

# エネルギー源としてみた自然環境保全センター周辺里山地域の 森林バイオマス

中川重年\*

## Wooden Biomass from Satoyama Area neighbouring Kanagawa Prefecture Natural Environment Conservation Center for the Energy Resource

Shigetoshi NAKAGAWA\*

### 要 旨

中川重年：エネルギー源としてみた自然環境保全センター周辺里山地域の森林バイオマス 神奈川県自環保七報告2：53-58, 2005 里山の木質資源の利用を促進させるために里山地域における6タイプの森林についてそのバイオマス量を測定した。スギ林では445.67t/ha、ヒノキ林377.67t/ha、クヌギ・コナラ林355.33t/ha、放置されたマダケ林329.39t/ha、同管理された場合43.27t/ha、放置モウソウチク林は200.82t/ha、アズマネザサ群落36.67t/haであった。森林の持つバイオマスのエネルギー換算を行ったところ、スギ林で $9.38 \times 10^8$  kcal/ha、ヒノキ林 $11.12 \times 10^8$  kcal/ha、クヌギ・コナラ林 $10.07 \times 10^8$  kcal/ha、放置マダケ林 $7.36 \times 10^8$  kcal/ha、放置モウソウチク林 $5.46 \times 10^8$  kcal/ha、アズマネザサ $0.76 \times 10^8$  kcal/haであった。また森林の生育速度ならびに再生速度を勘案しエネルギー効率(年間獲得エネルギー量)を計算するとマダケ林がもっとも高く $1.47-0.74 \times 10^8$  kcal/ha/年、ついでクヌギ・コナラ林 $0.325 \times 10^8$  kcal/ha/年、ヒノキ林 $0.278 \times 10^8$  kcal/ha/年でスギ林がもっとも小さく $0.223 \times 10^8$  kcal/ha/年であった。アズマネザサ群落は $0.76-0.15 \times 10^8$  kcal/ha/年であった。

キーワード：木質バイオマス、里山、エネルギー利用

### I はじめに

2002年、基本的な国家戦略としての「バイオマスニッポン総合戦略」策定以降、木質バイオマスのエネルギー源としての利用については国内で大きな関心を呼んでおり、主としてストーブに使う木質ペレットの生産も急速に増加し、現在では年間2,300tに及んでいる。全国で20に及ぶペレット生産工場が設置される状況となっている。このような木質バイオマスの燃料化に対する取り組みが顕著な岩手県住田町、長野県伊那地方、広島県庄原市などではペレットストーブもおのおの数十台の規模で普及して

いる。また各地でバイオマス燃料製造及び消費創出を目指した各種の研究会が催されるようになっている。

神奈川県における木質バイオマスのエネルギー利用に関する取り組み事例は、神奈川森林エネルギー工房(横浜市1998年発足)のほか県科学技術振興課「かながわ新エネルギービジョン」の策定(2003年)、主なものとしては同NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)委託「神奈川県バイオマスエネルギー活用具体化検討調査」(2003年)、「森林バイオマス熱利用システム実用化に関する実証試験事業調査」(2003年)((独)新エネルギー・産業技術総合開発機構・神奈川県自然環境保全センター2004)

\*神奈川県自然環境保全センター研究部(〒243-0121 神奈川県厚木市七沢657)

などがある。

このほか関東、東海地域では静岡県バイオマス研究会（静岡県春野町）、東京都バイオマス研究会（青梅市）が活動を行っている。また官民合同のペレットクラブが全国的な組織として活動を行っている。

神奈川県での木質バイオマスのエネルギー資源としては製材所端材が最も優先され（松村・中川，2004）、自然環境保全センターにおいてもこの製材端材について2004年度に燃料としての実用化に関する技術的課題解決に取り組んでいる。次に大きな課題は放置された竹林で、横浜市、南足柄市などで対策が検討されている。

今回の報告は、森林をエネルギー利用した場合の現存量について明らかにすることを目的としている。これまで森林のバイオマス量の測定はIBP (International Biological Program)において1963年以降、主として天然林を対象として多くの知見が得られている。

また本県においてのバイオマス量の知見は、これまで神奈川県林務課が簡易林分収穫表を調整(1959)しており、すでに林業分野での利用が行われてきた。また、神奈川県内の広葉樹林のバイオマス量については、キハダ植林(中川，1982)、ミズギ自然林(中川，1983)、クスノキ林(中川，1985)、コナラ、ケヤキなど(中川，1986、1987)、幹材積については広葉樹の幹材積表(中川，1989)などの知見が得られている。

今回の調査目的はエネルギー源としてみた森林の現存量を明らかにすることで、特に利用が容易と考えられる里山地帯の森林のバイオマス量を求めることを目的としているものである。これに先駆け(中川・松村，2004)は里山に生育する15樹種について部位別(心材、辺材、樹皮、葉)の発熱量を明らかにしており、その組み合わせで森林のエネルギー量が推定可能である。

森林バイオマスの調査に当たっては、調査林分において伐採を行い、樹種及び部位別に重量を測定した。

本研究は神奈川県の里山地帯における森林バイオマスエネルギー総量を初めて明らかにしたものである。

本報告にもちいたデータは2003年度にNEDOとの共同研究で行った「森林バイオマス熱利用システム実用化に関する実証試験事業調査」において得られたものである。

## II 方法

### 森林バイオマス量の測定

調査対象林分はスギ林(1林分)、ヒノキ林(1林分)、クスギ・コナラ林(1林分)、マダケ林・アズマネザサ群落(3林分)の6林分である。

調査地はいずれも本センター敷地及び同試験林内(図1)である。また対象とした6林分の現況は表1のとおりである。



図1 調査地 (1/25,000「厚木」図幅より転用)

表1 調査対象森林の現況

調査地	樹種	林齢	樹高 (m)	本数密度 (本/ha)	標高 (m)
1	スギ	42	15.8	2,200	155
2	ヒノキ	40	14.1	2,067	155
3	クヌギ・コナラ	31	13.0	1,667	140
4	マダケ	—	11.8	23,673	115
5	モウソウチク	—	10.6	10,816	115
6	アズマネザサ	—	4.0	—	160

調査地面積：スギ林（調査地番号1）、ヒノキ林（同2）およびクヌギ・コナラ（同3）林は150 m<sup>2</sup>（10 m × 15 m）とした。マダケ、モウソウチク林（同4、5）は49 m<sup>2</sup>（7 m × 7 m）、アズマネザサ群落（同6）は9 m<sup>2</sup>（3 m × 3 m）とした。

調査方法は地上部を対象とし伐採調査を行った。調査に当たってはそれぞれ、樹種名、胸高直径、樹高、葉重量（クヌギ・コナラ林は省く）・枝および幹重量（0～16 cm未満、16 cm以上の2径級）・枯枝・樹皮の重量を計測した。

マダケ、モウソウチクについては個体ごとに胸高直径・樹高測定、総重量計測を行った。アズマネザサ群落は刈り取り、総重量を計測した。

重量（生重）測定は調査地に設置した上皿ばかりで1 kg単位で測定した。

各部位については絶乾重（定温乾燥機で85℃、48時間乾燥）を求めた。

### III 結 果

調査結果は表2のとおりである。6林分中最も現存量（生重）が大きかったものはスギ林で445.67t/haであった。ついでヒノキ林で377.67t/ha、クヌギ・コナラ林355.33t/haであった。

スギおよびヒノキは末口直径16 cm以上では建築用柱材として使用可能であることから、この値を上回る部位は熱利用以外の用途が考えられる。スギでは木部全体の値が5,806 kgに対し2,171 kgで37.4%であった。一方ヒノキは4,903 kgに対し1,921 kgで39.2%となり、ほぼ同じ値であった。実際には建築用材としては通直材の場合4ないしは3 mで切断することから、この値を大きく下回り、バイオマス原

料の値がさらに小さくなると予測される。

木質バイオマス燃料としての品質は発熱量が最も重要で、ついで燃焼後に生じる灰（灰残量）の多寡も重要である（中川・松村，2004）

灰の含有量の多い部位は樹皮及び葉である。スギでは5.2%、ヒノキでは8.7%、クヌギ・コナラでは12.5%で、スギが最も小さい値であった。葉の割合はスギでは8.2%、ヒノキでは5.5%であった。クヌギ・コナラでは主な伐採時期が秋期から冬期にわたることから、エネルギー原料として考えた場合、葉の混入する割合はほとんどないことが予測される。実際今回の実測値では調査日が11月であったためわずか0.9%であった。

スギとヒノキでは樹皮及び葉の合計値はスギ13.4%、ヒノキ13.5%でほとんど同じ値であった。

林内に存在する枯死木も木質バイオマス原料としては重要である。枯死木量の多寡は森林管理の程度に応じて大きく変化することが推察されるが、今回の調査結果ではスギは21.9t/ha（328kg/150m<sup>2</sup>）で総量の4.9%、ヒノキでは29.9t/ha（448kg/150m<sup>2</sup>）で総量の7.9%であった。クヌギ・コナラでは9.06t/ha（136kg/150m<sup>2</sup>）で2.6%であった。

マダケ林は放置状態と管理が行われた林分で値が大きく異なる。放置された林分では329.39t/ha、管理を行ったマダケ林では43.27t/haと13.1%となった。バイオマス原料供給を目的とした場合の竹林の管理は特に考えることはない。原料入手は放置された竹林を皆伐する手法が考えられ、この場合有効なバイオマス量は329.39t/ha、また放置されたモウソウチク林では200.82t/haであった。

アズマネザサ群落は36.67t/haとマダケやモウソウチク林に比べて11.1-18.3%と小さな値であった。

現地測定による現存量の値から、すでに得られている樹種別部位別の発熱量（中川・松村，2004）および、各部位別絶乾重から林種別・部位別エネルギーを算出、林種別の総エネルギー量を求めた（表3）。

この結果、ヒノキ林が11.12 × 10<sup>8</sup> kcal/haと最も高く、次いでクヌギ・コナラ林が10.07 × 10<sup>8</sup> kcal/ha、スギ林は生重値ではもっとも大きなバイオマス量を示したが、森林全体の値はクヌギ・コナラ林よりも小さく、9.38 × 10<sup>8</sup> kcal/haであった。マダケ

表2 林種別現存量

調査地	林種	林齢	調査		木部		樹皮	葉	枯死木	合計	現存量
			面積	0～16cm	16cm～	kg					
1	スギ林	42	150	3,635	2,171	5,806	(348)	551	328	6,685	445.67
2	ヒノキ林	40	150	2,982	1,921	4,903	(492)	314	448	5,665	377.67
3	クスギ・コナラ林	31	150	3,125	2,069	5,194	(812)	((50))	136	5,330	355.33
4	マダケ林(放置)	—	49			1,614				1,614	329.39
4	マダケ林(管理)	—	49			212				212	43.27
5	モウソウチク林(放置)	—	49			984				984	200.82
6	ササ(放置)	—	9			33				33	36.67

注)1 樹皮( )は木部の内数である。

2 クスギ・コナラについては伐採時の冬期は葉がないため(( ))値は別途、試料から換算

表3 林種別・部位別エネルギー量

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
林種	部位	林齢	面積	含水率	発熱量	生重		絶乾重		発熱量		
						現存量	現存量	現存量	生産量			
		年	m <sup>2</sup>	%	kcal/kg	kg	t/ha	t/ha/年	t/ha	t/ha/年	×10 <sup>8</sup> kcal/ha	TJ/ha
スギ林	木部	42	150	60.2	5018.8	5,458	363.87	8.66	144.82	3.45	7.27	3.04
	樹皮	42	150	15.6	4,433.6	348	23.20	0.55	19.58	0.47	0.87	0.36
	葉	42	150	54.8	4,835.0	551	36.73	0.87	16.60	0.40	0.80	0.33
	枯死木・枯枝	42	150	60.2	5,018.8	328	21.87	0.52	8.70	0.21	0.44	0.18
	計					6,685	445.67	10.61	189.71	4.52	9.38	3.93
ヒノキ林	木部	40	150	44.7	5,192.1	4,411	294.07	7.35	162.77	4.07	8.45	3.54
	樹皮	40	150	16.5	4,950.2	492	32.80	0.82	27.39	0.68	1.36	0.57
	葉	40	150	61.3	5,518.2	314	20.93	0.52	8.10	0.20	0.45	0.19
	枯枝	40	150	44.7	5,192.1	448	29.87	0.75	16.52	0.41	0.86	0.36
	計					5,665	377.67	9.44	214.77	5.37	11.12	4.66
クスギ・コナラ林	木部	31	150	41.3	4,783.3	4,361	290.73	9.38	170.81	5.51	8.17	3.42
	樹皮	31	150	34.9	4,593.1	812	54.13	1.75	35.24	1.14	1.62	0.68
	葉	31	150	50.5	4,931.8	21	1.40	0.05	0.69	0.02	0.03	0.01
	枯死木・枯枝	31	150	41.3	4,783.3	136	9.07	0.29	5.33	0.17	0.25	0.10
	計					5,330	355.33	11.46	212.07	6.84	10.07	4.22
マダケ林		5	49	50.1	4,477.4	1,614	329.39	65.88	164.36	32.87	7.36	3.08
モウソウチク林		5	49	41.6	4,660.3	984	200.82	40.16	117.22	23.44	5.46	2.29
アズマネザサ群落		1	9	55.3	4,630.2	33	36.67	36.67	16.39	16.39	0.76	0.32

Fは中川・松村(1997)より換算したもの

いずれも木部の発熱量は心材・辺材の平均値を使用

クスギ・コナラ林はクスギの値を使用

クスギ・コナラ林の葉は1本伐採し葉の割合1%から算出

マダケ、モウソウチク林、ササ林は桿・枝・葉の平均値を使用

マダケ林は調査地・竹林1の値を使用

H: 現存量(生重) = G: 現存量 ÷ D: 面積

I: 生産量(生重) = H: 現存量(生重) ÷ C: 林齢

J: 現存量(絶乾重) = H: 現存量(生重) × (100% - E: 含水率)

K: 生産量(絶乾重) = J: 現存量(絶乾重) ÷ C: 林齢

L: 総発熱量 = F: 発熱量 × J: 現存量(絶乾重)

林では  $7.36 \times 10^8$  kcal/ha, モウソウチク林  $5.46 \times 10^8$  kcal/ha とさらに小さく、アズマネザサ群落ではわずかに  $0.76 \times 10^8$  kcal/ha であった。

#### IV 考 察

今回得られた森林バイオマス量、すなわちスギ林の値 445.67t/ha、ヒノキ林で 377.67t/ha、クヌギ・コナラ林 355.33t/ha であった。これはスギ林 3.8t/ha/年、ヒノキ林 3.2t/ha/年、広葉樹林 3.9t/ha/年としており(埴田, 2000)、今回得られた値、スギ林 3.45 同、ヒノキ林 4.07、クヌギ・コナラ林 5.51 と近い値を示しており、さらに世界レベルでの温帯常緑樹林 356t/ha、温帯落葉樹林 300t/ha (齋藤, 1989) と近い値を示していることから、ほぼ神奈川県内で使える値といえよう。

表 3 の総エネルギー量を林齢で除すと、年間に獲得できるエネルギー量を求めることができる(表 4)。

マダケ林の回復年数を 5 から 10 年とみなし、アズマネザサ群落の回復を 1 から 5 年とみなすと、得られた値はマダケ林で  $1.47-0.74 \times 10^8$  kcal/ha/年、アズマネザサ群落では、 $0.76-0.15 \times 10^8$  kcal/ha/年の値が得られる。

一方、スギ林では  $0.223 \times 10^8$  kcal/ha/年、ヒノキ林では  $0.278 \times 10^8$  kcal/ha/年、クヌギ・コナラ林では  $0.325 \times 10^8$  kcal/ha/年の値が得られ、3つの森林の中ではクヌギ・コナラ林が大きな値を持つことがわかった。

このことから純粋に木材をエネルギー利用する場合にはクヌギ・コナラ林はスギ・ヒノキ林よりも有利であることがわかる。

また皆伐したマダケ林の再生速度を 10 年と仮定すれば  $0.74 \times 10^8$  kcal/ha/年、5 年であれば  $1.47 \times 10^8$  kcal/ha/年と他の森林に比べて著しく大きなエネルギー獲得値を持つこともわかった。

現在の里山において問題となっている管理放棄されたクヌギ・コナラ林や、竹林は生産されるバイオマスエネルギー量はスギ林、ヒノキ林よりも大きい。森林の総合利用として建築材に加え、エネルギー源としての社会的仕組みを作ることでもクヌギ・コナラ林および竹林を含めた森林の複合的利用をおこなうことで社会的価値をいっそう高める事ができよう。

#### V 引用文献

- 松村正治・中川重年(2004)神奈川県における製材所廃材の実態と燃料化の方向性. 神奈川県自然環境保全センター報告1, 11-16
- 中川重年(1983)ミズキ自然成林の植生と成長. 神奈川県林業試験場研究報告9, 1-8
- 中川重年(1985)湯河原町鍛冶屋のクスノキ林の成長. 神奈川県林業試験場研究報告11, 11-18
- 中川重年(1986)箱根町畑宿箱根木工「匠の森」における箱根細工に用いられる広葉樹植栽の適地と成長予想. 神奈川県林業試験場研究報告13, 1-34
- 中川重年(1987)丹沢南斜面の里山地帯におけるクヌギ・コナラ林を構成する広葉樹数種の成長. 神奈川県林業試験場研究報告14, 27-59
- 中川重年(1989)神奈川県における広葉樹立木幹材積表の調製. 神奈川県林業試験場研究報告16, 75-107

表 4 林種別年間獲得エネルギー量

林種名	A 林 齢	B / A	
		総エネルギー量 $\times 10^8$ kcal/ha/年	年間獲得エネルギー量 $\times 10^8$ kcal/ha/年
スギ林	42	9.38	0.223
ヒノキ林	40	11.12	0.278
クヌギ・コナラ林	31	10.07	0.325
マダケ林	5-10*	7.36	1.47-0.74
アズマネザサ群落	1-5*	0.76	0.76-0.15

\*現状に回復するまでの推定年数

- 中川重年・松村正治 (2004) 神奈川県産樹木15種の  
バイオマス燃料としての特性評価. 神奈川県自  
然環境保全センター報告1, 21-28
- 斎藤秀樹 (1989) 森林の物質生産. 森林生態学46,  
朝倉書店
- 独)新エネルギー・産業技術総合開発機構・神奈川  
県自然環境保全センター (2004) 平成15年度森  
林バイオマスの熱利用システム実用化に関する  
実証試験事業調査報告書 pp118, (独)新エネル  
ギー・産業技術総合開発機構・神奈川県自然環  
境保全センター
- 埜田宏 (2000) 植生管理による炭素貯留方策. 地上  
生態系による温暖化防止戦略, p89, 博友社