

Economic Analysis for Wood Biomass Power Plants in Rural Areas Using an Extended Regional Input–Output Table

Satoshi AKAO*, Takanobu KATSUMI

(Received October 10, 2017)

An input–output table for a small region contains characteristics of the region and economy. A regional input–output table would be a useful tool to assess the economic effects of local government policies on rural areas when there are severe economic conditions and a declining population. However, regional input–output tables have not been readily available, and the procedures to compile preliminary tables have some remaining challenges. To share the benefits of using input–output tables in small regions, we compiled an input–output table for Nichinan Town, Tottori Prefecture. Issues in the economic structure of Nichinan Town were discussed using the completed table. The economic analysis scenario assumed the operation of a wood biomass combined heat and power plant (CHP plant; electricity generating capacity, 500 kW), and its economic impact was estimated. The input–output table was then modified to include the effects of the CHP plant, and the two tables were compared to clarify the economic differences. Introducing a CHP plant resulted in a 361-million-yen increase in local gross product and a 143-million-yen increase in gross value added.

Key words : CHP system, extended input-output table, gross value added, feed-in tariff, renewable energy

キーワード : 電熱併給, 拡張産業連関表, 粗付加価値, 固定価格買取制度, 再生可能エネルギー

小地域産業連関表を用いた木質バイオマス利用事業の評価

赤尾 聡史, 勝見 公敦

1. はじめに

2016年9月に閣議決定された新たな「バイオマス利活用推進基本計画」では、地域に存在するバイオマスを活用して持続可能な事業を創出し、生み出された経済的価値を地域に還元することで地域を活性化させる施策の推進が求められている。地方ではエネルギー代金の域外への支出が大きく、域内におけるエネルギー自給率を少しでも高めることが地方創生の1つの手段と認識されている^{1, 2)}。本研究の対象地域である鳥取県日南町のような中山間地域では、

木質バイオマスの利用が期待される。ただし、木質バイオマス利用はエネルギー創出コストが比較的高価とされる³⁾。バイオマス資源によるエネルギー事業の単体収益性評価は数多く報告されるが、固定価格買取制度（以下、FIT制度）を考慮しなければ概して厳しい^{4, 5)}。環境面に着目し、例えばCO₂クレジット制度などを組み込んだ評価もなされるが^{6, 7)}、それら制度の導入は不明確である。地方創生の切り札の1つと期待されるバイオマス利活用であるが、現状の評価では単体事業として成立させることが難

*Department of Environmental Systems Science, Doshisha University, Kyoto
Telephone: +81-774-65-6587, FAX: +81-774-65-6801, E-mail: sakao@mail.doshisha.ac.jp

しい。

ところで、ここで考えるエネルギー事業の実施目的は地方創生であり、地域の持続である。仮に、エネルギー事業の単体事業性が芳しくなく、その原因が人件費であるならば、地域で見ればそれは雇用であり、付加価値と言える。地方創生を目的とするならば、当該事業の事業性評価を単体収益性に限らず、地域に与える経済効果も考慮できると考える。ある事業が地域の持続性に貢献できるのであれば、自治体は経済的な支援を実施することも可能であろう。地域の経済構造を紐解く方法として産業連関表があるが、その枠組みの中で事業が地域に与える経済的な影響を評価していくことも重要と考える⁸⁻¹⁰⁾。

産業連関表を用いたバイオマス利用事業の評価事例として、松本と本藤¹¹⁾あるいは Nakano ら¹²⁾は、全国版の産業連関表を拡張して対象とする再生可能エネルギー部門を導入し、その経済効果を評価した。林⁶⁾は、北海道の産業連関表を部門拡張し、バイオ燃料生産の北海道経済に与える影響を評価した。中村ら⁷⁾は、地域間産業連関表を多地域間化（大阪、他近畿、中四国、他全国）し、さらに木質バイオマス利用の部門拡張を行い、地方の資源を都市部で利用する評価方法の提案を行った。これらの報告では、既存の産業連関表に存在しない産業部門の評価を、産業連関表を拡張することで対応している。ただし、以上の報告は全国表（総務省）、地域間産業連関表（経済産業省）、あるいは都道府県表といった既存の産業連関表を利用したものであり、対象範囲が広く小地域の特性を反映し難い。

一方、比較的小地域を対象とした産業連関分析の例として、中村ら⁸⁾は、真庭市の産業連関表を用意し、木質バイオマス生産・販売に関わる部門拡張を行い、当該部門が小地域に与える経済効果を評価する方法を提案した。その他、隠岐の島町のバイオマス事業を評価した例¹³⁾、水産基盤整備事業が垂水圏域へ与える影響を評価した例¹⁴⁾、などがある。小地域の産業連関表を用いることで、事業を直接サポートする市町村などの行政単位における経済的な評価が可能となる。

小地域の産業連関表は、その有効性から近年作成

事例が増加しつつある⁹⁾。ただし、現実にはデータ入手・整備の困難さや煩雑さから多くの市町村では産業連関表を作成できていない。小地域の産業連関表を簡易に推計する方法が必要であり、従来多数検討されてきた¹⁵⁻¹⁸⁾。現在、小地域の産業連関表を推計する方法は総務省においてまとめられており¹⁹⁾、また、小長谷と前川²⁰⁾は小地域の産業連関表の推計方法、新規部門の拡張方法そして小地域の産業連関表の使用例をまとめた。簡易に推計されたものとはいえ、小地域の産業連関表を用いて市町村単位で事業評価を実施できる環境は整いつつある。

本研究では、一般に入手可能な情報と小地域産業連関表の作成に関する報告をもとに日南町の小地域の産業連関表を推計し、産業構造を把握した。小地域の産業連関表の作成には作成者による工夫が存在するため、実施した産業連関表の推計方法をまとめた。次に、推計した小地域の産業連関表を部門拡張することで、木質バイオマス発電事業の事業性評価を実施した。日南町は森林資源が豊富にあり、これらの資源を利用した場合のフィージビリティ調査は既に行われている²¹⁾。利用可能な木質バイオマス資源量が示されていることから、日南町で実施可能な規模での検討とした。ここでは、1) FIT 価格による売電事業、2) 生成熱が域内消費されると仮定した場合の熱電併給事業（売電価格は電気料金の平均単価）について、事業実施により地域に生じる粗付加価値からの事業評価を検討した。

2. 日南町産業連関表の作成

産業連関表の作成は、小長谷と前川²⁰⁾の都道府県表を活用する簡便推計法を用いた。平成17年度鳥取県産業連関表108部門生産者価格表²²⁾をもとに、各種統計資料を用いて日南町の108部門産業連関表を作成した。産業連関表の推計作業は以下の手順で進めた。

- a) 産業部門別域内生産額（行列和）の推計
- b) 投入表の作成
- c) 最終需要項目の推計
- d) 移出入の推計
- e) 行列和のバランス調整

a) 産業部門別域内生産額（行列和）の推計

鳥取県産業連関表（以下、県表）の各産業部門の域内生産額に産業別労働者数（事業所・従業者数統計小分類）²³⁾の県内比率を乗じて日南町の産業部門別域内生産額を算出した。ただし、事業所・従業者数統計小分類と県表 108 部門の産業部門の分類は異なるため、産業連関表の基本分類表²⁴⁾を基に産業別労働者数を対応付けた。従業者数では域内生産額の推計が困難な農業部門は農業生産額データ²⁵⁾から県内比率を算出し、住宅賃貸料（帰属家賃）は国勢調査²⁶⁾から持ち家の県内比率を求めた。

b) 投入表の作成

日南町の域内生産額を、産業部門ごとに鳥取県と同じ投入係数、粗付加価値係数を用いて按分した。算出された粗付加価値について、鳥取県と日南町の産業別 GDP 統計²⁷⁾を用いて補正した²⁰⁾。

c) 最終需要項目の推計

家計外消費支出は、鳥取県と同じ構成比で粗付加価値の家計外消費支出の合計額（行和）を按分した。民間消費支出は、県表の該当項目に人口比を乗じて推計した。一般政府消費支出について、公務は公務従業者数比²³⁾、教育と研究は公立の学校数比²⁸⁾、その他は人口比を用いて県表の該当項目に乗じて推計した。町内総固定資本形成（公的）は、鳥取県と日南町の決算カード²⁹⁾、³⁰⁾の投資的経費より県内比率を求め、県表の該当項目に乗じて推計した。町内総固定資本形成（民間）と在庫純増は、産業部門別の従業者数比²³⁾を県表の該当項目に乗じて推計した。

d) 移出入の推計

鳥取県とその他全国との間の鳥取県地域間産業連関表を作成し、さらに日南町－その他鳥取県－その他全国との間の地域間産業連関表を作成し²⁰⁾、日南町の移出入を推計した。

e) 行列和のバランス調整

行和と列和はそれぞれある産業部門の総産出額と総投入額を示しており、産業連関表ではこれらが一致している必要がある。a)～e)の手続きで作成された産業連関表では行和と列和の一致が満たされていないため、以下に示す手順によって両者の乖離（行和と列和の差）を解消した。

① 自給率がゼロ以上になるように調整²⁰⁾

ある産業部門において域内需要合計から移輸入を差し引いた自給に相当する額がゼロ以上になるように移輸入を減額した。

② 列和がゼロの産業部門は移出をゼロに調整

列和がゼロとは生産活動が行われていない状態であり、現実的に移出を行えないのでゼロとした。

③ 乖離（行和と列和の差）を移輸出入で減額調整

乖離が負の値である部門、つまり域内需要が小さいと計算される部門は、移入額を小さくした（産業連関表では移輸入は負の値で示されるので、絶対値を小さくした）。乖離が正の値である部門、つまり域内需要が大きいと計算される部門は、移出額を小さくした。

④ 乖離（行和と列和の差）を移輸出入で増額調整

乖離の絶対値が移輸出入の絶対値よりも小さい場合に限り、移輸出入額の増額で調整を行った。具体的に増額調整を行った部門は林業、半導体、集積回路および廃棄物処理の 4 部門である。

⑤ 移出入がゼロでなければならない産業部門の調整

移出入がゼロでなければならない部門（建設、公共事業、住宅賃貸料、通信、放送、公務、教育、介護、自動車修理）は移輸出入をゼロとし、それ以外で減額調整した。建設および公共事業部門の乖離は、町内最終需要のうちの町内固定資本形成（公的）により調整した。住宅賃貸料、通信、放送および自動車修理部門の乖離は、民間消費支出により調整した。公務、教育および介護部門は、一般政府消費支出により調整した。

⑥ 最終需要・中間投入の調整

上記の手続きを経ても乖離がゼロとならない産業部門について、最終需要、次いで中間投入の調整を行った。具体的には、銑鉄・粗鋼部門が該当した。この部門は、列和がゼロであったが、行和はゼロではなかった。最終需要がゼロであり、ここでの調整が行えないため中間需要の調整（減額）を行った。中間需要の調整は他部門への影響を及ぼすことから他部門に新たな乖離が生じた。そこで、上記手続きを繰り返して乖離を調整した。

Table 1. Estimated input-output table of Nichinan Town (15 sectors, million yen).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	01~15
01 Agriculture	719	6	0	0	24	10	0	0	0	0	0	0	0	25	0	784
02 Forestry	0	140	0	0	23	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164
03 Fishery	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
04 Mining	0	3	0	0	0	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71
05 Manufacturing	1,079	57	0	0	60	1,723	31	28	15	1	211	10	145	730	0	4,090
06 Construction	19	1	0	0	0	14	13	5	2	28	2	5	26	28	0	143
07 Electricity, gas and water supply	42	7	0	0	5	38	30	21	3	3	0	8	10	53	0	347
08 Commerce	135	28	0	0	17	362	9	14	3	0	76	3	30	259	0	936
09 Finance and insurance	67	63	0	0	5	107	4	49	59	45	49	14	7	69	0	538
10 Real estate	0	2	0	0	0	12	1	16	6	1	3	8	1	38	0	89
11 Transport	248	136	0	0	14	401	19	53	13	1	117	14	71	136	0	1,223
12 Information and communications	8	6	0	0	1	79	12	35	31	0	9	75	69	130	0	454
13 Public administration	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14 Services	50	77	0	0	14	505	34	56	63	2	245	69	110	481	0	1,707
15 Activities not elsewhere classified	33	53	0	0	3	44	3	4	2	1	4	9	1	25	0	182
37 Total of intermediate sectors	2,401	579	0	0	170	3,364	156	280	196	79	724	218	511	2,062	0	10,741
38 CEOH ^a	3	9	0	0	4	94	7	18	15	15	0	17	70	29	96	362
39 Compensation of employees	241	255	0	0	47	2,221	147	384	171	1	384	138	894	2,730	0	7,612
40 Operating surplus	793	554	0	0	40	127	35	108	108	355	28	85	0	226	0	2,458
41 Depreciation of fixed capital	399	53	0	0	27	379	44	50	57	265	45	176	615	399	0	2,509
42 Indirect taxes	124	20	0	0	142	203	17	38	24	42	33	19	6	113	0	782
43 Current subsidies	-43	-40	0	0	0	-23	-6	-1	-13	0	-4	0	0	-57	0	-188
58 Total of gross value added sectors	1,517	851	0	0	260	3,002	244	597	361	662	502	488	1,544	3,507	0	13,534
59 Domestic production (gross inputs)	3,918	1,430	0	0	429	6,366	400	877	557	741	1,226	705	2,056	5,569	0	24,275
						38~43	37+44		44+46	45+46		48+53	37+54			
01 Agriculture	38	39	40	41	43	44	45	46	48	49	53	54	57			
02 Forestry	1	136	0	81	-29	189	973	3,323	3,511	4,295	-378	3,134	3,918			
03 Fishery	0	8	0	0	423	431	596	1,212	1,643	1,807	-378	1,265	1,430			
04 Mining	0	17	0	0	0	17	29	0	17	29	-29	-12	0			
05 Manufacturing	67	2,646	16	18	43	2,790	6,880	400	3,190	7,280	-6,851	-3,660	429			
06 Construction	0	0	0	6,223	0	6,223	6,366	0	6,223	6,366	0	6,223	6,366			
07 Electricity, gas and water supply	35	1,687	0	265	4	1,991	2,928	168	519	866	-465	53	400			
08 Commerce	0	310	40	0	0	350	698	323	2,314	3,251	-2,374	-59	877			
09 Finance and insurance	0	550	0	0	0	550	1,087	176	726	1,263	-706	19	557			
10 Real estate	0	1,016	0	0	0	1,016	1,105	0	1,016	1,105	-364	653	741			
11 Transport	11	512	-6	19	2	537	1,759	588	1,124	2,347	-1,121	4	1,226			
12 Information and communications	5	558	0	10	0	573	1,028	0	573	1,028	-322	251	705			
13 Public administration	0	51	2,005	0	0	2,056	2,056	0	2,056	2,056	0	2,056	2,056			
14 Services	243	2,770	3,038	8	0	6,058	7,765	720	6,777	8,485	-2,916	3,862	5,569			
15 Activities not elsewhere classified	0	0	0	0	0	0	182	0	182	0	-182	-182	0			
37 Total of intermediate sectors	362	10,260	5,092	6,623	443	22,781	33,521	6,909	29,689	40,430	-16,155	13,534	24,275			

38^aConsumption expenditure outside households, 44 Total domestic final demand, 45 Total domestic demand, 46 Exports, 48 Total Final demand, 49 Total demand, 53 Imports

54 Total of final demand sectors, 57 Domestic production (gross outputs)

3. 産業連関表から見る日南町経済の概要

鳥取県産業連関表 108 部門生産者価格表をもととする日南町 108 部門産業連関表を作成した。以降の解析では 108 部門表を用いているが、紙面の都合から部門統合した日南町 15 部門産業連関表を Table 1 に示す。また、日南町における財、サービスの流れを Fig. 1 に示す。

Fig. 1 における供給面（上半分）を見ると、原材料などの中間投入として 107.4 億円が投入され、人件費や企業の利益などの粗付加価値 135.3 億円を加えた 242.8 億円が日南町内で生産されている。これに地域外からの移輸入 161.6 億円を加えた額、404.3 億円が日南町における総供給額（投入額）と推計される。需要面（Fig. 1 の下半分）を見ると、原材料など中間需要として消費された財とサービスは 107.4 億円である。残りの 296.9 億円が最終需要と

して消費されている。このうち、227.8 億円が日南町内における最終需要であり、残りの 69.1 億円は地域外の需要である移輸出に向けられていると推計される。

総供給額に対する域内生産率を見ると 60%であり、移輸入率は 40%と高い割合である。これは地域内のお金の多くが地域外へ流出している状況、つまり地域内の自給率が低いことを意味する。地域内にある財を利用し、地域内の資本や雇用によって地域外から投入されている財を代替することができれば、域内生産額や粗付加価値額の増加が期待できる。例えば、日南町の移入のうち電力と熱エネルギーの占める割合は 7%ほどある。再生可能エネルギーなど地域内でエネルギーが創生できる時代が到来したことから、エネルギー部門は地域の自給率を高める 1 つの手段となり得る^{1, 2)}。

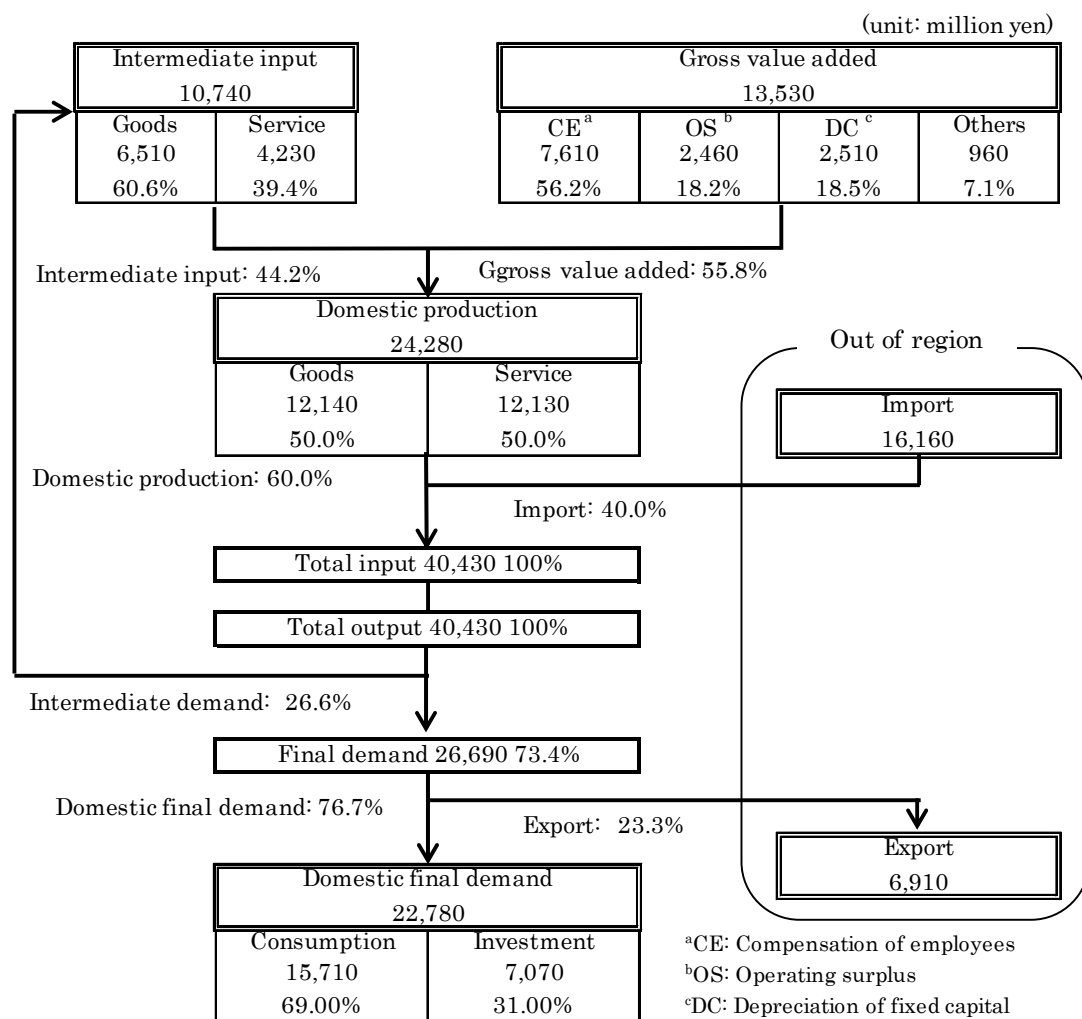


Fig. 1. Flow of goods and services in Nichinan Town based on its regional input-output table.

4. 木質バイオマス利用事業導入の経済効果

4.1 導入する木質バイオマス利用事業

日南町に新たに木質バイオマス利用事業を発生させた事例を検討した。木質バイオマス利用事業としては、1) FIT 価格による売電事業、2) 発生熱が域内全量消費されると仮定した場合の熱電併給事業（ただし、売電価格は現状の電気料金の平均単価

を想定した。両シナリオにおいて、燃料として投入される木質バイオマス（木質チップ）は全て地域内で賄うとした。施設は500 kW規模の蒸気タービン発電とした。日南町の木材団地における残材バイオマスの年間発生・賦存量は、12,900 t²¹⁾である。将来的には森林からの木材搬出量を向上させることにより、年間原料消費量が約15,000 t程度となる発電規

Table 2. Operational conditions of woody power generation under Feed-in Tariff scheme.

	Cost component	Unit	Factor and setting conditions
OUT	Output	[yen/year]	$OUT = A+B+C+D+E+F+G+H+I+J$
A	Feedstock cost	[yen/year]	$A = FC \cdot FP$
B	Depreciation cost	[yen/year]	$B = (PC/DP)$
C	Fixed property tax cost for plant	[yen/year]	$C = RV \cdot FT/100$
D	Labor cost	[yen/year]	$D = OP \cdot LF$
E	Maintenance cost	[yen/year]	$E = PC \cdot 0.03$
F	Insurance cost	[yen/year]	$F = PC \cdot 0.004$
G	General administrative cost	[yen/year]	$G = D \cdot 0.25$
H	Ash disposal cost	[yen/year]	$H = AG \cdot AF$
I	Utility cost	[yen/year]	$I = 3,823 \cdot PS + 10,281,107$
J	Repayment of debt	[yen/year]	$J = ((PC - (PC/RP)) \cdot (\text{Operation year} - 1)) \cdot (r/100)$
IN	Input	[yen/year]	$IN = K+L$
K	Revenue from sales of electric power	[yen/year]	$K = K_A \cdot K_B$
L	Revenue from sales of heat	[yen/year]	$L = (L_A/L_B) \cdot L_C \cdot 0.8$
K _A	Electricity production amount	[kWh/year]	$K_A = PS \cdot (1 - AP/100) \cdot OH$
PS	Plant scale	[kW]	500
PC	Plant construction cost	[$\times 10^8$ yen]	$PC = 0.0835 \cdot (PS)^{0.6765}$
DP	Depreciation period	[years]	15
RP	Repayment period	[years]	15
r	Interest	[%]	2
η	Power generation efficiency	[%]	$\eta = 5.762 \ln(PS) - 26.65$
AP	Auxiliary power ratio	[%]	$AP = 0.1505 \exp(-1.841 \times 10^{-5} \cdot PS)$
E _{net}	Net electricity generation	[%]	$E_{net} = PS \cdot (1 - AP)$
OH	Annual operating hours	[hours/year]	$330[\text{days/year}] \cdot 24[\text{hours/day}] = 7,920$
LHV	LHV of feedstock	[MJ/kg]	$LHV = HHV \cdot (1 - MC/100) - 2.443 \cdot (9 \cdot HC/100 \cdot (1 - MC/100) + MC/100)$
HHV	HHV of feedstock	[MJ/kg]	18
MC	Moisture content of feedstock	[%]	35
HC	Hydrogen content of feedstock	[%]	6
AC	Ash content of feedstock	[%]	1
FC	Feedstock consumption	[tons/year]	$FC = (PS \cdot OH \cdot 3.6[\text{MJ/kWh}]) / (\eta/100) / LHV / 1000$
FP	Feedstock price	[yen/ton]	5,747
UT	Statutory useful time	[years]	15
FT	Fixed property tax rate	[%]	1.4
RV	Ratable value	[yen]	$RV = \text{Previous year } RV \cdot (1 - DR)$ (Only first year : $RV = PC \cdot (1 - DR/2)$)
DR	Depreciation rate	[-]	0.142
OP	Number of operators	[person]	$0.005 \cdot E_{net}$
LF	Labor fee per person	[yen/year]	5,000,000
AG	Ash generation amount	[tons/year]	$AG = FC \cdot (1 - (MC/100)) \cdot (AC/100)$
AF	Ash disposal fee	[yen/ton]	20,000
K _B	Retail price for electricity	[yen/kWh]	40
L _A	Heat demand	[MJ/year]	$16,092,000 = 4,470 [\text{MWh}]$
L _B	Heating value of A-type heave oil	[MJ/L]	38.9
L _C	Unit price of A-type heave oil	[yen/L]	80

模 500 kW への対応を仮定した。施設の建設や運転に関わる諸費用は、柳田ら⁵⁾の方法を用いた。なお、蒸気タービン発電は本来大規模向き設備であり、500 kW の規模は発電効率、建設費とも非効率であることを補記する。

1) FIT 価格による売電事業では、売電単価を FIT における買取価格 (木質バイオマス・2,000kW 未満 :

40 円/kWh³¹⁾) とした。現時点で考えられる熱需要に対して売熱も併せて考慮した。売熱時における熱量料金は A 重油換算式³²⁾で求めた。A 重油の発熱量は 38.9GJ/kL³³⁾, A 重油の単価は 80 円/L³⁴⁾とした。年間販売熱量は、日南町主要部に見込まれる熱需要から 4,476 MWh とした²¹⁾。木質チップの価格は、事業が赤字とならず営業余剰も出さない 5,747 円/t (含水

Table 3. Operational conditions of woody biomass combined heat and power project (CHP).

	Cost component	Unit	Factor and setting conditions
OUT	Output	[yen/year]	OUT = A+B+C+D+E+F+G+H+I+J
A	Feedstock cost	[yen/year]	A = FC · FP
B	Depreciation cost	[yen/year]	B = (PC/DP)
C	Fixed property tax cost for plant	[yen/year]	C = RV · FT/100
D	Labor cost	[yen/year]	D = OP · LF
E	Maintenance cost	[yen/year]	E = PC · 0.03
F	Insurance cost	[yen/year]	F = PC · 0.004
G	General administrative cost	[yen/year]	G = D · 0.25
H	Ash disposal cost	[yen/year]	H = AG · AF
I	Utility cost	[yen/year]	I = 3,823 · PS + 10,281,107
J	Repayment of debt	[yen/year]	J = ((PC-(PC/RP) · (Operation year - 1)) · (r/100))
IN	Input	[yen/year]	IN = K+L
K	Revenue from sales of electric power	[yen/year]	K = K _A · K _B
L	Revenue from sales of heat	[yen/year]	L = (L _A · 0.6/L _B) · L _C · 0.8
K _A	Electricity production amount	[kWh/year]	K _A = PS · (1-AP/100) · OH
PS	Plant scale	[kW]	500
PC	Plant construction cost	[×10 ⁸ yen]	PC = 0.0835 · (PS) ^{0.6765}
DP	Depreciation period	[years]	15
RP	Repayment period	[years]	15
r	Interest	[%]	2
η	Power generation efficiency	[%]	η = 5.762 ln(PS) - 26.65
AP	Auxiliary power ratio	[%]	AP = 0.1505 exp(-1.841 × 10 ⁻⁵ · PS)
E _{net}	Net electricity generation	[%]	E _{net} = PS · (1-AP)
OH	Annual operating hours	[hours/year]	330[days/year] · 24[hours/day] = 7,920
LHV	LHV of feedstock	[MJ/kg]	LHV = HHV · (1-MC/100) - 2.443 · (9 · HC/100 · (1-MC/100) + MC/100)
HHV	HHV of feedstock	[MJ/kg]	18
MC	Moisture content of feedstock	[%]	35
HC	Hydrogen content of feedstock	[%]	6
AC	Ash content of feedstock	[%]	1
FC	Feedstock consumption	[tons/year]	FC = (PS · OH · 3.6[MJ/kWh]) / (η/100) / LHV / 1,000
FP	Feedstock price	[yen/ton]	7,262
UT	Statutory useful time	[years]	15
FT	Fixed property tax rate	[%]	1.4
RV	Ratable value	[yen]	RV = Previous year RV · (1-DR) (Only first year : RV = PC · (1-DR/2))
DR	Depreciation rate	[-]	0.142
OP	Number of operators	[person]	0.005 · E _{net}
LF	Labor fee per person	[yen/year]	5,000,000
AG	Ash generation amount	[tons/year]	AG = FC · (1-(MC/100)) · (AC/100)
AF	Ash disposal fee	[yen/ton]	20,000
K _B	Sell electric prices	[yen/kWh]	13.805
L _A	Amount of available heat generation	[MJ/year]	L _A = LHV · FC · 0.6 · 1,000
L _B	Heating value of A-type heave oil	[MJ/L]	38.9
L _C	Unit price of A-type heave oil	[yen/L]	80

率 35%) とした。一般に市販される加工済み木質チップの相場は 10,000~15,000 円/t³²⁾とされ、この金額と比べると半値以下の設定である。現実的には事業の更なる効率化が必要である。同事業の諸条件を Table 2 にまとめる。

2) 発生熱が域内全量消費されると仮定した場合の熱電併給事業では、売電単価を中国電力の年平均単価となる 13.8 円/kWh³⁵⁾とした。売熱単価はシナリオ 1) の場合と同じとした。木質チップの価格は、事業が赤字とならず営業余剰も出さない 7,262 円/t (含水率 35%) とした。流通価格と比べると依然として安価であるが、チップ用原木の価格 5,000 円/t³⁶⁾、チップ加工・乾燥費用 2,200 円/t³⁷⁾を考慮す

ると、木材団地などのインフラが存在し、自前でチップ加工まで行くとすれば実施可能な単価と考えられる。同事業の諸条件を Table 3 にまとめる。

Table 2, 3 の条件で木質バイオマス利用事業を運営した場合、年間発電量 3,954 MWh、年間発熱量 25,943 MWh となった。各事業における 1 年あたりの収入と支出の内訳をそれぞれ Table 4 および Table 5 に示す。柳田ら⁵⁾の方法では、固定資産税と利子返済費が年々低下する設定であるが、Table 4, 5 では減価償却期間 15 年間における平均値を記した。

4.2 FIT 価格による売電事業の地域経済効果

先の日南町産業連関表に木質バイオマス部門を新

Table 4. Breakdown of input and output in woody power generation project under Feed-in Tariff scheme.

		(million yen)	Sector classification on input-output table
Input	Revenue from sales of electric power	158	Exports
	Revenue from sales of heat	26	Consumption expenditure (private)
	Total	185	
Output	Feedstock cost	90	Forestry
	Depreciation cost	37	Depreciation of fixed capital
	Fixed property tax cost for plant	3	Indirect taxes
	Labor cost	12	Compensation of employees
	Maintenance cost	17	Repair of construction
	Insurance cost	2	Finance and insurance
	General administrative cost	3	Compensation of employees
	Ash disposal cost	2	Sewage disposal
	Utility cost	12	Water supply
	Repayment of debt	6	Finance and insurance
	Total	185	

Table 5. Breakdown of input and output in woody biomass combined heat and power project (CHP).

		(million yen)	Sector classification on input-output table
Input	Revenue from sales of electric power	55	Consumption expenditure (private)
	Revenue from sales of heat	154	Consumption expenditure (private)
	Total	208	
Output	Feedstock cost	113	Forestry
	Depreciation cost	37	Depreciation of fixed capital
	Fixed property tax cost for plant	3	Indirect taxes
	Labor cost	12	Compensation of employees
	Maintenance cost	17	Repair of construction
	Insurance cost	2	Finance and insurance
	General administrative cost	3	Compensation of employees
	Ash disposal cost	2	Sewage disposal
	Utility cost	12	Water supply
	Repayment of debt	6	Finance and insurance
	Total	208	

Table 6. Extended input-output table with woody power generation project (4 sectors).

(million yen)

		Intermediate sectors (IS)					Final demand			Domestic production
		GS	FF	WB	EL	Total	DFD	Exports	Import	
IS	General sector (GS)	10,179	0	129	0	10,378	22,166	6,912	-15,054	24,403
	Fossil fuel (FF)	346	0	0	0	348	382	0	-730	0
	Woody biomass (WB)	0	0	0	0	0	26	158	0	185
	Electricity (EL)	199	0	0	0	199	202	0	-401	0
	Total	10,798	0	129	0	10,925	22,780	7,067	-16,184	24,588
Gross value added		13,609	0	56	0	13,663				
Domestic production		24,403	0	185	0	24,588				

IS: intermediate sectors, DFD: domestic final demand

Table 7. Differences between the input-output tables with and without woody power generation project (4 sectors).

(million yen)

		Intermediate sectors (IS)					Final demand			Domestic production
		GS	FF	WB	EL	Total	DFD	Exports	Import	
IS	General sector (GS)	51	0	129	0	179	0	0	-53	128
	Fossil fuel (FF)	1	0	0	0	1	-26	0	25	0
	Woody biomass (WB)	0	0	0	0	0	26	158	0	185
	Electricity (EL)	1	0	0	0	2	0	0	-2	0
	Total	57	0	129	0	184	0	158	-29	313
Gross value added		74	0	56	0	129				
Domestic production		128	0	185	0	313				

IS: intermediate sectors, DFD: domestic final demand

Table 8. Extended input-output table with CHP (4 sectors).

(million yen)

		Intermediate sectors (IS)					Final demand			Domestic production
		GS	FF	WB	EL	Total	DFD	Exports	Import	
IS	General sector (GS)	10,258	0	152	0	10,411	22,171	6,909	-15,063	24,427
	Fossil fuel (FF)	349	0	0	0	349	254	0	-603	0
	Woody biomass (WB)	0	0	0	0	0	208	0	0	208
	Electricity (EL)	199	0	0	0	199	147	0	-346	0
	Total	10,806	0	152	0	10,958	22,781	6,909	-16,012	24,636
Gross value added		13,622	0	56	0	13,677				
Domestic production		24,427	0	208	0	24,636				

IS: intermediate sectors, DFD: domestic final demand

Table 9. Differences between the input-output tables with and without CHP (4 sectors).

(million yen)

		Intermediate sectors (IS)					Final demand			Domestic production
		GS	FF	WB	EL	Total	DFD	Exports	Import	
IS	General sector (GS)	62	0	152	0	214	0	0	-62	152
	Fossil fuel (FF)	2	0	0	0	2	-154	0	152	0
	Woody biomass (WB)	0	0	0	0	0	208	0	0	208
	Electricity (EL)	1	0	0	0	1	-55	0	53	0
	Total	65	0	152	0	217	0	0	143	361
Gross value added		87	0	56	0	143				
Domestic production		152	0	208	0	361				

IS: intermediate sectors, DFD: domestic final demand

設し、日南町 109 部門産業連関表を作成した。当該事業における収入・支出の各項目の分類先（産業格付け）を Table 4 に併せて示した。売電は、FIT 制度のもとで行われるとしたことから、売上金額（158 百万円）を移出に計上した。熱供給は、重油換算で求めた売上金額（26 百万円）を最終需要（民間消費支出）に計上した。一方、熱供給の代替性を表すために化石燃料部門の最終需要（民間消費支出）から相当する金額を差し引いた。これは全量移入により賄われているので移入額も削減した。

当該事業の支出（Table 3）は、木質バイオマス部門への投入である。例えば林業部門など、木質バイオマス部門へ産出する部門は、中間需要が増加することから行和が大きくなり、行列和の調整が必要となる。林業部門については、地域内にある木質バイオマス資源を利用するとしたことから、投入額（列和）を増額させて対応した。その他、建設補修、金融・保険および水道部門も地域内で対応できる部門であることからそれぞれの投入額（列和）を増額させた。増加する投入額の列方向の部門振り分けは、日南町産業連関表における投入係数および粗付加価値係数を用いて按分した。この操作によりさらに多くの部門において行列和が一致しなくなるが、これについては移入額を増加させることで対応した²⁰⁾。

木質バイオマス部門組み込み後の日南町産業連関表から、木質バイオマス部門、化石燃料部門、電力部門および一般部門（その他の部門）の 4 部門に統合した産業連関表（Table 6）を作成した。また、Table 7 として事業組み込み前後の産業連関表からの変化額を示した。日南町産業連関表に FIT 価格による売電事業を組み込んだ結果、域内の総生産額は 313 百万円増加した。これは木質バイオマス利用事業を発生させたことによる直接効果 185 百万円と、木質バイオマス部門から他の一般部門に対して新たに需要が発生したことによる、間接効果 128 百万円を合わせた額である。また、粗付加価値額の合計は 129 百万円増加した。

4.3 熱電併給事業の地域経済効果

4.2 と同様の方法により、当該事業を組み込んだ

日南町 109 部門産業連関表を作成した。地域内に対して熱電併給が行われたと仮定したことから、代替性を表すために電力および化石燃料部門の最終需要（民間消費支出）からそれぞれに該当する金額（55 百万円および 154 百万円）を差し引いた。木質バイオマス部門への投入については、4.2 と同様の処理を行った。木質バイオマス部門組み込み後の日南町産業連関表から、4.2 と同様に 4 部門に統合した産業連関表（Table 8）を作成した。また、Table 9 として事業組み込み前後の産業連関表からの変化額を示した。日南町産業連関表に熱電併給事業を組み込んだ結果、域内の総生産額は 361 百万円、粗付加価値額の合計は 143 百万円増加した。シナリオ 2) の熱電併給事業は、木質チップ買取可能価格が高額に設定できることから、シナリオ 1) の FIT 価格による売電事業より単体の事業性に優れる。また、地域に与える経済効果も大きい。これは、指摘されるとおり売熱の事業性が優れることによる³⁾。FIT 制度とは関係が無いことから、買取期間である 20 年以上の事業継続も見込め、FIT に代わる補助金利用の可能性もある³⁸⁾。

本研究では、木質バイオマス利用事業の単体収益性はゼロとしている。この場合、事業実施のモチベーションは本来ない。しかし、地域への経済効果の観点からは、木質バイオマス利用事業を実施することで林業など他産業への波及効果が期待できる。小地域産業連関表を用いた分析を行うことで、単体事業性評価では見えない経済効果が算出でき、地域として事業実施の可能性が見出せた。

5. まとめ

本研究では、小地域の産業連関表を用いることで、地域にもたらされる経済効果をもって事業を評価した。一般に公開されている入手可能な統計資料と鳥取県の産業連関表を用いて、日南町の産業連関表を作成し、産業構造を推計した。次に、作成した産業連関表を拡張することで木質バイオマス利用事業を同表に導入した。同事業の実施による地域の総生産額および粗付加価値額の増加額を推計した。地域外から移入していたエネルギーを地域内の木質バイオ

マスで代替することにより、木質バイオマス部門と関連する部門において粗付加価値が生じる。産業連関表を用いるメリットは、粗付加価値がどの程度生じるかを定量的に示せ、施策を比較できる点にある。小地域の産業連関表であれば、その地域の産業構造を反映でき、結果として付加価値の生じ方の地域的な差異も表現できる。また、収益性の低い事業については、地域で経済効果を考慮することで事業実施の意義も見出せる可能性がある。小地域の産業連関表を用いた事業評価は有効な手法と考えられる。

最後に、本研究での留意点を以下に記す。

- ①本研究では、木質バイオマス利用事業の収益をゼロとする燃料費（木質チップ価格）を用いた。現実には更なる燃料費を計上する必要があり、事業自体の大幅な効率化が必要である。本研究では、500 kW という蒸気タービンとしては極めて小規模な発電を想定した。これは、利用可能な木質バイオマス量に合わせた設定である。近年、数十 kW など小規模な発電に対応できるガス化発電設備が市場投入され、FIT 制度のもと投資回収に 9 年と言われるまでになった。さらに小規模の木質バイオマス利用事業を想定すれば、事業の効率化が可能である点を付記する。
- ②本研究では、シナリオ 2) の熱電併給事業において、発生熱量の全量供給を仮定した。仮定した熱需要は現実的には困難であるが、ガス化発電設備による小規模の事業を想定すれば 100% の熱供給も可能となる。同設備は単体事業性にも優れることから、今後はガス化発電設備による熱電併給の事業評価を行う予定である。なお、熱供給はオンサイトで行う必要があることから、事業期間に応じた長期のオンサイト熱需要を見積もる必要がある。例えば、人口減少に留意する必要がある。
- ③本研究では、小地域の産業連関表を用いて事業評価を行うことの有効性を示すため、産業連関表を推計するところから始めた。実際には、美作市など一部の市町村で小地域の産業連関表が作成されており、可能であればそれらを利用することが望ましい。また、環境省から、有償であるが推計による市町村の産業連関表が頒布されている³⁹⁾。部門数が少ない

ため経済効果を分析するには難もあるが、目的によっては有用である。

本研究は、科学研究費補助金基盤研究 (C) (17K06601, 研究代表: 土屋哲) の補助により実施された。また、日南町の佐伯晋介氏より資料提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 環境省, 地域経済循環分析とは, <https://www.env.go.jp/press/files/jp/28653.pdf> (accessed on Mar 22, 2017).
- 2) 諸富徹, 「エネルギー自治」で地域再生! 飯田モデルに学ぶ, (岩波書店, 東京, 2015).
- 3) NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク, バイオマス白書 2017, <http://www.npobin.net/hakusho/2017/> (accessed on Mar 22, 2017).
- 4) 石田康, 坂内正明, 宮崎隆彦, 中沢真一, 横山隆一, “バイオマス利用エネルギー供給システムの経済性・環境性評価 - 産業系事業所における木質バイオマスコージェネレーション導入の効果分析 -”, 日本エネルギー学会誌, **90**[6], 547-553 (2011).
- 5) 柳田高志, 吉田貴紘, 久保山裕史, 陣川雅樹, “再生可能エネルギー固定価格買取制度を利用した木質バイオマス発電事業における原料調達価格と損益分岐点の関係”, 日本エネルギー学会誌, **94**[3], 311-320 (2015).
- 6) 林岳, “地域におけるバイオ燃料生産の経済および環境の両立性評価”, 農林水産政策研究, **18**, 41-57 (2010).
- 7) 中村良平, 石川良文, 松本明, “地域環境資源 (木質バイオマス) の利活用による内生的地域間格差縮小の効果に関する研究 - 地域間産業連関表の拡張による新たなアプローチ -”, 産業連関, **20**[3], 228-242 (2012).
- 8) 中村良平, 柴田浩喜, 松本明, “木質バイオマス資源の地域内循環における価格形成と地域経済効果”, 地域学研究, **43**[4], 429-449 (2013).
- 9) 今井泉, “美作市における小地域産業連関表の作成過程と課題”, 産業連関, **22**[1-2], 21-34 (2015).
- 10) 赤尾聡史, 角谷美佑, “小地域産業連関表を用いた太陽光発電事業導入による地域経済効果分析”, 同志社大学ハリス理化学研究報告, **58**[2], 46-52 (2017).
- 11) 松本直也, 本藤祐樹, “拡張産業連関表を利用した再生可能エネルギー導入の雇用効果分析”, 日本エネルギー学会誌, **90**[3], 258-267 (2011).

- 12) S. Nakano, A. Murano, A. Washizu, “Economic and Environmental Effects of Utilizing Unused Woody Biomass”, 日本エネルギー学会誌, **94**[6], 522-531 (2015).
- 13) 天達洋文, 岡野徹, 藤本栄之助, 天達泰章, “産業連関表を用いた隠岐の島町のバイオ事業の評価”, 産業連関, **20**[3], 243-252 (2012).
- 14) 浅川典敬, 長野章, 後藤卓治, 高木泰宏, 横山真吾, 加賀屋誠一, “産業連関分析手法の事業評価への適用について”, 産業連関, **18**[1-2], 71-79 (2010).
- 15) 中澤純治, “市町村地域産業連関表の作成とその問題点”, 政策科学, **9**[2], 113-125 (2002).
- 16) 今西英俊, “深川市産業連関表の作成手法の研究”, 産業連関, **12**[3], 38-49 (2004).
- 17) 松田真治, “小地域産業連関表の作成の試行とその活用—2000年鳥取市産業連関表の作成—”, TORC レポート, **26**, 23-40 (2005).
- 18) 岩崎俊夫, “地域産業連関表作成と利用の現状”, 立教経済学研究, **61**[3], 237-249 (2008).
- 19) 産業連関幹事会, 地域産業連関表作成基本マニュアル (未定稿版), (2014).
- 20) 小長谷一之, 前川知史, 経済効果入門, (日本評論社, 東京, 2014).
- 21) 日南町, 木質・食品系バイオマスを用いたエネルギー事業可能性評価報告書, (2009).
- 22) 鳥取県, 平成 17 年鳥取県産業連関表 108 部門表, <http://www.pref.tottori.lg.jp/dd.aspx?menuid=152092> (accessed on Mar 22, 2017).
- 23) 総務省統計局, 平成 26 年産業 (小分類) 別全事業所数及び従業者数, <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?bid=000001068220&cyclo=0> (accessed on Mar 22, 2017).
- 24) 総務省統計局, 平成 17 年産業連関表 - 基本分類表, http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_toGL08020103_&tclassID=000001019588&cycleCode=0&requestSender=search (accessed on Mar 22, 2017).
- 25) 総務省統計局, 平成 17 年生産農業所得統計, https://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_toGL08020103_&listID=000001064626&disp=0th&requestSender=dsearch (accessed on Mar 22, 2017).
- 26) 総務省統計局, 平成 17 年国勢調査, http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/GL08020103.do?_toGL08020103_&tclassID=000001007609&cycleCode=0&requestSender=search (accessed on Mar 22, 2017).
- 27) 鳥取県, 平成 17 年鳥取県経済活動別総生産, <http://www.pref.tottori.lg.jp/262564.htm> (accessed on Mar 22, 2017).
- 28) 鳥取県, 平成 17 年度学校基本調査, <http://www.pref.tottori.lg.jp/10538.htm> (accessed on Mar 22, 2017).
- 29) 総務省, 平成 17 年鳥取県市町村決算カード, http://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/pdf/1018-15-6_31.pdf (accessed on Mar 22, 2017).
- 30) 総務省, 平成 17 年都道府県決算カード, http://www.soumu.go.jp/iken/zaisei/pdf/1018-15-1_5.pdf (accessed on Mar 22, 2017).
- 31) 経済産業省資源エネルギー庁, 新しい固定価格買い取り制度について, http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/fit_kakaku.html (accessed on Jul 22, 2017).
- 32) NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク, バイオマス白書 2016, (2016).
- 33) 石油連盟, 石油に関する統計情報—換算係数一覧, <http://www.paj.gr.jp/statis/kansan/> (accessed on Mar 22, 2017).
- 34) 経済産業省資源エネルギー庁, 石油製品価格調査, http://www.enecho.meti.go.jp/statistics/petroleum_and_lpgas/pl007/results.html#headline3 (accessed on Mar 22, 2017).
- 35) 中国電力, 電気料金単価表, http://www.energia.co.jp/elec/h_menu/pricelist/pricelist3.html (accessed on Mar 22, 2017).
- 36) NPO 法人バイオマス産業社会ネットワーク, バイオマス白書 2015, (2015).
- 37) 久保山裕史, 低質材の供給拡大の可能性について—木質バイオマス発電を巡る 2016 年問題に向けて—, バイオマス産業社会 (BIN) 第 143 回研究会資料, <http://www.npobin.net/143thKuboyama.pdf> (accessed on Mar 22, 2017).
- 38) 一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会, <https://www.jwba.or.jp/> (accessed on Mar 22, 2017).
- 39) 環境省, 地域経済循環分析用データ, <http://www.vmi.co.jp/reca/> (accessed on Mar 22, 2017).