

地域における参画型 バイオマス循環システムの評価

岩川 貴志¹・牛島 樹昭²・内藤 正明³

¹正会員 工修 (630-8114 奈良市芝辻町 3-6-40-111)

²非会員 日本総合住生活株式会社 (536-0025 大阪市城東区森之宮 2-9-201)

³正会員 工博 循環共生社会システム研究所 (606-8386 京都市左京区新丸太町 42)

持続可能な地域社会を形成する上で地域内のバイオマス資源を積極的に循環利用していくことが望ましいが、事業自体の持続性を保つためには地域内の主体による自立的運営が可能な仕組みが必要とされる。本研究では地域内循環における「参画」の重要性と問題点を指摘した上で、農作業全般の協力を含めた堆肥の農地還元ならびに地域内に賦存する森林資源の炭化について、地域内の事業者・住民の積極的な参画が可能な形態のバイオマス循環システムを想定し、CO₂削減量による環境負荷削減効果に加えて「マネーフローの内向性」として地域内部における経済活動の活性化、「地域住民の参画機会の創出」として事業に関わる地域内主体の総参画時間を求めることで、地域社会への影響を含めた循環システムの意義とその評価概念を提案する。

Key Words : biomass recycle, local revitalization, participation, LCCO₂, composting, carbonization

1. はじめに

有機系廃棄物、森林資源など未利用の形で賦存しているバイオマスを地域内資源として積極的に循環利用する上での大きな障害の一つとして「現状の日本社会において地域の自立性が著しく損なわれている」ことが挙げられる。循環にまつわる地域事業を経済的に成立させる方策として、補助金投入や地元生産物の購入支援などが一般によくとられるが、経営資金の地域外からの補填や行政サイドのみの主導による購入促進活動では事業自体の自立的な運営を可能たらしめるには至らないことが多い。活動の単位となるべき「地域」の停滞が主体の不在などの形で循環システムへの移行を阻む一因となっており、地域社会に根ざした循環型社会を形成する為には、環境負荷の削減のみならずその地域に対して自発的な経済的・社会的活動を促すようなものでなければ事業継続は困難である。

この点から地域内における循環システムの評価には、環境的側面から見た効果を示すことのみならず、経済的側面、社会的側面も含めた3つの次元での評価が必要であると考えられる。本研究ではバイオマス循環システムの導入による環境負荷の削減効果に加えて地域の活性化、自立化への貢献として「マネーフローの内向性」の形で経済性評価を、「地域住民の参画機会の創出」の形で社会性評価を表すことで、地域社会への影響を含めた循環システムの意義とその評価概念を提案する。

「マネーフローの内向性」とは、資源化時の諸プロセスに要するコストの損得に加え、現状では大都市依存型

の経済システム下で地域外から大都市圏へコスト流出している状況下で、システムの内部完結によっていかに廃棄等に要していたコストの地域外流出を抑制したか、またいかに地域内部での経済活動が活発化したかを表現するものである。

「地域住民の参画機会の創出」とは、循環システムの地域内での認知、継続性を高める上で地元住民の直接的な事業への関わりが不可欠であるという観点から、循環システム導入時に必要とされる地域内の住民による労力を時間の形で表現するものである。ここで述べる「参画」とは、雇用創出効果としての事業活動のみではなく、週末参加などの形での賃金獲得を主目的としない非雇用型での活動参加なども対象とする。

2. バイオマス循環における参画の必要性和問題点

(1) 参画の必要性

旧来よりの活用法の一つである堆肥化の場合、バイオマス資源の積極的利用という観点から、生成した堆肥は化学肥料の代替に充てられることが望ましいが、等量の窒素成分を農地に供給する際に必要とされる施肥時間は、堆肥の場合、化学肥料に比べておよそ6倍を要する(文献¹⁾より、有機質肥料主体の栽培と化学肥料主体の栽培の作業時間の差を基に推定)。従って農家サイドにとつては堆肥の施肥量増加は大幅な労働時間の負担増になり、高齢化、後継者不足などの要因で十分な労力が得られない農家では現在用いている流通堆肥分を置き換え

るのが限界と考えられる。また、将来的に経営放棄する農家が増加することにより十分な還元場が得られないことも危惧される。このような都市部由来のバイオマス副産物を資源化する際には、単純な再資源化物の押しつけでは還元先に過大な負担をも押しつけることになりかねない。従って状況に応じてこれらの負担に見合っただけの労働力も提供することが望ましい。また参画の継続性を高めかつ還元場を維持するという目的から、施肥のみの手伝いにとどまらず年間通じた農作業全般への積極的参画が求められる。

(2) 参画にあたっての問題点

地域住民に非雇用形態での参画を求める場合、定期的かつ継続的な事業運営を行うには年間通じてなるべく一定の人数、労働時間で固定的に人員を募るのが現実的である。しかしバイオマス資源の循環利用に関しては、発生の時期的変動や再資源化物の需要の季節変動が避けられないため、参画時に必要とされる労働時間も自ずと季節に応じて変動が生じる。従って年間通じた一定量の参画を地域住民に求める場合には、必要とされる労働時間が最も少ない時期をベースに事業規模を決定しなければならず、参画時間の季節変動が大きいほど循環システムの効率的運営が困難になる。

この問題点の解決策として、複数のバイオマス循環事業を組み合わせたシステムを形成し、参画時間の季節変動を平準化することで各々の事業の効率性を高めあう方法などが考えられる。

3. 評価の流れ

(1) 対象地域について

評価のモデルケースとして、近畿圏内に位置するK町を対象とする。K町は人口約35,000人のうち半数以上がここ10～20年間のニュータウン造成による移住者で占められており、その就業者の大半が大阪・京都・奈良などの都市圏へ通勤している。従ってニュータウン部の住民と旧来からの市街地・農業集落部の住民との交流は希薄な状態にあり、総じて住民の地元に対する意識は低い町であると言える。またK町の伝統的な産業として山間部の農業集落で作られる「かき」が特産品として生産・出荷されてきたが、近年の農業世帯の高齢化により経営放棄する農家や十分な作業を施せない農家が増えており、平成12年における収量（結果樹面積あたりの収穫量）は全国水準値を大きく下回っている（表1参照）。

またこの農業集落周辺は広範にわたって里山林に覆われていたが、ニュータウン開発時に住宅用地・施設用地として買収されたまま放置され、その間にモウソウチクの繁殖により従来の里山林が著しく浸食されている現状にある。かつ現在に至って開発計画が大幅な見直しを迫られたことによりモウソウチク対策を主とした里

表-1 K町におけるかき収量と全国水準

	K 町	府水準	全国水準
結果樹面積 (ha)	20	233	24,500
収穫量 (t)	147	1,510	281,800
収量 (t/ha)	7.4	9.3	11.5

※「2000年世界農林業センサス」より算出

山林の保全問題が表面化している。

K町の廃棄物処理体系は隣接するS町の合同焼却施設へ搬入することになっているが、人口の急増により町内からの廃棄物発生量が受入可能量をオーバーしており、余剰分は民間の処理業者に委託処分しており、基本的に廃棄物処理は全量町外に依存した形態を取っている。

(2) 評価対象

今回は都市部由来のバイオマス資源のひとつである、K町内の給食センターより発生する給食調理残渣を剪定枝と混合して堆肥化し、かき樹園へ施肥するケースを想定する。

労力不足による施肥の困難性の対策として、町内都市部の住民による農作業への参画を想定する。また労働時間の季節変動による作業効率低下への対策としては周辺里山林に繁殖するモウソウチクの伐採ならびに炭化による土壌改良材としての樹園地投入との組み合わせを想定し、各々の有無について複数のケースを設定し評価するものとする。

(3) 評価指標

評価に当たっては循環の事業化による「環境面」の評価に「経済面」「社会面」を加えた三側面に着目した。これは循環に係る諸事業がいかに自立的であるか、いかに地域活性化に貢献するものであるかを評価に加えるためである。指標を定める基準としては「都市部への一極集中による地域社会の経済的な活力低下や人口の流出を抑制する」上で重要と思われる「地域内部での経済活性化」と「地域活動への参画機会」を重視した。

1) 環境面 バイオマス循環システム導入による環境負荷削減効果の推定に当たって、環境指標として化石資源由来のCO₂排出量並びに削減効果をLCCO₂に準拠したプロセスにより求める。

2) 経済面 「マネーフローの内向性」を評価する上で、現状の廃棄処理並びに想定するバイオマス循環について、コスト負担が発生する際に金額的な大小に加えて「どの主体（地域内の行政、事業者、住民、あるいは地域外の事業者など）からどの主体へ払われるものか」を把握、統合することにより、諸活動・事業によって地域内外へ流入、流出するコスト、地域内で流通するコストの形でK町内部での経済活動活性化の推進度を求める。

3) 社会面 「地域住民の参画機会の創出」という観点から、バイオマス資源の循環利用に伴い発生する諸作業を、労働時間単位で表現する。ここで評価対象とする「参画」とはいわゆる雇用創出効果のみではなく、地域内の住民による週末型農作業など、賃金獲得を主目的としない非雇用形態での労働提供も含むものとする。また本研究では参画形態が雇用の形を取るか非雇用の形を取るかを判断する際に、施設稼働や輸送車両運転など専門性を求められるものに関しては雇用型、農作業や竹林伐採など専門者の指揮指導下で一般住民でも実施可能と思われる（あるいは実例として行われている）ものは非雇用型と区別する。

(4) ケース設定

以下の Case 0～3 の 4 ケースについて評価を行う。

Case 0 町内より発生する給食調理残渣は全て焼却処分するものとする。焼却時の環境負荷については、一般廃棄物に関するライフサイクルエネルギー評価²⁾を基に、K 町へのヒアリングによりデータを修正した上で LCCO₂ に置き換えた。

Case 1 給食調理残渣を全量、町内に設置した堆肥化施設に投入するものとする。また堆肥化の際に水分調整剤として同じく町内より発生する剪定枝（推定総発生量の一部を用いるとする）の投入を想定し、剪定枝の焼却処分量削減分も評価に含める。堆肥化に関する施設の諸元、給食調理残渣と剪定枝の投入バランス等については、同手法による堆肥化事業³⁾のデータを参考とした。表 2 に、K 町での給食調理残渣並びに剪定枝の発生量、堆肥化使用量を示す。K 町の調査によると町内より発生する厨芥類の総量はおよそ 1,000t/yr であり、今回堆肥化の対象とする給食調理残渣は全厨芥の約 4%に相当する。

表-2 K 町での堆肥化に関する有機資源量

給食残渣発生量 (t/yr)	38.5
剪定枝発生量 (t/yr)	130.5
うち堆肥化 (t/yr)	48.8
堆肥生成量 (t/yr)	43.6

製造した堆肥は町内のかき樹園へ施肥するものとする。ただし還元先である農家サイドでは労力不足によりこれ以上施肥作業に手間をかけることが出来ないという前提の下、現在農家で用いている肥料のうちの有機質肥料の施肥分のみを置き換えるものとする。

Case 2 給食調理残渣堆肥の施肥に要する追加労力を地域住民の参画によって賄うケースを Case 2 とする。ただし施肥のみを地域住民の手によって行う場合、一時的な参画形態では継続的な人員確保が難しく、施肥のみでは住民にとって参画事業としての魅力が低いなどの問題から十分な参画が得られないことが懸念される。

従って Case 2 では地域住民の参画を施肥のみならず年間通じた農作業全般とする。年間通じた農作業参画にすることによって、全般的な収量の増加と収益の向上、そして将来的な還元のための維持などが期待できる。収穫増に伴う収益の増加分は、参画した住民へ配当されるものとした。

表 1 に示すかき収量と K 町農家へのヒアリングなどから推算した、K 町で積極的に堆肥を投入し、かつ全国平均と同程度の収量を得るため更に必要となる労働時間を表 3 に示す。

表-3 K 町で積極的に堆肥を投入し理想的な収量を得るための追加労働時間

(hr/ha)	春期	夏期	秋期	冬期	合計
剪定	24.3	0.0	0.0	72.9	97.2
施肥	152.6	0.0	0.0	0.0	152.6
摘蕾	29.2	0.0	0.0	0.0	29.2
摘果	0.0	116.9	0.0	0.0	116.9
除草	12.0	17.9	6.0	0.0	35.9
消毒	0.0	48.6	7.3	0.0	55.8
収穫	0.0	0.0	235.6	0.0	235.6
合計	218.1	183.4	248.9	72.9	723.3

※農林水産省「野菜果樹品目別統計」「平成 14 年度持続的生産環境に関する実態調査」「2000 年世界農林業センサス」より

表 3 からかき農作業の最忙期である秋期と最閑期である冬期には 3 倍以上の作業時間の開きがある。従って農業経営者と参画する地域住民との継続的な協力関係を築くという目的で、労力の過不足が発生しないよう冬期に合わせて参画人員を募る場合、春～秋期には本来必要とされるだけの作業が十分にできないため、生産性の向上が低められることになる。

以上より、地域住民による農業参画は、必要とされる労力が最も少ない冬期を基準とし、施肥作業による化学肥料の堆肥への置き換えも、この参画者の労力を超えない範囲内とする。

Case 3 Case 2 で生じる参画時間のボトルネックを緩和するためには、冬期に他の形態の参画を創出することで総参画時間の季節平準化を図ることが必要であり、これにより更に効率的な参画が可能になると考えられる。Case 3 では冬期の参画形態として周辺の山林に繁殖したモウソウチクの伐採を加えることで参画時間を夏期と同等にまで増加させた場合を想定する。伐採したモウソウチクは炭化することによって農地並びにその周辺へ還元するものとし、それによる効果として土壌改良材の代替効果を計上する。モウソウチクの炭化に当たっては農業集落周辺への炭化施設の設置を想定し、竹の炭化を実施している業者へのヒアリングによる工業炭化炉にスケール補正を施したものを想定する。モウソウチクの伐採に関しては環境負荷は炭化施設への輸送以降を対象とし、伐採作業に要する労力算出は、伐採業者へ

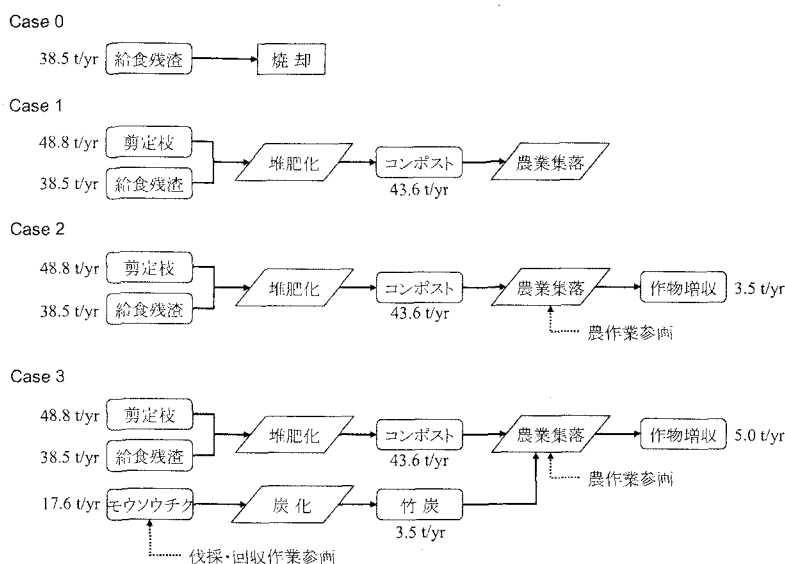


図-1 想定各ケースのイメージとマテリアルフロー

のヒアリング調査を基とした。参画者による伐採作業の必要時間と採取可能なモウソウチク量を表4に示す。またCO₂削減効果の推定に当たっては、竹炭の炭素固定能力を評価に含むものとする。

表-4 モウソウチク炭化時の参画作業原単位

伐採所要時間 (hr/ha)	840
伐採可能量 (t/ha・yr)	46.7
竹炭生成量 (t/ha)	9.3
還元所要時間 (hr/t-炭)	13.5

Case0～3の各々について、堆肥化施設は町内既存のリサイクル研修施設に、炭化施設は同じく既存のモウソウチクの破碎施設に併設するものとし、輸送に関しては給食センター、農業集落を含めて地図上より概算する。

4. 評価の結果

図1に各ケースのイメージ並びに評価時のマテリアルフローを示す。Case2,3の「農業参画」「伐採・回収作業参画」が地域住民による非雇用型の参画によるものであり、Case1～3の他プロセスならびに各箇所間の輸送は基本的に地域内の各種業者による雇用型の参画である。

1) 環境面 表5に、各ケースにおけるCO₂排出量ならびに削減効果を示す。各ケースについて正の値を示すものは各プロセスから排出されるCO₂発生量、負の値

を示すものは焼却の削減、資源代替効果、炭素固定によるCO₂削減量、合計はそれらを合わせた正味のCO₂排出量を示している。

表-5 各ケースにおけるCO₂排出量

(t-C/yr)	Case 0	Case 1	Case 2	Case 3
残渣焼却	0.75			
焼却削減分		-0.95	-0.95	-0.95
堆肥化		0.25	0.25	0.25
炭化				0.74
輸送	0.13	0.33	0.33	0.38
肥料代替		-0.27	-0.65	-0.82
土壌改良材代替				-0.02
炭素固定				-3.38
合計	0.88	-0.64	-1.02	-3.81

2) 経済面 表6に各ケースにおけるコストの内外収支ならびに内部での流通量を示す。「地域内」の項は人件費などの形で町内の事業者、住民間のコスト取引を、「地域外」の項は町外業者への支払額、イニシャルコスト(表中の値は年当たり)、エネルギーコスト等の形で町外へ流出したコストと参画に伴う増収額、循環プロセスに伴う削減コストの差引額を示す。表7には詳細の一例としてCase3における各主体間(地域外部の主体への流出コストは一括して「地域外」とする)のマネーフローを示す。

3) 社会面 各Caseにおける創出参画時間は図2に示す通りである。このうち「堆肥化」「炭化」「輸送」が業者主体による雇用創出型の参画、「農業参画」「モウソウ

表-7 参画型地域内バイオマス循環システムにおける各主体間のコストフロー

(10 ³ yen/yr)	焼却	剪定枝輸送	給養調理 残渣輸送	堆肥化	堆肥輸送	肥料代替
自治体	975	-321	-554	-2,301		
堆肥化施設				2,301	-141	
炭化施設		321	554		34	
輸送業者		-21	-14		-34	242
農家						
地域住民						
地域外	-975	21	14	141	1	-242

(10 ³ yen/yr)	農作物 増収	モウソウチク 輸送	モウソウチク 炭化	竹炭輸送	土壌改良 材代替	利益 配分	収支
自治体		-115	-1,357				-3,673
堆肥化施設							2,160
炭化施設			1,357				1,080
輸送業者		115	-277	55			1,038
農家	1,009			-55	18	-1,009	171
地域住民						1,009	1,009
地域外	-1,009	4	277	1	-18		-1,785

表-6 各ケースにおける地域内外へのマネーフロー

(10 ³ yen/yr)		Case 0	Case 1	Case 2	Case 3
焼却	地域内	770	-975	-975	-975
	地域外		2,160	2,160	2,160
堆肥化	地域内		141	141	141
	地域外				1,080
炭化	地域内				277
	地域外	540	873	873	1,038
輸送	地域内	14	37	37	42
	地域外				
肥料代替	地域内		-218	-235	-242
	地域外				-18
土壌改良材代替	地域内			701	1,009
	地域外			-701	-1,009
農業参画	地域内	540	3,033	3,734	5,287
	地域外	784	-1,015	-1,733	-1,785

5. まとめと今後の展開

(1) 結果の考察

Case 0 と Case 1~3 の比較による CO₂ 削減量, 地域外流出コストの削減, 創出された参画時間を表 8 に示す。

表-8 各ケースにおける環境面・経済面・社会面評価

	Case 1	Case 2	Case 3
CO ₂ 削減効果 (t-C/yr)	1.52	1.90	4.69
地域外流出コスト削減 (10 ³ yen/yr)	1,799	2,517	2,569
地域内流通コスト増加 (10 ³ yen/yr)	2,493	3,194	4,747
参画の創出効果 (hr/yr)	1,517	3,198	4,560

チク伐採」「竹炭投入」が地域住民の参画主導による非雇用型の参画である。

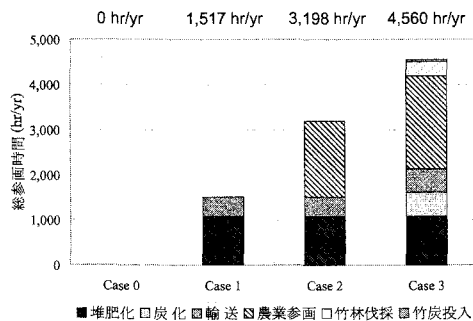


図-2 各ケースにおける総参画時間

1) 環境面 バイオマス循環システムを導入した Case 1~3 を通じ全般的に CO₂ 排出量は削減されており, 中でも焼却削減分と炭化による CO₂ 固定分が大きなウェイトを占めている. 特に Case3 の炭化による固定効果が際だっているが, 竹林の伐採事業も堆肥の還元同様に, 伐採の人員不足が懸念されること, 伐採が冬期に限られることなどから, 参画型事業として継続可能たらしめる上で, 本研究のような他事業との連携型のシステムが意味を持つものと考えられる. 肥料代替による CO₂ 削減量の比較により地域住民の参画が環境負荷削減効果に与える影響を求めることが可能であり, 若干ではあるが参画の増加が環境負荷削減に繋がっていることが確認できる。

2) 経済面 Case 1 のコストフローより循環システムの導入に伴ってコストの地域外流出が大幅に減少し, Case 2 以降では農業参画によるかき増収益により更なる効果が確認できる. 地域内部での主体間の流通コストも同じく, 参画事業の拡大に伴い増加するが, 今回の試算では堆肥輸送コストと竹炭輸送コスト以外の全コストを自治体が負担する構造になっているため, Case1~3 を通じて自治体負担コストが一時的に増加する結果となる。

しかし自治体の負担コストをK町民の税収に由来するものと解釈することで、地域完結型のバイオマス循環システムにより地域内部で「マネーフローの循環」が生じたと見なすことができる。しかし一方で地域内の各主体が受ける経済効果に偏りがあり、特に農家の増収益が少ないことから、かきの増収分の利益配分や堆肥、竹炭の輸送コスト負担を見直すなど、主体間のマネーフローを結果に応じて適宜見直すことが重要と考えられる。

3) 社会面 地域住民に関わる非雇用形態の参画について、週末型の参画として年48回、1回につき4時間の参画を想定すると必要人数はCase 2で8.8人、Case 3で12.6人となる。年12回、1回につき4時間とすると35.0人と50.4人となる。またかき増収による増収益を参画した住民に還元する時、総参画時間（農業参画、竹林伐採、竹炭投入の合計）で除すと1時間当たりの支払額は417円となる。標準的な労働賃金と比較すると非常に低額であるが、地域活動の一環としての非雇用型の参画であることを考慮すると、金額の妥当性については一考の必要がある。

以上より地域内住民の参画を積極的に組み込んだ循環システムの構築が環境負荷を削減する上でも有意義であり、かつ地域内部での経済活動の活性化と地域内活動の創出から見ても十分な効果を産むことが可能と思われる。

但し今回の試算では事業が比較的小規模（堆肥化で投入する給食調理残渣と剪定枝の合計量が1日あたり0.5t弱）に設定されているためにどのCaseでもすべて町内で賄える（作物や土壌条件などにより異なるが堆肥投入の上限を30t/ha・yrとするとK町内のかき樹園地20haで最大600t/yrが施肥可能）こと、竹炭は全量農業集落内で消費するに十分な量であることなどが評価を高める要因になっていると思われる。更に事業規模を拡大した時にこれらの制約にどう対処するかが問題となるであろう。

(2) 今後の展開

今回の評価範囲内での地域住民による雇用型・非雇用型の参画は、K町の人口を考慮すると決して大規模なものとは言えないが、現状において住民がどの程度「循環」への参画に興味を示し、かつ継続的な参加が得られるかを考察する必要がある。本研究での経済的・社会的評価の中心を成すマネーフローの内向化、地域住民の参画創出を促す、という考え方は「エコマネー」のコンセプトとも共通する部分であり、地域振興・福祉などの側面と併せて循環システムの意義を強調することにより大きな地域社会の興味が期待されであろう。

また今回は農作業参画に竹林の伐採並びに炭化還元の組み合わせを「参画時間の季節変動の平準化」として扱ったが、様々な事業を組み合わせることは「参画機会の多様化」にもつながり、地域住民にとって選択肢を与えるなど参画へのインセンティブとしての効果も期待できる。規模を広げてより広範に、他のバイオマス資源の有効活用策を組み合わせることにより効率的かつ資源活用性の高い事業運営ならびに、地域住民の事業に対する認知がより深まる方向性を含ませることも重要となるであろう。

さらに具体的方法として地域住民に対して地域内循環に対する認知を深めるために必要な情報の在り方、主体の運営システムなどについても一層の考察が求められる。

参考文献

- 1) 深山 陽子 ほか：環境保全に配慮した施設トマト栽培の労働評価。神奈川県農政関係試験研究機関研究成果情報、2000。
- 2) 資源協会：家庭生活のライフサイクルエネルギー。あんほろめ、1994。
- 3) 豊中市エコオフィス推進生ごみ堆肥化検討会議：豊中市堆肥化施設建設基本計画（案）、2000。

EVALUATIONS OF PARTICIPATORY BIOMASS RECYCLING SYSTEMS IN REGIONAL TOWNS AND CITIES

Takashi IWAKAWA, Tatsuki USHLJIMA, Masaaki NAITO

In case of recycling and exploiting biomass resources in regional cities and towns, it is necessary that recycle systems not only reduce environmental load, but also make the systems themselves economically and socially sustainable. This study deals with biomass recycling systems based on "participation" by inhabitants and workers in the region, and proposes their importance and evaluation concepts. Indicator of these evaluations is composed of three aspects, "Environment" (CO₂ emission), "Economy" (reduction of outgoing cost) and "Society" (participatory hours) to take it into account how these recycling systems are environmentally-benign and sustainable.