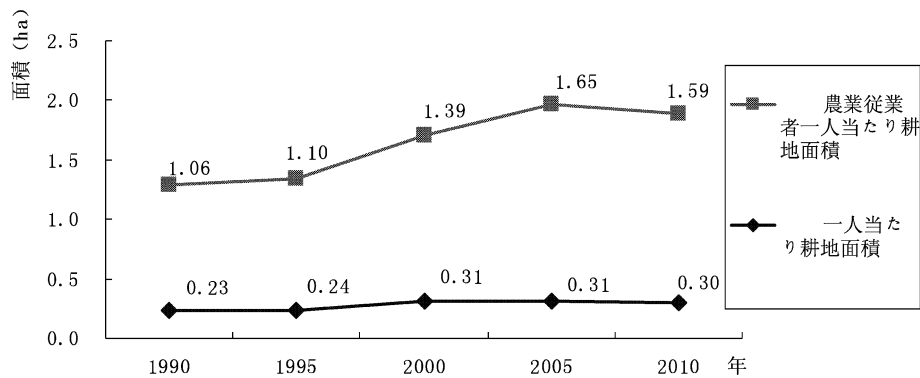


図3 内蒙古の一人当たり耕地面積の推移

資料：「内蒙古经济社会調査年鑑」（2011年）より作成

表6 中国および内蒙古の乳用牛飼養規模別構成割合（2010年）

規模(頭)	中国				内蒙古			
	戸数	戸数割合%	頭数	頭数割合%	戸数	戸数割合%	頭数	頭数割合%
1～4	1,750,895	75.8	4,339,471	26.4	326,417	72.8	845,287	30.2
5～9	345,677	15.0	2,429,729	14.8	83,044	18.5	590,822	21.1
10～19	138,246	6.0	2,021,393	12.3	25,138	5.6	357,454	12.8
20～49	49,450	2.1	1,577,586	9.6	9,483	2.1	288,127	10.3
50～99	14,758	0.6	1,028,468	6.3	3,107	0.7	228,571	8.2
100～199	4,604	0.2	674,988	4.1	780	0.2	119,913	4.3
200～499	3,579	0.2	1,164,795	7.1	437	0.1	135,297	4.8
500～999	2,061	0.1	1,475,398	9.0	195	0.0	121,858	4.4
1,000以上	898	0.0	1,716,073	10.4	61	0.0	112,383	4.0
合計	2,310,168	100.0	16,427,901	100.0	448,662	100.0	2,799,712	100.0

資料：「中国畜牧業年鑑」2011より作成

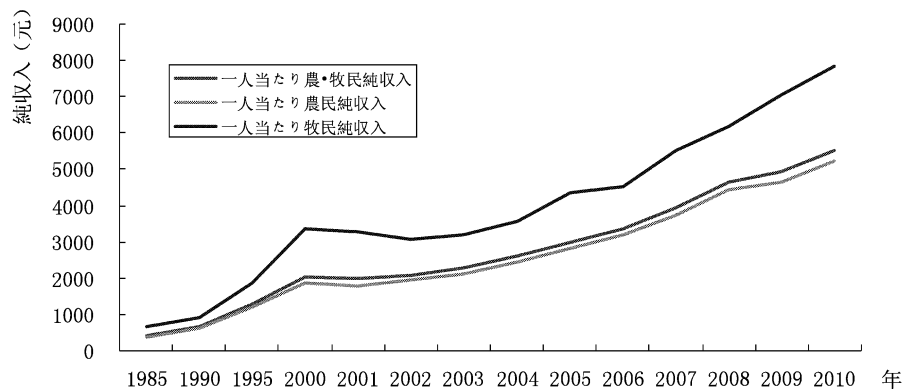


図4 内蒙古の一人当たり農・牧民の純収入の推移

資料：「内蒙古統計年鑑」（2011年）より作成

表7 内蒙古エンゲル係数の推移(単位：元，%)

項目	1995	2000	2005	2010
生活消費支出	1,180.50	1,441.78	2,243.79	4,115.19
食品支出	704.70	687.72	1,012.84	1,597.47
エンゲル係数	59.70	47.70	45.14	38.81

資料：「内蒙古经济社会調査年鑑」（2011年）より作成

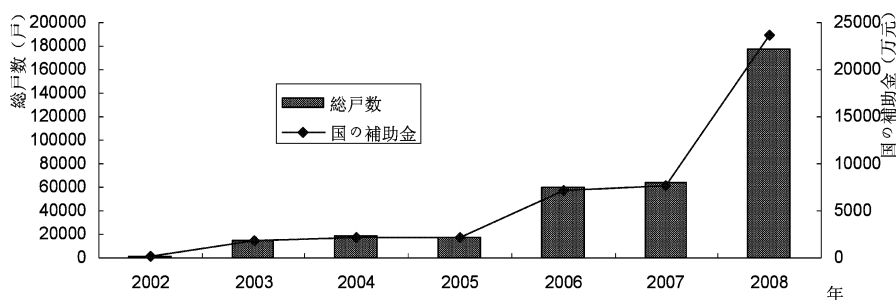


図5 内蒙古農家におけるバイオガスシステムの数と国の補助金の推移

資料：内蒙古エネルギー普及センターの資料より作成

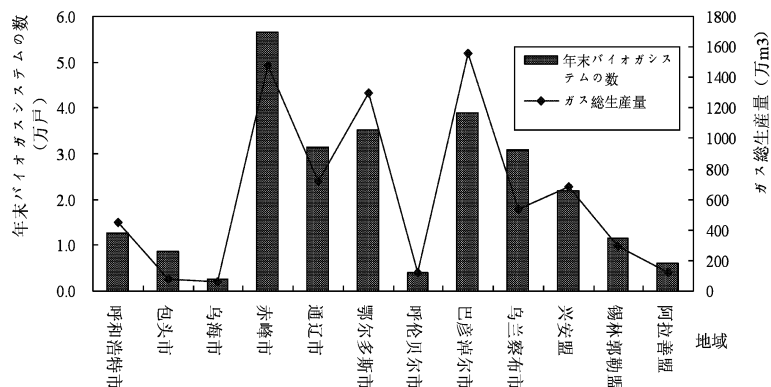


図6 内蒙古各地域のバイオガスシステムの数とガス総生産量（2008年）

資料：「内蒙古再生可能なエネルギーの統計報告表」（2009年）より作成

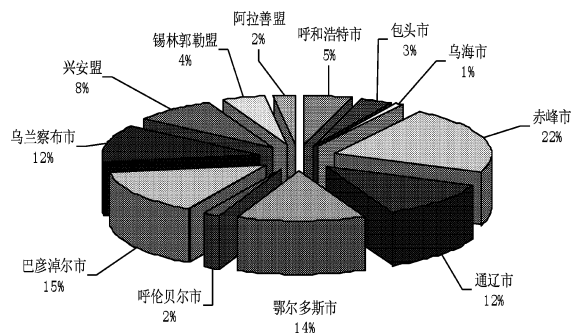


図7 内蒙古各地域農家におけるバイオガスシステムの割合（2008年）

資料：「内蒙古再生可能なエネルギーの統計報告表」（2009年）より作成

地域で建築されている。そのほか、「四位一体」モデルや「農牧6セット」モデルなどがある。^{註4)}「内蒙古農村牧区エネルギーの会議の資料（2008年）」によると、「一池三改」モデルの建設コストは2002年の3,005元から2008年には5,453元となった。国の補助金は一戸当たり1,200元から1,500元までである。

III 内蒙古の農家へのバイオガスシステム導入の事例の検討

1. 導入事例選定理由

呼和浩特市（フフホト市）は内蒙古の酪農・乳業が最も発展している地域である。乳牛頭数と牛乳の生産量が内蒙古で第1位であり、特に中国を代表する乳業メーカーである蒙牛会社や伊利会社がある。飼養頭数の拡大に従って、大量の酪農廃棄物が排出され、糞尿が豊富な「過剰」地域になった。また、呼和浩特市は小規模経営の農家が多いが、このような状況から、呼和浩特市の農家におけるバイオガスシステムは2006年の1,090戸から2009年の12,370戸まで増加し、バイオガスプラント事業が最も進んでいる地域になっている。その中で、呼和浩特市の土默特左旗（トモウトソキ）の兵州亥村（ビンジュウヘソン）は内蒙古の代表的な酪農を中心に行っている村の一つである。

2. 土默特左旗兵州亥村の概要とバイオガス導入状況

兵州亥村は内モンゴル呼和浩特市土默特左旗に所

属する村である。土默特左旗は呼和浩特市の西部に位置し、16郷の320村からなる旗である。土地面積は2,712 km²、うち耕地面積は114,479 haで、農家1戸当たりの耕地面積は1.49 haである。2008年現在の総人口は36.4万人、農牧民の1人当たり純収入は6,736元である。2008年末の全旗家畜飼養頭数は57.2万頭、うち大型家畜飼養頭数は26.8万頭である。この地域の農村では乳牛飼養農家が適切に存在しバイオガス導入の条件が充実しているため、2005年からバイオガスプラントを導入し始めた。この地域は内蒙古の農家におけるバイオガスシステムの普及に適当な地域であり、内蒙古の農村のバイオガスプラントを普及する重点地域となっている。現在(2008)まで、合計6,690戸に導入されて、バイオガス利用が可能な農家数の8.7%を占める。

2008年現在、兵州亥村の総人口は2,730人、総戸数は664戸である。土地面積は27 km²、耕地面積は700 ha、農家1戸当たり1.1 haである。この村は農業(栽培業)を主としてトウモロコシを中心に生産し、家畜飼養を副業としている農家が多い。飼養している家畜数は乳牛800頭、綿羊600頭であり、牛乳集中買い付けセンターを持っている。1戸当たり乳牛は1.2頭で、綿羊は0.9頭である。その他は豚、鶏などが飼育されている。畜産業、特に酪農家から排出された糞尿を無害化する処理の方法が不足しているために、村の環境衛生に悪い影響を与えている。

兵州亥村の農家におけるバイオガスシステムは、国の政策上の援助があることとバイオガス利用効果があるという理由で、2006年から大規模に導入された。08年現在は370戸で(発酵槽の容量10 m³)、バイオガスを導入した農家は総戸数の56%を占めている^(注5)。

プラントの導入のコストは2,700元であり、その内訳は国が1,200元(44%)、内蒙古自治区が700元(26%)、旗と村が670元(25%)、農家が130元(5%)、労働力と車1台分の土砂)となっている。導入したモデルは「一池二改」であり、太陽エネルギーの利用のための畜舎の改造およびトイレの改造を行った農家は100戸に過ぎない状況である。

3. 農家のバイオガスシステムの利用実態

(1) 農家の経営特徴

調査した40戸の農家の1戸当たり家族人数は3.3人で、1戸当たり労働者の人数は2.1人である。40戸の農家のうち21戸が酪農家で、全体の53%を占めている。飼養規模が小さく、酪農家1戸当たり飼養頭数は5.9頭である。また、1戸当たりの農業総収入は27,341元、1戸あたり純収入は14,260元である。

40戸の農家の1戸当たり耕地面積は1.16 haで、全部畑地である。栽培している作物はすべてトウモロコシを中心とする栽培であり、耕地面積の95%を占めている。うち7戸の農家が同時に青刈り飼料作物を栽培している。その他、コーリャン、ジャガイモ(2戸)、果樹を栽培している農家もある。40戸の農家が飼育していた家畜の種類は合わせて9種類で、乳牛を中心に飼育しているものが多く、その他豚、羊、鶏などを飼育している。農家の家畜の種類数からみると、82%の農家は家畜を飼育しており、2種類以上の家畜を飼育している農家の割合は69%である。すなわち、大部分の農家に家畜が飼育されており、家畜を飼育する技術があると見られる(表8)。

(2) バイオガスプラントを利用している農家の経営状況

1) 糞尿の処理状況

調査した40戸の農家のうち、バイオガスプラントを利用している農家は27戸で、全体の68%を占める。27戸の農家のうち、18戸は酪農家であり、67%を占めている。調査によるとバイオガスプラントを利用している糞尿の量は少ないが、乳牛1戸当たり1.2頭分の糞尿であれば農家におけるバイオガスプラントでの利用量が足りることがわかっている。18戸の酪農家の乳牛飼養頭数は合わせて110頭で、うち成牛は73頭である。バイオガスプラントを利用している27戸の農家の1戸当たり成乳牛頭数は2.7頭で、現在のバイオガスプラントは成乳牛の糞尿量の44%を処理できる状態である。子牛と合わせて、全乳牛の糞尿の三分の一が利用されている。大部分の糞尿は農家肥料(堆肥)として自家の農地へ還元し、利用されている。すなわち1戸当たりのバイオ

表8 50戸の農家の飼養家畜の頭数 (単位: 頭, 隻)

種類	乳牛	肉牛	豚	羊	ロバ	鶏	犬	ガチョウ	ウサギ	ラバ
頭数	124	5	35	133	3	98	24	2	10	1

資料: 聞き取り調査

ガスプラントに利用する糞尿の量は4.4tである。1戸当たりのバイオガス利用としては、暖かい季節には料理用の燃料として利用され、乳牛1頭分の糞尿で十分な量を得ることができる。バイオガスプラントを利用しているほとんどの非酪農家は酪農家から乳牛糞を買っている。これにかかる費用は1年間で50円である。

2) 農家のバイオガス利用効果

バイオガスプラントが農家に与える直接効果は、まずは省エネである。1戸あたり毎年1.5tの石炭が節約できており、削減した燃料費は1,050円になる。27戸の農家はすべてバイオガスを燃料として調理し、湯沸などに使っている。調査からみると、27戸の農家のうち78%の農家がプラントを利用しており、経営に余裕ができていことがわかる。具体的に言うと、生活燃料、労働力などが節約できるのである。同時に67%の農家は糞尿処理以外の作業に、より力を入れることができていということを示している。その他の効果として、食事を作る時間が節約され、生活が便利になり、衛生環境が改善されたことである。しかし、バイオガスの利用によって飼養家畜の頭数が増えた農家はなかった。畜舎の改造、およびトイレの改造によって、ある程度農家の生産と生活条件を改善することができた。バイオガスの利用は、農村燃料問題の解決や生活改善にとって有効であるばかりではなく、農業生産の向上にとっても極めて大きい効果を持っている。バイオガス利用の効果は「一能多用」で、各方面に及んでいる。

3) バイオガスプラントから出る肥料の使用状況

バイオガスプラントから出る発酵済処理物（消化液や残渣）を処理する際に、専用設備（容量は10m³で、消化液と残渣を運送する）を利用する場合、1回60円の料金がかかり、普通は1年に1回位で処理している。しかし、実際には多数の農家は自分で取り出して処理しており、費用の節約をしている。バイオガスプラントから出る肥料の量が少ない事と農家の小規模野菜畑が施設の近くにあるという理由で、プラントから生産される消化液と残渣は農家自身の野菜畑に利用されている。利用効果は化学肥料より高いということを、ほとんどの農家が認識している。しかし農家のプラントは利用の規模が小さく、発生する肥料が少量であり、また利用している時間も長くない。調査農家がバイオガスプラントを利用した平均期間は29ヶ月（2年5ヶ月）であり、2年

以上利用した農家の割合は81.5%を占めている。

2009年の調査では、大部分の農家はバイオガスサービスセンターの残渣を処理する専用設備を使って、肥料を自分の畑に散布していることが判明した。サービスセンターでは10m³設備が一つ、2m³設備が二つあるが（2009年国から購入した）、10m³のものは1回100元以上で、コストが高いため、使用頻度は低い。2m³のものは1回40円で、使用頻度が高い。農家1戸当たり2m³設備で、年間3回使っている。1戸当たりの運搬・散布料金は120円であり、平均2m³の肥料は0.5ム（3.3a）の畑へ散布されている。

農家におけるバイオガスプラントに対してかかる糞尿処理費は、主に糞の購入料金、専用設備の使用料金と農家自身の処理にかかる労働時間コストなどを指す。処理費に関して、大部分の農家（70%）は安いと考えており、高いと考えている農家は少なく、わずか3%を占めているに過ぎない。これは、当地域では政府からの援助と、農家が利用しているバイオガスプラントが小容量発酵槽であることに関係があると考えられる。

(3) バイオガスプラントを利用していない農家の状況

調査した中でバイオガスプラントを利用していない農家は13戸あり、利用していない理由は様々である。具体的には、建設する時間がない、庭が狭くて利用できない、利用してよいかどうかわからない、お金が無いなどである。利用していない半分の農家は利用することを考えている。

家畜糞尿の処理状況については、大部分の農家では堆肥（有機肥料として耕地に散布する）として使用している。その他、販売している農家もある。農家の肥料は一部が化学肥料を購入するほか、自給で解決している。少数の農家では隣の農家から購入している事例もある。

現在のバイオガスプラントの改善意向に関しては、9戸の農家は改善意向がなく、全体の69%を占めている。その他、初めに建設するのに時間がかかり面倒である、建築費が高いから安くしてくればよい、場所を占める、わからないと答えた農家もある。やはり一般農家はバイオガスプラントに関心が低いことを示しており、バイオガスの推進を考えると、普及に力を入れる必要がある。現在までバイオガスプラントを使用していない13戸では、今後、バイオガスプラントを使用する予定がすでにある農家が全体の31%を占めている。使用を考えている農家が

46%で、予定がない農家が23%を占めているに過ぎない。特に、すべての酪農家がプラントの利用を考えている。

4. 農家におけるバイオガスシステム導入したことについての問題点

(1) 糞尿の処理について問題点

農家におけるバイオガスプラントでは利用する糞尿の量が少なく、大部分の糞尿は堆肥として農地に還元している。糞尿を無害化するという問題は十分に解決できていない状況である。この問題に対し、糞尿の活用方法の開発・検討をするとともに、バイオガスシステムの導入に力を入れている。特に酪農家への導入は強化する必要があると考える。

(2) 管理に関する問題点

大部分の農家は自分でプラントを維持することができない。たとえば冬になるとプラントは暖房が必要であるが、対応ができず、プラントが凍って使用できなくなった事例もある。このようなプラントの操作を基準通りにできれば、一年中使うことができる。このような問題に対し、農家のバイオガスプラントを利用する意識が高まる一方で、村のバイオガスサービスセンターは農家に技術の指導をする役割を果たすべきである。

(3) 国の政策上の問題点

村のバイオガスシステムはほとんどが国の補助金で導入されて、農家の負担費用がないのである。投資金額の不足のせいで、モデルの建設は完備せずに、効果が十分に発揮できない状況である。また、政策の恵みがすべての農家に行き渡っていないので、導入したい農家もまだ多数存在している。したがって、国の政策上の援助は継続をしつつ、利用可能な範囲をひろげる必要がある。すなわち、農家の生活水準

の向上のために、投資額を拡大すべきであると考ええる。

さらに、この村のバイオガスシステム導入については様々な問題点があるが、次のような効果もある。

IV 総括と今後展開上の課題

1. 総括

(1) 経済効果

調査の対象である40戸の農家の経済状況として、その平均水準をもとに比較した。バイオガスプラントを使用している農家の農業純収入は40戸の平均水準より2,222元ほど高くなっている。しかし、バイオガスプラントを使用していない農家の農業純収入は40戸の平均水準より4,164元低くなっている。収入について差ができた主な原因は農家の生産構造にあると考える（通常酪農家の純収入は畑作農家より高い）。しかし、生産構造が同じであるバイオガス使用酪農家の平均純収入は非使用酪農家より2,262元ほど高く、使用畑作農家の平均純収入は非使用畑作農家より714元ほど高くなっている（表9）。これから、バイオガスプラントを利用することは農家の経営に経済効果があると考えている。さらに、バイオガスプラントの使用による影響がどの程度あるかは検討する必要がある。また、プラントを利用している78%の農家は経営余裕ができるという。農家がバイオガスプラントを使用する直接経済効果は、毎年平均1,050元の燃料（石炭）代を節約することである。これは農家の農業純収入の7.4%を占めている。1年間に発生するバイオガスの量は3人から5人いる農家の1年消費する光熱費の70%を占める。また、バイオガスプラントを使用すれば、食事を作る時間を節約でき、その時間と費用を酪農生産に投入することで農家の収入に変化が見られると考える。農村でバイオガスプラントを利用することにより、人および家畜の糞尿などの廃棄物を農民の消費

表9 平均農家収入の変化状況 (単位：元)

農家の分類	戸数	農業総収入	農業純収入	平均との差	
				農業総収入	農業純収入
使用農家	27	32,245	16,482	4,904	2,222
内：酪農家	18	42,489	20,892	15,148	6,632
畑作農家	9	11,757	7,662	-15,584	-6,598
非使用農家	13	17,154	9,644	-10,187	-4,616
内：酪農家	3	35,573	18,630	8,232	4,370
畑作農家	10	11,628	6,948	-15,713	-7,312

資料：聞き取り調査により作成

注：40戸の農家の平均農業総収入27,341元、平均農業純収入14,260元

する照明、台所の燃料に使えることは、まず農民の生活費を節約して、農業生産に資金を投入することに効果がある。また、散布料金と販売料金が同じであるということから、プラントで節約できる肥料代を120元と見込んで、農家におけるバイオガスシステムの1戸当たりの直接経済効果は1,170元であると考ええる。

(2) 循環利用の効果

農家におけるバイオガスプラントは、家畜糞尿とわらなどを利用する事によりバイオガスと有機肥料を生産し、農業排泄物の循環利用を促進し、わら燃焼で発生する煙を減らし、そして環境の汚染を削減することができる。バイオガスプラントの利用が本格的に普及しはじめてまだ時間が長くないこともあり、肥料の効果も十分に発揮しない状態である。農家におけるバイオガスプラントから生産される肥料の散布量（液肥、固肥）は少なく、1戸当たりの耕地面積の9.1%を占めているにすぎないが、化学肥料代の節約はできた。さらに液肥・固肥等の利用量を増やすことはプラントからの肥料（液肥、固肥）を菜園にも利用でき、野菜の虫を予防し農業と化学肥料の使用を抑え、それに野菜の生産量を30%から40%まで増加させることを可能にする。

(3) 社会効果

現在、人間と家畜の糞尿が放置されることや、家畜と住民の生活区が一緒になること、特に、わら、石炭などを燃やした際に出る煙などで地域を汚染することなどは農民の健康に影響を与えているとともに農村地域の環境汚染問題を引き起こしている。農家におけるバイオガスシステムを普及させる事によって糞尿を無害にし、伝染病原菌を撲滅するため伝染病の伝播経路を切断することができる。そして、環境、衛生問題を農村地域の範囲で解決できる。実態調査からみると、現在のバイオガスプラントの規模は小さく、発生した家畜の糞尿をすべて処理できない状態にある。しかし、農家にクリーンエネルギーを提供し、新生活の方式を与えて、農村婦人の家事労働を軽減することができた。また、畜舎の改造、トイレの改造は農村の生活環境および衛生状況を改善できたといえる。

(4) 小括

農家においてバイオガスシステムを利用することは、エネルギー活用・生態系の維持・環境保全・農民の収入増加へとつながり、農村の生産と文明生活

を推進することに役立つと考えられる。農家におけるバイオガスシステムの展開については、国の政策上の援助と経済効果がプラントの経済的に成立する要因となっていることが分かる。しかし、農家におけるバイオガスシステムの展開がエネルギーを利用するだけの効果ではなく、システムを総合的に利用する効果があるとも考えられる。農家におけるバイオガスシステムを導入することによって様々な問題点もあるが、システムの総合的な利用効果が高まることによって、農家がバイオガスシステムを導入する価値も高めている。こうして、農家におけるバイオガスシステムは全体として進む可能性が高まると考えられる。

2. 今後の展開上の課題

これまでの考察結果にみられるように、農家におけるバイオガスシステムの展開に対する内蒙古地域の優位性は自然条件が適合していることと、農牧業の発展に原料条件を備えていること、および国の政策上の経済的な支援条件の提供を行っていることである。これらの条件整備されていることが、システムの成立・展開の重要な要因となっている。また、地域の農家が畜産・酪農家を含む多様な経営が存在している（地域的な複合化が形成されている）ことからバイオガスシステムの展開の可能性が高いといえることができる。このような背景から、内蒙古の農家におけるバイオガスシステムの更なる展開が期待される。それは、現在のバイオガスシステムの数を利用可能な農家数の7.3%に過ぎないからである。

今後の展開についての課題としては、このような利用可能な農家にバイオガスシステムの適切な利用方法やその経営経済的な効果・意義の提供をさらに進めると同時に、政府の関係するプロジェクトや政策上の援助の継続が必要である。とりわけ重要なことは、バイオガスシステムの導入による効果と可能性を農家に十分に普及推進していくことである。これらのことを関係機関・団体が十分に位置づけ、推進できるかどうかは展開上の大きな課題であると考えられる。

【注 釈】

注1) 温室を利用する条件下でバイオガスが常温発酵の最低温度と中国北方の冬季の最低温度時、バイオガス池中の処理物が結氷しない基本要求に基づいて、地中に埋めるバイオガスシステムは正常に冬を越える3つのキーポイ

ントがある。第一、地表下 160 cm の土壌の毎月の平均気温が必ず 0℃以上であること。第二、1, 2, 12 月の 3 ヶ月の毎月の平均気温が必ず -20℃以上であること。第三、年間平均気温が必ず 0℃以上であることである。

注 2) 農家を使用しているバイオガスプラントの施設・設備の概要

中国内蒙古の農家に推奨しているバイオガプラント（水压型）は、発酵部、投入口（家畜糞尿）、排出口（液肥）、ふた、ガスの引き出しパイプ、排出口ルート、ガス貯留部からなる。牛舎の地下に建設し、その容積は 8～10 m³ であり、主にコンクリートで立てられ、れんがとコンクリートから組み立て、強化プラスチックを用意している例もある。水压型バイオガプラントを地下で備え、コンクリート構造の形は円い管状および環状である。動作原理は、水压型バイオガスプラント発酵槽でメタンガス発生量の増加により気圧も増え、排出容器液面と発酵槽液面の気圧差から発酵槽の原料を排出容器へ移動させ、内外圧力の平衡がとれる。また、バイオガスを消耗すると発酵槽の気圧が下がり、排出容器の液体が発酵槽へ移動され、内外圧力の新平衡がとれる。以上の他、農家用バイオガプラントの施設・設備には、バイオガス使用にセットする施設・設備としては、気圧メーター、脱硫設備、家庭用バイオガスかまど、バイオガスランプなどがある（図 8, 9 参照）。

資料：王炎「内蒙古農村牧区バイオガプラント国債プロジェクト管理情報ハンドブック」内蒙古人民出版社、2006 年 7 月

注 3) 農村におけるバイオガスサービスセンターの施設・設備の概要について説明する。

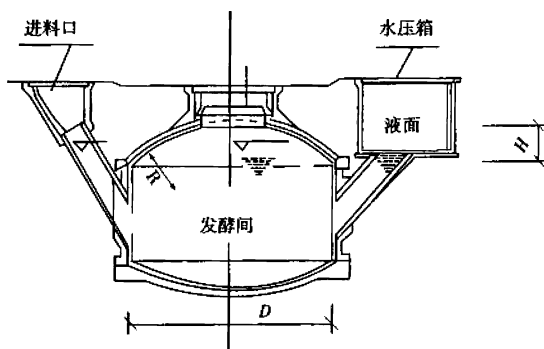


図 8 内モンゴルの農家のバイオガプラントの構造(1)

注) 进料口：投入口（家畜糞尿） 发酵间：排出口（液肥） 水压箱：水压缶 液面：液面

中国の農村におけるバイオガスサービスセンターは、省レベルを育成し、訓練する基地で、県レベルのサービスセンターおよび村レベルのサービスセンターからなり、それぞれの役割は次のとおりである。①省レベルを育成し訓練する基地は、農村におけるバイオガスの導入、実験、農村におけるバイオガスの新しい技術、新製品と使用に適する設備を普及し、新技術を模範、展示、交流する。さらに、バイオガスに関する管理員と技術者の育成訓練、バイオガプラント技術者に対する機能訓練および評定する。②県レベルのサービスセンターは、重点的に新しい技術を普及し、技術的な育成訓練し、急場に合わせ、大規模の修理および部品を供給する。用意している重要な施設・設備としては、バイオガプラントの技術に関するサービスを供給する巡回メディア車、長距離で原料（家畜糞尿、バイオガプラントから出る液肥など）を処理する大型トラック、急場に合わせた専用バイク、育成訓練および教育施設、訓練場所と用具、修理道具、検査器具とサービスの仕事をセットした部屋などである。③村のサービスセンターは、主に農家にバイオガプラントの工事をし、バイオガプラント施設に原料を出し入れをし、部品の交換、日常の訓練、総合的利用する等サービスを供給している。サービスセンター一つ当たりは、約 300～500 世帯のバイオガプラントを使用している農家にバイオガプラントのサービスを供給している。そ

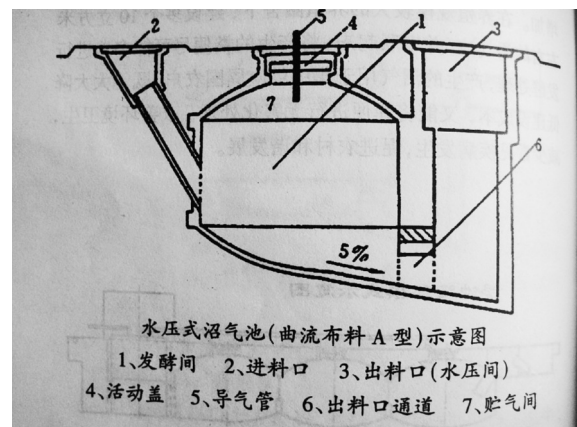


図 9 内モンゴルの農家のバイオガプラントの構造(2)

注) 1. 发酵间：発酵槽 2. 进料口：投入口（家畜糞尿） 3. 出料口（水压机）：排出口（液肥） 4. 活动盖：ふた 5. 导气管：ガスの引き出しパイプ 6. 出料口通道：排出口ルート 7. 贮气间：ガス貯留部

の為、1～2名技術者が担当し、農家のバイオガスプラント施設に原料を出したり入れたりする真空ポンプと液肥貯留缶をセットした農用トラック1台、メタン検査メーターと酸およびアルカリを検査する検査メーター、修理する道具とバイオガスプラントの部品など用意している。

注4) 「一池三改」モデルとは、発酵槽の建設を基に、太陽エネルギーを利用するための畜舎の改造や建築、トイレの改造、台所の改造である。「四位一体」モデルとは、野菜生産日光温室、バイオガス発酵槽、太陽エネルギーを利用する畜舎、トイレである。「農牧6セット」モデルとは、農村及び遊牧地域の農家の生産と生活に適應するバイオガス発酵槽、オンドル(朝鮮半島や中国の華北北部・東北部で普及している床下暖房)、省エネかまど、太陽エネルギー畜舎、飼料加工機械、サイロ槽など六つを組み合わせたものが推進されている。

注5) 兵州亥村の農家におけるバイオガスシステムについて今まで3回の聞き取り調査を行った。2007年の調査ではプラントの建設状況や設備状況、今後の展開などについて調査を行った。2008年の調査ではシステム導入の効果を考察するために農家にアンケート調査を行った。2009年は資料を充実するために3回目の調査をして、肥料使用状況とサービス状況などについて聞き取り調査を行った。本論文では2008年度調査した40戸の農家を中心として、システム導入の効果を検討する。

[参考文献]

- [1] 朵兰・胡尔查・市川治「中国内蒙古畜産・酪農における個別型バイオガスシステム導入の効果に関する一考察」酪農学園大学紀要, Vol.34 No.1 (60) October 2009
- [2] 「内蒙古再生可能なエネルギーの統計報告表」, 内蒙古自治区農村生態エネルギーセンター, 2009年
- [3] 「2009～2011年内蒙古の農村バイオガスの建設計画」, 内蒙古自治区農牧業庁, 2008年
- [4] 「内蒙古統計年鑑」, 中国統計出版社, 2011年7月
- [5] 「2008年の中国における新しいエネルギー利用に関する報告」www.askci.com, 2011.12.16
- [6] 「内蒙古経済社会調査年鑑」, 中国統計出版社, 2011年9月
- [7] 韓芳・王貴平「内蒙古再生可能なエネルギーの発展構想と対策」新エネルギー産業特集雑誌, 2007年第2期
- [8] 「内蒙古自治区農村バイオガスの建設国債プロジェクトの自評報告」, 内蒙古自治区農牧業庁, 2006年
- [9] 王炎「内蒙古農村牧区バイオガプラント国債プロジェクト管理情報ハンドブック」内蒙古人民出版社, 2006年7月
- [10] 「中国農村におけるバイオガプラントのサービスシステムを建設するプログラム(試行する)」(改定版), 農業部官房, 国家發展と改革委員会官房, 2009年