Original Paper

A Systematic Analysis of Bioenergy Supply Potentials
by Developing Regional Biomass Balance Tables in JapanHiromi YAMAMOTO^{*1*2}, Katsura FUKUDA^{*3}, Takashi INOUE^{*3}, and Kenji YAMAJI^{*4}

(Received May 25, 2006)

わが国の地域別バイオマスバランス表の開発によるバイオエネルギー資源量のシステム評価

山本博巳^{*1*2}, 福田 桂^{*3}, 井上貴至^{*3}, 山地憲治^{*4}

The purpose of this study is to conduct a systematic analysis of regional bioenergy supply potentials in Japan. For this purpose the authors developed regional biomass balance table that is a tool to grasp overall biomass flows and to evaluate discharges of biomass residues, parts of which can be used for bioenergy resources. The regional data about biomass products are available but those about the discharges of biomass residues are limited. Therefore, the authors divided the biomass balance table in the whole Japan into those in regions using both the available data of the products and the systematic biomass-balance analysis. The tables the authors developed shows the regional bioenergy potential differs greatly, and the region with the most bioenergy per capita (Hokkaido) has about three times more than the region with the least potential (Kansai).

Key Words

Biomass balance table, Bioenergy supply potential, Food biomass flow, Wood biomass flow,
Regional analysis

1. 緒 言

2002年に開始された政府の“バイオマス・ニッポン総合戦略”, 2003年施行の“電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法(通称RPS法)”の対象とする新エネルギー等の一つとなったこと, 2005年の“京都議定書目標達成計画”におけるバイオマスエネルギー利用目標の上方修正, などバイオエネルギー(バイオマスエネルギー)利用推進の政策がとられている。これに伴い, 民間事業者による発電・熱利用など, 残さ系バイオマスの商業利用が活発化している。

著者らは, 食品系および木質系のバイオマスフローをエネルギー単位で網羅的・一覽的に示すバイオマスバランス表を

開発し¹⁾²⁾, 世界およびわが国の各種バイオエネルギー供給可能量を評価してきた。

しかし, 残さ系のバイオエネルギー資源は, 農林業・食品産業などのバイオマス関連産業に伴って排出される, 地域特性の大きい資源である。また, バイオエネルギー資源は, 輸送コストが高いために, 地域ごとに利用を推進すべき資源である。このため, 地域別のより詳細なバイオエネルギー資源量評価が必要である。

本研究の目的は, 地域別のバイオマスエネルギー資源量を分析することである。しかし, 商品統計の完備されたバイオマス商品と異なり, 残さ系バイオエネルギー資源の地域別

- * 1 Socioeconomic Research Center, Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)
2-11-1 Iwadokita, Komae-shi, Tokyo 201-8511, Japan
- * 2 Department of Advanced Energy, School of Frontier Sciences, The University of Tokyo
5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa-shi, Chiba 277-8561, Japan
- * 3 Global Environment Department, Mitsubishi Research Institute, Inc.
2-3-6 Otemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8147, Japan
- * 4 Department of Electrical Engineering, School of Engineering, The University of Tokyo
7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656, Japan

- * 1 (財)電力中央研究所 社会経済研究所
〒201-8511 東京都柏江市岩戸北2-11-1
- * 2 東京大学新領域創成科学研究科
〒277-8561 千葉県柏市柏の葉5-1-5
- * 3 (株)三菱総合研究所 地球環境研究本部
〒100-8147 東京都千代田区大手町2-3-6
- * 4 東京大学大学院工学系研究科
〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

データを高精度で得ることは困難である。このため、著者らは、バイオマス商品統計とバイオマスバランス表というシステム分析手法を組み合わせ、地域別のバイオマスフローを作成する。その上で、バイオマスフローに伴って発生する残さ系バイオマス供給可能性を評価する。前述のRPS法が電気事業者ごとに新エネルギー等の利用目標量を課していることを考慮して、一般電気事業者の一般向け電力供給区域に準じて、全国を10地域に分割する。

本研究では、本節に引き続き、2節で地域別バイオマスバランス表の開発方法を説明する。3節で地域別バイオマスバランス表から得られるバイオエネルギー供給可能性に関して、地域特性の分析や、既往研究との比較を行う。最後に4節で本研究のまとめを述べる。

2. 地域別バイオマスバランス表

本節では、地域別バイオマスバランス表の概要と開発方法を説明する。

2.1 概 要

バイオマスバランス表とは、バイオマスフローを定量的・一覧的に示す、著者らの開発した手法である¹⁾。バイオマス商品の商品統計を主なデータソースに、バイオマスバランス（バイオマスフローにおける質量およびエネルギー保存の法則）を考慮して、バイオマス商品のバイオマスフローを作成する。作成したバイオマスフローに、残さ系バイオマスの発生原単位（たとえば単位穀物生産量あたりの残さ発生量）を組み合わせ、残さを含めたバイオマスフローを作成する。

解析対象年は2000年とする。ただし、バイオマスに関しては、作物等の年ごとの豊作・不作の影響を緩和するため、2000年を中心とした3年間の平均値とする。なお、本論文で示した定量値は、年次的なバイオマス生産量・消費量等の変動により変動するものである。

地域区分は、“電気事業者による新エネルギー等の推進に関する特別措置法（通称RPS法）”が電気事業者ごとに新エネルギー等の利用目標量を課していることを考慮して、一般電気

事業者（東京電力、関西電力など）の一般向け電力供給区域を参考に、全国を10地域とする（Table 1）。都道府県レベルのデータを利用して、全国を10地域に集計して表示する。静岡県以外の都道府県については、一部の市町村において他の市町村と異なる一般電気事業者から供給を受けているところがあるが、その割合は小さい。静岡県については、東京電力と中部電力の両社が供給しているため、両一般電気事業者の供給電力量（1999～2001年平均値）を用いて、県データを案分した（Table 2）。

2.2 地域別バイオマスバランス表の開発方法

ここでは、説明の煩雑さを避けるため、地域別バイオマスバランス表の開発方法の概要を示し、詳細は付録1に示す。

一次バイオマスは農林水産業による生産段階のバイオマス、中間バイオマスは一次バイオマスから最終バイオマスへの加工の途中段階のバイオマス、最終バイオマスとは人間の消費段階のバイオマス、廃棄バイオマスは人間の消費後に廃棄されるバイオマス、と定義する。

(1) 全国計の数値としては、著者らの開発したバイオマスバランス表¹⁾²⁾をベースに、文献1), 2), 3)に基づき、廃材の発生量を見直した数値を用いる。

Table 2 Shares of power supply in Shizuoka Prefecture in 2000^{a)}

	TEPCO	CEPCO	Shizuoka total
Power supply (in MWh/year)	10,933	19,156	30,090
Share	36%	64%	100%
(reference)			
Area (in km ²)	2,651	5,064	7,715
Share	34%	66%	100%
Population (in thousand)	592,736	1,281,188	1,873,924
Share	32%	68%	100%

a) In this report, we disaggregated the data of Shizuoka to Kanto and Chubu according to the power supplies by the power companies. Share of area and population nearly equals to the share of power supply.

Table 1 Region classification, population, and electricity sales in 2000^{a)}

Region	Prefecture	Population (in thousands)	Electricity sales (in GWh/year)
Hokkaido	Hokkaido	5,683	29,111
Tohoku	Aomori, Iwate, Miyagi, Akita, Yamagata, Fukushima, Niigata	12,336	74,514
Kanto	Ibaraki, Tochigi, Gunma, Saitama, Chiba, Tokyo, Kanagawa, Yamanashi, 36% of Shizuoka	42,128	280,651
Chubu	Nagano, Gifu, Aichi, Mie, 64% of Shizuoka	15,482	123,037
Hokuriku	Toyama, Ishikawa, Fukui	3,130	25,692
Kansai	Shiga, Kyoto, Osaka, Hyogo, Nara, Wakayama	20,578	142,852
Chugoku	Tottori, Shimane, Okayama, Hiroshima, Yamaguchi	7,748	54,503
Shikoku	Tokushima, Kagawa, Ehime, Kochi	4,199	25,686
Kyusyu	Fukuoka, Saga, Nagasaki, Kumamoto, Oita, Miyazaki, Kagoshima	13,464	75,251
Okinawa	Okinawa	1,325	6,626

a) Region classified according to supply areas of 10 Power Companies in Japan

- (2) 各種バイオマスの生産量の全国計を，本研究の地域区分 (Table 1) に案分する。案分指標には地域別のバイオマス関連統計 (Tables 3, 4) を利用する。一次バイオマス，中間バイオマス，最終バイオマスの各生産量を案分する。各バイオマスの生産量に比例して，バイオマス生産時残さの発生量を計算する。
- (3) バイオマス消費量の全国計を，本研究の地域区分 (Table 1) に案分する。案分指標には地域別のバイオマス関連統計 (Tables 3, 4) を利用する。消費量の案分指標の多く

は，一人あたり消費量同一と仮定して，人口とする。ただし，用材・ボードの消費量は，一人あたり消費量が地域により異なるので，文献 9) を用いて案分する。

- (4) 最終バイオマス消費量に，廃棄物の排出係数などを掛け合わせて，廃棄バイオマス発生量を計算する。廃棄物の排出係数は用材・ボード以外は全国平均，用材・ボードは文献 3), 4), 5) の値を使用する。
- (5) 古紙の再生紙用利用量，製材残さの用材利用量は，他のバイオマスの仕向け量及び再生紙，用材の生産量の差よ

Table 3 Disaggregating indicators for food biomass balance table

Commodity	Application	Disaggregating indicator	Reference
Cereals, roots, and other crops	Production	Crop production	8)
	Vegetative food production	Food manufacture shipment	9)
	Feed production	Feed manufacture shipment	9)
	Cultured fish production	Cultured fish production	10)
	Consumption	Population	11)
Sugarcane, bagasse	All items	Sugarcane production	8)
Pasture grass	Production	Pasture grass production	8)
Fish	Production	Fish catches	10)
	Feed production	Feed manufacture shipment	9)
	Cultured fish production	Cultured fish production	10)
	Animal food production	Food manufacture shipment	9)
	Consumption	Population	11)
Bran	Vegetative food production	Food manufacture shipment	9)
	Feed production	Feed manufacture shipment	9)
Feed	Feed production	Feed manufacture shipment	9)
	Meat production	Cattle production feed cost	12)
Cultured fish	Cultured fish production	Cultured fish production	10)
	Animal food production	Food manufacture shipment	9)
Meat, other animal Food	Meat production	Carcass and broiler production	12)
	Other animal food production	Egg, milk production	12), 13)
Animal dung	Animal food production	Food manufacture shipment	9)
Food consumption	Meat production	Cattle production feed cost	12)
	Vegetative food consumption	Population	11)
	Animal food consumption	Population	11)

Table 4 Disaggregating indicators for wood biomass balance table

Commodity	Application	Disaggregating indicator	Reference
Industrial roundwood	Production	Timber production	14)
	Wood pulp production	Pulp, paper and paper goods manufacture shipment	9)
	Board production	Wooden goods manufacture shipment	9)
	Sawn wood production	Wooden goods manufacture shipment	9)
Fuel wood	Production	Charcoal production	15)
Non wood pulp	Production	Pulp, paper and paper goods manufacture shipment	9)
	Paper production	Pulp, paper and paper goods manufacture shipment	9)
Wood pulp	Wood pulp production	Pulp, paper and paper goods manufacture shipment	9)
	Paper production	Pulp, paper and paper goods manufacture shipment	9)
Lumber residues	Wood pulp production	Pulp, paper and paper goods manufacture shipment	9)
	Board production	Wooden goods manufacture shipment	9)
Paper	Paper production	Pulp, paper and paper goods manufacture shipment	9)
	Paper consumption	Population	11)
Board	Board production	Wooden goods manufacture shipment	9)
Sawn wood	Sawn wood production	Wooden goods manufacture shipment	9)

り算出する。

- (6) バイオマスの生産量と消費量の差を、バイオマス移出入量(輸出入量を含む、以下同じ)とする。製材残さ及び古紙以外の廃棄バイオマスの移出入量はゼロと仮定する。

このように、バイオマス商品統計で不足するデータを、バイオマスバランス表の概念によりシステムの補完して、地域別のバイオマスフローを完成した。バイオマスフローに関連して発生するバイオマス残さの量を計算した。

3. 地域別バイオマスバランス表による分析結果

本節では、2節の手法で開発した地域別バイオマスバランス表から得られる分析結果を説明する。

なお、究極エネルギー供給可能量とは、排出されるバイオマス残さのうち、用材・ボード・パルプの用途にマテリアルリサイクルされる量を除いた全量をエネルギー換算したものと定義する¹⁾。

Table 5 Example of regional food biomass balance table (Kanto-region in 2000) (unit:PJ/year)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14
	Energy crops	Cereals	Root	Sugarcane	Other crops	Pasture grass	Fishes	Crop residues	Sugarcane residues	Sugar	Bagasse	Cake, bran	Feeds	Hatchery fish
R00 Area	0	333	34	0	190	20	-	-	-	-	-	-	-	-
R01 Harvest	0	25	3	0	7	4	3	22	0	-	-	-	-	-
R02 Import	-	126	3	0	60	-	7	-	-	11	-	0	5	1
R03 Export	-	0	0	0	0	-	0	-	-	0	-	-10	0	0
R04 Changes in stocks	-	-1	0	0	0	-	0	-	-	0	-	-	-	-
R05 Total	0	150	6	0	67	4	9	22	0	11	-	-10	5	1
R06 Vegetable food	-	-95	-5	-	-65	-	-	-	-	-11	-	28	-	-
R07 Sugar production	-	-	-	0	0	-	-	-	-	0	0	-	-	-
R08 Feed production	-	-51	0	0	-1	-4	-1	-	-	-	-	-18	80	-
R09 Fish production	-	0	0	0	0	-	0	-	-	-	-	0	-	0
R10 Meat etc. production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-85	-
R11 Animal food production	-	-	-	-	-	-	-8	-	-	-	-	-	-	-1
R12 Traditional bioenergy production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
R13 Modern bioenergy production	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
R14 Others	0	-4	0	0	0	0	0	-22	0	-	0	0	0	0
R15 Food consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R16 Traditional bioenergy consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R17 Modern bioenergy consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R18 Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R19 Ultimate bioenergy potential	0	-	-	-	-	-	-	22	0	-	0	-	-	-

	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28
	Meat	Egg, Milk, etc	Animal dung	Vegetable products	Veg. prod. process residues	Veg. prod. distribution residues	Animal products	Anim. prod. process residues	Anim. prod. distribution residues	Kitchen wastes	Man feces	Trad. bioenergy consumpt.	Modern. bioenergy consumpt.	Total
R00 Area	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	576
R01 Harvest	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	63
R02 Import	12	10	-	10	-	-	3	-	-	-	-	-	-	249
R03 Export	0	0	-	0	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-10
R04 Changes in stocks	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-2
R05 Total	12	10	-	10	-	-	3	-	-	-	-	-	-	300
R06 Vegetable food	-	-	-	121	24	4	-	-	-	-	-	-	-	0
R07 Sugar production	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	0
R08 Feed production	0	-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5
R09 Fish production	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
R10 Meat etc. production	5	10	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-41
R11 Animal food production	-17	-15	-	-	-	-	31	9	1	-	-	-	-	0
R12 Traditional bioenergy production	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0
R13 Modern bioenergy production	0	0	0	-	0	0	-	0	0	-1	-3	-	5	0
R14 Others	0	-5	-30	-	-24	-4	-	-9	-1	-11	-30	-	-	-140
R15 Food consumption	-	-	-	-131	-	-	-33	-	-	12	33	-	-	-119
R16 Traditional bioenergy consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0
R17 Modern bioenergy consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-5	-5
R18 Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R19 Ultimate bioenergy potential	-	-	30	-	24	4	-	9	1	12	33	-	-	135

Table 6 Example of regional wood biomass balance table (Kanto-region in 2000) (unit:PJ/year)

	C01	C02	C03	C04	C05	C06	C07	C08	C09	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16
	Industrial roundwood	Fuel wood	Non wooden pulp	Roundwood residue	Fuel wood residue	Wood pulp	Black liquor	Lumber residue	Paper	Board	Sawnwood	Waste paper	Const. waste	Traditional bioenergy consumpt.	Modern bioenergy consumpt.	Total
R00 Area	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R01 Production	11	0	0	7	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18
R02 Import	113	-	0	-	-	11	0	2	28	5	63	0	-	-	-	223
R03 Export	0	-	0	-	-	0	0	0	0	0	0	-18	-	-	-	-18
R04 Subtotal	124	0	0	7	0	11	0	2	28	5	63	-18	0	-	-	224
R05 Wood pulp production	-71	-	-	-	-	42	35	-11	-	-	-	-	-3	-	-	-9
R06 Paper production	-	-	0	-	-	-52	-	-	117	-	-	-69	-	-	-	-4
R07 Board production	-1	-	-	-	-	-	-	-1	-	4	-	-	-2	-	-	0
R08 Sawn wood production	-52	-	-	-	-	-	-	15	-	-	37	-	0	-	-	0
R09 Traditional bioenergy production	-	0	-	0	0	-	-	0	-	-	-	0	0	0	-	0
R10 Modern bioenergy production	-	0	-	0	0	-	-35	-3	-	-	-	-1	-13	-	51	0
R11 Others	0	0	-	-7	0	-	0	-2	-	-	-	-48	-64	-	-	-121
R12 Paper consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-146	-	-	135	-	-	-	-11
R13 Board consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-9	-	-	7	-	-	-2
R14 Sawn wood consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-100	-	76	-	-	-24
R15 Trad. bioenergy consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	0
R16 Modern bioenergy consumption	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-51	-51
R17 Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
R18 Ultimate bioenergy potential	0	0	0	7	0	0	35	5	0	0	0	49	78	-	-	173

3.1 地域別バイオマスバランス表と分析結果

著者らは全国を10地域（Table 1 参照）に分割したバイオマスバランス表を開発した。紙面の都合上、代表例として関東地域のバイオマスバランス表を Table 5, Table 6 に示す。開発した地域別バイオマスバランス表から、地域別のバイオエネルギー供給可能性を評価する。

究極バイオエネルギー供給可能性が最も大きいのは最も人口の多い関東地方（308PJ/年）であり、全国計1,236PJ/年の約25%を占める。次いで、東北（173PJ/年）、九州（166PJ/年）が大きい。究極バイオエネルギー供給可能性が最も小さいのは最も人口の少ない沖縄（13PJ/年）であり、次いで北陸地方（32PJ/年）となった（Fig. 1）。一人あたり究極バイオエネルギー供給可能性を比較すると、北海道が20.4GJ/年/人と最も大きくなり、次いで東北（14.0GJ/年/人）、四国（12.5GJ/年/人）が大きい。反面、関西（6.8GJ/年/人）、関東（7.3GJ/年/人）など、一次産業よりも二次・三次産業の盛んな地域では一人あたり究極バイオエネルギー供給可能性が小さい（Fig. 2）。

各地域における資源量内訳を見ると、各地域の特徴が現れている（Fig. 3）。サトウキビ生産の盛んな沖縄ではバガス等が約4割と大きい。畜産業の盛んな北海道や九州では家畜糞尿、製紙産業の盛んな四国では黒液の割合が高い。関東・関西等の都市部では廃材、古紙、食品加工廃棄物などの都市型廃棄物の割合が高い。

バイオエネルギー供給可能性と直接の関係は無いが、バイオマスフローの参考として、各地域のバイオマス輸出入（移出入を含む）を示す（Fig. 4）。なお、データ制約により、地域別のバイオマス輸出入量と移出入量がそれぞれ定量化できないため、バイオマスの輸出入と移出入の合計値を示す。そ

Fig. 3 Resource share of ultimate supply potential of bioenergy for each region

Fig. 4 Summation of domestic and international import and export of biomass in 2000^{a)}

a) Positive numbers mean import and negative numbers mean export.

の結果、全地域がバイオマスのネットの輸入地域であることがわかる。特に、バイオマス輸入量が大きいのは、関東、関西、中部である。これらの地域では、穀物と産業用丸太の輸入が大きい。反面、米所として知られる北陸の穀物輸入量は小さい。製紙業の盛んな北海道、中部、四国は紙を輸出する。関東と九州は古紙の主な輸出元である。

Fig. 1 Regional ultimate supply potential of bioenergy

Fig. 2 Regional ultimate supply potential of bioenergy per capita

3.2 他の調査結果との比較

本研究で評価したバイオエネルギー資源の一部は、他の機関の調査で既に評価されている。本研究の地域分割の手法の妥当性を確認するため、他の調査と、地域別シェアを比較する（Table 7）。

本研究がバイオマスバランス表の手法を用いたのに対して、他の機関の調査は、主に事業者や自治体などへのヒアリングによるデータの積み上げに基づく。

環境省の統計⁶⁾は、全国の3,250市町村（東京都23区を含む）、870事務組合における一般廃棄物の排出処理状況を、都道府県を経由し環境省に報告されたデータを集計して、作成された。環境省統計は一般廃棄物排出量の湿重量を評価した。このため、本研究の厨芥のエネルギー換算値と直接の比較はできない。しかし、両者の地域別シェアはほぼ一致している。

日本下水道協会の統計⁷⁾は全国の下処理場のデータを集計して作成された。これは下水道だけを求めたものであるため、本研究の人糞のエネルギー換算値と直接の比較はできない。同協会の地域別シェアは、本研究の人糞の地域別シェアと比較すると、下水道普及率の高い関東、関西で大きく、下水道普及率の低い、東北、四国、九州で小さいという傾向が

Table 7 Comparisons of regional resource shares^{a)}

	Existing statistics		This report
	Kitchen waste ⁶⁾	Man feces ⁷⁾	
Hokkaido	5%	7%	5%
Tohoku	9%	6%	10%
Kanto	33%	40%	33%
Chubu	11%	9%	12%
Hokuriku	2%	2%	2%
Kansai	19%	21%	16%
Chugoku	6%	4%	6%
Shikoku	3%	1%	3%
Kyusyu	10%	8%	11%
Okinawa	1%	2%	1%

a) Due to data limitations, kitchen waste and man feces are estimated according to food consumption, which is disaggregated by population in this report. The total of kitchen waste in the reference 6) is 52 million tons (including water) and that of man feces in the reference 7) is 413 million m³ (including water).

見られる。

また、バイオマス資源量を市町村レベルに案分してGISデータベースで示したNEDO調査¹⁶⁾に関して、同文献が文献6)7)と同様の案分指標を使用したことを確認した。

なお、本研究ではTable 3, Table 4に示す案分指標を用いたが、今後、地域別データが得られれば、再推計が必要である。厨芥や人糞に関しては、10地域分割の分析では、人口比例で十分と考えられる(Table 7)。しかし、今後都道府県や市町村のレベルのバイオマスバランス表を作成する際には、昼夜人口の違いを反映した分析が必要と考えられる。廃材に関しては、本研究では解体家屋数、家屋当たりの廃材量、木造・鉄筋の区別を反映した分析を実施済みである。

3.3 販売電力量あたりのバイオエネルギー供給可能量

2002年6月に公布された“電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法”(RPS法)は、電気事業者に対して、一定量以上の新エネルギー等を利用して得られる電気の利用を義務付けることにより、新エネルギー等の利用を推進するものである。経過措置はあるものの、2010年度以降は各電気事業者の販売電力量に全国一律の比率を掛けた値が、各電気事業者の基準利用量として定められている。ただし、電気事業者は、自ら新エネルギー等電気を発電するだけでなく、他の電気事業者などから購入する新エネルギー等電気や電気相当量の電子クレジットを、基準利用量の達成に利用することは許される。

各地域の究極バイオエネルギー供給可能量を各地域の一般電気事業者の販売電力量で割った結果をFig. 5に示す。Fig. 5では値が最大となる北海道を1.0として規格化して示した。この図は、究極バイオエネルギー供給可能量に対する電気事業

Fig. 5 Ultimate bioenergy supply potential per electricity sales in each region in 2000^{a)}

a) Standardization is based on Hokkaido's figure (3.4MJ-ultimate-supply-potential/kWh-electricity-sales).

者のバイオマス発電電力の利用可能量の比率が全国で大きく変わらないと仮定したときの、RPS目標に対する地域別のバイオエネルギー資源量の一つの目安として示した。ただし、究極バイオエネルギー供給可能量と電気事業者のバイオマス発電の電力販売量の間には、バイオマス資源の他用途利用（マテリアル利用、熱利用）バイオマス資源・利用技術の経済性、発電効率、自家発自家消費量など、大きな乖離があり、それらを含めた地域的な分析は今後の課題である。

この結果、最小の関西の資源量は0.23に留まり、約4倍の開きがある。単位販売電力量あたりのバイオエネルギー供給可能量は、北海道、九州、東北などでは相対的に大きな数値となる一方、関東、中部、関西では相対的に小さい値となる。Fig. 2とFig. 5を比較すると、関東、中部、関西では一人あたりバイオエネルギー資源量が小さいだけでなく、電力消費量が大きいため、Fig. 5では地域差がより拡大することがわかる。これらから、全国共通のRPS目標は、地域内の自給バイオエネルギー資源に関しては、二次・三次産業が盛んな地域に対しては相対的に厳しい目標と考えられる。

4. 結 言

著者らは、既存のバイオマスバランス表を地域別に展開することにより、各地域におけるバイオエネルギーの供給可能量や資源の移出入状況を定量的に示した。その結果、一人あたり供給可能量では食品系で北海道や沖縄、木質系では四国や北海道、九州が多くなっており、関東や関西はいずれの資源量も少ないように、地域ごとに差があることを定量的に示した。

また、RPS目標への示唆として、地域別のバイオエネルギー供給可能量と販売電力量を比較した。その結果、単位販売電力量あたりのバイオエネルギー供給可能量は、北海道や沖縄、九州のように農林業の盛んな地域で大きく、関東、中部、関西では小さいことが分かった。

今後は、他の再生可能エネルギーを含めた、詳細な地域別エネルギー供給可能量の評価を行うことを検討している。

付録1 地域別バイオマスバランス表の作成手順

付録：バイオマスバランス表の全国版から地方版への変換手続き

本研究では、地域別バイオマス統計の地域別シェア等の按分指標を用いて、全国版バイオマスバランス表を地域別バイオマスバランス表へと分割する。各種の按分指標の出典はTable 3, Table 4 に示した。以下にその分割方法を説明する。

(1) バイオマス生産に関する按分を以下のように行った。

(1-1) 全国バイオマス生産量の地方への按分は以下の通り。

$$PPB(r, ipb) = PPBT(ipb) \cdot APPB(r, ipb)$$

ただし、r：地域、ipb：一次バイオマス（産業用丸太、サトウキビ、牧草、魚介類など）、PPB：地域別一次バイオマス生産量、PPBT：全国一次バイオマス生産量、APPB：地域別一次バイオマス生産量の按分係数。

$$PIB(r, iib) = PIBT(iib) \cdot APIB(r, iib)$$

ただし、iib：中間バイオマス（木材パルプ、飼料など）、PIB：地域別中間バイオマス生産量、PIBT：全国中間バイオマス生産量、APIB：地域別中間バイオマス生産量の按分係数。

$$PFB(r, ifb) = PFBT(ifb) \cdot APFB(r, ifb)$$

ただし、ifb：最終バイオマス（用材、ボード、紙、植物性食料、動物性食料、エネルギー利用）、PFB：地域別最終バイオマス生産量、PFBT：全国最終バイオマス生産量、APFB：地域別最終バイオマス生産量の按分係数。

(1-2) バイオマス生産に関わるバイオマス残さの発生量は、バイオマス生産量に比例する。

$$PRPB(r, ipb) = PPB(r, ipb) \cdot ARPPB(r, ipb)$$

$$PRIB(r, iib) = PIB(r, iib) \cdot ARPIB(r, iib)$$

$$PRFB(r, ifb) = PFB(r, ifb) \cdot ARPFB(r, ifb)$$

ただし、PRPB：一次バイオマス生産時残さ発生量、ARPPB：一次バイオマス生産時残さ発生比率、RPIB：中間バイオマス生産時残さ発生量、ARPIB：中間バイオマス生産時残さ発生比率、RPFB：最終バイオマス生産時残さ発生量、ARPFB：最終バイオマス生産時残さ発生比率。

(2) バイオマス消費に関する按分を以下のように実施した。

(2-1) 全国バイオマス消費量の地方への按分は以下の通り。

$$CPIB(r, ipb, iib) = CPIBT(ipb, iib) \cdot ACPIB(r, ipb, iib)$$

$$CPB(r, ipb) = \sum (iib, CPIB(r, ipb, iib))$$

ただし、CPIB：地域別用途別（ifb）の一次バイオマス消費量、CPIBT：全国用途別（ifb）の一次バイオマス消費量、ACPIB：地域別用途別（ifb）の一次バイオマス消費量の按分係数、CPB：一次バイオマス消費量。

$$CIFB(r, iib, ifb) = CIBFT(ipb, iib) \cdot ACIFB(r, ipb, iib)$$

$$CIB(r, iib) = \sum (ifb, CIFB(r, iib, ifb))$$

ただし、CIFB：地域別用途別（ifb）の中間バイオマス消費量、

CIBFT：全国用途別（ifb）の中間バイオマス消費量、ACIFB：地域別用途別（ifb）の中間バイオマス消費量の按分係数、CIB：中間バイオマス消費量。

$$CFB(r, ifb) = CFBT(ifb) \cdot ACFB(r, ifb)$$

ただし、CFB：最終バイオマス消費量、CFBT：全国の最終バイオマス消費量、ACFB：最終バイオマス消費量の地域按分の係数。

ただし、ACFBは、用材に関しては住宅の着工件数と住宅木材原単位を考慮して決定した^{3) 4) 5)}。用材以外は人口で按分した（Table 3, Table 4 参照）。

(2-2) 廃棄バイオマスの発生量は以下のように決定した。

$$PWB(r, iwb) = CFB(ifb) \cdot AFWB(r, iwb)$$

ただし、iwb：廃棄バイオマス（廃材、古紙、厨芥、人糞）発生量。AFWB：最終バイオマス消費量に対する廃棄バイオマス排出量の係数。廃材に関しては最終バイオマスの消費時点と市中ストック期間とを考慮した^{3) 4) 5)}。廃材以外は全国平均の値を用いた。ifbとiwbは以下のように対応する。（用材+ボード）と廃材、紙と古紙、（植物性食料+動物性食料）と厨芥、（植物性食料+動物性食料）と人糞。

(2-3) マテリアルリサイクル（製材残さ、古紙）に関係する例外処理を以下のように実施した。

地域別の製材残さのリサイクル用途の量は以下のように計算される。

木材パルプ、ボード生産に占める廃材の原料率を全国一定と仮定した。

$$CWRB(r, iwb=lumber_waste, ib=wood_pulp)$$

$$= PFB(r, ifb=wood_pulp) / WPEF$$

$$- CPIB(r, ipb=roundwood, iib=wood_pulp)$$

$$- CWRB(r, iwb=construction_waste, ib=wood_pulp)$$

ただし、WPEF：木材からパルプへの変換効率。

地域別の古紙のリサイクル用途の量は以下のように計算される。

$$CWRB(r, iwb=waste_paper, ib=paper)$$

$$= PFB(r, ifb=paper) / PPEF - CIB(r, iib=wood_pulp, ifb=paper)$$

$$- CIB(r, iib=unwood_pulp, ifb=paper)$$

ただし、CWFB：地域別用途別廃棄バイオマスのリサイクル量、PPEF：パルプから紙への変換効率。ib：木材パルプまたは紙。

(3) 各バイオマスの輸出入量（移出入量を含む）は、原則的に、生産量と消費量の差により算出した（－が移出、＋が移入）。

なお、製材残さ及び古紙以外の残さ・廃棄バイオマスと牧草の移出入量はゼロとした。廃材等については廃棄物発電など広域利用が進みつつあるが、10地域区分を越境する量は大きくないと考えた。

文 献：References

- 1) 山本博巳, 山地憲治, 電力中央研究所研究報告 Y04017 (2005) : Yamamoto, H., Yamaji, K., CRIEPI report Y04017 (2005)
 - 2) 山本博巳, 福田桂, 井上貴至, 日エネ誌, **24**(1), 61(2003): Yamamoto, H., Fukuda, K., Inoue, T., *J. Jpn. Inst. Energy*, **24**(1), 61(2003)
 - 3) 外崎真理雄, 木材工業, **57**(11), (2002) : Tonozaki, M., *Mokuzai Kogyo*, **57**(11), (2002)
 - 4) 再利用・廃棄技術調査・開発事業報告書, (財)日本住宅・木材技術センター(2003) : Sairiyu Haikigijyutsu Chyosa Kaihatsu Jigyuu Houkokusyo, Japan Housing and Wood Technology Center(2003)
 - 5) 福田桂, 山本博巳, 井上貴至, 山地憲治, エネルギー・資源学会誌, **28**(2), 57(2007) : Fukuda, K., Yamamoto, H., Inoue, T., Yamaji, T., *J. of Jpn. Soc. Energy and Resources*, **28**(2), 57(2007)
 - 6) http://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/
 - 7) 下水道統計行政編, 社団法人日本下水道協会 : Gesuidou Toukei Gyouseihen, Japan Sewage Works Association
 - 8) 作物統計, 農林水産省統計部編 : Sakumotsu Toukei, MAFF
 - 9) 工業統計表, 経済産業省経済産業政策局調査統計部 : Kougyou Toukeihyo, METI
 - 10) 漁業・養殖業生産統計年報, 農林水産省統計部編 : Gyogyou Youshokugyou Seisan Toukei Nenpou, MAFF
 - 11) 日本統計年鑑, 総務省統計局 : Nihon Toukei Nenkan, MIC
 - 12) 畜産物流通統計, 農林水産省統計部編 : Tikusanbutsu Ryutsuu Toukei, MAFF
 - 13) 牛乳乳製品統計, 農林水産省統計部編 : G y u n y u Nyuuseihin Toukei, MAFF
 - 14) 木材需給報告書, 農林水産省統計部編 : Mokuzai Jukyuu Houkokusyo, MAFF
 - 15) http://www.e-egaogenki.com/material/charcoal/charcoal_s.html
 - 16) <http://biomass.denken.jp>
-