Original Paper

Biomass Production Scale in Japan

Yukihiko MATSUMURA^{*1}, Takashi INOUE^{*2}, Keiichi KOMOTO^{*3}, Satoshi HIRATA^{*4}
Kenichiro HADA^{*3}, Katsura FUKUDA^{*2}, Tomoaki MINOWA^{*5}, and Hiromi YAMAMOTO^{*6}

(Received July 1, 2002)

わが国におけるバイオマス資源発生規模

松村幸彦^{*1}, 井上貴至^{*2}, 河本桂一^{*3}, 平田悟史^{*4}
羽田謙一郎^{*3}, 福田 桂^{*2}, 美濃輪智朗^{*5}, 山本博巳^{*6}

Regarding bioenergy utilization in Japan, information on generation scale distribution of biomass resources is essential for development of a policy to introduce bioenergy. In this research, investigation based on various statistic resources was carried out first in Japan for the generation scale distribution of forest residues, manufacturer waste wood, cattle manure, construction waste wood, sewage sludge, night soil, house garbage, and waste food oil. As a result, it was found that the scale of the biomass generation in Japan is relatively small, usually being several tones per day in dry weight.

Key Words

Biomass, Bioenergy, Generation scale

1. 緒 言

地球温暖化問題への対策として再生可能エネルギーの有効利用が世界的に推進される方向にあり、特にバイオマスエネルギー（バイオエネルギー）は、その有機物としてのエネルギー形態、廃棄物としての安価な入手可能性、自然環境の保持などの観点から、持続可能な社会におけるエネルギー資源の一つの柱として世界的に注目されている。わが国においてもバイオエネルギーの利用は促進される方向にあり、2002年1月の新エネルギー促進法政令改正に伴って、バイオマスは法的に新エネルギーの一環として位置づけられた。これによってバイオマスを熱利用、燃料生産、電力生産に用いる事業に

ついては、補助ならびに債務保証が行われることとなり、バイオエネルギーを利用するプラントの導入が促進されることが予想される。

このバイオエネルギー利用への興味の高まりを受けて、既にいくつかのバイオマス関連調査が行われており、バイオマスの資源量などについての推定値も発表されている^{1)~6)}。これからは、わが国のバイオマスエネルギーポテンシャルとしては究極値として1,000~3,000 PJ/年、実際値として500~700 PJ/年程度の値が得られる。これはわが国の1次エネルギー供給量を23 EJとすれば究極値で4~13%、実際値で2~3%の値となる。

- * 1 School of Engineering, Hiroshima University, 1-4-1 Kagamiyama, Higashihiroshima-shi 739-8527, Japan
- * 2 Global Warming Research Department, Mitsubishi Research Institute, INC., 2-3-6 Ohtemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8141, Japan
- * 3 Global Environment, Environmental and Industrial Science, FUJI RESEARCH INSTITUTE CORPORATION, 2-3 Kanda-nishikicho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-8443, Japan
- * 4 Technical Institute, Kawasaki Heavy Industries, Ltd., 1-1 Kawasakicho, Akashi-shi, Hyogo 673-8666, Japan
- * 5 Research Institute of Energy Utilization, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 16-1 Onogawa, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-8569, Japan
- * 6 Socioeconomic Research Center, Central Research Institute of Electric Power Industry, 1-6-1 Ohtemachi, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8126, Japan

- * 1 広島大学大学院工学研究科
〒739-8527 東広島市鏡山 1-4-1
- * 2 株式会社三菱総合研究所科学技術研究本部
〒100-8141 千代田区大手町 2-3-6
- * 3 株式会社富士総合研究所環境・資源エネルギー研究部
〒101-8443 東京都千代田区神田錦町 2-3
- * 4 川崎重工業株式会社技術研究所
〒673-8666 兵庫県明石市川崎町 1-1
- * 5 産業技術総合研究所エネルギー利用研究部門
〒305-8569 茨城県つくば市小野川 16-1
- * 6 財団法人電力中央研究所経済社会研究所
〒100-8126 東京都千代田区大手町 1-6-1

このように、わが国のバイオマス資源量についてはある程度のデータが得られているが、プラント設計にあたって重要となるバイオマスの処理規模に直接的に意味を持つと考えられる個別の資源発生規模についてのデータはほとんど得られていない。バイオマスエネルギー利用促進の流れを受けて、国内各プラントメーカーも、海外の技術を導入しつつ、製品の開発を進めているのが現状である。しかしながら、海外の、広大な面積を有し、安い人件費でバイオマス資源の輸送も容易な状況と比較すれば、わが国においては農家当たりの耕作面積も小さく、輸送コストも高いために、個別のバイオマス発生規模は小さくなることが予想される。バイオマスの個別発生規模は、特に輸送が経済的に難しい場合には、プラントにおけるバイオマス処理量を決定する。規模が大きい場合には、既存の火力発電などの大規模処理プラントの技術が直接利用可能であるが、規模が小さい場合には、熱回収、経済性確保などに工夫が必要となる。このため、個別バイオマス発生規模についての情報は、実際にバイオエネルギーを導入する上で、必要不可欠な情報と言える。

しかしながら、全体のバイオマス資源量についてある程度まとまった値が得られているのに対し、個別のバイオマス発生規模について統計的な調査を行った例はなく、このデータを得ることはきわめて重要である。そこで、本研究では、各種の統計データからわが国における各種バイオマスの個別発生規模分布を求め、適切な処理プラント規模の確認を行うことを目的とする。具体的には、各種バイオマス種のなかで、統計的データの得られた林地残材・間伐未利用材、製材所廃材、農業残渣、畜産糞尿、建築廃材、下水汚泥、尿尿、家庭系厨芥類、廃食油の9種類のバイオマスについて、個別発生規模の規模分布を推算した。

2. 推算方法

(1) 林地残材・間伐未利用材

利用可能な木質バイオマス資源として、主伐を行ったときに不要部分として残される林地残材と間伐を行った時に発生する間伐未利用材の両者を併せた量についての推算を行った。全国のデータが得られないので、素材生産量が大きい北海道ならびに岩手県について検討を行った。

北海道については、森林面積ごとに森林組合を区分し、その素材生産材積を整理した統計データ⁷⁾に基づいた計算を行った。まず、生産材積の中で主伐材によるものと間伐材によるものの比率を北海道の統計値 866 : 1596 を用いて主伐による生産材積と間伐による生産材積を求めた。主伐に際して利用されず森林に残され林地残材となる部分の、立木（生えている1本の木全体）に対する割合は、広葉樹で末木（幹の上の部分で細すぎて使えない部分）が5%、枝条（枝の部分）が20%、その他の残材が10%、針葉樹で末木が2%、枝条が8%、その他の残材が5%というデータが北海道について得られている⁸⁾。ここでは、広葉樹生産材積と針葉樹生産材積の割合の重みをかけた平均値として、末木が2.1%、枝条が8.4%、その他の残材が5.2%という値を用いて、上記の主伐材積から主伐に

伴って発生する林地残材量を推算した。間伐未利用材については、林野庁ヒアリングによって間伐未利用材積と間伐利用材積の比が40 : 29という数字が得られているので、この値を用いて上記の間伐材積から推算を行った。こうして得られた各森林面積区分の林地残材ならびに間伐未利用材量をその区分に含まれる組合数で割り戻して平均の発生量を求めた。

岩手県の場合には、各森林組合ごとの用途別素材生産量が得られるので、これに基づいて推算を行った。これらの発生量中、主伐によるものと間伐によるものの割合は不明であったため、便宜的に一般用材が主伐によるものであり、それ以外が間伐によるものとして取り扱った。林地残材の推算は、岩手県についての立木に対する林地残材の比率が得られなかったので、全国値（広葉樹で0.35、針葉樹で0.15⁹⁾）に基づいて広葉樹と針葉樹の重みをかけた平均値を0.18と算出、この値を用いて主伐材積から求めた。間伐未利用材については北海道の場合と同様にして推算を行った。

(2) 製材所廃材

製材所から排出される端材などの廃材は、ある程度まとまった量、含水率が低い形で発生するために、利用しやすい木質バイオマス資源として期待されている。個別の製材所の規模分布は、製材用動力の設備能力ごとに分類されたデータが「木材需給報告書」から得られる⁹⁾。また、それぞれの分類ごとの素材入荷量も得られている。素材入荷量あたりの廃材発生率は同報告書から得られる値から概算値として0.4を定め、これに基づいて廃材の発生量を各規模ごとに推算、年間稼働日数を250日として日量ベースの廃材発生量を決定した。

(3) 農業残渣

農業残渣として現在まとまった量がある程度集中して発生するのは、わが国においてはもみ殻だけであるので、ここではもみ殻が発生するカントリーエレベータ、ドライストア、ライスセンターを対象とし、これらの処理量分布から、農林水産省へのヒアリング結果に基づき、もみ1kgあたりにもみ殻が0.185kg発生するものとしてもみ殻の発生規模を計算した。もみ殻の収穫は秋に集中するが、貯蔵施設に蓄えられたもみを年間通じて玄米処理し、年に250日運転するという仮定を置いて一日当たりの発生量を推算した。

(4) 家畜排泄物

個別の酪農家の規模分布は入手できないが、現在家畜糞尿については堆肥化施設における堆肥化が進められており、この堆肥化施設の規模分布が得られる¹⁰⁾。バイオエネルギー利用するときにも集積を行うことを考えれば、利用実現性の高い規模の分布を表すものと考えられる。製材所廃材や農業残渣と異なって貯蔵が容易ではなく、また生物対象で毎日一定の排出量に一定の処理を行うことが適切であることから、ここでは年間稼働日数を365日として一日当たりの処理量を推算した。

(5)水産卸売残渣

水産物卸売市場ごとに発生する魚腸骨残渣の量を個別の発生量として考えた。その推算にあたっては、各市場の売上高に比例配分して残渣の発生があるものとした。魚腸骨残渣の総発生量¹¹⁾と全市場の総売上高から売上高単価当たりの残渣発生量を計算し、各市場の売上高¹²⁾に乗じて市場ごとの残渣発生量を計算した。

(6)青果廃棄物

水産卸売残渣と同様に廃棄物発生量を推算した。推算にあたって、廃棄物排出量は平成7年度卸売市場環境対策事業報告書¹³⁾から、取扱高は全国食品卸売業総覧¹²⁾からデータを得た。

(7)厨芥ごみ

財団法人日本環境衛生センターの「一般廃棄物処理事業実態調査」から一般廃棄物焼却施設の処理能力の分布データが得られる¹³⁾。一般廃棄物中の厨芥類比率は自治体により様々であるが、同報告書に基づいて概算すれば0.13～0.37までの値が得られる。ここでは代表値を0.3とし、一般廃棄物中の0.3が厨芥であると考えて発生規模分布を推算した。実際の利用を考えた場合には、厨芥を分別して回収し、既存のルートで一般廃棄物焼却施設に収集し、処理を行うことを想定した場合の処理規模に相当する。

(8)建設廃材

建設廃材は便宜上、新築時に解体材も同時に発生するものと考え、年間の建築廃材発生量539万t¹⁴⁾を新築着工件数601,926戸(木造一戸建)¹⁵⁾で除して着工件数あたりの廃材発生量を求め、さらに人口当たりの着工件数を一定と考えてこの値に各市町村の人口を乗じて、市町村当たりの廃材発生量分布を求めた。年間の建設廃材発生量は、解体木材490万tと新築時廃材49万tを含む値である。これは各市町村で発生する建設廃材を一カ所に集めて処理をすることを考えたときの個別廃材発生量に相当する値である。

(9)下水汚泥

全国に1,400あまりの下水処理場が存在し、下水道統計からこれの汚泥処理能力データが得られる¹⁶⁾ので、これに基づいて発生量規模分布を整理した。この値は平均含水率99%の値

であることが確認されている。

(10)尿尿

現存する尿尿処理施設の規模分布¹³⁾を検討した。基本的には市町村単位で設置、運用されているが、一部複数市町村からなる広域行政組合によるものも含まれる。

(11)廃食用油

エステル化によるバイオディーゼル燃料の生産の対象資源である。一般廃棄物中における廃食用油の割合を廃食用油の総発生量¹⁷⁾と一般廃棄物の処理量から0.33%と設定し、この値を焼却処理施設の規模に乗じて廃食用油の発生規模分布を推算した。

3. 結果および考察

(1)林地残材・間伐未利用材

北海道における森林面積区分ごとの森林組合数の分布ならびに、各区分における平均林地残材・間伐未利用材発生量をTable 1に示す。組合単位としては6.7 m³/dから32.5 m³/dでの発生量である。これを、横軸に合計の平均発生量を取り直した結果をFig. 1に示す。また、岩手県における林地残材と間伐未利用材を合わせた発生量区分ごとの森林組合数分布をFig. 2に示す。これらの図においては、折れ線グラフによって各規模に属する森林組合数を、棒グラフによってその規模での林地残材ならびに未利用間伐材の総発生量を示す。前者は、販売台数に関連するので、林地残材・間伐未利用材を利用するプロセスの普及にあたって目標とするべき処理規模となる。一方、後者は導入エネルギー量に関わる値であり、バイオエネルギー導入に関わる政策を検討するときに重要となる。密度と含水率によって異なってくるが、乾燥重量にすれば個別発生量としては、数t/dから数10 t/d程度の発生源が一般的である。

(2)製材所廃材

Fig. 3に製材所廃材の発生規模分布を示す。製材所数として最も多いのは1～2.4 m³/dの廃材を生成する規模であり、個別の製造所あたりでは、1 t/d程度の処理量が求められることがわかる。

Table 1 Average production of forest-leftover and thinning-out for each union in Hokkaido

Forest area [km ²]	Number of union	Ratio [—]	Average production per union [m ³ /d]		
			Forest-leftover	Thinning-out	Total
30	18	0.15	1.6	5.1	6.7
30 ~ 50	20	0.17	3.2	10.4	13.6
50 ~ 100	45	0.38	4.6	14.9	19.5
100 ~ 200	30	0.25	5.9	19.2	25.1
200 ~	5	0.04	7.6	24.9	32.5
合計	118	1.00

Fig. 1 Number of unions in each rank for total production of forest-leftover and thinning-out in Hokkaido

Fig. 3 Scale distribution of lumbering waste production at a lumbermill

Fig. 2 Number of unions in each rank for total production of forest-leftover and thinning-out in Iwate

Fig. 4 Distribution of rice husk production at a rice center and similar facilities

(3) 農業残渣

Fig. 4 にライスセンター等あたりのもみ殻発生量分布を示す。箇所数が多いのは 0.15 ~ 0.37 t/d の施設であり、製材所と比較して 1 桁程度小さな値となる。但し、ここで分布データとして得られたのは貯蔵能力であり、実際の発生量はこれよりも小さい可能性があることには注意する必要がある。

(4) 家畜排泄物

Fig. 5 に堆肥化施設の処理量規模分布を示す。施設数が多いのは 0.27 ~ 1.4 t/d の規模のものであり、排泄物の含水率を 0.8¹⁸⁾ とおけばおよそ 0.05 ~ 0.3 dry-t/d の処理量に相当する。有機物処理量としては、かなり小さい規模の施設数が多いことがわかる。

(5) 水産卸売残渣

Fig. 6 に各市場の水産残渣の発生規模分布を示す。市場数として最も多いのは 0.04 t/d 以下の規模であり、極めて小さい個別発生規模の卸売市場が多い。

(6) 青果廃棄物

Fig. 7 に各青果卸売市場における廃棄物発生規模分布を示す。市場数として多いのは 0.04 ~ 0.4 t/d の規模であり、青果

Fig. 5 Distribution of treatment scale for compost production facilities

廃棄物の含水率が 0.9 以上であることを考えれば、有機物の個別発生規模とすれば極めて小さい値となる。

(7) 厨芥ごみ

Fig. 8 に一般廃棄物処理施設における厨芥の処理量の分布を示す。3 ~ 15 t/d の処理規模が最頻となっており、収集を行っていることにより、卸売市場などよりも大きな発生量が得られている。但しこの数字には事業系一般廃棄物も一部含ま

Fig. 6 Distribution of fishery waste production at a market

Fig. 8 Distribution of garbage treatment capacity for general waste treatment facilities

Fig. 7 Distribution of vegetable waste production at a market

Fig. 9 Distribution of construction waste production in a municipality

れている。上記水産卸売残渣や青果廃棄物の一部も含まれる可能性があることに注意が必要である。

(8)建設廃材

Fig. 9 に市町村あたりの建設廃材発生量規模分布を示す。最頻の規模は 1 ～ 5 t/d であり、厨芥ゴミとほぼ同じ規模である。

(9)下水汚泥

Fig. 10 に各下水処理場の汚泥処理能力の分布を示す。頻度が高いのは 10 m³/d 以下の小規模のものであるが、全体の処理能力の中で大きな割合を占めるのは 10,000 m³/d 以上の処理能力を有する施設である。但し、ここでの推算是処理能力に基づく値であり、実際の処理量はより小さい値となることに注意が必要である。

(10)尿 尿

Fig. 11 に尿尿処理場の処理能力分布を示す。処理能力が高いのは 10 ～ 50 m³/d の処理能力を有する施設であり、家畜排泄物よりもかなり大きな規模での発生が見込まれる。

Fig. 10 Capacity distribution of sewage disposal plants

(11)廃食用油

Fig. 12 に焼却処分場における廃食用油発生規模分布を示す。発生頻度が高いのは 0.03 ～ 0.165 t/d の規模であり、680 施設を数えている。

(12)総 括

Table 2 にここで検討した各バイオマス資源発生源の規模分布について、最も多くの施設が含まれる階層とそこに含まれ

Fig. 11 Capacity distribution of night soil disposal plants

Fig. 12 Scale distribution of waste food oil treatment at incineration facilities

Table 2 Mode rank, number of facilities in the mode rank, and the rank where the maximum total production or treatment is obtained

	mode rank	number of facilities in the mode rank	rank where the maximum total production or treatment is obtained
Forest-leftover and thinning-out (Hokkaido)	19.5 m³/d	45	19.5 m³/d
Forest-leftover and thinning-out (Iwate)	0 ~ 10 m³/d	9	60 ~ 70 m³/d
Lumbering waste	1 ~ 2.4 t/d	4,662	12.5 ~ t/d
Agro-residue	0.15 ~ 0.37 t/d	1,683	1.5 ~ 3.7 t/d
Cattle manure	0.27 ~ 1.4 t/d	683	13.7 ~ t/d
Fishery residue	0 ~ 0.04 t/d	614	0.4 ~ 2 t/d
Market vegetable waste	0.04 ~ 0.4 t/d	435	4 ~ 8 t/d
Garbage	3 ~ 15 t/d	680	60 ~ 150 t/d
Construction waste	1 ~ 5 t/d	1,446	10 ~ 50 t/d
Sewage sludge	0 ~ 10 m³/d	226	10,000 ~ m³/d
Night soil	10 ~ 50 m³/d	378	100 ~ 200 m³/d
Waste food oil	0.03 ~ 0.165 t/d	680	0.66 ~ 1.65 t/d

る施設数ならびに規模ごとの総処理量あるいは総発生量が最大となる階層を整理して示す。但し、階層の区分はデータの入手の制限などにより必ずしも本調査対象の分布の把握に適切になるように行うことはできていない。ここで示す階層に全体の50%近い値が含まれていれば問題ないが、そうでない場合には階層の区分の仕方によって他の部分が最大値になる可能性もあるので、注意が必要である。

また、やはりデータの入手制限から、表中の値はいくつもの仮定をおいて得られた数値である。常にこの仮定を認識して取り扱う必要がある。このことから、得られた値は概算値でしかないが、現在得られるデータからの最善であり、規模の桁数は評価できるものと考えられる。

比較的発生規模が大きいのは林地残材・間伐未利用材、厨芥、尿尿であるが、それでも数10 t/dが最大であり、既存の火力発電などと比べると2桁以上小さい値となっている。このことは、個別処理を念頭においたバイオエネルギー利用プロセスを導入しようとする時に小規模高効率のシステム構築の必要性を示す物である。各バイオマス資源によって異なるが、バイオマス発生規模としてはほぼ0.1 ~ 1 t/dの発生源が多いことがわかる。

また、最も多くの施設が含まれる階層における施設数は高々5,000であり、導入施設数にも限界があることがわかる。このことは個別バイオマス利用プロセスの大量生産による価格低下にも限界があることを示しており、建築廃材を含む木質以外、各バイオマス資源の専用装置を開発するメリットは少ないと考えられる。普及に伴うコスト低下の観点からは、複数のバイオマス資源に利用できる汎用的な技術が望ましい。

この小さい発生規模と導入数の少なさ、バイオエネルギー利用の難しさを示すものであるが、同じ技術を各原料に適用できるような工夫、あるいは各種のバイオマス資源や既存のエネルギープラントにおける共処理によって、対応することが考えられる。

4. 結 言

データの得られる各種バイオマス資源の発生規模分布について統計データに基づいた調査研究を行い、施設数、得られるエネルギー量の両観点から代表的なバイオマス資源発生規模を示した。バイオマス種によるが、代表的な発生規模は0.1 ~ 1 t/dのオーダーであり、これを踏まえて製品開発、導入政策を立案することが求められる。さらに、施設数も数1,000が

限界であり、共処理、汎用技術の開発が求められる。

本調査は、わが国で初めて各種バイオマス資源についての発生規模分布を明確にした点で極めて重要な意義を持つものであり、今後の技術開発、製品開発、政策策定の一助となることを期待する。

謝 辞

この調査研究は、資源エネルギー庁新エネルギー対策課からの受託研究の一環として行われた。新エネルギー対策課ならびに新エネルギー・産業技術総合開発機構の関係各位に謝意を表する。

文 献：References

- 1) (財) 新エネルギー財団, 新エネルギー導入促進基礎調査－バイオマスエネルギーの実態等基礎調査－ (2001) : New Energy Foundation, Fundamental Research on Promotion of New Energy Introduction : Fundamental Research on Actual Situation of Bioenergy (2001)
- 2) 山地憲治, 山本博巳, 藤野純一, バイオエネルギー (ミオシン出版) (2000) : Yamaji, K., Yamamoto, H., Fujino, J., Bioenergy (Mioshin Shuppan) (2000)
- 3) 農林水産省生物系廃棄物リサイクル研究会, 生物系廃棄物のリサイクルの現状と課題 (1999) : Biomass waste recycle research team, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fishery, Present situation and Problems of recycling Biomass Waste (1999)
- 4) 厚生省, 産業廃棄物排出・処理状況調査報告書 (2000) : Ministry of Public Welfare, Report on Situation of Industrial Waste Emission and Treatment (2000)
- 5) 坂志朗, バイオマス・エネルギー・環境 (アイピーシー) (2001) : Saka, S., Biomass, Energy, Environment (IPC) (2001)
- 6) 古紙リサイクル推進検討会, 今後の古紙リサイクルの向上に向けて (報告書) (2000) : Waste paper recycle investigation team, Toward Improvement of Waste Paper Recycling in the Future (Report) (2000)
- 7) 北海道, 北海道森林組合現況調査一覧 (平成 11 年度) (2001) : Hokkaido Pref., Summary of Investigation on Present Situation of Forestry Union in Hokkaido (FY1999) (2001)
- 8) クリーンジャパンセンター, 再生資源化技術の開発状況調査報告書: 木質廃棄物 (1985) : Clean Japan Center, Report of Investigation on Development Situation of Recycling Technologies : Woody Waste (1985)
- 9) 農林水産省統計情報部, 木材受給報告書 (平成 11 年度版) (2001) : Department of Statistics and Information, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fishery, Report on Wood Demand and Supply (FY1999) (2001)
- 10) 農林水産省統計情報部, 平成 11 年度持続的生産環境に関する実態調査 家畜排泄物等の堆肥化施設の設置・運営状況調査報告書 (2000) : Department of Statistics and Information, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fishery, Investigation of Actual Situation on Environment for Sustainable Production in FY1999 (2000)
- 11) 食品流通構造改善機構, 平成 7 年度卸売市場環境対策事業報告書 (1996) : Food Distribution Structure Improvement Organization, Report on Environmental Policy for Wholesale Market in FY1995 (1996)
- 12) 食品流通構造改善機構, 全国食品卸売業総覧 (1997 年版) (1996) : Food Distribution Structure Improvement Organization, Summary of National Food Wholesale Market (1997 ed.) (1996)
- 13) (財) 日本環境衛生センター, 一般廃棄物処理事業実態調査 (平成 9 年度) (1999) : Japan Environment and Sanitation Center, Investigation on Actual Situation of General Waste Treatment Business (FY1997) (1999)
- 14) (財) 日本住宅・木材技術センター, personal communication (2002) : Japan Housing and Wood Technology Center, personal communication (2002)
- 15) 建設省建設経済局調査情報課, 平成 11 年度建築統計年報 (1999) : Section of Investigation and Information, Agency of Construction Economy, Ministry of Construction, Construction Almanac FY1999 (1999)
- 16) (社) 日本下水道協会, 下水道統計 (平成 11 年度版) (2001) : Japan Sewage Works Association, Sewage Statistics (FY1999) (2001)
- 17) 佐藤朋彦, 月刊廃棄物, 1995 (7), 14 - 19 (1995) : Sato, T., Gekkan Haikibutsu, 1995 (7), 14 - 19 (1995)
- 18) 矢野聡, 日本エネルギー学会, 平成 12 年度新エネルギー等導入促進基礎調査 (供給・利用の整合性を考慮したバイオマスエネルギーのポテンシャルに関する基礎調査) 事業報告書, p. 78 (2001) : Yano, S., in Japan Institute of Energy, Report of Fundamental Research on Promotion of New Energy Introduction (Fundamental Investigation on Bioenergy Potential Considering Demand-Supply Matching) p.78 (2001)