

平成 21 年 5 月 29 日現在

研究種目：基盤研究（C）
研究期間：2006～2008
課題番号：18580222
研究課題名（和文）バイオマスのリファイナリーとカスケード利用に関する実証研究：統合システムの構築
研究課題名（英文）Refinery and Cascade of the Biomass Use

研究代表者
淡路 和則（AWAJI KAZUNORI）
名古屋大学・大学院生命農学研究科・准教授
研究者番号：90201904

研究成果の概要：

バイオマス利用は、複数の技術を組み合わせることによって、単独の技術のみでは非効率になる欠点を補い資源利用全体の効率を高めることができる。ここではバイオマスを多種多様な形で最大限に利用するリファイナリー、バイオマスを価値の高い順に段階的に利用するカスケード利用の考え方が必要である。本研究は、BDF の生産過程とバイオガス化の結合、食品残さの資源化とバイオガス化の結合を中心に、技術結合の有利性を明らかにした。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,000,000	0	1,000,000
2007 年度	800,000	240,000	1,040,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,700,000	510,000	3,210,000

研究分野：農業経済学

科研費の分科・細目：農業経済学・農業経済学

キーワード：バイオマス、再資源化、資源循環、農業と環境、再生可能エネルギー、カスケード利用、バイオマスリファイナリー

1. 研究開始当初の背景

持続的に発展可能な社会を構築するために、再生可能な資源であるバイオマスが注目を集めている。我が国でも「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され、バイオマス資源の有効利用の推進気運が急速に高まっている。そのなかで関係する技術開発が急ピッチで行われ、普及段階に入っているものもある。このようにバイオガス化、堆肥化、

エネルギー化といった個別技術の開発は急速な進展を遂げているが、採算性やエネルギー利用の面で多くの問題を抱えている場合が少なくない。つまり、個別技術としてはバイオマスのエネルギーや製品への変換効率が高まっているが、経済性と環境負荷の両面に問題を抱えており、普及に向けての課題は多い。

バイオマス・ニッポン総合戦略におけるバ

バイオマスの利活用技術の展開方向には、「バイオマス・リファイナリーの構築」と「バイオマスのカスケード利用」が記されているが、コンセプトの提示であり、具体的実像を求める必要がある。

2. 研究の目的

このような問題状況の中で今後重要となるのは、個別技術を複合した統合的なシステムづくりである。バイオマスは、利用の形態が広いために、個別技術が単独では解決できなかった経済性や環境負荷の問題を、複数の技術を組み合わせることによって解決し得ると考えられる。つまり、個々の個別技術が内包する問題を解決するためには、複数の個別技術を連関させて経済的にも環境的にも効率の良いシステムを構築して行くことが求められる。

そこで、本研究では、個別のバイオマス利活用技術の結合に着眼し、その効率性を経済性と環境負荷の両側面から明らかにし、統合的なバイオマス利活用の地域モデルを構築することを目的とする。

3. 研究の方法

バイオマスを無駄なく様々な形で利用し尽くす「リファイナリー」と用途価値の高いものから順に利用を進める「カスケード利用」という二つの概念をキーとして、複数のバイオマス利用技術の組み合わせを考え、その有利性を明らかにする。

(1) 第一は、なたね油のバイオディーゼル化をとりあげ、バイオガス化との結合を検討する。

なたね生産から BDF 化までの資源循環における物的フローからなたねというバイオマス資源を様々な形で有効利用する可能性を検討し、そのことによって得られる経済価値の増大とエネルギーの最大化を、環境負荷を増大させない条件下で考察する。

具体的には、「なたね-食用油-廃食用油-バイオディーゼル」の過程において、副産物として出てくる搾り粕とグリセリンの利活用を検討し、それら副産物と残さを高度利用することによる経済的および環境的メリットを明らかにする。

とりわけ BDF 精製過程から出てくるグリセリンは、その処理が課題となっている。引き取り手がなく処理費用も負担できないために滞留しているケースも確認される。バズとなっているグリセリンの利用方法のひとつの可能性としてバイオガス化を検討する。

(2) 第二は、食品残さの資源化をとりあげ、飼料化、堆肥化、エネルギー化を組み合わせ、できる限り価値の高い形態から利用して

行くメリットを明らかにする。

人間の食に供されない食品は、できる限り家畜用の飼料として供されることが望ましく、改正食品リサイクル法において飼料化は優先すべき再生利用方法として位置づけられている。飼料化に適合しないものについては、堆肥化、さらにはエネルギー化を考えると、価値の高いものから低いものへとカスケード利用が望まれる。

カスケードの上位に位置づけられる飼料化であるが、配合飼料への依存度が高い畜産の現状を考えると、まずは乾燥飼料化が望まれる。これには乾燥エネルギーが必要とされるので、その供給システムを考えなければならない。また、リキッドフィーディングにおいても加熱処理工程でエネルギーが必要となる。このエネルギーを内給するために、バイオガス化との結合を検討する。

(3) 最後に、リファイナリーとカスケードを組み合わせ合わせた統合的なバイオマス利用モデルを考案し、システムの運営のあり方、主体間連携のあり方を展望する。

4. 研究成果

(1) 廃食用油のバイオディーゼル (BDF) 化について、まず副産物であるグリセリンの利用の仕方の実態を調査した。BDF 化の先進的な滋賀県、京都府、秋田県の事例をみたところ、バイオガス化の副資材、ごみ焼却炉の助燃剤、園芸用ハウス暖房の助燃剤としての利用が確認された。バイオガス化については、ドイツで広く行われており、グリセリン自体が有価で取引されていることが明らかとなったが、日本ではバイオガスプラントがそれほど広範囲に普及していないことから今後の課題と位置づけられた。焼却炉での利用は、周年利用できる点は利点であるものの、廃棄物処理の意味合いが強いといえ、エネルギー利用の観点から合理性の検討が必要であるといえた。園芸用ハウスの暖房利用においては、ボイラーの助燃剤としての利用によって原油の消費量を 3 割程削減する効果が確認された。これはまだ試験的段階であり、ハードの部分で改良の余地があるが、原油価格の高騰下ではエネルギーコスト低減効果が大きかった。

ドイツでは、BDF 精製から出た廃グリセリンが、バイオガスプラントへトン当たり 40~50 ユーロで有価販売されており、BDF 普及の初期段階では約 150 ユーロの価格水準であったことが確認された。BDF の普及とともに供給が多くなり過剰ともいわれる状態となり価格が低下したといえる。

理論上は、1 トンのグリセリンから、58.9% のメタン濃度のバイオガス 730m³N が得られ

る。これを発電効率 32%のコジェネレーター (CHP) で発電すると、1380kWh の電力が得られる。

この電力を、2004 年改正の再生可能エネルギー法による電力買上価格に 2004 年稼働のバイオガスプラントのケースで当てはめて評価すると、出力 150kW までのプラントでは kWh 当たり 11.5 セントの価格となり、158.7 ユーロの経済価値となる。出力が 150kW を超え 500kW までのプラントでは kWh 当たり 9.9 セントとなり 136.6 ユーロの経済価値となる。従って、トン当たり 40~50 ユーロの価格であれば、バイオガスプラントにとっては有利な条件といえる。

ナタネを生産して食用油として利用し、その廃食用油を BDF に転換する物質循環が生み出す経済的付加価値形成においては、副産物利用の高度化が重要ポイントのひとつとして指摘できた。ドイツでは、地域分散的なプラントを建築し、油粕は肥料化よりも飼料化して地域内で耕畜連携を形成していることが確認された。ナタネの搾り粕の飼料利用についての普及資料も整備されている。また、グリセリンについても、ドイツではバイオガス化の発酵副資材以外に精製して薬品や飼料として販売する例が増えていることが確認された。日本においては廃棄物として処理され、トン 1 万円を超える処理費を支払っているケースも存在した。グリセリン活用への動向としては、燃焼の助燃剤として活用がみられるようになっており、1~2 円/Kg で取引され、BDF プラントの採算性を向上させる可能性があることが指摘できた。

以上、ドイツの例を参考に、ナタネから BDF 化の過程とバイオガス技術を組み合わせたモデル図は、以下のようなになる。

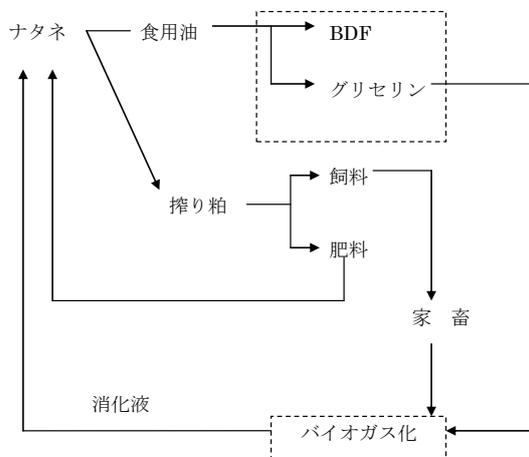


図1 BDF化とバイオガス化の結合

搾油過程から出る搾り粕を飼料化し、家畜に給与し、その糞尿をバイオガスに投入するとともに、BDF プラントからの廃グリセリンを副資材として活用することで飛躍的にガス量を増やすことができる。また、メタン発酵槽の消化液は液肥として圃場に散布できる。搾り粕は、飼料化—メタンガス化—肥料化、グリセリンは、メタンガス化—肥料化のバイオマス利用のフェイズを通ることになる。

(2) 食品残さの飼料化とバイオガスプラントの結合の具体例としてドイツの畜産経営の事例を取り上げる。

事例としたのは、ドイツの中央部で養豚を営む P 経営である。ここでは豚の肥育を行っており、630 頭規模の豚舎施設を備える一方で廃棄物処理業と焼酎 (シュナップス) の蒸溜を行っている。

この経営の特徴は、食品残さのカスケード利用にバイオガスシステムを結合させたエネルギー利用システムである。その概要は、図 2 に示す通りである。

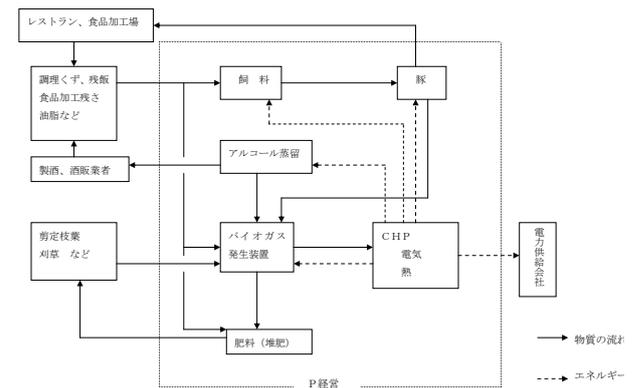


図2 P経営の物的フロー図

廃棄物の収集と処理は、レストランや食堂からの調理くず、食べ残しなどいわゆる厨芥類 (現在は厨芥類の飼料利用は禁止されている)、廃食用油、食品加工場の加工くず、精肉加工からの脂肪の切り落としなどを対象としており、1 回あたり 8 から 12 カ所の収集を行っている。また、剪定枝の収集や受入れも行っている。

収集した食品残さは、リキッド飼料として利用することを目的としており、受入れの段階で飼料化に適さないものは堆肥化施設またはバイオガス施設に送られる。

選別された食品残さは、焼酎の廃液と混ぜられ、加熱殺菌され、タンクで攪拌されてから静置される。そして上部に浮き上がった油脂分が吸引されバイオガス装置の方へ送られる。残った液状部分は余分な脂肪分が

除かれ、家畜の飼料に適した脂肪含有量となる。他方、取り出された油脂分は、効率よくバイオガスを発生させる発酵副資材となる。

浮いた脂肪分が除かれた液状部分は、細断ポンプで飼料タンクに圧送され貯留され、リキッドフィーディングシステムによって給餌される。また、必要量以上の飼料が供給された場合は、その余剰部分がバイオガス装置の方へ送られる仕組みになっている。

以上の飼料化のプロセスにおいて食品残さは、図3のように整理できる。まず受入れの段階で飼料に向かないものが除かれ、次に余分な脂肪分が除かれ、飼料化に適する部分だけが残されることになる。さらに、必要量を超える部分が除かれる。つまり、飼料化に向けて質的調整を行ったのち量的調整が行われ、除外されたものがバイオガス化に向けるシステムになっている。

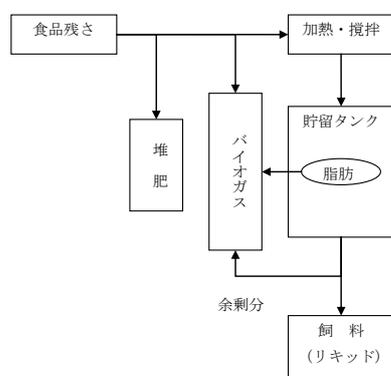


図3 食品残さの複合的資源化

以上のプロセスにおいてバイオガス施設では、メタン発酵のために豚舎からの糞尿をメインとして受け入れ、副資材として次のものを受け入れる。第一に、飼料化に向けられなかった食品残さ、脂肪分および余剰の飼料原料といった収集した食品残さ由来の部分、第二に焼酎廃液、第三に剪定枝（一部）である。副資材の中でも、ガス発生量を飛躍的に高めるのは、食品残さ系のものである。

バイオガス施設が受け入れる有機性廃棄物の総量は、年間約5,737トンとなる。これらを利用して、36万m³のバイオガスが得られ、そのガスから年間約73万kWhの電気と約1,38万kWhの熱エネルギーが生み出される。そして発酵残さは、流通肥料換算で3トンのカリウム、2トンのリン、15トンの窒素に相当する肥料として圃場に還元される。

P経営でのエネルギー生産は、ガスエンジンを利用したコジェネレーター（CHP）による電熱併給システムになっている。飼料化工程には90℃、アルコール蒸留には130℃の

温度が必要となる

ここでのエネルギー需要と生産されるエネルギーは、表1、図4に示す通りである。

表1 P経営の必要熱量と必要電力量

	必要熱量	必要電力量
施設ホール	21,900	11,315
飼料化工程	201,156	105,310
アルコール蒸溜	49,698	—
バイオガスプラント	788,400	10,493
豚舎	298,978	26,644
住宅	57,640	31,212
計	1,417,772	184,974

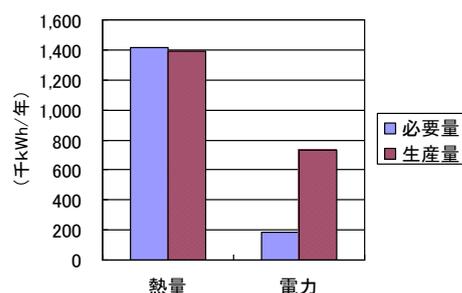


図4 エネルギーの自給度合い

P経営は、食品残さを利用して飼料の75%を賄い、同時に熱と電力のエネルギー生産を行って熱量需要の97.8%を自給し、電力需要の4倍近い発電量を得ている。

ここでのポイントは、第一に食品残さを飼料化、堆肥化、エネルギー化というように段階的に利用していることである。まず食料として利用されなかった部分について飼料化を優先して利用し、それに適さないものを肥料化、さらにはエネルギー化というように、段階的に価値の高いものから順に効率的に利用している。

第二に、飼料化とバイオガス化において、脂肪含有量の高い部分を飼料化からメタン発酵へ仕向けることによって、両者に望ましい条件をつくり出していることである。飼料化においては脂肪分が必要以上に高くなることは避けたいが、バイオガス化においてはガス発生量を増大させるためにある程度の脂肪分が望まれる。この点において、食品残さの飼料化とバイオガス化は、補完関係にあるとよい。

バイオガス化は、家畜糞尿のみではガス発生量が低レベルにとどまる。厨芥類や油脂分を発酵の副資材として利用することによってガス発生量は飛躍的に高まるのである。焼酎粕は豚の糞尿の2倍を超えるガス量が得られ、厨芥類では3倍、脂身等では16倍のガス量が得られる。P経営のように、収集した食品残さのうち、飼料の適合範囲を超える脂

脂肪をエネルギー化に向けることは、飼料化、エネルギー化の双方にとって有効な技術的対応であるといえる。

(3) 以上の研究を踏まえて、地域的なバイオマス利用システムの一例を示したものが図5である。

単独の技術のみでは、収集した資源を有効に使い切れなかったり、エネルギーを化石燃料に頼らざるを得ないことが発生する。地域的にみて最適なバイオマス資源の利用を複数の技術体系のなかで補完関係に着目して関連づけて選択する必要がある。

また、食品残さなどの廃棄物系のバイオマスは、需要に応じて供給を調整することは難しい。さらに、需要は一部のものに集中することが多い。とりわけ廃棄物系の資源は、取引市場が確立しているものは少ない。そこで、地域の賦存量と需要量を踏まえつつ排出主体と利用主体を結びつける仲介調整役が求められる。自治体等の公的機関が関わって、センター的機能を有するマネジメント主体の形成が求められる。

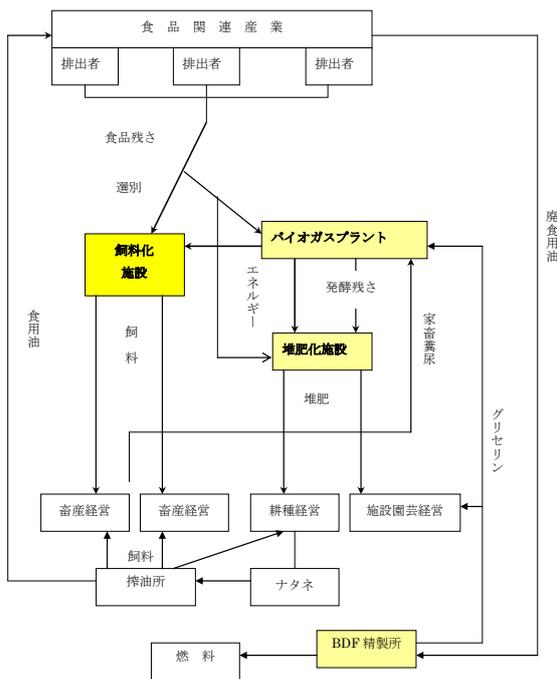


図5 地域的バイオマス利用システム例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 8件)

①淡路和則、食品残さの飼料化による畜産物の生産コスト低減と高付加価値化、

畜産の情報、226号、49-57、2008、査読無

②山内季之、堀田和彦、淡路和則、肉用牛肥育経営の破壊的イノベーションから持続的イノベーションへの展開過程と成果、農業経営研究、46巻2号、29-34、2008、査読有

③淡路和則、畜産経営からみた食品残さ飼料の価格条件、農業経営研究、45巻1号、62-66、2007、査読有

④淡路和則、EUにおける食品残さ飼料の現状、畜産草地研究所資料、平19-3、41-43、2007、査読無

⑤淡路和則、食品残さ飼料化の進展と今後の発展条件、週刊農林、1991号、4-5、2007、査読無

⑥淡路和則、ドイツにおけるバイオマス利用の展開、農村と都市をむすぶ、665号、40-50、2007、査読無

⑦淡路和則、食品残さの飼料化における経営戦略、畜産の研究、61巻1号、117-123、2007、査読無

⑧藤木希、淡路和則、なたねにみる地域資源循環と付加価値形成、農業経営研究、44巻2号、66-69、2006、査読有

[学会発表] (計 2件)

①山内季之、堀田和彦、淡路和則、肉用牛肥育経営の破壊的イノベーションから持続的イノベーションへの展開過程と成果、日本農業経営学会、2007年9月15日、宇都宮大学

②淡路和則、畜産経営からみた食品残さ飼料の価格条件、日本農業経営学会、2006年10月22日、鹿児島大学

[図書] (計 1件)

市川 治、資源循環型酪農・畜産の展開条件、農林統計協会、273、2007

6. 研究組織

(1) 研究代表者

淡路 和則 (AWAJI KAZUNORI)

名古屋大学・大学院生命農学研究科・准教授
研究者番号：90201904