Original Paper

Design of Energy System Introducing Biomass Resources for a Rural Area

Kazuo KUBO, and Toshihiko NAKATA

(Received March 22, 2004)

地域特性を考慮したバイオマス利用システムの構築

久保一雄, 中田俊彦

The study focuses on the design of renewable energy systems introducing biomass resources for a rural area in Japan. In an energy-economic model, woody biomass and animal manure (livestock and poultry manure) have been introduced to supply stable power, combining with wind and PV etc. Intermittency of climate conditions and the changes in demand of electricity are carefully considered to examine cost effective systems for the area. As a result, we have found that gasification of woody biomass can supply electricity at a reasonable cost, and the biogasification of animal manure becomes cost effective provided inverse onerous contract of the waste is available. The renewable energy system reduces the carbon emissions by 65%, and reduces the annual cost of the entire system by 15%.

Key Words

Biomass energy, Renewable energy, Local energy system

1. 本研究の背景および目的

バイオマスは、化石資源のように高密度集中型の資源ではなく、広く希薄に分散して存在する低密度分散型の物質であり、エネルギー資源である。そのため、バイオマスを利用する場合には、バイオマスの収集および輸送にかかる手間やコストが非常に大きな問題となる。バイオマス資源は、発生した地域にて、工業原料、材料、製品へと変換され、消費、出荷され、可能な限り循環利用される。また、エネルギーを取り出して、地域にエネルギーを供給することができる。このように、地域内に発生したバイオマスはその地域内にて利用するのが適していると考えられ、バイオマスを基盤とした循環型システムは当然地域性を反映したものになる。

したがって、地域に適した循環型システムの形成のためには、気候条件、エネルギー需要、生活様式、インフラ整備といった地域特性を十分に考慮してバイオマスの利用システムを構築することが必要である。しかし、現在行われているのは国内のバイオマス資源の賦存量の推計等の包括的な調査、研究が中心であり、地域特性を考慮したものはほとんど見あたらない。そこで本研究では、解析モデルを考案し、地域特

性を考慮したバイオマス利用システムの設計を行った。バイオマスや地域に存在するその他の再生可能エネルギーを利用する地域電力供給システムを考案し、そのシステムの運用特性の解析やシステムの導入により地域に及ぼす影響の評価を行う。また、循環型社会の実現に向けた施策の検討を行う。

2. 地域電力供給システム

2.1 対象地域

本研究では、岩手県葛巻町を対象として解析した。この町には2,958世帯、8,808人（平成16年1月1日現在）が暮らしている。東北一の酪農の町であり、主な産業は酪農を中心とした第一次産業である。岩手県統計年鑑¹⁾によれば、平成14年度農業粗生産額の約4分の3を畜産関係が占めており、さらにその生産物である牛乳は、くずまきブランドとして関東周辺にまで供給されている。葛巻町統計書²⁾によれば、平成14年度工業出荷額に占める食料品製造業は70%を超えている。現在、約10,000頭の乳牛が飼育されており、家畜から排出される糞尿は堆肥として利用されているが、野積みされた状態で保管され、悪臭等の問題を引き起こしている。また、森

林面積は町の全面積の85%を占め、森林資源も豊富に存在している。周辺の山々は非常に風が強く、葛巻町新エネルギービジョン³⁾では町東部の袖山高原で年平均7.9m/sの風速が観測されることが示されている。

2.2 対象地域のバイオマス賦存量

前節にて示したように対象地域では多くの乳牛が飼育されている。これらの乳牛等の家畜から排出される糞尿の量は、1日約517トン、年間で約18万8,500トンと推定される。これらの家畜糞尿はメタン発酵させることによってエネルギーとして利用可能であり、同時に畜産廃棄物処理の推進にもつながる。

また、葛巻町の森林面積は約3万7,000haで全面積の85%を占める。そのうち、人工林が44%を占めており、これらの適切な保育、間伐が必要となる。これらの森林資源は、現在、木材として使用されるのみならず、木炭の生産販売や家庭用の薪としてエネルギー利用が行われている。また、町内にはチップ生産工場から排出される樹皮を利用したパークレットを生産している工場も存在する。

製材くずはペレットに加工されているため、現在未利用となっている森林資源を新たに木質バイオマスとして利用することができる。特に間伐材が木質バイオマス資源として有力であり、葛巻町の調査の結果³⁾、その年間発生量は、搬出の比較的容易なものに限定した場合、約6,000m³程度と推定されている。

2.3 地域電力供給システム

本研究では対象地域に電力供給を行う地域電力供給システムを考案した。システムは木質バイオマス直接燃焼発電、木質バイオマスガス化発電、畜産バイオマス消化ガス発電、太陽光発電、風力発電、系統電力から構成される。Fig. 1に考案した地域電力供給システムのモデル図を示す。

利用するバイオマス資源は、木質バイオマスとして間伐材、畜産バイオマスとして家畜糞尿を対象とする。

バイオマス発電を行う際には、電力以外に廃熱が発生する。熱を電力とあわせて供給する熱電併給システム(CHP)とすることも可能であるが、本システムは電力供給に特化したシ

ステムである。

バイオマス発電施設における熱需要として、木質の場合には間伐材の予備乾燥があり、畜産の場合には発酵層の保温がある。本研究は、電力部門に特化したシステムの構築を主眼としているため、こうした熱需要(すなわち消費電力あるいは燃料)は、Table 1に示す技術パラメータの効率に含めて提案している。

3. 解析方法

3.1 解析ツール

解析ツールとして、米国ローレンス・リバモア国立研究所と共同開発中のエネルギー経済モデルMETA・Net⁴⁾を使用した。

META・Netは、生産、消費システムの解析を簡略化する目的で開発されたエネルギー経済モデルである。システムは、資源生産、変換技術(たとえば、石炭から電力)、需要、市場を模擬したノードをネットワーク化することによってモデル化できる。各ノード間を結ぶことによって、ものの物理的な動き(流通)を表すことが可能になる。たとえば、ガス資源を表すノードとガス火力発電所を表すノードを結ぶことによって、発電所にガスが供給されることを模擬することができる。また、ノード間では価格に関する情報のやり取りも行う。このネットワーク手法がモデルの構築、修正、解析を容易なものとしている。

エネルギーシステムの運用特性の解析を行うために、1時間ごとの需要データ、日射量データ、風況データを、それぞれ1年間(8,760時間)分のデータを用いて解析を行う。したがって、需要の変動や自然条件の変動を考慮して、エネルギーシステムの設計を行うことが可能である。そして、各発電設備の建設費、運転維持費等のコストや発電効率を考慮して、もっとも経済的なシステム構成、システム運用を導くことが可能である。

3.2 設定条件

3.2.1 解析期間

解析の対象期間は1年間として解析を行った。解析に使用するエネルギー経済モデルは多期間均衡モデルであるため、対象期間の1年間の“period”に分割する必要がある。本研究では、1 period = 1時間として、1年を8,760分割して解析を行う。

3.2.2 地域電力需要

本研究では、2000年度の需要データに基づいて解析した。データは葛巻町統計書²⁾に記載のものを使用した。東北電力総需要実績(平成12年度)から、春秋期(4月、5月、9月、10月、11月、3月)、夏期(6月、7月、8月)、冬期(12月、1月、2月)の3期についてそれぞれ平日、休日の計6パターンの需要カーブを想定し、8,760時間分の電力需要データを作成した。2000年に同町における電力消費量の実績値は、29,310 MWhである。

Fig. 1 Network of renewable energy system

3.2.3 日射量

対象地域の葛巻中学校には、すでに 50kW の太陽光発電システムが導入されている。本解析における太陽光発電の発電量の算出には、この太陽光発電システムの実績データを用いている。

3.2.4 風況

地域内の袖山高原では、第3セクターが実施主体となって、風力発電が行われている。本解析における風力発電の発電量の算出には、発電事業者から提供された風況データを使用している。

3.2.5 発電設備のコストおよび性能値

各発電設備のコストや性能値は文献やNEDOのデータベース等^{5)~12)}に基づいて設定した。設定した各発電設備のコストおよび性能値を Table 1 にまとめる。

3.2.6 資源価格

(1) 木質バイオマス

葛巻町の調査³⁾によると、葛巻町の間伐材の搬出コストは 8,000円/m³と報告されており、この価格を間伐材の利用価格と設定する。

町内の賦存量を超えて利用する場合は、近隣の市町村から間伐材を購入する必要がある。間伐材そのものの価格は町内において発生するものと等しいと仮定し、平均 40km の輸送が必要であると想定し、輸送費を加えたものが町外で発生する間伐材の価格である。輸送費は、文献¹³⁾より 1 トンあたりおよそ 10,000 円/50km であることから、8,000 円/ton と設定する。

(2) 畜産バイオマス

家畜糞尿は、酪農家から無償で入手することができ、搬出コストは、酪農家が負担すると仮定した。酪農家の金銭的負担を軽減するためには何らかの助成制度が必要であるが、制度の仕組みやコストが現時点では不確定な部分が多いため、

本研究では考慮していない。

(3) 系統電力

系統電力の価格は、東北電力の従量電灯の基本料金を電気料金単価表¹⁴⁾から算出し、21.6 円/kWh と設定する。

以上の各資源の資源価格を Table 2 にまとめる。

3.2.7 CO₂ 排出原単位

CO₂ 排出量の算出に用いる CO₂ 排出原単位を Table 3 に示す。系統電力の使用によって排出される CO₂ の排出原単位は、東北電力の 2000 年度の値¹⁵⁾を使用する。バイオマス資源の燃焼による CO₂ はカーボンニュートラルの特性によってゼロとみなし、システムの CO₂ 排出量には考慮に入れない。また、システムの運用には木質バイオマスの伐採、収集、輸送といった作業が必然的に伴う。その作業に際して発生する CO₂ の排出原単位は文献¹⁶⁾の値を利用する。

なお、評価対象となる CO₂ は、システムの運用に際して排出されるものだけであり、発電設備の建設等によって排出される CO₂ は考慮しない。

3.3 留意事項

この地域電力供給システムは、特定電気事業に該当し、経済産業大臣の認可が必要である。また、電気主任技術者を選

Table 2 Resource price

Resource	Price (JPY/kWh)
Thinned wood (inside Kuzumaki)	2.93
Thinned wood (outside Kuzumaki)	4.31
Animal manure	0
Grid electricity	21.6

Table 3 CO₂ emission factor

Resource	Emission factor
Grid electricity	1.16×10^{-1} TC/MWh
Woody biomass	2.16×10^{-3} TC/MWh _{fuel}

Table 1 Cost and performance of generation technologies

Component	Life (year)	Specific capital cost (JPY/kW)	Fixed operating cost (JPY/kW/yr)	Variable operating cost (JPY/kWh)	Efficiency (%)	Reference
Woody biomass*						(A)
Direct fired	20	480,000	35,600	1.17	28	(B)
Gasification	20	700,000	18,200	1.18	36	(C)
Animal manure**						(A)
Anaerobic digestion	20	4,770,000	70,600	14.6	25	(D)
PV	20	870,000	2,300	0	-	(E)
Wind	20	240,000	6,200	0	-	(E)

* Density: 0.47 (t/m³), Heating value: 4.99 (kcal/t)

** Generated biogas: 456 (m³/cow-yr), Heating value: 6,000 (kcal/m³)

A) Kuzumaki New Energy Vision, Kuzumaki town, Iwate, (1999)

B) Noshiro Cooperative Association for Utilization of Woody Resources, Noshiro city, Akita, (2002)

C) Research Institute of Innovative Technology for Earth (RITE), (2000)

D) Yagi Public Corporation, Yagi town, Kyoto, (2002)

E) New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO), (2003)

任する必要がある。さらに、電力系統への連系を想定しているため、電力系統連系技術要件ガイドラインに沿って、系統運用者と協議を行う必要がある。

4. 解析結果

4.1 最適設備構成と年間供給電力量

Table 4にシステムを構成する各設備の最適設備容量と年間供給電力量を示す。システムの主要な電源は風力発電であり、設備容量は他の電源に比べかなり大きい。年間供給電力量でも全体の43%を占める。

バイオマス発電のなかでは、木質バイオマスガス化発電の発電量が最も大きいことが明らかとなった。木質バイオマスを利用した発電として、ガス化発電のほかにも直接燃焼発電の導入の可能性を検討したが、直接燃焼発電の供給電力が全体に占める割合は1%程度で、ガス化発電と比較すると供給量に20倍弱の差がある。直接燃焼の熱効率は、発電量が小さい場合には、Table 1で示した値よりもさらに小さくなる。本研究にて想定する市場では、割安な電力が優先的に選択されるため、発電コストが割高な直接燃焼の導入量が極端に小さくなった。

また、畜産バイオマス消化ガス発電はほとんど導入されないことが明らかになった。他の発電設備に比べ、非常にコストが高いために採算が合わず、経済的には導入が困難であると考えられる。

4.2 電力供給システムの運用特性

Fig. 2に電力供給システムの電力供給特性を示す。グラフの期間は2000年4月3日から同9日までの1週間である。Fig. 3では同期間の各発電設備の電力供給価格を示す。Fig. 2の各時間における各設備の電力供給量はこの価格によって決定されている。

木質バイオマス直接燃焼発電と木質バイオマスガス化発電は多くの時間をほぼ一定の出力で運転している。このため、電力供給システムにおいてバイオマス発電はベース電源としての役割を果たしているといえる。

木質バイオマス発電によって供給される電力、つまりベース電源分を除いた需要が風力発電と系統電力によって賄われている。風力電力の発電量は入力データで用いた風況データに依存しており、風力発電だけで需要を満足できない時間帯が存在する。この時間帯において、需要に対して風力発電の発電量の不足分を系統電力が補っている。

Fig. 2 Electricity generation in early April

Fig. 3 Electricity marginal cost in early April

風速が大きい時間帯では、風力発電の出力と木質バイオマス発電の最大出力の和が需要を上回る時間帯が存在する。風力発電と木質バイオマス発電の電力供給価格を比較した場合、風力発電の価格のほう安いために、この時間帯では風力発電の電力をすべて利用して、バイオマス発電の出力を下げて運転することになる。

4.3 バイオマス資源の消費量

4.3.1 木質バイオマス

木質バイオマスの消費量は、年間に熱量ベースで18,530 MWhである。これを体積換算すると6,790m³である。本解析では対象地域内での間伐材の利用可能量を年間6,000m³と設定しているが、その制約を超えて間伐材が消費される。つまり、対象地域外の間伐材が約800m³消費される。

4.3.2 畜産バイオマス

消化ガス発電の燃料として消費されるバイオガスの量は、

Table 4 System capacity configuration and annual generation

	Capacity [MW]	Annual generation [MWh]
Woody biomass - Direct fired	0.045	337
Woody biomass - Gasification	0.762	6,231
Animal manure - Anaerobic digestion	0.011	77
PV	0.071	89
Wind	8.67	12,594
Grid	3.999 (Peak)	10,013

年間に熱量ベースで310MWhである。これを体積換算すると47,840Nm³である。この量のバイオガスを発生させるために必要な牛の頭数は乳用成牛110頭である。葛巻町では約10,000頭の乳牛が飼育されていることを考慮すると、畜産バイオマスは、ほとんど導入されない結果になった。循環型社会の形成のためには、バイオマス資源を有効利用する必要がある、利用の促進にはコスト低減や助成制度が欠かせないと考えられる。

4.4 地域電力供給システムのCO₂排出量

Fig. 4に地域電力供給システムの導入前後のCO₂排出量の変化を示す。地域電力供給システムの導入前、つまり系統電力のみで電力供給が行われる場合は、系統電力の消費量とCO₂排出原単位(0.116TC/MWh)を乗じたものがそのままシステムのCO₂排出量である。地域電力供給システムの導入前では、年間に3,400炭素トンのCO₂が排出されると推定できる。

一方、地域電力供給システムの導入後では、系統電力の消費によるCO₂だけでなく、木質バイオマス、つまり間伐材の伐採、輸送にかかるCO₂の排出量を考慮に入れる必要がある。これらを考慮して算出したCO₂排出量は1,200炭素トンである。システムの導入により年間約2,200炭素トンのCO₂が削減可能となり、削減率にして65%にものぼる。

4.5 地域電力供給システムの年間システムコスト

Fig. 5に従来型の電力供給システムの年間システムコストと地域電力供給システムの年間システムコストを示す。

従来型の電力供給システムでは、電力はすべて系統電力によって供給されるため、計上コストは年間電力消費量と系統電力単価の積である。これにより、対象地域全体で発生する電力コストは年間6億3,300万円である。

一方、地域電力供給システムにおいては、自ら発電設備を建設し、運転を行うため、それらに必要な建設費、運転維持費、燃料費等のコストが発生する。建設費は設備容量と比建設費(Specific capital cost: SCC)の積から求め、その費用はすべて借入金により賄うものとする。設備の耐用年数に等しい期間を返済期間と設定し、1年あたりに必要な返済額を建設費として計上している。返済における利率は5%と設定

Fig. 4 Annual CO₂ emissions from the non-renewable and renewable systems

Fig. 5 Comparison of annual system costs

している。運転維持費、燃料費に関しては設備容量、発電設備の供給電力量、燃料消費量とそれぞれの単価からコストを算出している。この手法によって地域電力供給システムの年間システムコストは5億4,100万円と算出される。

地域電力供給システムの導入によって地域の電力コストは9,200万円のコスト削減が可能となり、15%の削減効果が期待できる。

4.6 木質バイオマス発電の設備費の変動による発電量の変化

バイオマスを利用した発電技術は、化石燃料利用に比べて未成熟な技術であり、今後の市場の技術の成熟に伴ってコストが低下していくものと考えられる。その発電コストは、建設費、運転維持費、燃料費から構成され、なかでも、建設費が最も大きな割合を占めている。そこで、直接燃焼発電とガス化発電の建設費をそれぞれ30%削減した場合の発電量の変化を解析し、バイオマスの建設費の変化が発電コスト(すなわち発電量)に及ぼす影響を明らかにした(Fig. 6)。同図から、ガス化燃焼が直接燃焼よりも経済性に優れ、直接燃焼の導入は、本検討範囲では、ほとんど期待できないことがわかる。

Fig. 6 Annual electric generation by woodof gasification and direct fired combustiondirect fired

4.7 逆有償による畜産バイオマスの導入量の変化

“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（家畜排せつ物法）”により平成16年11月から家畜排せつ物の野積み禁止により、家畜糞尿の適切な処理方法が必要となる。また、循環型社会形成のためにも、大量に発生する家畜糞尿の有効利用が求められている。これらの背景からも消化ガス発電設備の導入量の拡大は必須のものであると考えられ、何らかの方策が必要である。

畜産バイオマス発電の導入の阻害要因となっているのは、非常に高いコストである。本研究で設定した消化ガス発電設備のコストは、他の発電設備に比べ群を抜いて高い。この設備が経済的にシステムに導入されるためには、高いコストを補うだけの収入が必要である。牛糞を無償で引き取ると設定した場合は、コストに見合った収入が得られなかった。そこで、無償で引き取っていた家畜排泄物の引き取り価格（又は処理料）を有償とする（以下“逆有償”という）ことを想定し、その逆有償価格によって消化ガス発電の導入量がどのように変化するのか解析を行う。

Fig. 7に逆有償価格と消化ガス発電の発電量を示す。逆有償価格が2,000円/ton以下では発電量にほとんど変化が見られない。逆有償価格が2,100円/tonの場合、発電量がやや増加し、無償引き取り時の約10倍である770MWhの電力が発電される。逆有償価格が2,200円/tonの価格帯で急激に発電量が増加し、2,200円/tonでは3,630MWh、2,250円/tonでは5,630MWhと大幅な発電量の増加を示す。逆有償価格が2,300円/tonでは6,120MWhの電力が発電され、それ以上価格が上昇してもほとんど発電量に変化が見られない。発電量が6,000MWh以上の場合、設備の発電効率が25%であることを考えると、対象地域内で発生する家畜糞尿がほとんど消費される。資源制約により価格が上昇しても発電量はほとんど変化しないと考えられる。

対象地域内で発生する家畜糞尿がほとんど消費されるときは逆有償価格、つまり2,300円/tonのときの処理料収入を算出し、Table 5に算出結果を示す。発電事業者の処理料収入は約4億4,000万円と大きい。酪農家の立場からみれば膨大なコストとなる。畜産廃棄物法が施行されるためとはいえ、農業生産額に対して1割以上の支出となり、酪農家はこの支出

Fig. 7 Anaerobic digestion generation as a function of inverse onerous contract price

Table 5 Burden of waste disposal for dairy farmer

Charge for disposing livestock manures (A)	JPY 4.4×10^8
Income from dairy farming (B)	JPY 3.6×10^9
A / B	12%
Cost per dairy farm household	JPY 1.6×10^6

増加を容易には受け入れ難いと考えられる。したがって、酪農家の負担を軽減する施策が必要であると思われる。一方で、引き取り価格を高めに設定した場合には、市場原理が働き、酪農家が尿を分離したり風乾したりする重量削減努力が始まるので、必ずしも高負担にはならないだろう。引き取り糞尿が濃厚化すれば、取得メタンガス量が増大するので、消化ガス発電の採算性が向上することが期待できる。

4.8 補助金による逆有償価格の変化

消化ガス発電の建設費に補助金を適用する場合、減価償却費が減少するため、逆有償価格が低下し、酪農家が負う負担が軽減されると考えられる。

Fig. 8に建設費に対する補助率と逆有償価格を示す。図中に示す価格は消化ガス発電の発電量が6,000MWhを超える最低逆有償価格である。

逆有償価格は設備に対する補助率の増加に伴ってほぼ線形的に低下する。逆有償価格は、補助を行わない場合2,300円/tonであったものが、補助率10%では2,100円/ton、補助率30%では1,700円/ton、補助率50%では1,250円/tonとなる。補助率が75%の場合では、逆有償価格は1,000円/tonを下回り、750円/tonまで低下する。

この補助金によって、酪農家の負担がどれだけ削減されるか算出する。Table 6に補助金額と酪農家の負担削減額を示す。なお、消化ガス発電設備の償却期間を耐用年数と等しい

Fig. 8 Inverse onerous contract price as a function of subsidy for capital cost

Table 6 Subsidy for facilities and cost the reduction in farmer's payment

Grant rate	10%	30%	50%	75%
Subsidy (A) (10^8 JPY)	3.3	10.0	16.7	25.1
Reduction in farmer's payment (B) (10^8 JPY)	4.7	14.2	25.0	32.3
B / A (%)	142	142	150	129

20年と設定し、酪農家が支払うべき毎年の処理料の支払額は変わらないものとして、20年間にわたって削減された金額を現在価値に換算して酪農家の負担削減額を算出している。

すべての補助率で負担削減効果が100%を超え、補助した金額よりも酪農家の負担削減額が大きい。つまり、酪農家の処理コストに直接補助を行う(たとえば、補助率30%の場合、酪農家が2,300円/ton支払うべきところを1,700円/tonの支払いに軽減する)よりも設備建設に補助を行って逆有償価格を低下させたほうが大きな効果が得られる。酪農家の負担は補助金額のおよそ1.3~1.5倍削減され、補助率50%において費用対効果が最大となる結果が得られた。建設費への補助率が50%までは、補助率の増加につれてバイオマス発電コストが低下し、導入が促進される。一方で、75%の場合には発電コストの優位性が50%の場合と比べて変わらなかった。したがって、補助率を50%以上に設定する場合には、逆有償へ補助した方が費用対効果としては有効であるといえる。

5. 結 論

本研究では、地域電力供給システムを考案し、対象地域の地域特性を考慮し、システムの運用特性の解析やシステムの導入により地域に及ぶ影響評価を行い、以下のことが明らかとなった。

- ・再生可能エネルギーのなかで風力発電と木質バイオマス発電は導入支援策がなくともエネルギー利用される。
- ・風力発電と木質バイオマス発電と系統電力によって地域電力需要のほとんどが賄われる。
- ・考案した地域電力供給システムの導入により、二酸化炭素排出量、エネルギーコストがともに削減され、それぞれ65%、15%の削減が可能である。
- ・畜産バイオマス利用技術は、他の発電技術に比べ、コストが高いため、畜産バイオマスを利用する電力供給はほとんど行われない。

導入支援策がない場合、利用技術の経済性が低いために畜産バイオマスの利用が進まない。畜産バイオマスの利用拡大のためには、利用技術の経済性を高める施策が必要である。畜産バイオマスの利用技術は単なる発電技術ではなく、廃棄物処理技術としての側面も持っている。したがって、廃棄物処理の観点から利用技術の経済性を高める施策を考案し、導入支援策の評価を行った結果、以下のことが明らかとなった。

- ・本研究では、逆有償で家畜糞尿を引き取り処理する場合を想定し解析した結果、逆有償価格が2,300円/tonのときに対象地域で発生するほとんどすべての家畜糞尿を処理できることが明らかとなった。
- ・処理料の付加は酪農家の負担を増大させるために、それを軽減させる施策が必要である。本研究では、設備に対する補助を行う場合、逆有償価格の低減が可能となり、補助した金額以上に酪農家の負担を軽減することができることを明らかにした。

本研究では、再生可能エネルギーを中心とした地域電力供給の可能性を示した。現行の法律や規制では、本研究で考案

したシステムを実現する際には、電気主任技術者の選任などさまざまな要件を満足する必要がある。しかし、本システムが実現した場合は、環境負荷が低く、経済性の高い電力供給を行うことが可能である。小規模分散型電源が、長期的にCO₂削減や安定的な地域産業の育成、保持に繋がる可能性が示された。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、葛巻町エネルギー政策課の方々に大変有意義なご意見をいただき、ここに謝意を表します。原稿の作成にあたり、伊藤吉紀氏(博士課程在学)の支援を受けたことに感謝します。

文 献: References

- 1) 岩手県, 平成14年度版 岩手県統計年鑑, (2003): Iwate Prefecture, Statistical Yearbook of Iwate Prefecture, (2003)
- 2) 葛巻町, 葛巻町統計書(平成13年度版), (2002): Kuzumaki town, Statistical Book of Kuzumaki Town, (2002)
- 3) 葛巻町, 葛巻町新エネルギービジョン, (1999): Kuzumaki town, Kuzumaki New Energy Vision, (1999)
- 4) A. Lamont, User's Guide to the META-Net Economic Modeling System, (1994), Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA
- 5) 秋田県, http://www.pref.akita.jp/rinseika/info/148_6_1.htm (アクセス日 2004.3.5): Akita Prefecture, http://www.pref.akita.jp/rinseika/info/148_6_1.htm (last access date 2004.3.5)
- 6) EPRI, U.S. Department of Energy, Renewable Energy Technology Characterizations, (1997), TR-109496
- 7) 竹本修明, *RITE NOW*, **35**, 19(2000): Takemoto, S., *RITE NOW*, **35**, 19(2000)
- 8) U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, Assumptions to the Annual Energy Outlook 2003, (2003), DOE/EIA-0554(2003)
- 9) 中川悦光, 産業と環境, **32**, 1, 38-42(2003): Nakagawa, Y., *Sangyou to Kankyou*, **32**, 1, 38-42(2003)
- 10) 葛巻町, 葛巻町バイオマスエネルギー導入可能性調査報告書, (2000): Kuzumaki town, Feasibility Study of Biomass Energy in Kuzumaki, (2000)
- 11) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO), 新エネルギー関連データ, <http://www.nedo.go.jp/nedata/14fy/01/g/0001g003.htm> (アクセス日 2004.3.5): New Energy and Industrial Technology Development Organization, Data Concerning New Energy, <http://www.nedo.go.jp/nedata/14fy/01/g/0001g003.htm>, (last access date 2004.3.5)
- 12) 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO), 新エネルギー関連データ, <http://www.nedo.go.jp/nedata/14fy/03/g/0003g002.htm> (アクセス日 2004.3.5): New Energy and Industrial Technology Development Organization, Data Concerning New Energy, <http://www.nedo.go.jp/nedata/14fy/03/g/0003g002.htm>, (last access date 2004.3.5)

- 13) 山口県, 森林バイオマス低コスト供給システムの構築に関する調査報告書, (2003): Yamaguchi Prefecture, Feasibility Study on Supply System of Woody Biomass Resources with Lower Cost, (2003)
 - 14) 東北電力, 電気料金単価表, (2002): Tohoku Electric Power Company, Electricity Tariff, (2002)
 - 15) 東北電力, 環境行動レポート 2001, (2001): Tohoku Electric Power Company, Environmental Action Report 2001, (2001)
 - 16) H. Mälkki, Y. Virtanen, Selected emissions and efficiencies of energy systems based on logging and sawmill residues, *Biomass and Bioenergy*, **24**, 321-327, (2003)
-