



400m以上の標高であり、86%が森林である。北上山地の強風を活用した約22MW(2004年)の風力発電設備、太陽光発電設備(合計約80kW)、および畜産バイオマスガス化発電のパイロットプラント(30kW)が導入されている。

2.2 解析手法

(1) エネルギーシステムのモデリング

はじめに、エネルギーシステムの導入を検討する対象サイトの用途や特性から、消費性向や季節変動を解析し、エネルギー需要を算定した。

つぎに、地域特性や自然エネルギーの特性(貯存量、エネルギー密度の時刻・季節変化)の測定、調査を行った。特にバイオマス資源の導入を検討する場合は、貯存量だけでなく地域産業の構成や、資源化施設の供給能力、処理能力、輸送能力や輸送費用も考慮する必要がある。したがって、エネルギー機器の性能値、価格、建設費、維持費、燃料費の調査結果をもとにして、エネルギー需給均衡と経費最小化を条件として最適システム構成を求めるシミュレーション解析を行った。

電力供給の構成要素としては、風力発電、太陽光発電、畜産廃物を処理するバイオガス発電、系統電力を検討した。熱供給の構成要素としては、冬季外気温が低く大気との熱交換が困難なことから地中熱ヒートポンプ(GHP)、林業が盛んですでに製材所が立地することから木質ペレットボイラー、そして既存の石油とLPGを加えた。なお、畜産バイオマスについては、エネルギー利用の観点から、堆肥化プラントではなくバイオガス発電を選択した。

(2) 解析モデル概要

本研究では、米国ローレンス・リバモア国立研究所と共同開発中のボトムアップ型エネルギー経済モデルMETA・Net<sup>15)</sup>を適用した。エネルギー資源の供給と需要の均衡を考慮して、多様なエネルギー変換技術の特性を擬似的な競争市場にて評価する。また、設備容量、供給価格、供給内訳、コストを解析して、複合要素から成り立つエネルギーシステムの運用特性を評価する。モデルでは、資源、発電

機・ボイラー等エネルギー変換技術、需要、市場の4種類の各要素(ノード)のネットワークを作成しモデル化することによって、エネルギーフローや価格情報の授受を表現する。作成した解析モデルを図1に示す。解析の対象期間は、計算時間刻みを1時間として、計1年間(8,760時間)とした。

(3) 解析モデル理論

エネルギーの供給価格は、需要曲線と供給曲線の均衡点を解として求められる。8,760時間にわたってエネルギー供給量と供給価格を求める。均衡点は時間刻みごとに変化し、その都度供給価格と供給量に変化する。そして、システムを構成する全設備の年間設備費(減価償却費)と運転維持費、燃料費の和である年間総費用を最小にするように収束計算を行い、設備構成を決定する。

解析では、下記のような変数を設定した。

- $Ccap_g$  設備gの単位設備容量あたりの年間設備費 (JPY/year)
- $Cap_g$  設備gの設備容量(最大出力)(kW)
- $Out_{g,h}$  時刻hにおける設備gの出力(kW)
- $Cop_{g,h}(Cap_g, Out_{g,h})$  時刻hにおける設備gの運転コスト (JPY/kWh)
- $Copmg_g$  運転コストが設備容量と独立した値を持つ場合の設備gの限界運転費用 (JPY)
- $Ctot$  年間総コスト (JPY/year)
- $Dmnd_h$  時刻hにおける需要(kW)
- $F_{g,h}$  時刻hにおける設備gの設備利用率
- $H_g$  設備gが定格の設備容量で稼働している時間(hour)

META・Netは、年間総費用(式1)を最小化し、その設備容量の組み合わせを解として出力する。最小化する年間総費用は以下の式で表される。

$$Ctot = \sum_g Cap_g \cdot Ccap_g + \sum_h \sum_g Cop_{g,h}(Out_{g,h}, Cap_g) \dots (1)$$

ここで、最小化は以下の条件を満足するように行われる。

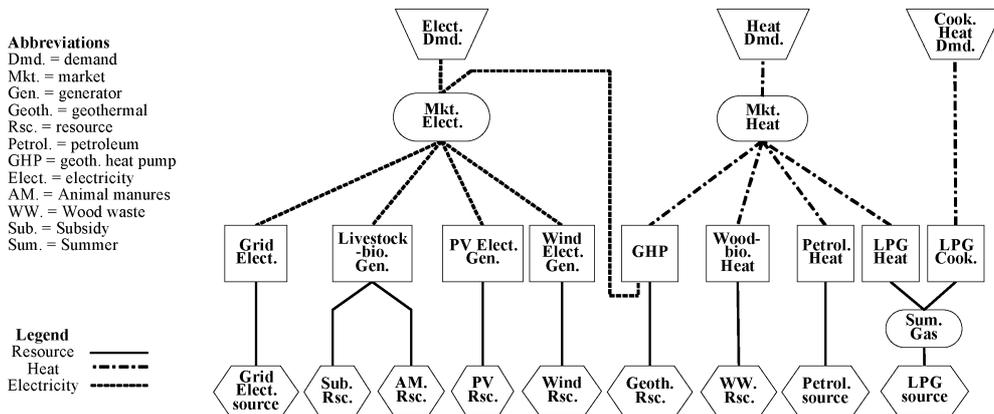


図1 解析モデル図

- ・各時刻の総需要  $D_{mnd,t}$  を満足するように稼働する。
- ・設備は a) フル稼働, もしくは b) 各設備の限界運転費用が等しくなるように稼働する。
- ・設備容量増加による収益は, 設備の増加コストと等しくなくてはならない。

変換技術ノードでは, エネルギーの供給価格は以下により決定され, その価格信号が市場ノードに送られる。

$$P_c - C_c = - \frac{1}{DCF} \left( R_f - \frac{SCC}{L_f \cdot A_f} \right) \dots\dots\dots (2)$$

- $P_c$  ある期間 (period) における価格
- $DCF$  割引率
- $R_f$  将来の収益
- $C_c$  限界費用 (燃料費 + 運転費)
- $SCC$  比建設費
- $L_f$  負荷率
- $A_f$  稼働率

右辺カッコ内が負, つまり将来収益が建設費より小さい場合には設備容量を縮小し, 将来収益が建設費より大きい場合には設備容量を拡張する。設備容量の拡張と縮小は, 将来収益と建設費が等しくなるまで繰り返される。このときの供給価格は限界費用と等しくなる。

実際の市場では, 必ずしも最も安価な供給者だけが市場を独占するわけではない。そこで, 市場ノードでは, 価格とシェアの関係を表す価格感応性を用い, 供給価格と価格感応性に基づき各設備に需要を配分する。機器寿命は, 減価償却の算出, 将来収益の計算過程にて考慮される。

META・Netの詳細は, 既報<sup>9), 10), 15)</sup>にて示されるが, 計算方法の概要は以下の通りである。

まず, 需要ノードが需要量を市場ノードに送り, 市場ノードでは変換技術ノードの供給価格に基づいて需要を配分する。つぎに, その配分量を満足させる資源量を資源ノードに送る。資源ノードは, 要求された量を供給するのに必要な資源価格を変換技術ノードに送り, 設備費, 運転維持費を加えた供給価格を市場ノードに送る。市場ノードでは, 配分量と供給価格から平均価格を算定し, その価格を需要ノードに送る。以上の手順を繰り返すことによって, 解を得る。

**2.3 解析に用いるデータ**

(1) 再生可能エネルギー貯存量

葛巻町における家畜排泄物の排泄量は1日あたり約495トン, 年間では約17.2万トンと推測される<sup>16)</sup>。このうち, 対象とする牧場の牛の飼育頭数は合計約2,000頭にも及び, 排泄量は年間約1.4万トンに達する。

日射量は既存の実績データ<sup>17)</sup>を活用し, 風力エネルギー貯存量は牧場内にて実施中の風況調査の測定値を用いる。

(2) 対象施設のエネルギー需要

解析対象は, 牛舎や食品加工施設を中心とした牧場であり, 家庭や一般的な工場などと比較して, エネルギーの消費変動は特徴的である。また, 対象とする牧場は飼育頭数3,000頭への設備更新を構想しているため, 規模拡大後の需要を算定して解析に用いる。需要の算定は, まず月ごとに平均電力消費量の実績値を調査し, つぎに1時間ごとに実測した結果から, 1日の消費変動を求める方法によって行う。

電力需要の特徴は, 1日あたりの電力消費量が真冬の2月に最大になること, 電力需要のピーク時刻が, 搾乳および給餌が行われる朝と夕方の2回あることである。

熱需要の特徴としては, 1日あたりの熱消費量は電力と同様に2月に最大になり, 寒冷地であるため消費量の季節変化が大きいことである。時刻変化は, 冬季の場合は昼にピークに達し日中の消費量が多くなっている。

(3) 性能, コストデータおよび設定条件

本研究では, 系統電力は電力不足時のバックアップとして利用することとし, 逆潮流しないシステムを考える。電力コストは, 現在の契約形態を精査して入力データに反映させた。入力データを表2に示す。CO<sub>2</sub>排出量算出に用いた排出量原単位は, 系統電力に関しては電気事業者, 灯油およびLPGに関しては環境省地球環境局<sup>18)</sup>の値を用いる。化石燃料の利用に伴うCO<sub>2</sub>排出量を評価し, 燃料輸送や建設などによる排出量は含まない。

表2 価格および性能の入力データ

| Component                             | Life (years) | Capital Cost (JPY/kW) | Fixed Operating Cost (JPY/kW/yr) | Variable Operating Cost (JPY/MWh) | Efficiency (%) | Fuel cost (JPY/MWh) | Reference |
|---------------------------------------|--------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------------------|----------------|---------------------|-----------|
| <b>Electricity</b>                    |              |                       |                                  |                                   |                |                     |           |
| Livestock biomass (Livestock manures) | 20           | 4,764,000             | 70,680                           | 14,640                            | 25             | 0                   | *1        |
| PV                                    | 20           | 625,200               | 6,192                            | 0                                 | -              | 0                   | *2        |
| Wind                                  | 20           | 300,000               | 6,242                            | 0                                 | -              | 0                   | *3        |
| Grid                                  | -            | -                     | -                                | -                                 | -              | 21,600              | *4        |
| <b>Heat</b>                           |              |                       |                                  |                                   |                |                     |           |
| GHP                                   | 30           | 237,600               | 0                                | 0                                 | 4.0 (COP)      | Electricity         | *5        |
| Wood biomass (Pellet boiler)          | 30           | 20,640                | 0                                | 5.71                              | 78             | 4,599               | *6        |
| Petroleum                             | 8            | 5,040                 | 0                                | 5.71                              | 0              | 3,400               |           |
| LPG                                   | 8            | 9,960                 | 0                                | 1.20                              | 0              | 14,304              |           |
| <b>Cooking Heat</b>                   |              |                       |                                  |                                   |                |                     |           |
| LPG                                   | 8            | 9,960                 | 0                                | 1.20                              | 0              | 14,304              |           |

\*1 八木バイオエコロジーセンター (事業主体: 八木町農業公社) (八木町, 2004).  
 \*2,3 比建設費は新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「新エネルギーデータ」 (2002), 単機導入の場合。運転維持費は, Assumptions for the Annual Energy Outlook 2003.  
 \*4 電気事業者との契約価格。  
 \*5 ゼネラルヒートポンプ工業の製品データ。掘削費用は, 岩手県環境保健研究センターでの導入実績値 (岩手県環境生活部資源エネルギー課, 2002).  
 \*6 二光エンジニアリング製ペレットボイラーRE-50Lおよび葛巻林業株式会社。

**3. 解析結果—基準ケース**

3.1 エネルギー供給内訳および設備構成

解析によって求めた地域総合再生可能エネルギーシステムの電力供給特性を図2に示す。風力発電の電力供給価格は, 風速が大きい場合には発電量が増すので, 結果として系統電力価格よりも低くなる。そのため, システムの主要

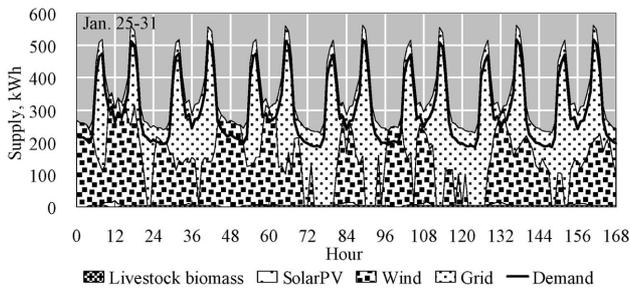


図2 電力供給特性 (冬季)

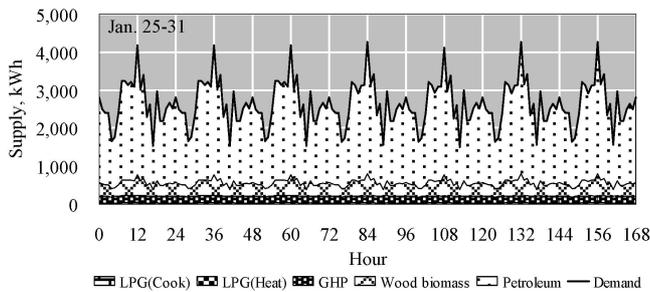


図3 熱供給特性 (冬季)

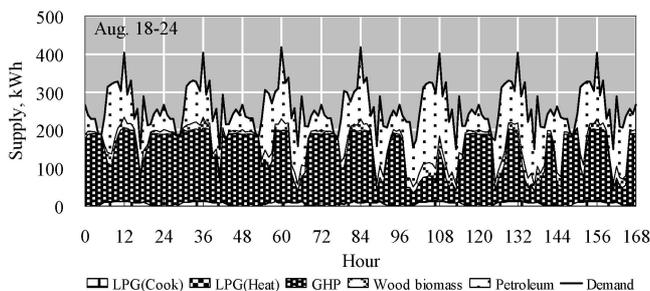


図4 熱供給特性 (夏季)

電源は風力発電となり、その不足分を系統電力が補うことによって安定供給を行うことになる。解析対象サイトの年平均風速は4.2m/sであり、風力発電稼働時に限ると平均5.5m/s、約150~200kWの出力となり、そのときの風力発電価格は約18円/kWh程度であった。

太陽光発電、畜産バイオマス発電は、建設費や維持費が非常に高いため結果として割高である。モデル特有の価格感応性に基づきごくわずかに導入されるだけである。なお、電力需要を上回る余剰電力はGHPの動力として供給され、この電力に成績係数 (COP=4.0) を乗じた分の熱量がGHPから熱需要部門に供給される。

熱需要は、需要の多い冬季は大部分が石油ボイラーで、一部ペレットボイラーにより熱供給が行われる (図3)。一方、夏季 (図4) は、熱需要は冬季の約1割と小さくなるが、GHPが年間を通してほぼ一定の定格条件にて稼働するため、GHPの占める割合は約半分と逆に大きくなる。GHPの動力は、主に風力発電から供給される余剰電力である。風力発電の増加によって電力価格が下がるとGHPの供給価格も下がる。風力発電の出力が低下すると、GHPの供

表3 解析結果の設備容量および供給量

|             |                   | Capacity |        | Annual supply |      |
|-------------|-------------------|----------|--------|---------------|------|
|             |                   | kW       | %      | MWh           | %    |
| Electricity | Livestock biomass | 5        | 0.4    | 29            | 1.3  |
|             | PV                | 22       | 2.0    | 24            | 1.1  |
|             | Wind              | 496      | 46.0   | 1,209         | 56.4 |
|             | Grid              | 556      | 51.5   | 882           | 41.1 |
|             | total             | 1,078    | 100    | 2,143         | 100  |
| Heat        | GHP               | 191      | 4.5    | 1,488         | 12.1 |
|             | Wood biomass      | 571      | 13.3   | 1,503         | 12.3 |
|             | Petroleum         | 3,462    | 80.7   | 9,113         | 74.3 |
|             | LPG(Heat)         | 39       | 0.9    | 103           | 0.8  |
|             | LPG(Cook)         | 27       | 0.6    | 58            | 0.5  |
| total       | 4,291             | 100      | 12,265 | 100           |      |

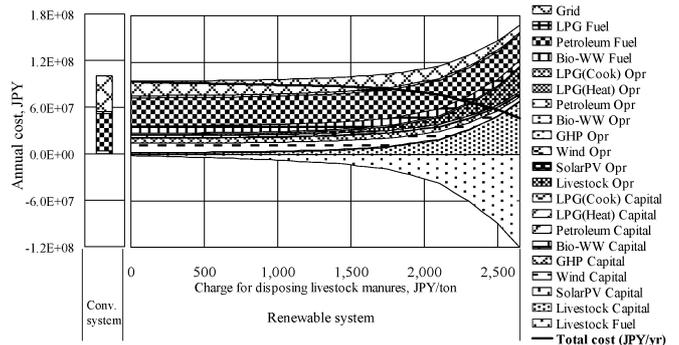


図5 年間運用コスト

給価格は石油価格よりも割高となるので、結果として供給量が減少する。したがって、GHPの導入の有無によるバイオマスの利用率への影響は小さい。

年間エネルギー供給量の解析結果 (表3) をみると、電力は約6割が風力発電、残り約4割が系統電力であり、太陽光、畜産バイオマスの供給はきわめて少ない。熱は、75%が石油、残りがペレットボイラーおよびGHPにより供給される。ペレットボイラーは設備容量570kWであるが、190kWのGHPがほぼ同量の熱供給を行っている。これは、風力発電の稼働率が高いため、GHPの設備利用率が約90%となり、石油ボイラーやペレットボイラーの約30%と比較して高いことによる。

### 3.2 バイオマス資源の消費量

資源循環型社会の形成に向けて、畜産バイオマスの有効利用を進める必要があるが、現状ケースでは畜産バイオマスの年間発電量は総発電量の1%程度と非常に少ない。よって、畜産バイオマス発電の導入促進方策について次項にて検討する。

木質バイオマスを用いるペレットボイラーの年間熱供給量は1,503MWhであり、熱供給量全体の12%、ペレット消費量では約400トンとなった。

### 3.3 システム運用コスト

図5に、本システムおよび系統電力や石油のみの従来型システムの1年間の運用コストを示す。従来型システムを左側棒グラフ、本システムは右側面グラフ左端に示す。運

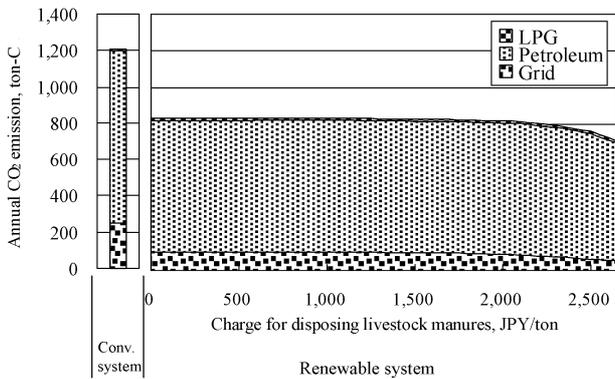


図6 年間CO<sub>2</sub>排出量

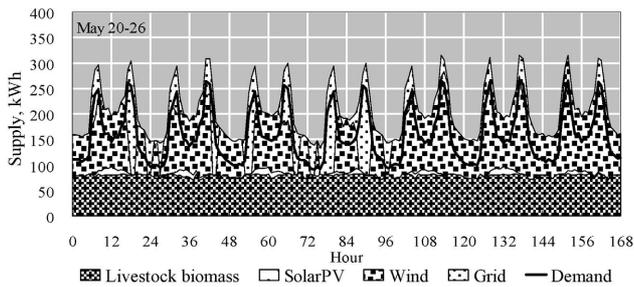


図7 逆有償時の電力供給特性 (春季, 2,300円/ton)

用コストは設備費，運転維持費，燃料費の総計とし，需要家がシステムを導入し，利子を含め設備耐用年数で定額償却を行う場合の年間負担額を計算した．その結果，負担額は，従来型システムの場合は約1億80万円であり，本システムを導入した場合は約9,460万円となり，約6%の削減が可能となった．

3.4 CO<sub>2</sub>排出量

本システムの導入によって，CO<sub>2</sub>排出量は従来型システムに比べて約30% (380ton-C) 削減される．図6にて，従来型システムは左側棒グラフ，本システムは右側面グラフ左端に示す．葛巻町全体の排出量は，235,000ton-C (1999年) である<sup>19)</sup>．

4. シナリオ分析

家畜排泄物処理法によって，家畜排泄物の適正処理が義務づけられた．したがって，排泄物処理費の徴収による処理費収入 (逆有償) を考慮した場合，および今後の技術習熟による設備費の低下の影響を評価する．

4.1 家畜排泄物処理費逆有償の影響

逆有償価格が，設備容量と発電量にどのように影響するかの解析結果について，電力供給特性を図7，設備構成を図8，年間電力供給量を図9に示す．逆有償価格が上昇し畜産バイオマス発電の設備容量が増加するにつれ，設備容量の総計は減少することがわかった．また，逆有償価格が約1,500円/tonを超えると畜産バイオマス発電量が増加し，その結果として風力発電の発電量が大幅に減少することが

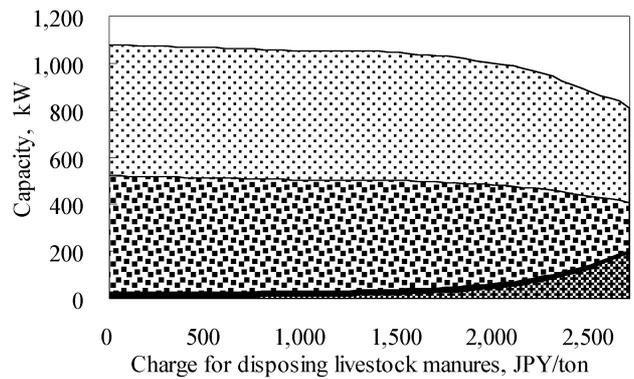


図8 各逆有償価格における電力設備構成

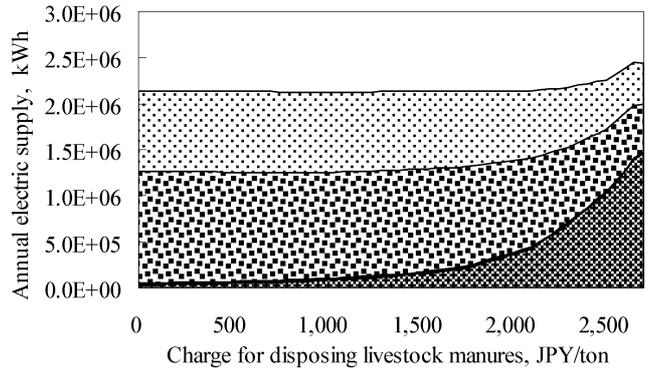


図9 各逆有償価格における電源別年間電力供給量

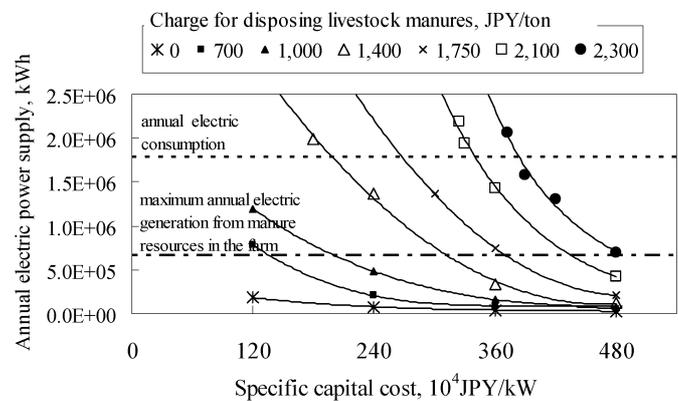


図10 設備費の低下による畜産バイオマス発電量変化

わかった．

4.2 畜産バイオマス発電設備費低下の影響

図10に，設備費の変化と畜産バイオマス発電量との関係の解析結果を示した．無償引取の場合は，設備費が1/4まで低下しても畜産バイオマス発電量は増加しないことがわかった．一方，現行の設備費約480万円/kWの場合には，逆有償価格が2,300円/tonであると，牧場の家畜排泄物全量が発電に利用されることがわかった．また，逆有償価格が家畜排泄物処理に要する平均費用の試算値<sup>18)</sup> 約1,400円/tonの場合には，設備費が約35%削減の310万円/kW程度まで低下

したときに全量利用できるという結果となった。以上の結果から、逆有償時には今後のバイオガス設備費の単価低下によって、畜産廃棄物の有効利用の可能性があることが示された。

#### 4.3 システム構成に及ぼす影響

設備構成に着目すると、設備費の低下や逆有償価格の引上げによって畜産バイオマス発電の設備容量が増加すると、その増加分以上に風力発電の設備容量が減少して、システム全体の設備容量は減少することがわかった(図8)。現行の設備費の場合、畜産バイオマス発電の設備容量が5kWであるとシステム全体の設備容量は1,080kWとなるが、畜産バイオマス発電の設備容量が190kWに増加するとシステム全体の設備容量は約3/4の810kWまで減少する。また、畜産バイオマス発電の設備容量の増加は若干でもその発電量は大きく増加することもわかった。畜産バイオマス発電の設備容量が190kWの場合、設備容量は全体の23%であるが、供給量は全供給量の約6割に及ぶ。これは、間欠性電源である風力発電に比べて畜産バイオマス発電は設備利用率が高く、システム全体に占める設備容量の増加率以上に発電量の増加が大きいことを意味する。

また、本システムは逆潮流しないシステムを想定しているため、畜産バイオマス発電量の増加に伴って風力など他の発電量が減少した。しかし、本サイトでは風力貯存量が豊富なので、風力発電の余剰分を売電することも考えられる。

年間運用コストは、畜産バイオマス発電量が増加するにつれて逆有償に伴う収入が増えるので、結果として大きく減少する(図5)。一方、CO<sub>2</sub>排出量は、畜産バイオマス発電量が増加してもほぼ変化しない(図6)。これは、対象地域が寒冷地のために熱の年間消費量は電力の5.7倍と大きく、電力部門の畜産バイオマス発電量が増加してもCO<sub>2</sub>排出量全体に与える影響が小さいためである。

## 5. 結論

本研究では、バイオマスを活用した再生可能エネルギーシステムの運用特性を、エネルギー経済モデルMETA・Netを適用して明らかにした。さらに、畜産バイオマス発電施設の設備費変化、逆有償がもたらす影響について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

(1) バイオマスを活用した地域総合再生可能エネルギーシステム

電力構成は、主に風力発電と系統電力が中心となる。熱構成は、3/4が石油で、残りを木質バイオマスとGHPが半分ずつ供給する。畜産バイオマス発電は現在の設備費や無償引取を前提とした場合、ほとんど導入されない。

(2) システム運用の総費用とCO<sub>2</sub>排出量の削減効果

本システムを導入した場合、これまでより年間経費が

6%ほど削減でき、CO<sub>2</sub>排出量は電力部門では約60%、熱供給を含めた全体では約30%の削減が予測される。ただし、畜産バイオマス発電量が増加した場合であっても、年間費用は減少するがCO<sub>2</sub>排出量は大きな影響を受けない。

(3) 畜産バイオマス利活用促進策

現在の発電施設設備費であっても、逆有償価格が2,300円/tonの場合、牧場の全排泄量のエネルギー利用が可能である。また、現在の処理費の試算値である逆有償価格1,400円/tonの場合は、発電設備費が約35%低下すると全排泄量のエネルギー利用が可能である。しかし、逆有償価格がゼロの場合は、設備費が低下しても排泄物の利用は進まない。

本研究で想定したエネルギーシステムの実用化にあたっては、多様なエネルギーの供給制御技術や家畜排泄物処理に関する地域の理解などの課題が考えられる。また、対象地域が異なると、日射量、風速、バイオマス貯存量が変わることが想定される。したがって、本論文の結論は必ずしも他の地域に合致するとは断言できない。しかし、本研究では、エネルギー供給機器の費用は代表的な値を用いて、解析対象地域や対象資源にかかわらず一般的に適用可能な解析手法を構築した。この手法を適用して、性能や本体価格など不確定要素の多いバイオマス利活用の具体的な実現可能性を示した。

**謝辞** 本研究は、岩手県「クリーンエネルギー複合利用システム調査事業」の調査結果を含む。関係各位、とくに岩手県環境生活部資源エネルギー課、葛巻町環境エネルギー政策課、GHP特性のアドバイスを頂いた東北大学大学院工学研究科新堀雄一助教授に謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 井内正直; バイオマスエネルギー利用に関する自治体アンケート調査・分析, 第20回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集, (2004), 497-500.
- 2) N. E. Bassam; Renewable energy for rural communities, Renewable Energy, 24-3 (2001), 401-408.
- 3) J. K. Kaldellis; Parametrical investigation of the wind-hydro electricity production solution for Aegean Archipelago, Energy Conversion and Management, 43-16 (2001), 2097-2113.
- 4) S. Bruhn-Tysk and M. Eklund; Environmental impact assessment - a tool for sustainable development?: A case study of biofuelled energy plants in Sweden, Environmental Impact Assessment Review, 22-2 (2002), 129-144.
- 5) P. E. Morthorst; National environmental targets and international emission reduction instruments, Energy Policy, 31-1 (2003), 73-83.
- 6) P. Westin and F. Lagergren; Re-regulating district heating in Sweden, Energy Policy, 30-7 (2002), 583-596.
- 7) C. T. Kiranoudis, N. G. Voros and Z. B. Maroulis; Short-cut design of wind farms, Energy Policy, 29-7 (2001), 567-578.
- 8) A. Verbruggen; How to promote renewable energy systems successful and effectively, Energy Policy, 32-6 (2004) 833-839.

- 9) 久保一雄, 中田俊彦; 地域総合自然エネルギーシステムの統合評価, エネルギー・資源, 25-2 (2004), 143-148.
- 10) T. Nakata, K. Kubo and A. Lamont ; Design for renewable energy systems with application to rural area in Japan, Energy Policy, 33-2 (2005), 209-219.
- 11) H. Niitsuma and T. Nakata ; EIMY (Energy In My Yard) : A concept for practical usage of renewable energy from local sources, Geothermics, 32-4 (2003), 767-777.
- 12) A. Lamont ; Design of storage systems using multiple storage technologies in renewable systems, Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, (2001), UCRL-ID-142083.
- 13) M. L. Mirands and B. Hale ; Protecting the forest from the trees : the social costs of energy production in Sweden, Energy, 26-9 (2001), 869-889.
- 14) M. Parikka ; Biosims - a method for the calculation of woody biomass for fuel in Sweden, Ecological Engineering, 16-S1 (2000), 73-82.
- 15) A. Lamont ; User's guide to the META·Net economic modeling system version 1.2, Lawrence Livermore National Laboratory, (1994), UCRL-ID-122511.
- 16) 岩手県葛巻町; 葛巻町バイオマスエネルギー導入可能性調査報告書, (2001).
- 17) 岩手県葛巻町; 葛巻中学校太陽光発電施設発電量データ, (2000).
- 18) 環境省地球環境局; 温室効果ガスに関する検討結果排出係数一覧,  
<http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santeiho/kento/h1209/index.html> (last accessed 2005. 7. 19).
- 19) 岩手県; 岩手県地球温暖化防止県民行動計画, (2002).

## 公 募

## 「(財)地球環境産業技術研究機構 研究員」

- 〔公 募 人 員〕 研究員 1 名 (修士以上, 博士の学位のあることが望ましい)
- 〔担 当 職 務〕 地球温暖化対応策に関するシステム分析評価
- 〔専 門〕 地球温暖化, エネルギーシステム, システム工学など (40才位まで)
- 〔着 任 時 期〕 平成18年 4 月 1 日の予定
- 〔応 募 締 切〕 平成17年12月25日 (必着)
- 〔提 出 書 類〕 (1) 履歴書, (2) 研究業績一覧と主要論文のコピー, (3) 推薦書, (4) 応募理由 (様式自由)  
 なお, 提出された書類は返却いたしません。
- 〔選 考 方 法〕 一次選考: 書類審査, 二次選考: 面接
- 〔書類送付先・問合せ先〕 〒619-0292 京都府相楽郡木津町木津川台 9-2  
 地球環境産業技術研究機構 システム研究グループ 友田利正  
 TEL: 0774-75-2304, FAX: 0774-75-2317  
 E-mail: tomoda@rite.or.jp  
<http://www.rite.or.jp/japanese/labo/system/systemken.html> にても案内中