ドイツの農家におけるバイオマスエネルギー利用と その促進要因

－ニーダーザクセン州ローテンブルグ郡の菜種油利用実態調査から－

Research on promoting factors of using biomass energy in a farm in Germany
－ Results from the field survey of rape oil using cases in Rotenburg, Neidersachsen－

武山 絵美

TAKEYAMA Emi

(愛媛大学農学部)

(Faculty of Agriculture, Ehime University)

I 研究の背景と目的

2004年7月、ドイツにおける再生可能エネルギー法(Erneuerbare-Energien Gesetz; EEG)の改正案が連邦参議院にて可決された。本法は、風力発電やバイオマス発電など再生可能な原料や動力から生産された電力を定められた価格以上で購入することを、民間電力会社に義務付けるものである。本法は、2000年の制定当初から、持続可能なエネルギー生産を可能にするとともに、京都議定書の下での温室効果ガス排出量削減に寄与するものとして注目を集め、我が国でも紹介されてきた。一方、本法は、バイオマス資源が多く存在する農村地域の資源利用促進や地域活性化にも影響を及ぼすと考えられることから、実際の農村における本法の下でのバイオマスエネルギー利用実態調査が待たれるところである。

また、我が国では、遊休農地における菜の花栽培等、エネルギー作物栽培を軸としたエネルギー循環型社会の確立を目指す取り組みが展開され、紹介されている¹⁾。しかし、現在のところ、環境問題に強い関心を持った住民団体や地方自治体による採算を度外視した取り組みにとどまる傾向にある。これを持続的な取り組みにするためには、農業部門と環境部門を統合する国レベルでの社会システム整備が必要不可欠であると考えられる。

そこで、本報は、農地由来のバイオマスエネ

ルギー源である菜種油に注目し、菜種油のエネルギー利用先進地であるドイツ・ニーダーザクセン州ローテンブルグ郡の実態調査から、農家におけるバイオマスエネルギー利用実態を把握するとともに、その背景にある利用促進要因について、国レベルでの法制度との関連性を中心に考察する。

II 調査の概要

ニーダーザクセン州は、ドイツの北部に位置する2番目に大きな州であり、総面積約47,600km²の約6割(266万ha)が農地である(図1参照)。2002年統計データ³⁾によれば、ニーダーザクセン州の農家数は全国の14%にあたる約6万戸であり、各農家の平均所有耕地面積は42.5haである。このうち、ローテンブルグ郡は、農地率が68.4%であり、経営耕地面積50ha以上の農家が4割以上を占めるなど大規模農家が多く、平坦な地形条件を活かした農業の盛んな地域と言える⁴⁾。

現地調査は、2004年8月20～27日の8日間に実施された。まず、菜種の利用状況全般を把握するために、ニーダーザクセン州ハノーバー農林局ツェーベン事務所において聞き取り調査を行った。次に、菜種油の流通状況を捉えるため、搾油業者において聞き取り調査を実施した。さらに、現場での菜種油利用実態を明らかにするため、菜種油を自家用車や農耕車両の燃料として用いている

図1 調査地の位置

H 農家と、菜種油を利用して自家発電を行っている K 農家において聞き取り調査を行った。

Ⅲ バイオマスエネルギーとしての菜種油の利用方法

1. バイオディーゼルの原料として利用する場合

現在、ドイツ国内では、菜種油が食用以外に工業用原料や動力燃料として用いられている。工業用原料としては、機械用潤滑油としての需要が高いほか、洗剤の発泡抑制剤等に用いる原料として、工業での環境配慮が求められる状況下において需要が高い⁵⁾。一方、燃料としては、菜種油から「菜種油メチルエステル (Raps Methylester : RME)」が製造され、これが一般的なディーゼル燃料を代替するバイオディーゼルとなる。ドイツでは、菜種油を原料としたバイオディーゼルの利用により、菜種栽培 1ha に対し 5.4t の二酸化炭素排出量削減効果があるとの試算がある⁶⁾。

バイオディーゼルの原料には、菜種油の他にヒマワリ油など使われるが、ドイツ国内流通量の 8 割以上は菜種油が原料と言われる。バイオディーゼルは、ドイツ国内の約 1,900 ヶ所 (2004 年現在) のガソリンスタンドで一般販売されており、ディーゼル車に通常通り給油することが可能である。調査を行った 2004 年 8 月現在、一般ディーゼルは

97.9 セント/リットル (約 130 円)、バイオディーゼルは 89.9 セント/リットル (約 120 円) で販売されていたが、この価格差には税金面での優遇策が大きく働いている。すなわち、一般ディーゼルの税率が 16% であるのに対し、バイオディーゼルは 7% であり、価格面で利用者にメリットがあることなどから販売量は年々増加傾向にある (図 2 参照)。

図2 バイオディーゼル販売量の伸び

2. 菜種油をそのまま燃料利用する場合

ニーダーザクセン州ハノーバー農林局ツェーベン事務所での聞き取り調査によれば、近年では、化学的処理を経て精製されるバイオディーゼルより環境負荷が少ないとして、菜種油をそのまま燃料として利用するケースも増えている。まず、ディーゼル車両用燃料として用いる場合、菜種油は粘性が非常に高いため、これを 80℃ 以上に加熱する装置を車両内燃料タンクに取り付けるほか、車両内燃料タンクからエンジンへの油送管の径を太くするなど、車両の一部改造が必要となる。なお、菜種油を燃料として販売しているガソリンスタンドは、現在のところドイツ全体で 100 カ所程度しかない。また、発電用燃料として用いる場合も、菜種油をそのまま利用することができる。本報では、このように菜種油をそのまま燃料として利用するケースに注目し、調査を行った。

Ⅳ. 菜種油利用実態調査結果

1. 搾油所における調査結果

1) 搾油所の概要

エルブマーシュ搾油所（Elbmarsch Ölmühle GmbH）の協力を得て、菜種油の流通状況を調査した。エルブマーシュ搾油所は、従業員3名の小規模搾油所であり、主に有機栽培された原料から植物油と油かすを生産し、後者は家畜用の飼料として販売している。搾油所設立の本来の目的は油かすの製造・販売であり、現在でも売り上げの3分の2を占める。前出のツェーベン事務所での聞き取り調査によれば、2004年現在、ニーダーザクセン州には菜種油を扱う搾油所が6件あり、このうち燃料用菜種油を製造・販売している搾油所は本搾油所を含め2件である。燃料用菜種油は、通常より手間を要する低温圧搾方式で搾油された高品質のものでなくてはならず、これに取り組む工場はいずれも小規模であるとのことである。

2) 菜種の購入について

有機栽培菜種（夏菜種）は、平均300ユーロ（約4万円）/tで農家から直接購入し、搾油後に食用油として販売している。冬菜種は、栽培過程で化学肥料や殺虫剤等の使用が避けられないため食用には用いず、平均210ユーロ（約2.8万円/t）で直接購入した後、燃料用菜種油として精製する。夏菜種と冬菜種を併せ年間1.5万tの菜種を購入しており、両者の購入量はほぼ同じである。

一方、農家が自宅で菜種を絞る場合もあるが、これは飼料用として油かすの価値が非常に高いためである。この場合、農家は残りの菜種油のうち自家利用分を手元に残し、余りを搾油所へ販売する。これらの菜種油は、栽培履歴等が明確ではないため、有機栽培原料からの食用油精製にこだわる本搾油所ではこれを食用としては販売せず、精製してすべて燃料用に販売している。本搾油所では、約2,000t/年の菜種油を近隣5戸の農家から直接購入している。

3) 菜種油の販売状況

2004年現在、本搾油所では、10,000リットル/月の菜種油を燃料として販売している。購入者の多くは、千リットル単位で購入しており、多いところでは運送業者が年間400tを使用しているケースもある。購入者のうち2件は自家発電用に菜種油を購入しており、1件あたり1,000t/年を購入している。これ以上の需要があると思われるが、

現時点では毎年生産量を倍増させているものの追いつかない状況である。

一方、小口の利用者では、農家がトラクター用燃料として菜種油を購入するケースがある。ただし、菜種油の価格は購入する菜種の価格に依存して変動するため、農家は一般ディーゼル燃料と菜種油を比較し、価格面で有利な方を選択する傾向にある。よって、菜種の販売量は一定ではない。

なお、燃料用の菜種油販売だけでは利益は見込めず、食用油や油かすの販売により搾油所全体の経営が成り立っている。食用菜種油は約86セント（約114円）/kgで販売できるが、燃料用菜種油は約60セント（約80円）/kgである。ただし、菜種油の食用油としての需要は少なく、機械を効率的に稼働させるためにも燃料用菜種油の製造・販売は必要とのことであった。一方、菜種油の油かすは、有機栽培菜種（夏菜種）の油かすで350ユーロ（約4.7万円）/t、一般栽培菜種（冬菜種）の油かすで180ユーロ（約2.4万円）/tで農家に販売できる。

2. 菜種油を農耕車等に利用する農家の調査結果

1) 菜種油を使用する車両について

H農家では、経営耕地面積80haのうち10haで菜種を栽培している。栽培した菜種は自ら搾油し、その油かすは家畜用飼料として用いている。自ら改造したトラックに菜種油を直接給油して走らせているほか、トラクターにも一部菜種油を直接利用している。しかし、全ての燃料を自家製菜種油ではまかないきれないため、その多くを購入に頼っている。H農家は、環境保全に対して非常に高い意識を持っており、菜種油を燃料として利用したいと思った背景もそこにあるとのことであった。

2) 菜種油を用いる車両について

菜種油を燃料とするトラックは既に2万kmを走行しており、燃費は一般ディーゼル燃料とほぼ同等かそれ以上とのことである。菜種油利用車両への改造は、部品（燃料加熱装置）を購入して全て自分で行ったため、部品購入費の800ユーロ（約10.6万円）のみが初期費用としてかかっている。この改造により基本的には菜種油100%で走らせることが可能であるが、冬期（気温が-5℃以下の

場合)は一般ディーゼル燃料を10%混入する必要がある。一方、トラクターは改造等を一切行わずに菜種油を利用しており、現在は一般ディーゼル燃料に冬は20%、夏は60%の菜種油を混ぜて用いている。

3) 菜種油の購入について

菜種油は、1,000 リットル以上を購入すると販売所が運搬してくれるため、近隣住民3戸で共同購入している。菜種油(食用)は一般食用品店でも購入が可能のため、道中で燃料が不足した際は緊急措置としてこれを用いている。トラクター用と併せて、年間で合計約1,500 リットルを使用している。菜種油だけでなくいずれの植物油も用いることができるが、周辺で菜種油が生産されており、コストが最もかからないことから、菜種油の利用価値が高いとのことである。菜種油の購入価格は、2004年現在、59 セント+税金/リットルであるが、菜種油は食料品であることから税金が低く全体として価格が低く抑えられる。ドイツでは、食料品にかかる消費税は7%であり、食料品以外の消費税が15%である。

3. 菜種油を発電に利用する農家の調査結果

1) 発電システムについて

K 農家は、乳牛120頭を飼育する一方、120haの農地を所有する大規模専業農家である。菜種は栽培していない。なお、ローテンブルグ郡では、1987年に4,262戸であった農家数が2003年には2,490戸にまで減少しているが、この中で経営規模100~200haの農家が1987年の98戸から2003年には376戸と急増している。すなわち、このような経営規模の農家は、本地域における新たな中心層を形成する担い手農家であり、120haを経営するK農家はその一例と見なすことができる。

K農家では、菜種油を用いて、温水と電力が同時に製造できる「小型コージェネレーション発電システム(Blockheizkraftwerk; BHKW)」を所有し、売電により収入を得ている。このシステムでは、菜種油によるモーターを用いた発電の一方で、モーターから発せられる余熱を利用して水を温め、家庭用の温水として、また冬期には全館暖房にも用いられる。発電機は100kWhの能力を持つ。な

お、発電機の始動時には粘性の高い菜種油を用いることができないため、最初の15分間は一般燃料で稼働する。K農家では、朝1回、夕方1回、各2時間(一般燃料による初動時間を除く)の発電を行っており、1日4時間で約100リットルの菜種油が必要となる。

2) 発電に用いる菜種の購入について

K農家は、年間120tの菜種を農協から購入し、自宅で低温圧搾方式により搾油している。油かすは飼育している乳牛の飼料にする。菜種の購入価格は23~24セント(約31円)/100kgであり、義務的減反農地(生産調整による減反農地)において作付けされた燃料用菜種を利用している。これは、これらの菜種を利用したバイオマス発電施設からの買電価格が一般的なバイオマス発電施設からの買電価格よりも高く設定されているためである(詳細は後述する)。なお、2003年産菜種価格が非常に高かったため、2004年夏現在、菜種油での発電を中止している。2004年産菜種は適切な価格で購入できる見込みであることから、2004年秋から再開する予定である。

3) 売電について

バイオマスエネルギー源である菜種油で発電した電力は、再生可能エネルギーとして売電できる。K農家は、2004年8月現在、発電した電力を20セント(約27円)/kWhで売電している。

発電した電力はすべて地元の電力会社に販売し、自家用に必要な電気は農家用の特別販売価格である12~15セント(約19円)/kWhで全て購入している。つまり、売電価格との差額である5~8セント(約8円)/kWhに純売電額を加えた金額が農家の収入になる。K農家では、1ヶ月に平均約1,000ユーロ(約13万円)分の電力を購入して、1,500ユーロ分(約20万円)の電力を販売しており、500ユーロ(約7万円)/月の収入を得ている。

V 考察

1. 環境意識の高まりを後押しする税金面での優遇措置

菜種油を自家用車等に用いる農家の例では、個人の環境保全への意識の高さが、液体バイオマス

燃料の利用を促進していたと言える。農家では、菜種油を燃料として利用する効果として、温室効果ガス排出量削減の他に、農機具がオイル漏れを起こした際の土壌汚染の心配がないことや（ドイツでは土壌が貧弱でかつ降雨量が少ないことから、土壌汚染に対する意識が非常に高い）、地元での燃料調達が可能なことから燃料輸送に係るエネルギーも削減できるといった効果が指摘された。

しかし、環境保全に対する意識の高さを背景とした利用は、その多くが個人的で小規模な利用であり、地域全体でのバイオマス資源循環の一部を構築するにすぎない。

そこで、個人の環境保全に対する意識の高さを後押しする施策として、政府は、主に税金面での優遇措置を講じるなど、バイオマスエネルギーの個人使用インセンティブを高める努力を行っている。さらに、これまでは、バイオディーゼルを利用する場合は一般ディーゼルとの混合利用ができない（混合するとバイオディーゼルにも一般ディーゼルの同率の税金がかかる）ことになっていたが、2004年に鉱油税法が改正され、一般ディーゼルにバイオディーゼルの混合する場合、5%を上限としてバイオディーゼルの分に減税措置が適用されることとなった。この法改正は、少なからずバイオディーゼルの利用を促進するものと期待されている。なお、日本でも廃食油を原料としたバイオディーゼルが生産されているが、これを用いる場合は100%バイオディーゼルのみで利用しなければ減税措置が受けられない。

2. 畜産との連携によるバイオマス利用

現地調査により、農家レベルでは、菜種油の生産・利用がその副産物である油かすの生産と強く結びついていることが明らかとなった。BSE感染牛の発見以来、ドイツでも安全な植物性飼料への需要が非常に高くなってきている。その一方で、油脂分を多く含む飼料の重要性は変わらないため、両条件を満たす油かすは貴重な飼料であると考えられる。つまり、多くの農家が農業と畜産を一体的に展開するという背景が、ドイツの農家における菜種油の燃料利用をより現実的なものに行っていると考えるだろう。農家は、菜種油のエネルギー

利用により発電による副収入等が期待できると同時に、油かすを貴重な飼料として畜産に用いることができることから、菜種の活用が農家にとって総合的な経済メリットをもたらしている。このような我が国とは異なる農法あるいは農家経営方法の下、総合的な経済メリットをもたらす仕組みが、ドイツの農家におけるバイオマスエネルギー利用を少なからず促進していると言えよう。

3. 再生可能エネルギー法下での買電価格の設定

1) 再生可能エネルギー法の歴史

現在の再生可能エネルギー法は、1999年の「エネルギー購入法」に端を発する。本法は、再生可能エネルギー源により発電された電力の買い取りを電力会社に義務づけた最初の法律である。その後、2000年、買電価格の最低額を規定した「再生可能エネルギー法」が制定され、2004年に改正法が連邦参議院で可決されている。改正法では、再生可能エネルギーの総発電量に占める割合の目標値を、2010年までに12.5%、2020年までに20.0%と法的に定めた点が注目に値する（2003年実績は7.9%）。

2) 小規模発電施設の優遇措置

再生可能エネルギー法に定められたバイオマス発電施設からの最低買電価格を表1に示す。バイオマス発電施設の買電価格は、太陽光発電施設に次いで2番目に高い価格である。

表1では、小規模なバイオマス発電施設が優遇されている点が注目に値する。さらに、義務的減反農地において作付けが許された食料以外の農産物（NawaRo ; Nachhaltige Rohstoffe）を原料に用いた発電や、コジェネレーション発電システムからの買電価格が高く設定されている。

たとえば、K農家の場合、発電能力は100kWhと小規模であり、最も有利な最低買電価格が適用される（11.5セント/kWh）。これに加え、K農家は、義務的減反農地産の菜種を用いているため一般とNawaRoの差額ボーナス分6.5セント/kWh、コジェネレーション発電システムによる発電を行っているためKWKAに対する差額ボーナス分2セント/kWhの両方を受け取ることができ、最低買電価格は19.5セント/kWhとなる。調査時におけ

表1 再生可能エネルギー法（EEG）における
バイオマス発電施設からの最低買電価格

（単位：セント^{注1)} / kWh

発電能力 (kW)	EEG 改正前	EEG 改正後		
		一般	NawaRo ^{注2)}	KWKA ^{注3)}
～150	10.0	11.5	17.5	13.5
150～500		9.9	15.9	11.9
500～5,000	9.0	8.9	12.9	10.9
5,000～	8.5	8.4	8.4	10.4

*参考文献8)より作成

注1) 1 セント＝約 1.3 円

注2) NawaRo (Nachwachsende Rohstoffe: 持続利用可能な原料作物・・・義務的減反農地において作付けが許された食料以外の農産物) を原料として発電された電力に摘要

注3) KWKA (Kraft-Wärme-Kopplungs-Anlagen: 発電-暖水コジェネレーションシステム) により発電された電力に摘要

る実際の K 農家からの買電価格は、最低買電価格よりも多い 20.0 セント/kWh であるが、これは買電を行う電力会社間の競争により買電価格が変動するためである。

また、ドイツにおける暖房システムはオイルや温水を用いた全館暖房システムであるため、コジェネレーションシステムを用いた温水利用の経済的メリットも高い。つまり、再生可能エネルギー法における小規模なバイオマス・コジェネレーション発電施設に対する優遇措置は、発電を行う農家に総合的な経済メリットをもたらす結果となり、農村地域におけるバイオマスエネルギー利用を促進していると考えられる。なお、NawaRo を用いたバイオマス発電の買電価格が高く設定されていることにより、義務的減反農地の適切な利用管理や、義務的減反農地で菜種を栽培する農家の経済的メリットにつながり、農業そのものを活性化させる効果もあると考えられるが、この点については稿を改めて考察したい。

ドイツ政府は、バイオマス発電が農業部門における追加収入源を約束し、将来にわたる安定的な

発展的な農業の役割を確立するものと期待している⁹⁾。ドイツの農村・農家は、農産物生産や農村アメニティー提供といったこれまでの多面的機能に加え、今後はエネルギー生産といった国家的にきわめて重要な機能を持つこととなり、その役割の重要性が今後ますます高くなると言えるだろう。今後は、経営規模等条件のことなる複数の農家を調査するなどして、各条件に対応したバイオマスエネルギー利用促進条件とそのメリットを明らかにしていきたいと考えている。

謝辞: 本研究に係る現地調査は、石光祐子氏（ドイツ在住）の多大なる協力の下で実現したものであり、ここに記して深謝申し上げる次第である。なお、本研究は、科学研究費補助金（若手研究 B）「エネルギー源作物導入によるエネルギー循環型農村システムの解明」により実施された。

【参考文献】

- 1) 武山絵美, 九鬼康彰, 三宅康成 (2004) : 兵庫県五色町における菜の花栽培と農地の多面的機能強化, 農業土木学会誌 72(8), pp.19-22
- 2) Niedersächsische Staatskanzlei (2004) : *Niedersachsen-Karten*, <http://www.niedersachsen.de/>
- 3) Niedersächsisches Ministerium für den ländlichen Raum, Landwirtschaft, Ernährung und Verbraucherschutz (2002) : *Die Niedersächsische Landwirtschaft in Zahlen 2002*, pp.4
- 4) Landkreis Rotenburg (2005) : *Landwirtschaftliche statistische Daten*, <http://www.lk-row.de/>
- 5) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2005) : *Die Raps-Endprodukte*, <http://www.ufop.de/>
- 6) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2004) : *Biodiesel Flowerpower-Farken, Argumente, Tipps*, pp.37
- 7) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (2005) : *Basisdaten Biokraftstoffe-Stand: Januar 2005*, pp.11
- 8) Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (2004) : *UMWELTPOLITIK, Erneuerbare Energien in Zahlen- nationale und internationale Entwicklung*, pp.7
- 9) Alexander Müller (2004) : EEG bringt große Vorteile für Landwirtschaft- Neue Handreichung für Biogaserzeuger erscheint in Kürze, Pressemitteilung Nr. 198 vom 13., Bundesministerium für Verbraucherschutz, Ernährung und Landwirtschaft

In this case study, the actual situation of using rape oil as fuel at farm level, as an appropriate example of local biomass energy use, is made clear, by the field survey in Rotenburg, Neidersachsen, Germany. As a result, the following conditions are pointed as promoting factors of local biomass energy use.

1. Profitable tariff rate for biomass fuel, pushing the growth of farmer's consideration for environment
2. Totally rape use, not only oil itself as fuel, but also oil cake as feed in the livestock sector, resulting in the total economical benefit in the researched farm, as a typical example of German multi farming system.
3. Profitable purchasing price of electricity for the small scale biomass generation under the Renewable Energy Act