

バイオマス利活用総合評価モデルの開発とその適用

—バイオマスタウン構想公表 38 市町村を対象として—

Development of Integrated Assessment Model for Biomass Utilization and Application of the Model

—Case study of 38 municipalities which released the Biomass Town Design—

森本 英嗣* 土井 和之** 星野 敏* 柚山 義人*** 九鬼 康彰*

MORIMOTO Hidetsugu* DOI Kazuyuki** HOSHINO Satoshi* YUYAMA Yoshito*** KUKI Yasuaki*

(*京都大学大学院農学研究科 **内外エンジニアリング(株) *** (独) 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所)

(*Graduate School of Agriculture, Kyoto-University **Naigai Engineering Co., Ltd ***National Institute for Rural Engineering, NARO)

I 研究の背景および目的

持続可能な社会の実現を目指してバイオマスタウン構想^{注1)}の募集が2004年に始まり、2008年3月末時点で138の市町村が公表している。バイオマスの利活用を農業・農村振興の立場で捉えると、農地・畜産施設からの環境負荷の削減に貢献するだけでなく、循環促進のための活動を通して魅力的な美しい農村社会が創造されることにも繋がるため、今後も多くの市町村がバイオマスタウン構想に着手することが期待されている。ただし、地域にはそれぞれの社会・経済的固有性があることから、構想の作成にあたってはそうした固有性を活かしつつ、一定の経済性も確保できるバイオマス利活用システムの構築を支援するツールの開発が必要である。

このような背景を受けて、2006年に農林水産バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」^{注2)}は、地域レベルで適切なバイオマスの利活用(主に循環方法)を見出すためのツールとして、「バイオマス循環利用診断モデル」(以下、診断モデル)を開発した。この診断モデルは既存の統計情報を用いることにより、比較的容易に対象地域でのバイオマスの循環状況を把握し、評価・診断するものである。ところが、現行の診断モデルはマテリアル(物質、窒素、リン、カリウム、炭素)フローの計算に留まり、物質循環システムに関する情報しか得ることができない。しかも、バイオマス利活用方法としては堆肥化、メタン発酵の導入のみであり、今後期待されている様々なエネルギー再資源化の導入、さらに温室効果ガス(CO₂)削減効果に関する考慮は不十分なことから、総合的なモデルへの大幅な改良が必要と考えられる。

ところで、先行研究を概観すると、都市スケールの循環型の政策効果を定量的に評価する試みとして、田畑ら¹⁾は愛知県を対象として古紙発生分布を従業員数で分類し、

事業所レベルで推計を行い、さらには輸送コストと輸送領域が最適となる再資源化施設の立地をGISとグラフ理論を用いて検討している。また丹治ら²⁾は流域圏における有機廃棄物の発生分布を統計情報、施設処理情報等を用いて3次メッシュによるデータベースの構築を行った。また、有機廃棄物の回収、資源化、副産物供給の各プロセスのアルゴリズムを構築し、有機廃棄物施設評価シナリオを検証している。栗島ら³⁾は、まちづくりに伴う設備建設・整備等による環境影響をLCAで、まちづくりによる住民便益をコンジョイント分析でそれぞれ定量的に把握し、三重県多気町を対象に事例分析を行っている。小林ら⁴⁾は農村地域を対象に肉牛・耕種複合経営地区についてLCA手法を適用し、温室効果ガス、エネルギーの評価を行った。しかしながら、これらはマテリアルフロー、地理情報、LCAそれぞれ単独の解析に留まっている。将来、バイオマス利活用の事業計画を立てる場合には、それらを統合し、かつ最も重要で複雑な経済性を含めた評価が行える総合的なツールの開発が必要であると考え。そして、地域特性(バイオマスの種類・量、再資源化方法)に合ったバイオマス利活用システムを構築するために、経済性、環境効率、エネルギー利用効率等の評価指標の考案や、各指標と地域特性との関係要因を抽出する必要があると考える。

そこで本研究では、マテリアルフローによる評価のみの診断モデルに経済性、エネルギー、温室効果ガスの要素を組み込んだ「バイオマス総合利活用評価モデル」(以下、総合モデル)を開発した。そして、バイオマス利活用システムの構築のための評価指標を設定し、バイオマスタウン構想を公表している38市町村を対象に、経済収益、環境負荷、環境負荷軽減の変動を明らかにし、それらをもとに構想案についての課題を考察した。

表1 バイオマスの種類と適用性の高い再資源化技術

対象バイオマス			調達コスト (円/wet-t)	再資源化技術							
				a	b	c	d	e	f	g	h
				堆肥化	メタン発酵	小規模ガス化	炭化	直接燃焼	BDF化	ペレット化+ボイラー	エタノール化
ごみ	生ごみ	1	▲15000	○	○		○				
	廃食用油	2	20000					○	○		
	古紙	3	1500			○		○			
食品加工残さ	生ごみ	4	▲15000	○	○						
	廃食用油	5							○		
	動植物性残さ	6		○	○						
汚泥類	公共下水	7	▲15000 ^{※4}	○	○		○				
	浄化槽	8		○	○		○				
	し尿処理	9		○	○						
家畜ふん尿	乳牛ふん尿	10	500	○	○						
	肉牛ふん尿	11		○	○		○				
	豚ふん尿	12		○	○						
	採卵鶏ふん	13		○	○						
	アヒルふん	14		○	○		○		○		
農作物生産残さ	稲わら	15	1000			○		○			
	もみ殻	16				○		○			
木質	製材所廃材	17	1000 ^{※4}			○	○	○		○	
	建設発生残材	18	▲5000 ^{※4}			○	○	○		○	
	剪定枝 ^{※1}	19-23	▲20000 ^{※4}			○	○	○		○	
	林地残材	24	17000 ^{※4}			○	○	○		○	
	竹	25				○	○	○		○	
資源作物	水田作物 ^{※2}	26	▲21000 ^{※5}								○
	畑地作物 ^{※3}	27-35	▲11000 ^{※4, ※6}						○		○

▲:逆有償を表す

※1:果樹,樹木,里山管理,街路樹,公園

※2:水稻

※3:ツルカ,ム,トモコシ,サトウ,サトウ,テンサイ,ハ,レイヨ,カンショ,ナタネ,ヒマリ,ダイズ

※4:東近江市内企業および森林組合へのヒアリングより

※5:農林水産研究開発レポート⁷⁾より

※6:農林水産研究開発レポート⁷⁾より,ダイズのみ▲23000円

II バイオマス利活用総合評価モデルの概要

1. バイオマス循環利用診断モデル⁵⁾ (診断モデル)

上述したように,診断モデルは地域レベルで適切なバイオマスの循環方法を見出すことを第一の目的としている。また,診断モデルはバイオマスの循環を促進させることにより,持続的農業のために必要な健全な土づくり(有機物の確保)と農地からの流出負荷軽減を目指しているため,バイオマスの堆肥化やメタン発酵を主としている。対象領域は市町村単位に留まらず,隣接する市町村も含めた範囲であり,対象物は主として農村地域で発生する畜産ふん尿,農作物生産残残渣,食品加工・流通残渣,林産廃棄物,生ゴミ,生活系廃水汚泥,資源作物等の有機性資源である。発生場所としては畜産等施設,農地,食品産業施設,農林地,ヒトの居住空間を設定し,入口と出口のフローに従って質量(M),窒素(N),リン(P),カリウム(K),炭素(C)の各要素の収支を計算する。

2. バイオマス利活用総合評価モデル(総合モデル)

診断モデルでは,バイオマス利活用事業を続けていく上で重要であるエネルギー効率,経済性についての診断評価をすることができない。そこで,今回開発した総合モデルには,診断モデルのマテリアル評価に加え,エネルギー,温室効果ガス(CO₂),経済性評価を組み込んだ。さらに,

バイオマス再資源化施設が堆肥化のみであったため,新エネルギー・産業技術開発機構(NEDO)の地域新エネルギービジョン策定等事業³⁾で稼働している施設や,あるいはバイオマスタウン構想で稼働が予定されている再資源化施設を組み込んだ。それらの再資源化施設とは,1)堆肥化施設,2)メタン発酵による発電・熱施設,3)小規模ガス化施設,4)炭化施設,5)直接燃焼による発電施設,6)バイオディーゼル燃料(BDF)化施設,7)ペレット化とペレットボイラーによる発熱施設,8)バイオエタノール化施設である。そして,本研究で対象とするバイオマスの種類と適用可能な再資源化技術は柚山ら(2006)より表1の通りとした。ただし,堆肥化は診断モデルでは,野積み方式であったが,総合モデルでは強制発酵方式とした。同じくメタン発酵についても液肥利用目的の施設としていたが,コジェネレーションシステムとした。

3. 費用・物質・エネルギーフロー関数の作成

図1に再資源化に伴うキャッシュ(お金)の流れを示す。バイオマスの発生源として例えば家庭があり,ここから生ゴミが排出される。それが堆肥化施設へ移動する時,処理費用として再資源化施設へキャッシュが移動し,施設で生成された資源を購入する場合にもキャッシュが移動する。その際,資源の移動方向とキャッシュの移動方向が逆であるため,キャッシュの値を負の値にすることで,物質の移動とキャッシュの移動を同時に表すことを可能とした。ま

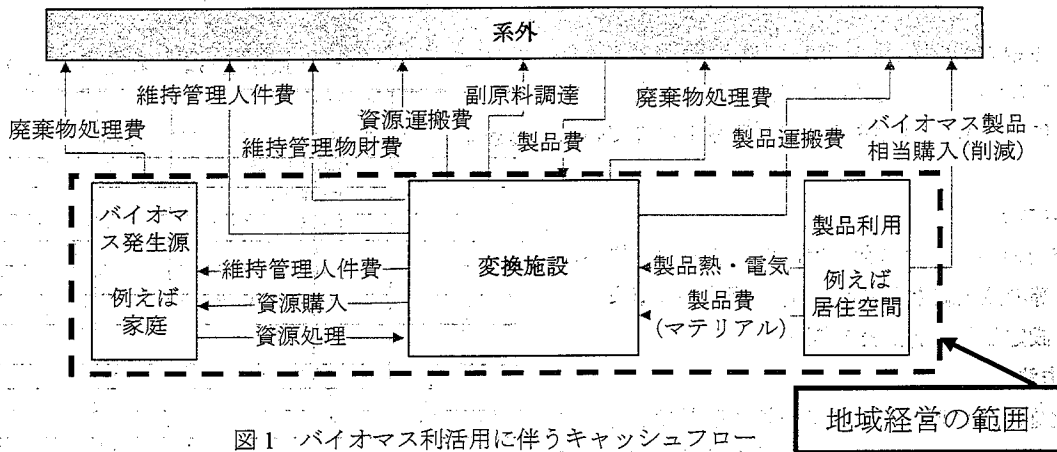
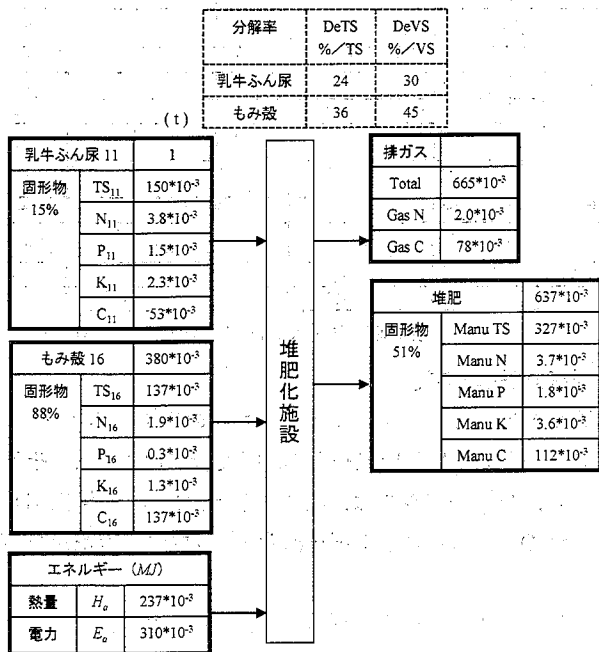


図1 バイオマス利活用に伴うキャッシュフロー



$$\begin{aligned}
 ManuTS &= \sum \{ TS_i (1 - DeTS_i) \} & TS: \text{Total Solid 蒸発残留物} \times \text{固形物} \\
 GasN &= \sum (N_i \cdot DeVS_i) & VS: \text{Volatile Solid 強熱減量} \\
 ManuN &= \sum (N_i) - GasN & (\text{TSを約}600^\circ\text{Cで30分間加熱して揮発する物質, 有機物量}) \\
 ConstH_\theta &= H_\theta / TS_i & DeTS: \text{蒸発残留率} \\
 ConstE_\theta &= E_\theta / TS_i & DeVS: \text{有機物の揮発率}
 \end{aligned}$$

$i = 1, 2, \dots, 35$ (表1 対象バイオマス参照)
 $\theta = a, b, \dots, h$ (表1 再資源化技術参照)
 Manu: 堆肥 Gas: 排ガス
 Const H: 消費熱量原単位 Const E: 消費電力原単位

図2 堆肥化による物質・エネルギーフロー (柚山ら⁹⁾に加筆)

た、このようなシステムを評価するためには境界を設ける必要がある。本研究では市町村単位(図1の点線の範囲)における収支で評価を行った。

再資源化に伴う物質(M,N,P,K,C)の変化率と消費エネルギー量(電力, 熱量)はそれぞれ分解率, バイオマス乾物量 1dry-t 当たりの原単位を使用した(図2)。地域によってバイオマスの発生量や利活用量が異なるため, 運用する施設の大きさは異なる。また, バイオマスの再資源化

技術の違いによって施設の初期コストやランニングコスト

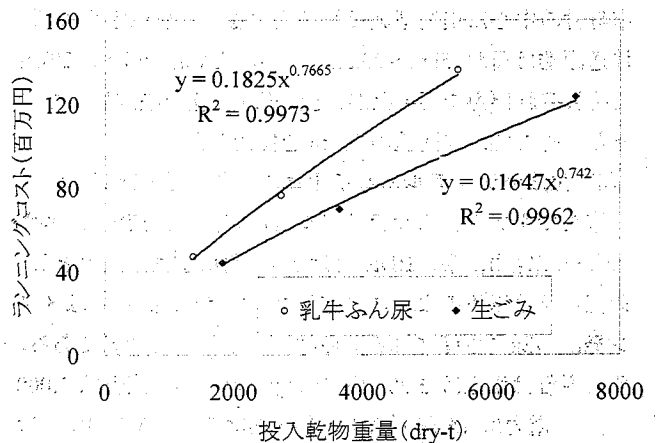


図3 再資源化施設のランニングコストとバイオマス乾物重量の関係

とも異なる。そこで, ランニングコスト (y) がバイオマス投入乾物量 (x) の累乗関数で変動すると仮定して, ヒアリング調査をもとに近似式を導出した。図3は一例として乳牛ふん尿, 生ゴミ (x) を堆肥化する場合のランニングコスト (y) の関係式を示す。同様に他の施設についての初期コストもバイオマス乾物重量の関数として導出した。

ただし, バイオマスによっては参考データがないものもあり, その場合は, 水分率が近いバイオマスの関数で代用するものとした。また, ランニングコストにはバイオマスの調達・運搬費, 副原料(副資材)費, 人件費, 製品運搬費などが含まれる。

III 研究方法

1. 前提条件

(1) 原料調達の工程

バイオマスを発生場所から再資源化施設まで運搬する工程は様々であり, そこで消費されるエネルギーやコストを考慮しなければならない。ごみ, 食品加工残渣, 汚泥類, 家畜ふん尿, 製材所廃材, 建設発生残材は収集, 運搬を,

剪定枝、林地残材、竹は伐採（枝打ち、刈り取り）、収集、運搬を、もみ殻や稲わらは脱穀、収集、運搬を、資源作物は栽培、収穫（収集）、運搬をそれぞれ原料調達までの工程とした。

(2) 調達コスト

東近江市内のバイオマス利活用に携わる運営主体へのヒアリング等の調査結果を参考に、原料調達の収集までの調達金額を設定した（前掲表1参照）。

(3) 輸送方法

再資源化施設の地理的位置まで詳細に把握できていないので、市町村単位のスケールとして、10tトラック（0.028 l-軽油/t・km）で10km輸送するものとした。これについて、市町村の中心に集約型施設を設置することを想定すれば、輸送距離は概ね5km～20kmであり、5km、10km、20kmでそれぞれ出力を行ったが、それぞれ有意な差は生じなかった。そこで、中間値の10kmを採用した。

(4) 生成マテリアル・バイオマスエネルギー販売

施設で生成されるマテリアル（堆肥、炭、液肥）、エネルギー（電力、熱、BDF）はすべて利用されるものとし、販売単価は以下のように設定した。ただし、液肥とはメタン発酵の際に生産される副産物で、消化液と同義である。販売単価は堆肥は5,000円/wet-t、炭化物、液肥は1,000円/t、電力は15円/kWh、余剰熱は2円/MJ、BDFは78円/lとした。

(5) 初期コストの償還金額

金利3%、耐用年数を20年とする。ただし、小規模ガス化、炭化は再資源化過程で他の施設よりも高温になるため、耐用年数を15年として試算した。

2. 使用するデータ

バイオマスタウン構想を公表した105市町村（2008年2月末現在）の中から地域の構想案目標数値が詳細に記載されている38市町村を対象とし、その賦存量をモデルへの入力値とする。

今回開発したモデル内で稼働する再資源化施設は、前掲表1のa～hの8施設としたため、コンクリート・アスファルト原料として再資源化する場合については、地域内でのバイオマス利活用はするが、8施設のように施設を建設・運営することは考慮しないものとする。つまり、施設運営に伴うエネルギー消費、コスト、あるいは、生成されるコンクリート・アスファルト原料は無視する。というのも、このような再資源化技術によるエネルギー消費量、コストの資料が現在見当たらないため、今回はそれらを試算することが不可能であるからである。また、生ゴミが「メタン発酵」と「堆肥化」のように、一つのバイオマスで複数の再資源化方法になっている場合は、均等（メタン発酵50%、堆肥化50%）に再資源化させるものとする。

表2 バイオマス賦存量および利活用目標の一例

バイオマス	賦存量 (t/年)	変換処理方法	仕向量 (t/年)	利用・販売	利用率
焼廃物系	37250		35050		94%
乳牛排せつ物	23000	メタン発酵	230	発電・熱・堆肥・液肥	100%
肉牛排せつ物	2700	堆肥化	27	堆肥	100%
豚排せつ物	1300	メタン発酵	13	発電・熱・堆肥・液肥	100%
鶏排せつ物	300	堆肥化	3	堆肥	100%
おから	2200	メタン発酵	22	発電・熱・堆肥・液肥	100%
廃棄乳（発酸）	300	メタン発酵・排水処理	3	発電・熱・堆肥・液肥・飼料	100%
食品工場汚泥	2135	堆肥化・飼料化	2035	堆肥・飼料	95%
飼料物性残さ	365	メタン発酵	3.65	発電・熱・堆肥・液肥	100%
生ゴミ	1000	メタン発酵・堆肥化	3	発電・堆肥	50%
農業集畜排水汚泥	400	堆肥化	2	堆肥	50%
下水汚泥	700	コンクリート・アスファルト原料	0.98	コンクリート・アスファルト原料	14%
市紙（家庭系、事業系含む）	2700	再生利用	2200	再生紙利用	81%
製材所残材	150	バーク・おがくず	50	敷き料	33%
未利用系	7300		1000		14%
稲わら	4000	鶏き込み	0		0%
もみ殻	2800	堆肥化・薫炭・焼却	800	ガス化発電・土壌改良材	29%
林地残材	500	木工加工原料、直接燃焼	0.5	一部柱・木工品・発電・堆肥	10%
資源作物	300		3		100%
エネルギー資源イネ	160	メタノール発酵・エタノール発酵	1.6	E3ガソリン・水素・工業用原料	100%
飼料用イネ	130	飼料	1.3	飼料	100%
ひまわり	10	食用オイル・BDF製造	0.1	食用オイル・BDF	100%

（京都府南丹市八木町地区の構想書⁸⁾より抜粋）

3. 評価指標の定義

診断モデルでは、マテリアルフローの出力のみであり、評価方法としては、炭素利用率、廃棄量だけである。それに対し、総合モデルでは、収益（百万円）、CO₂排出削減量（t-CO₂）、化石エネルギー消費量（l-重油）の推定を可能にした。

本研究で用いる評価指標は、バイオマスの再資源化によってその地域が得られる経済的利益を示す①経済収益（千円/人）、再資源化のために要する化石エネルギー量を示す②化石エネルギー消費量（l-重油/人）、バイオマスの利活用度を示す③炭素利用率（%）と④廃棄量（t-C）、温室効果ガス削減効果の度合いを示す⑤CO₂排出削減量（t-CO₂/人）、の5指標である。

- ・ 経済収益
= (施設償却費 + 維持管理費 + 資源調達費 - 製品販売収入) ÷ 人口
- ・ 化石エネルギー消費量 (l-重油/人)
= (施設運営に必要な重油量 - 生産エネルギーの重油換算値) ÷ 人口
- ・ CO₂排出削減量 (t-CO₂/人)
= (代替エネルギーによるCO₂排出削減量 - 施設運営によるCO₂排出量) ÷ 人口
- ・ 炭素利用率 (%) = 再資源化量 (t-C) ÷ 賦存量 (t-C)
- ・ 廃棄量 = 賦存量 - 利活用量 (t-C)

なお、排気量の算出式における利活用量は仕向量（表2参照）と同義であり、すべての指標は1年当たりの数値で

ある。

また②について、メタン発酵や小規模ガス化などのエネルギーを生産する施設の場合は、まず、そのエネルギーをその施設で消費し、余ったエネルギーを外部へ供給するものとした。そのため、余剰エネルギーが発生する場合は化石エネルギー消費量はマイナスとなる。ただし、バイオマスハンドブック⁹⁾より、電力の熱量換算は1kWh生産するのに要する熱量9.42をMJとして計算した。

IV 結果と考察

バイオマスタウン構想の実施によって、現状からどのように変化するかを、5つの指標を用いて検討した。

1. 経済収益 (図4)

バイオマス利活用を市町村として、あるいは企業として運営していく最も大きなインセンティブとなるのが収益である。構想案をそのまま実施していくと、対象38市町村のうち28市町村で現状よりも収益が減少した。平均変動は1人当たり-25.5千円であった。

ここで、未利用系木質バイオマス(林地残材、竹)の利活用量が経済性指標と有意な負の相関($R=-0.88$)を示した。この理由として、バイオマス利活用のために、林地残材等の伐採と山林からの運搬が新たなコストを発生させていることが考えられる。

一方、地域経営・事業として住民負担を考慮すると、1人当たり100円/日で年間36.5千円の負担まで許される場合では、33市町村が収益の減少を避けることができ、10分の1の3.65千円とした場合は、22市町村が達成する結果となった。この金額はあくまでも恣意的な設定であるが、CVMや表明選考法から得た金額を用いて検討すれば、事業計画・合意形成の判断により有益な情報になると考えられる。

2. 化石エネルギー消費量 (図5, 棒グラフ)

対象地区のうち18地区と比較的多くの地域で、現状よりも多量の化石エネルギーを消費することになる。これは、再資源化施設の運営のために必要な電力・熱利用量が新たに加算されるからである。

3. 炭素利用率, 廃棄量 (図6, 表3)

現状と構想案の統計値は表3の通りである。現状と構想案の間で、炭素利用率が最大で49.5ポイント増加する地区もあり、それほど変化しない地域もある。未利用系バイオマスに分類される稲わらやもみ殻といった農業副産物が炭素利用率の増加に関係しているという結果が得られた($R=0.45, p<0.05$)。これらのバイオマスは現状では鋤込みされているが、この場合は、バイオマス利活用の定義上、利活用量にカウントされない。しかし、構想案では、

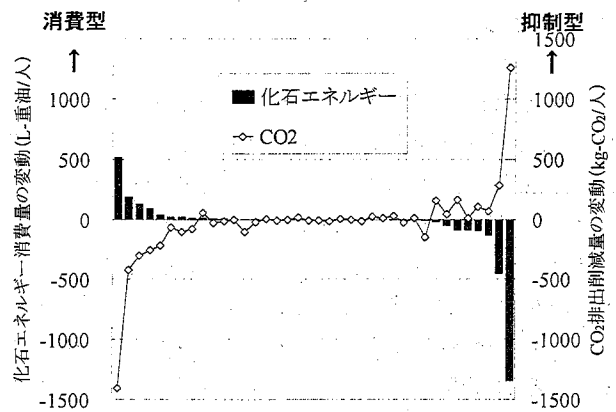
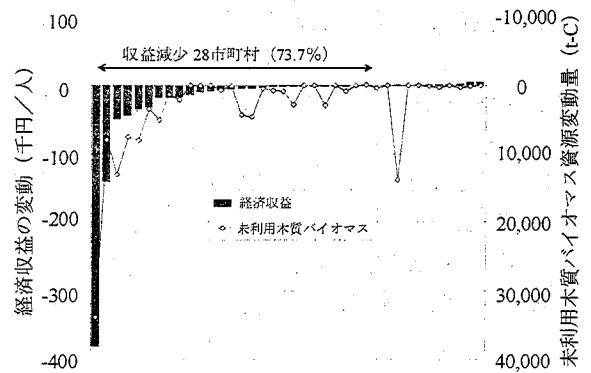


図5 化石エネルギー消費とCO2排出削減の変動

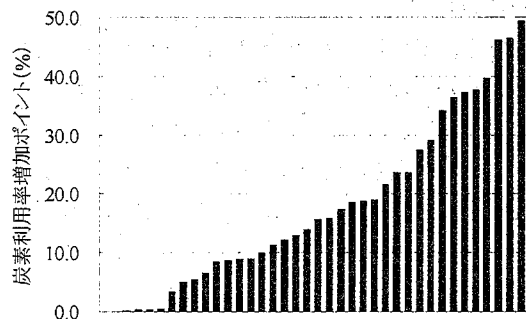


図6 炭素利用率の変動(降順並べ)

表3 炭素利用率・廃棄量変化の統計量

現状, 構想	最大	最小	平均			
炭素利用率(%)	95.9	96.4	1.5	7.1	41.7	59.4
廃棄量(t-C/人)	8.9	7.1	0	0	1.3	0.7

堆肥化の副資材等として農業副産物を利活用することになっているため、炭素利用率が現状より増加したと考えられる。今後、再資源化技術の発展により、未利用系バイオマスの利活用量は増加し、炭素利用率も増加すると予想される。

4. CO₂ 出削減量 (図 5, 折れ線グラフ)

構想案による CO₂ 排出削減効果は、化石エネルギーの消費型の 18 市町村と同様に、22 市町村が排出型になるという結果となった。排出増加量は一人当たり 0.5kg~1.4t と市町村間で大きな差がある。化石エネルギー消費型と CO₂ 排出型は相互するが、対応しない市町村もあった。化石エネルギー消費型 (左軸: +) かつ CO₂ 排出抑制型 (右軸: +) が 1 市町村、また、化石エネルギー抑制型 (左軸: -) かつ CO₂ 排出型 (右軸: -) が 4 市町村みられた。

V まとめ

本研究では、マテリアルについての評価・診断しかできなかった診断モデルに、8つのマテリアル・エネルギー再資源化施設を導入し、キャッシュ、エネルギー、温室効果ガスの3要素を組み込んだ総合モデルを構築することができた。それにより、炭素利用率、廃棄量の指標の他に、経済収益、CO₂ 排出削減量、化石燃料消費量を計算することが可能となった。そして、バイオマスタウン構想を公表している38市町村にこの総合モデルを適用し、各市町村が構想案を実施した場合における経済性、環境影響(炭素利用率、廃棄量、化石エネルギー消費量、CO₂ 排出削減量)の変動を把握した。

分析の結果、対象地域の28市町村で経済収益が減少することが明らかになった。特に多量の林地残材の利活用を構想している市町村では、その利活用に関わるコストが計上されることが、経済収益を大きく下げる要因であると示唆された。また、炭素利用率については増加傾向であり、比較的有効にバイオマスの利活用計画が立てられていることが示唆された。再資源化により消費される化石エネルギー量については、施設運営に必要な化石エネルギー量(電力・熱量)が計上されるため、従前よりも消費量が上回る地区が22市町村にのぼった。CO₂ 排出削減量については、化石エネルギー消費と対応して18地区で排出型となったが、対応せずに「消費+抑制型」、あるいは「抑制+排出型」という市町村もみられた。

以上の結果を踏まえると、現在公表されている多くのバイオマスタウン構想はバイオマスの利用率を100%に近づ

けるものではあるが、利用率以外の評価指標で評価するならば、構想の実施によってむしろ悪化が懸念される地区も少なからず存在する。そもそも、バイオマス利活用は地球温暖化防止という大きな目標のための技術でもあり、最終的には、経営、エネルギー、温室効果ガスの3つの視点から構想案を策定しなくてはならない。

上記のような構想案の実情を招いた理由として、本研究のような総合的な評価ツールがなかったことがあげられる。この意味で、総合モデルの開発と評価指標の拡大は有用であるといえよう。

【注釈】

注1) バイオマスタウンとは、地域において、広く地域の関係者の連携の下、バイオマスの発生から利用までが効率的なプロセスで結ばれた総合的利活用システムが構築され、安定的かつ適正なバイオマス利活用が行われているか、あるいは今後行われることが見込まれる地域をいう。

注2) 農林水産省農林水産技術会議事務局のプロジェクト研究「題目: 農林水産バイオリサイクル」(2003-2005年)に設けられたサブチーム。

注3) 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構では、平成12年度から地域レベルでの省エネルギーを普及するため、地方公共団体等が地域における省エネルギーの意識の高揚、省エネルギーの推進を図るために必要となる「ビジョン」策定等に要する費用を補助している。

【引用・参考文献】

- 1) 田畑智博, 後藤尚弘, 井村秀文, 薄井智樹 (2002): 発生源空間分布から見た廃棄物輸送・再資源化施設の適正配置に関する研究, 環境システム研究論文集, vol.30,315-322
- 2) 丹治三則, 盛岡通, 藤田壮 (2003): 流域圏でのシナリオ誘導型の施策立案と評価を支援する地理情報システムに関する研究, 環境システム研究論文集, vol.31,367-377
- 3) 栗島英明, 瀬戸山春輝, 田原聖隆, 玄地裕 (2006): LCA手法と住民選考調査を利用した地方自治体のまちづくりの環境効率評価, 環境システム研究論文集, vol.34,21-28
- 4) 小林久, 柚山義人 (2006): LCA手法を適用したバイオマス循環の評価—肉用牛・耕種複合経営の物質フローとリサイクルプロセスの事例的分析—, 農土論集, No.241,13-23
- 5) 農林水産省バイオリサイクル研究「システム化サブチーム」(2006): バイオマス利活用システムの設計と評価
- 6) 柚山義人, 生村隆司, 小原章彦, 小林久, 中村真人 (2006): バイオマス再資源化技術の性能・コスト評価, 農村工学研究所技報, vol.204,61-103
- 7) 農林水産省農林水産技術会議 (2006): イネで牛を育てる—飼料イネによる国産牛生産—, 農林水産研究開発レポート, No.15,12
- 8) 京都府南丹市八木町地区バイオマスタウン構想書 (2006): http://www.biomass-hq.jp/biomass-town/pdf/14_2.pdf
- 9) 社団法人日本エネルギー学会 (2004): バイオマスハンドブック

Summary

It is supposed that biomass-resources utilization is led to agriculture and rural promotion, and 138 municipalities have released the biomass town design now in March, 2008. However, since the kind of biomass, quantity, society and economical property change with regions, a construction of the biomass-resources utilization system suitable for these special features is required for them. Then, authors developed the supportive tool (Integrated Assessment Model for Biomass Utilization) for a systems configuration. And as a first stage which devises the validation index for a construction of a biomass-resources utilization system, authors applied the model for 38 municipalities which released the *Biomass Town Design*, and clarified the variation of the economic income, the environmental impact, and the environmental impact reduction.

(2008年5月16日 受付)

(2008年11月29日 受理)