

研究論文

# 我が国におけるバイオマス資源の発生量と利用可能量の推定

Survey on the Virgin Biomass and Its Unused and Waste Portions in Japan in Their Available Quantity

南 英 治\*・坂 志 朗\*\*

Eiji Minami

Shiro Saka

(原稿受付日2001年4月10日, 受理日2001年10月18日)

**Abstract**

The fossil resources are scarce in our country, but forest resources are plentiful. Therefore, biomass resources will become more important in the future as an alternative of the fossil resources. However, only a few studies have been made on the amount of biomass available in our country. Therefore, in this study, based on the recent statistical data available in the literature, detailed survey on the virgin biomass resources and their unused and waste portions was made in their masses and available quantity. As a result, total annual masses generated and available quantity were estimated to be about 370 and 77 million tons, respectively. The latter value is, in fact, equivalent to 127 million tons of carbon dioxide emitted. This is an enormous quantity, which corresponds to about 10% of the carbon dioxide emitted in 1997 in Japan.

1. はじめに

我が国の国土面積は約3,700万haであり, そのうち森林は約2,500万haを占めている<sup>1)</sup>. 国土の2/3を占めるこの森林を有効に活用していくことは, 21世紀のバイオマス資源の利用には必須の課題であるが, このすべてが利用可能であると考えすることは適当でない. 特に我が国においてはバージンの森林資源だけでなく, 未利用バイオマスや廃バイオマスを資源として捉え, 有効に活用することが望まれる. そのためには, これらバイオマス資源の発生量と利用可能量を把握することが重要であると考えられるが, 我が国におけるバイオマス資源の状況を詳細に調査した事例は少ない. そこで本調査研究では, 我が国における生産バイオマス資源と未利用・廃バイオマス資源に注目して, これらの発生量及び利用可能量を, 最新の統計データを基に推定した.

2. 推定方法

図1のようにバイオマス資源を分類し, 個々のバイオマス資源について年間の発生量と利用可能量を推定した. また, それらの合計値を求め, 我が国におけるバイオマス資

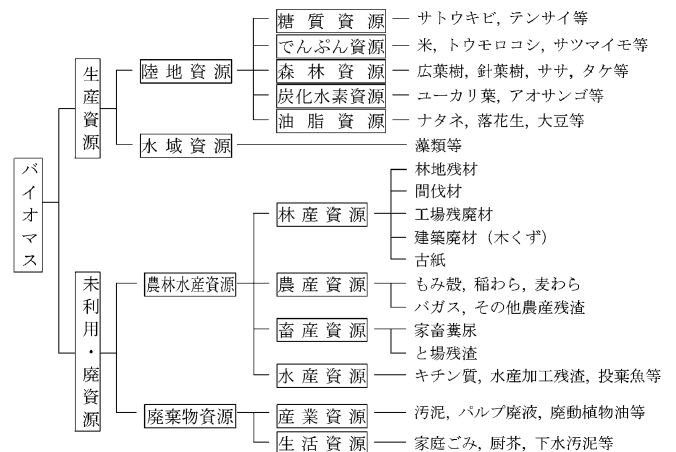


図1 バイオマス資源の分類

源の発生量と利用可能量とした. ただし, 水圏バイオマスである植物プランクトン等は, 収集が困難であると考えられるため除外した.

2.1 生産資源

(1) 森林資源

広葉樹及び針葉樹については, 表1に示すように, 1990年から1995年の5年間に約3億4,600万m<sup>3</sup>の蓄積増加があり<sup>1),2)</sup>, 年平均では約6,900万m<sup>3</sup>の増加と推定される. また, 1990~1994年度の木材供給量<sup>1)</sup>から, 用材やしいたけ原木などとして, 5年間で合計約1億7,000万m<sup>3</sup>, 年平均では約3,400万m<sup>3</sup>の伐採が行われたものと推定される. 従って, 年間約1億3,300万m<sup>3</sup>が発生しているものと推定される. 一方, この発生量のうち里山広葉樹は面積600~700万ha<sup>3)</sup>,

\*京都大学大学院エネルギー科学研究科  
 エネルギー社会・環境科学専攻博士課程  
 \*\* 教授  
 〒606-8501 京都市左京区吉田本町  
 E-mail: saka@energy.kyoto-u.ac.jp

表1 森林資源(針葉樹及び広葉樹)の発生量の推定<sup>1),2),3)</sup>

	年月日	材積(万 m <sup>3</sup> )	年平均
森林蓄積量 (a) <sup>1)</sup>	1990年3月31日	313,758	—
(b) <sup>2)</sup>	1995年3月31日	348,323	—
蓄積増加量 (b)-(a)	—	34,565	(c) 6,900
伐採量	1990~1994年度	17,041*	(d) 3,400
年間成長量 (c)+(d)	1990~1994年平均	—	10,300

\* 1990~1994年度の5年間の国内での木材供給量合計<sup>3)</sup>(丸太換算値)に1.19を乗算し立木材積を推定(表2の注釈を参照)

年成長量3.4m<sup>3</sup>/ha<sup>3)</sup>として2,000~2,400万m<sup>3</sup>程度であると推定される。また、松本ら<sup>3)</sup>の調査によれば、広葉樹蓄積資源量は約10億2,600万トン、うち林道からの一定距離内に存在する利用可能量は2億7,780万トンと推定されており、利用可能率は約27%である。里山広葉樹についてこの割合を適用すると、その利用可能量は年間550~650万m<sup>3</sup>程度であると推定できる。

ササの利用可能量は林業科学技術振興所の調査値<sup>4)</sup>を引用し、タケの発生量についてはマダケとモウソウチクの年成長量<sup>3)</sup>の平均約22トン/haに竹林面積約15万ha<sup>1)</sup>を乗算して推定した。

(2) その他の生産資源

糖質資源、でんぷん資源などの主要な農作物については、それらの年間収穫量<sup>5)~12)</sup>を発生量とした。また海藻類については、年間の海面漁獲量と養殖による収穫量<sup>13)</sup>の合計を示した。なお、これら食用、飼料用に栽培・収穫されている生産資源の利用可能量は、実質すべて有効に利用されているためゼロとした。

2.2 未利用・廃資源

既存の実態調査等から得られた廃棄物発生量の原単位を基に、最新の統計データを用いて現在の年間発生量を推定した。また、これら廃資源の再利用状況を調査し、発生量のうち有効利用されていないものを利用可能量とした。

(1) 林産資源

林地残材については、表2に示すように梅田らが算出した林地残材発生原単位<sup>14)</sup>に、丸太生産量<sup>15)</sup>から推定した樹種別の立木伐採量を乗算し発生量を推定した。また、経済的に収集可能な割合は発生量の22%程度とされており<sup>4)</sup>、これを利用可能量とした。

間伐材の発生量は林野庁の調査値<sup>16),17)</sup>を引用した。また、民有林の間伐材の再利用率が43%(発生量453万m<sup>3</sup>、うち有効利用は193万m<sup>3</sup>)<sup>16)</sup>であることから、間伐材全体の57%を利用可能量と仮定した。

木材工場からの工場残材については、1971年における調査<sup>18)</sup>では、木材需要量1億1,156万m<sup>3</sup>に対し発生量2,929万m<sup>3</sup>となっている。従って、1998年においては木材需要量9,381万m<sup>3</sup>に対し<sup>1)</sup>、残材発生量は約2,500万m<sup>3</sup>程度と推定される。一方、高野らの1996年の調査によれば<sup>19)</sup>、製材工場からの残材は燃料、チップ、家畜敷料等として発生量の93%が再利用されている。これを基に、工場残材全

表2 林地残材の発生量の推定<sup>14),15)</sup>(1999年)

	丸太生産量 <sup>15)</sup> (万 m <sup>3</sup> )	伐採量* (万 m <sup>3</sup> )	林地残材発生量**(万 m <sup>3</sup> )				計
			末木	枝条	その他		
主伐	スギ・ヒノキ	1,027	1,199	24 (2)	96 (8)	60 (5)	180
	マツ類	443	518	16 (3)	57 (11)	26 (5)	98
	その他針葉樹	33	38	1 (3)	6 (16)	2 (5)	9
	広葉樹	371	467	23 (5)	93 (20)	47 (10)	163
小計	1,874	2,222	64	252	135	451	
間伐	国有林***	—	236	5 (2)	19 (8)	71 (30)	94
	民有林***	453	453	9 (2)	36 (8)	136 (30)	181
	計	—	2,911	78	308	341	726

\* 丸太生産の歩留まりを針葉樹では0.8559、広葉樹では0.7951<sup>3)</sup>と仮定し、伐採量を推定。このとき丸太材積と立木材積の換算率は2,222/1,874=1.19(主伐)である。

\*\* ( )内の数字は伐採量に対する林地残材の割合(m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>)を示す<sup>14)</sup>。

\*\*\* 間伐材積は1997年の値。民有林については丸太換算値であるが、そのまま伐採材積として用いた。

表3 建設廃木材の発生量の推定<sup>20),21)</sup>(1999年)

項目	構造の種類*						合計 (万 m <sup>3</sup> )
	木造	SRC	RC	S	ブロック	その他	
新築床面積 (万 m <sup>2</sup> )	7,357	1,736	3,734	6,611	15	49	—
発生原単位 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0.032	0.005	0.008	0.006	0.012	0.008	—
廃木材発生量(万 m <sup>3</sup> )	235	9	30	40	0.2	0.4	314
解体床面積 (万 m <sup>2</sup> )	2,211			977			—
発生原単位 (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0.14			0.03			—
廃木材発生量(万 m <sup>3</sup> )	310			29			339
建設廃木材発生量	545			109			653

\* SRC：鉄骨鉄筋コンクリート造，RC：鉄筋コンクリート造，S：鉄骨造

体の7%(175万m<sup>3</sup>)が未利用と仮定し、さらに製材工場からの残材のうち、燃料、オガライト等として有効利用されている257万m<sup>3</sup><sup>19)</sup>を加えると、エネルギー資源として利用可能な量は432万m<sup>3</sup>程度と推定される。

建設廃木材については、表3に示すように単位面積当たりの建設廃木材発生量<sup>20)</sup>に、1999年の建築着工床面積及び除去建築物の床面積<sup>21)</sup>を乗算し年間の発生量を推定した。近年は着工床面積や除去床面積が大きく減少しているため、建設廃木材の発生量は減少傾向にあるものと推察される。一方、1995年度における旧建設省の調査<sup>22)</sup>によれば、建設廃木材の再利用率は約37%と推定されているため、利用可能量は発生量の63%とした。

古紙については、年間の紙生産量を基に推定した。我が国における1999年度の紙生産量は3,063万トン<sup>23)</sup>である。これらのうち55.9%<sup>23)</sup>の約1,712万トンが回収され、製紙原料として再利用されている。ただし、回収されない44.1%のすべてを利用可能と考えることは適切ではない。例えば、生産量の37%を占める印刷・情報用紙の一部は蔵書などとして、また5.6%の衛生用紙、および0.9%の建材原紙などは回収困難と考えられるが、回収可能な古紙は生産量の65%程度であると考えられている。これより、現在回収されている55.9%を差し引いた9.1%(280万トン)程度の紙が未回収で利用可能な古紙の量と推定される。

(2) 農林水産資源

稲わら、もみ殻の発生量については、農林水産省農産園芸局の調査値<sup>24)</sup>を引用した。また、稲わらは発生量の95%がすき込み、堆肥、粗飼料などとして利用される一方、残り約5%が焼却処分されており<sup>24)</sup>、これを利用可能量とし

表4 我が国の1999年におけるバガスなどの残渣の発生量

項目		発生原単位*	収穫量** (万トン)	発生量 (万トン)
麦	麦わら	1.1	79	87
さとうきび	残余	0.28	157	44
	バガス	0.15		24
根茎作物残余	ばれいしょ	0.4	296	118
	かんしょ		101	40
	さといも		25	10
とうもろこし	残余	1.0	480	480
合計			1,138	803

\* 麦わらの原単位は文献25), その他の原単位は文献26)

\*\* 麦(小麦, 二条大麦, 六条大麦, 裸麦)の収穫量は文献27), その他は表7を参照.

た. また, もみ殻は発生量の72%が有効利用されており<sup>24)</sup>, 残り28%を利用可能量とした.

その他, 麦わら, バガスなどの農産残渣の発生量は表4に示すように, 収穫量に対する発生原単位<sup>25), 26)</sup>に収穫量<sup>5), 8), 9), 10), 27)</sup>を乗じて推定した. なお, 麦わらの処理状況は堆肥交換が29.0%, すき込み33.5%, 焼却廃棄37.7%となっており<sup>26)</sup>, 焼却廃棄されている37.7%を利用可能量と仮定した.

### (3) 畜産資源

家畜ふん尿の総量は, 1989年では9,077万トンに及ぶものと試算されている<sup>28)</sup>. 一方, 旧厚生省の発表<sup>29)</sup>によれば, 1997年の発生量は9,371万トンであり, 近年の家畜ふん尿の発生量は9,000万トン程度で推移しているものと見られる. 家畜ふん尿は経営内利用, 販売交換, 無償譲渡の割合が高く, 廃棄放置されている割合<sup>28)</sup>から利用可能量を推定すると64万トン(ふんのみ)となり, 発生量が多量である割に少ないものと推察された.

また動物の死体(畜産農業に係わるもの)は年間11万トン程度発生しており, 再利用率は46%となっている<sup>29)</sup>.

### (4) 水産資源

水産加工残渣については, 発生量が年間280万トン, このうち約240万トンが魚粉に転換され, 未利用量は43万トンと推定されている<sup>30)</sup>.

投棄魚の量については一般に把握されていないが, 例えば岩手県沖合における試験操業の結果では, 投棄魚の重量は有用魚の約5倍に及んでいる<sup>30)</sup>. 従って, 1998年の我が国における海面漁業漁獲量(531万トン<sup>13)</sup>)を考慮すると, およそ2,660万トン程度の投棄魚が発生しているものと考えられる.

キッチン発生量はセルロースに匹敵する量であると考えられているが, このほとんどが植物プランクトン等に含まれるものであり, 入手が困難である. そこでキッチンについては, 我が国におけるエビ, カニ, イカ, オキアミ, 貝類の収穫量<sup>13)</sup>を基に, Allanらの推定方法<sup>31)</sup>に基づき, 我が国で入手可能なキッチン質の量及びキッチン含有量を推定した. その結果, 我が国で入手可能なキッチン質は39万トン, うちキッチン含有量は1.5万トンと推定された.

### (5) 産業資源

旧厚生省の発表<sup>29)</sup>によれば, 食料品製造業などから発生している動植物性残渣は1997年では313万トンであり, 再利用率は53%となっている. このうち利用可能量はこれまでと同様, 発生量のうちの未利用分とした.

パルプ廃液については, 日本製紙連合会の調査<sup>32)</sup>を基に, 全国の紙・パルプ工場から発生する有機性汚泥の発生量と再利用率を算出した. これによれば1998年度の有機性汚泥発生量は含水ベースで約490万トンであり, 減量化率68%, 再資源化量98万トン, 最終処分量は62万トンであった. 利用可能量はこの最終処分量とした.

廃動植物油の発生量は, 表5に示すように, 外食産業, 食品工業など各分野からの廃油発生率に<sup>33)</sup>, 1999年度の動植物油脂の消費実績<sup>34)</sup>を乗算して推定した. 一方, 廃動植物油の再利用状況(一般家庭からの廃油を除く)については, 1993年における推計<sup>33)</sup>によれば, 発生量24.0万トンのうち, 約21万トンが利用されており, 余剰在庫量は発生量の13.5%を占めている. 現在でもこの割合で余剰在庫が発生していると仮定すれば, 一般家庭を除く分野からの発生量30万トンのうち, 未利用の廃油資源は年間4万トンに及ぶものと推定される.

### (6) 生活資源

我が国における1997年の一般廃棄物発生量は5,120万トンである<sup>35)</sup>. このうち紙類, 厨芥類, 木草類が主なバイオマス資源である. 表6に主要都市における一般廃棄物(可燃ごみのみ)の組成を示す<sup>36)</sup>. これによれば, 紙類はおおよそ30~50%, 厨芥類は30~40%前後, 草木等は数%程度を占めていると推察される. 一方, 東京都区部の一般廃棄物全体の組成は, 可燃ごみと不燃ごみの組成<sup>37)</sup>から推定し,

表5 廃油の発生率と廃食用油の発生量<sup>33), 34)</sup>

分野	用途	供給量 (千トン/年)	発生量 (g/人・年)	廃油率 (%)	戻り率 (%)	廃油発生量 (千トン/年)
家庭*	単体油**	1361	(653)	950	40	—
外食産業			(708)	—	30	—
加工油脂	マーガリン等	429	—	—	5	—
食品工業	加工用	689	—	10	—	—
合計		2479	—	—	—	416~563

\* 家庭からの廃油の発生量及び廃油率は, それぞれ異なる見方から推定されたものであり, 両者の数値は一致しない.

\*\* 単体油の家庭用比率は全供給量の48%と仮定

\*\*\* 我が国の人口を1億2千万人と仮定

表6 主要都市における家庭ごみの組成(%;湿重量)<sup>36)</sup>

都市	札幌市	仙台市	東京都 (区部)	名古屋市	京都市	神戸市
紙	30.8	35.6	50.0	36.99	29.8	33.06
繊維	2.7	3.8	3.7	3.88	4.1	
木・竹・草・わら	4.4	1.4	8.3	5.0	0.8	6.5
ゴム・皮革		0.3	0.2	0.07	0.6	
プラスチック	13.7	14.6	7.0	12.89	14.7	11.38
金属	3.8	0.8	0.5	2.32	3.0	1.15
ガラス		0.8	0.2		3.3	0.88
陶器・土石	2.7	0.8	0.2	1.78	2.4	1.85
厨芥	40.4	39.9	29.9	31.42	39.2	45.18
その他	1.5	2.0	—	5.65	2.1	—



紙類44%，厨芥22%，草木等8%，バイオマス合計74%とした。この組成を基に全国の一般廃棄物中のバイオマスを推定すると、年間約3,800万トンに及ぶものと推定される。ただし、東京都区部のごみ組成は表6における他の都市と比較すると、紙類が多く厨芥類が少ない傾向にある。しかしバイオマスの合計は全体の70数%程度であるというのはおよそ妥当であると考えられる。一方、利用可能量を推定するのは困難であるが、ここでは古紙との重複をさけ、紙類を除外した厨芥類1,100万トン、草木類400万トン、合計1,500万トンを利用可能と仮定した。

下水汚泥については、発生量が年々増加しており、1997年度では約3億5,000万m<sup>3</sup>に達している<sup>38)</sup>。これらは脱水・焼却等の処理が行われた後、最終的に約240万トンが処分されている。また、このうち74万トンが堆肥、土壌・土質改良材、セメント原料などとして有効利用されている<sup>39)</sup>。従って、残り約166万トンが未利用のまま処分されているものと考えられる。

### 3. 推定結果及び考察

表7に推定した我が国のバイオマス資源の年間発生量および利用可能量をまとめた。水陸稲、森林資源（ササを除く）、林産資源、落花生、大豆、麦わら、キチン質は乾燥重量ベースで、その他は含水重量ベースで示している（ただし稲わら、もみ殻については乾燥重量が含水重量かは不明）。また、森林資源、林産資源の比重を0.5と仮定した。

生産資源の発生量は、年間1億3,000万トン程度であり、森林資源の割合が最も多い。また、利用可能量は年間1,200万トン程度と推定された。なお、針葉樹及び広葉樹の年間発生量は5,200万トン程度と推定されたが、我が国の森林面積は約2,500万haであるので、1ha当たりの発生量は約2トンとなる。従って、我が国における森林の炭素固定量は、樹木の炭素含有量を45%とすると約1トン/ha・年と推定される。この値は温暖地域の年平均炭素固定量6～7トン/haよりもはるかに小さな値である。これは、我が国では戦後植林の森林はすでに50年以上の樹齢となっているため、光合成能力が低下していること、及び、間伐などによる森林の健全な育成を欠くためであると考えられる。従って、我が国において二酸化炭素排出量の削減を森林でまかなうためには、植林や間伐などによる森林の健全な育成が必要であり、一方でバイオマスの変換・利用技術の開発にも期待せざるを得ない状況にあると考えられる<sup>39)</sup>。

また、未利用・廃資源の発生量は2億4,000万トン程度と推定され、林産資源や畜産資源の割合が比較的高い。このように、我が国では未利用・廃バイオマス資源の発生量は生産バイオマス資源の2倍程度と推定された。これは、

表7 我が国のバイオマス資源の発生量と利用可能量

バイオマスの種類		発生量 (万トン/年)	利用可能量 (万トン/年)	参考文献	
生産資源	糖質資源	さとうきび てんさい	157 379	0 0	5) 6)
	でんぷん資源	水陸稲	949	0	7)
		ばれいしょ	296	0	8)
		かんしょ	101	0	9)
		さといも	25	0	8)
		青刈りトウモロコシ	480	0	10)
	森林資源	針葉樹、広葉樹	5,200	—	1),2)
		うち里山広葉樹	(1,000-1,200)	280-330	3)
		ササ	>607	607	4)
	油脂資源	タタネ	0.09	0	11)
落花生		2.6	0	12)	
その他	大豆	19	0	12)	
	牧草	3,115	0	10)	
水域資源	野菜*	1,261	0	8)	
	海藻類	64	0	13)	
生産資源小計		約 13,000	約 1,200	—	
未利用・廃バイオマス資源	林産資源	林地残材	363	80	4),14),15)
		間伐材	345	197	16),17)
		工場残廃材	1,250	216	1),18),19)
		建築廃材**	327	206	20),21),22)
		古紙	3,063	280	23)
	農産資源	稲わら	961	46	24)
		もみ殻	208	57	24)
		麦わら	87	33	25),27)
		パガス	24	<24	5),26)
		その他農産残渣	692	<692	5),8),9),10),26)
	畜産資源	家畜ふん尿	～9,000	>60	28)
		動物の死体	11	6	29)
	水産資源	水産加工残渣	280	13	30)
		投棄魚	2660	<2660	13),30)
		キチン質	39	<39	13),31)
産業資源	うちキチン含有量	(1.5)	(<1.5)	13),31)	
	バルブ廃液	490	62	32)	
	動植物性残渣	313	147	29)	
生活資源	廃動植物油	42-56	>4	33),34)	
	一般廃棄物中のバイオマス***	～3,800	<1500	35),37)	
	下水汚泥	240	166	38)	
未利用・廃資源小計		約 24,000	約 6,500	—	
バイオマス資源合計		約 37,000	約 7,700	—	

\* 野菜にはばれいしょ、かんしょ、さといも等の糖質資源は含まない。  
 \*\* 解体時の建築廃材は、解体の届出のあったもののみ  
 \*\*\* 発生量は紙類を含む。また利用可能量は紙類を除外した数値

我が国がいかに多くのバイオマス資源を海外からの輸入に依存しているのかを示す結果でもある。また、未利用・廃資源の利用可能量は年間6,500万トン程度と推定された。我が国では、林産資源や生活資源の有効利用は進んでいないものが多く、利用可能量は全般的に高いものと推定されている。一方、農産資源や畜産資源の有効利用は比較的進んでおり、新たな用途として利用可能な資源量は少ないものと推定された。

以上、バイオマス資源の発生量の合計は約3億7,000万トン、利用可能量は約7,700万トンと推定された。この7,700万トンという量は、二酸化炭素に換算すると1億2,700万トン（平均炭素含有量を45%と仮定）となる。これは我が国の1997年の二酸化炭素排出量12億3,100万トン<sup>40)</sup>の約10%に相当している。このように、我が国で利用可能なバイオマス資源は、第3回締約国会議（COP3）において合意された温室効果ガス排出量削減目標の達成に資する膨大な量であるにもかかわらず、有効利用されずに廃棄されている。これらを有効利用するためのバイオマス変換・利用技術の開発が今後の大きな課題であると考えられる。

## 引用文献

- 1) 林野庁；林業統計要覧2000年版，(2000)，6-45，(財)林野弘済会。
- 2) 林野庁；林業統計要覧1995年版，(1995)，6，(財)林野弘済会。
- 3) 志水一允；廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック（廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック編集委員会編），(1993)，367-376，建設産業調査会。
- 4) 浅沼晟吾，奥田吉春，佐々木尚三，根田 仁，福田章史；バイオマス変換計画（農林水産省農林水産技術会議事務局編），(1991)，652-654，光琳。
- 5) 農林水産省；平成11年産さとうきびの収穫面積及び収穫量，農林水産統計速報12-108（生産-18），(2000)，1。
- 6) 農林水産省；平成11年産てんさいの作付面積及び収穫量，農林水産統計速報12-10（生産-2），(2000)，2。
- 7) 農林水産省；平成12年産水陸稲の収穫量，農林水産統計速報12-255（生産-52），(2000)，1。
- 8) 農林水産省；平成11年産野菜の作付面積，収穫量及び出荷量，農林水産統計速報12-112（生産-21），(2000)，1。
- 9) 農林水産省；平成11年産かんしょの収穫量，農林水産統計速報11-248（生産-51），(1999)，2-3。
- 10) 農林水産省；平成11年産飼料作物の収穫量，農林水産統計速報11-254（生産-54），(1999)，1。
- 11) 農林水産省；平成12年産なたね（子実用）の作付面積及び収穫量，農林水産統計速報12-179（生産-34），(2000)，2。
- 12) 農林水産省；平成11年産夏作豆類（乾燥子実）の収穫量，農林水産統計速報11-257（生産-55），(1999)，1。
- 13) 農林水産省経済局統計情報部；ポケット水産統計平成11年度版，(2000)，49-77，(財)農林統計協会。
- 14) 梅田三樹男；林地残材の収集・搬送に関する事前調査，(1985)，1-6，(財)林業科学技術振興所。
- 15) 農林水産省；素材需給量統計，農林水産統計速報12-143（構造-34），(2000)，8。
- 16) 林野庁；平成10年度林業白書，(1999)，177，(財)日本林業協会。
- 17) 林野庁国有林野部業務課提供資料（2000年12月19日）
- 18) クリーンジャパンセンター；再資源化技術の開発状況調査報告書（木質系廃棄物），(1986)，52。
- 19) (財)日本木材総合情報センター/全国木材チップ工業連合会；木質系残材を原料とするチップ製造業（その1）－製材工場における残材の排出量と利用・処理方法の動向－，(1998)，35-38。
- 20) クリーンジャパンセンター；再資源化技術（建設廃材），(1982)，152-153。
- 21) 建設省建設経済局調査情報課；建築統計年報平成12年版，(2000)，18-507，(財)建設物価調査会。
- 22) 建設省；平成7年度建設副産物実態調査結果について，建設省報道発表資料，(1997年4月11日付)
- 23) 通商産業大臣官房調査統計部；平成11年紙・パルプ統計年報，(2000)，24-37，通産統計協会。
- 24) 農林水産省農産園芸局農産課提供資料（2000年12月12日）
- 25) 松崎敏英；有機廃棄物資源化大辞典（有機質資源化推進会議編），(1997)，296，農山漁村文化協会。
- 26) T. B. Johansson et al.; Renewable Energy, (1993), 593-651, Island Press.
- 27) 農林水産省；平成11年産4麦（田畑別）の収穫量，農林水産統計速報11-219（生産-47），(2000)，2。
- 28) 羽賀清典；廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック（廃棄物処理・再資源化技術ハンドブック編集委員会編），(1993)，342-343，建設産業調査会。
- 29) 厚生省；産業廃棄物の排出及び処理状況等（平成9年度実績）について，厚生省報道発表資料，(2000年6月23日付)
- 30) 小長谷史郎，三本管義昭，中添純一；バイオマス変換計画（農林水産省農林水産技術会議事務局編），(1991)，325-344，光琳。
- 31) 滝口泰之；キッチン，キトサンハンドブック（キッチン，キトサン研究会編），(1995)，9，技報堂出版(株)。
- 32) 紙パルプ技術協会；平成10年度産業廃棄物実態調査結果報告，紙パルプ協誌，54-10（2000），36-43。
- 33) (財)日本エネルギー経済研究所；植物廃油の石油代替エネルギーとしての再生可能性調査，(1994)，4-11。
- 34) 農林水産省食品油脂課；我が国の油脂事情，(2000)，99-101。
- 35) 厚生省；平成9年度一般廃棄物の排出及び処理状況等について，厚生省報道発表資料，(2000年6月23日付)
- 36) 廃棄物情報研究会；Fact book-廃棄物基本データ集，(1999)，11，日本環境衛生センター。
- 37) 東京都環境保全局環境管理部；東京都環境白書資料集，(2000)，124-130，東京都環境保全局環境管理部。
- 38) 日本下水道協会；平成9年度版下水道統計要覧，(1999)，99-102，日本下水道協会。
- 39) 坂志朗；ポスト石油化学のためのバイオマス資源，週刊農林，第1781号（2001），6-8。
- 40) 環境庁；平成12年版環境白書，(2000)，1-3，株式会社ぎょうせい。