アベマキ・コナラ薪炭林の 10 年周期による 供給可能な薪エネルギー量

金澤 洋一^{1*}・上村 真由子²・福井 美帆³

¹ 神戸大学大学院農学研究科 657-8501 神戸市六甲台町 1-1

² 日本大学生物資源科学部 252-8510 藤沢市亀井野 1866

³ 東大阪市役所 577-8521 東大阪市荒本北 50-4

Energy supply by firewood from coppice woodland of *Quercus variabilis* and
Q. serrata with a harvest rotation of 10 years

Yoichi Kanazawa^{1*}, Mayuko Jomura² and Miho Fukui³

¹ Graduate School of Agricultural Science, Kobe University, 1-1 Rokkodai-cho,
Nada-ku, Kobe, 657-8501, Japan

² College of Bioresource Sciences, Nihon University, 1866 Kameino, Fujisawa,
252-8510, Japan

³ Higashiosaka municipal office, 50-4 Aramotokita, 577-8521, Japan

Abstract: Energy supply by firewood through “Wakeshiba” was estimated by hearing from inhabitants and biomass survey of coppice woodland in a village of Shiso City, Hyogo Prefecture. In “Wakeshiba”, a traditional firewood-harvesting system from “Satoyama”, the common coppice woodland was shared among inhabitants every year and they could harvest firewood from the shared woodland. The rotation of the woodland was 10 to 15 years. Energy content of harvested firewood from the shared area reached to 23 - 33 GJ/year/household. This amount was more than half of 43 GJ meaning an average consumption per household in Japan. The total area of “Wakeshiba” was only a small part of whole forest area in the village, indicating that there was sufficient woody resource for energy supply to household in the village.

Key Words: Energy supply, Coppice woodland, Firewood, Rotation, Satoyama

要旨：アベマキ・コナラを中心とする里山薪炭林からの薪による家庭へのエネルギー供給量を推定した。兵庫県宍粟市の中山間地域に位置する集落において、聞き取り調査から「分け柴」と呼ばれる薪の採取システムを明らかにし、現地林分の伐倒による現存量調査から「分け柴」に必要な面積を計算した。またこれらの結果にもとづいて、「分け柴」によるエネルギー供給量を推定した。その結果、毎年、20～30 GJ 程度が薪により供給されていたことがわかった。この量は、現在日本の一般家庭で消費されるエネルギー量である 43 GJ の半分あるいはそれ以上に相当し、現在でも「分け柴」によって日本の一般家庭が必要とするエネルギー量のかなりの部分を供給できることがわかった。「分け柴」として利用されていた面積は集落が利用してきた土地のごく一部で、本集落 50 世帯でも 14 ha 程度と推定され、現在残されている広葉樹林でも十分に足りることがわかった。

キーワード：里山薪炭林、薪エネルギー、分け柴、アベマキ、現存量

* 連絡先：yknzw2009@gmail.com

受付：2008 年 9 月 9 日／受理：2009 年 3 月 11 日

はじめに

昭和30年代に始まる高度経済成長期に燃料革命が進展し、それまでの家庭の主要な燃料であった薪炭や石炭は、石油やガスで代表される化石燃料に取って代わられた。薪炭は次第にその消費量が減少し、現在ではどの家庭においてもほとんど使われていないのが実状である。燃料革命が起きる以前、我々はどの程度のエネルギー量を薪炭に頼っていたのであろうか。特に農山村では里山（Takeuchi *et al.* 2003；深町 2004, 2008）と呼ばれる農用林を管理し、そこから必要なエネルギーを調達していた。ある意味で閉鎖系であったそのコミュニティで必要とされたエネルギー量はどの程度であったのか、そしてその調達システムはどのようなものであったのであろうか。循環型社会が指向される現在、農山村における薪炭利用の実態を明らかにしておくことも必要なことと考えられる。樹林地のもつ潜在的エネルギー量についてはすでに上原・重松（2001, 2004）、上原ほか（2005）の先行研究があり、植生・土地利用の面的な変化や現況分析にもとづく供給可能量の試算が行われ、また歴史的な土地利用の動態保全や里地・里山の保全管理により、かなりのエネルギー量を木質により賄えることが示されている。今回の報告では、燃料革命の前から続くアベマキ・コナラ林の10年伐期の萌芽更新による薪炭採取システムに注目し、そのシステムによる家庭へのエネルギー供給量の推定を試みた。

兵庫県宍粟市一宮町の中坪集落には現在でも利用されている里山林が残っており、そこから、「分け柴」と呼ぶ仕組みで薪が採取されている。集落内における聞き取り、採取された薪の調査、林分伐倒調査によるバイオマス推定などからこの「分け柴」採取・利用のシステムおよび「分け柴」によるエネルギー供給量の推定を行った。

調査地の概要

1. 中坪集落

調査を行った中坪集落は、一宮町の南部、揖保川の支流染河内川の最も上流部に位置する集落である。1979年から2007年までの年平均気温は13.4℃、年間平均降水量は1,750 mmである（気象庁ホームページ）。現在この集落周辺に広がる山林は、そのほとんどがスギ・ヒノキ人工林だが、かろうじて、集落北側背後の尾根筋（頂部標高590 m）から東に広

がる面積約14 ha程度の土地に、現在でも薪炭林として利用されている広葉樹が残っている。

2. 土地利用形態

過去の地図および聞き取り調査から1960年以前の土地利用形態は、大きく、山林・草場・耕作地・宅地に分けることができ、次のように利用されていた。

宅地：各屋敷地や集会所など、生活拠点。

耕作地：水田・畑地で、主に食物の供給。

草場：家畜の飼料、肥料としての草の供給。

山林：燃料や肥料、木材など生活資材の供給箇所であるとともに、現金収入のための主に薪炭の生産供給。

また1930年代のこの集落の景観は次のように再現できる。集落内では、宅地の周辺に水田を中心とした耕作地が広がり、山側には竹林が点在していた。またスギ・ヒノキの人工林も宅地・耕作地の近くに少ないながらも存在していた。集落を流れる川の上流には薪採取用として管理されている若い広葉樹林が存在していた。さらに上流部には炭焼き用の広葉樹が広がり、その奥に草場が広がっていた。草場のさらに奥には、茅場が広がっていた。現在、この草場や茅場はほとんど見られず、人工林に変わっている。

3. 「分け柴」

山林には主に燃料として利用される共有の木質資源の供給地があり、毎年住民に割り当てられ、その場所の樹木は「分け柴」と呼ばれて割り当てられた家庭が自由に利用できた。この「分け柴」として利用されていた山林は東河内生産森林組合の所有である。

方法

燃料源としての資源利用を明らかにするために、現在も「分け柴」採取に利用されている生産管理組合の広葉樹林（写真1）において、毎木調査、伐倒調査を行い、その広葉樹林の地上部現存量を推定した。また薪の重量測定も行った。そこで得られた地上部現存量と薪の熱量を計算し、その結果と聞き取り調査からこの集落の人々が森林から得ていたエネルギー量を推定した。

1. 現存量推定

2005年12月に中坪集落の北側山麓に残されている広葉樹林において、地形・林分状況を考慮して、

写真 1. 「分け柴」採取に利用されている広葉樹林

通常のバイオマス調査の樹高を 1 辺とするプロットよりも大きい 10×14 m のプロットを設定し、毎木調査および伐倒調査を行い、プロット内における林木の現存量を推定した。この広葉樹林の主な構成樹種はアベマキ (*Quercus variabilis*)・コナラ (*Quercus serrata*) で、本数密度は 3,400 本/ha、平均胸高直径は 7 cm、平均樹高は 7.7 m であった。調査プロットの概要を表 1 に示した。毎木調査の際、比較的新しい伐根が数ヶ所で見られたことから、プロット内林木を任意に選び、その地際直径を測定し、地際直径と胸高直径との回帰式より、すでに伐倒された個体の胸高直径を推定した。現存量推定にはこれらの個体のデータも加えた。

伐倒調査では 5 本の標本木を選び伐倒を行った。伐倒した各個体の幹・枝生重の測定後、各個体の幹サンプルおよび枝サンプルを研究室に持ち帰って絶乾重を求め、その生重と絶乾重から乾物率を計算した。この乾物率を用いて伐倒個体各々の地上部現存量を求め、毎木調査で得た胸高直径および樹高との相対成長式より、プロット内全林木の地上部現存量を求めた。さらに単位面積あたりの地上部現存量を求めた。

伐倒個体の諸量と現存量推定のための相対成長関係を表 2 と図 1 にそれぞれ示した。

2. 薪の重量

「分け柴」の対象林分に隣接する林道には屋根付きの薪置き場 (写真 2) があり、採取され、切り揃えられた薪が積まれていた。この薪置き場から任意に薪

表 1. 調査林分の概要

林齢 (年)			10
本数密度 (本/ha)	アベマキ	<i>Quercus variabilis</i>	1,570
	コナラ	<i>Q. serrata</i>	1,290
	クリ	<i>Castanea crenata</i>	210
	ほか	others	360
	全	All	3,430
平均直径 (cm)	アベマキ	<i>Quercus variabilis</i>	8.71
	コナラ	<i>Q. serrata</i>	5.21
	クリ	<i>Castanea crenata</i>	8.35
	ほか	others	6.78
	全	All	7.09
平均樹高 (m)	アベマキ	<i>Quercus variabilis</i>	8.65
	コナラ	<i>Q. serrata</i>	6.61
	クリ	<i>Castanea crenata</i>	9.17
	ほか	others	6.02
	全	All	7.72
胸高断面積合計 (m^2/ha)	アベマキ	<i>Quercus variabilis</i>	10.03
	コナラ	<i>Q. serrata</i>	2.97
	クリ	<i>Castanea crenata</i>	1.19
	ほか	others	1.15
	全	All	15.34

を 5 束選び出し、重量を測定した。その後一部を、研究室に持ち帰って乾燥器に入れて絶乾にし、乾重を測定して乾物率を求め、薪 1 束の絶乾重を算出した。

3. 聞き取り調査

集落内において、「分け柴」の採取や利用に関する聞き取り調査を行った。聞き取りの対象は、中坪集落を含む東河内地区全域の 70 歳代から 80 歳代の男性が中心であり、中坪集落で 5 名、山田集落で 1 名、福田集落で 2 名、本谷集落で 1 名であった。

4. 世帯当りの消費エネルギー量の推定

上記の結果から、単位面積から得られる薪の束数

表2. 伐倒木の諸量

伐倒木 No.	樹種	胸高直径(D) [cm]	樹高(H) [m]	D ² H	幹乾重 [kg]	枝乾重 [kg]	全乾重 [kg]
1	アベマキ (<i>Quercus variabilis</i>)	12.1	9.85	1442.14	35.18	18.30	53.48
2	同上	10.09	10.02	1020.12	30.25	6.74	36.99
3	同上	8.82	8.32	647.23	16.58	7.70	24.28
4	同上	7.8	9.22	560.94	13.28	3.98	17.26
5	コナラ(<i>Q. serrata</i>)	5.03	7.72	195.32	4.99	1.03	6.02

図1. D²H と地上部絶乾重（幹+枝）の関係
D：胸高直径（cm），H：樹高（m）

写真2. 「分け柴」林分脇の薪置き場

を推定し、さらに聞き取り調査の結果と併せ、1世帯が年間に利用していた薪によるエネルギー量を求めた。次にそのエネルギー量と現在各家庭が消費しているエネルギー量との比較を行った。

結果と考察

1. 「分け柴」

1960年代まで集落内の人々にとって薪は重要な燃

料であり、煮炊き、風呂炊きなど、日常生活において欠かせないものであった。これら薪が採取できる山林は、共有財産として住民にとって重要なものであった。住民はこれら山林を「分け柴」と呼ばれる制度によって公平に利用していた。毎年、正月明けの1月15日に行われる「とんど」の日に、その年の薪を採取する林に住民が集まる。そして皆でくじをひき、世帯ごとに薪を採取する場所を決める。割り当てられた場所の中の樹木は、自分の持ち場であ

れば、その後どのように利用しても良かった。柴を分けることから「分け柴」と呼ぶようになったと考えられる。

これら「分け柴」の採取林分は毎年変わり、集落の役員が決定していた。林齢 10 年から 15 年の林を利用していただろうで、輪伐期が 10 ～ 15 年と言い換えることができる。この輪伐期は他の地域の薪炭林の伐期にほぼ一致する（紙谷 1987；深町 2008；堀内ほか 2006）。

このようにして決められた「分け柴」を採取する 1 世帯あたりの面積およびそこから得られる薪の量は、面積は 1 辺が 10 数 m の正方形、薪は年間に 100 ～ 140 束程度であったということである。

以上が 1960 年代までの「分け柴」の概要で、現在も「分け柴」は続けられているが、その利用度は減少し、4、5 世帯の利用に留まっているようである。現在の割り当て等については、必要に応じて集落自治会の役員会で決定されている。

2. 燃料エネルギー源としての薪炭林

(1) 広葉樹林の現存量

伐倒木の地際年輪数が 10 であったことからこの調査林分の林齢を 10 年と判断した。この林分はほぼ 10 年周期で伐採されていることになる。

毎木調査の結果と伐倒調査で得た枝と幹の生重および持ち帰ったサンプルの乾物率から求めた地上部木質部分の絶乾重は、プロット内全体では 835 kg であり、林地 m^2 当たりの地上部木質部分の絶乾重は 6.0 kg と推定された。この木質部が「分け柴」の部分である。

(2) 世帯当りの薪利用量

a. 「分け柴」の重量および熱量

聞き取り調査から、各家庭で使用される「分け柴」の量は年間 100 ～ 140 束であることがわかった。この「分け柴」は煮炊き用や囲炉裏、風呂に多く利用されていた。前述のように、現在でも 4、5 世帯が風呂の追い炊き等に「分け柴」を使っているようである。

この薪 5 束の重量を測定したところ、1 束の平均重量は 13.62 kg で、標準偏差は 0.72 kg であった。またここで秤量した薪の平均乾物率は 0.860 であった。従って、13.62 kg / 束の絶乾重は 11.71 kg / 束に相当する。すなわち、薪はまだ 1.91 kg の水分を含んでいた。

「分け柴」1 束の絶乾重が 11.71 kg、また先に計算

した林地 m^2 当たりの地上部木質部分の絶乾重は 6.0 kg であったから、これらから 1 束が取れる面積は 1.95 m^2 ということになった。

伐倒調査における生木の平均乾物率は 0.612 であった。この乾物率を用いると伐採時の薪の重量は 19.13 kg / 束となる。薪置き場に置かれていた薪は 13.62 kg / 束であったことから、伐採直後と比較して乾燥が進んだことで一束あたり 5.51 kg 軽くなったことになる。伐採後、細かくして束ね、現場の近くにしばらく置くことで軽くし、その後家まで運ぶのが「分け柴」の通常の扱いであったと思われる。現場にしばらく置くことは、薪の乾燥と運搬の労力軽減を図った人々の生活の知恵であったと想像される。

b. 「分け柴」の発熱量

広葉樹平均の発熱量は絶乾 1 kg 当たり 4,730 kcal の数値が得られている（浅野 1982）。この熱量は 19.80 MJ に相当する。この値を用いると「分け柴」1 束当たりの発熱量は 19.80 に 11.71 を乗じて 231.86 MJ と計算された。

c. 中坪集落 1 世帯が使う「分け柴」束数および必要な山林面積

1 世帯が年間使う「分け柴」の束数は 100 ～ 140 束程度であった。この数字をもとに、100, 120, 140 束を想定し、その熱量、その束数が収穫できる山林面積、毎年収穫するには 10 年間の輪伐期となるので、10 倍の山林面積を計算した。結果を表 3 に示した。

1 世帯が 100 ～ 140 束の「分け柴」を使用することによって得られる熱量は 23 ～ 33 GJ と計算された。ただし、薪は絶乾にはなっていないし、また 100% 有効にエネルギーが利用されることも考えられないから、この利用可能なエネルギー量はこの数値よりも小さくなるに違いない。しかし、絶乾をベースにしてこの熱量を得るには 2 ～ 3 アールの山林が必要となる。この面積は 1 辺が 10 数 m の伐採面積に一致する。毎年等しい量の「分け柴」を利用することとして 10 年の輪伐期を想定すれば、1 世帯当たり 0.2 ～ 0.3 ha の山林面積が必要とされた。

次にこの数値を使い、中坪集落の世帯数の統計資料からこの集落で必要な山林面積を計算した。その結果を表 4 に示した。

中坪集落では最近では世帯数が減少しているが、50 世帯が生活しているとして、世帯当たり平均 120 束を使った場合には集落全体で、12ha 程度の広葉樹林が必要であると計算された。

表3. 100～140束の絶乾重・熱量・必要山林面積

束数	乾燥重量[kg]	熱量[GJ]	必要面積[㎡]	必要面積[㎡] (輪伐期10年)
100束	1171	23.19	1.95	19.5
120束	1405	27.82	2.34	23.4
140束	1639	32.46	2.73	27.3

表4. 世帯数による中坪地区の分け柴収穫のための必要山林面積の推定
(輪伐期10年)

年	人口	世帯数	必要山林面積 (ha)		
			100束	120束	140束
1955	277	48	9.36	11.23	13.10
1960	255	48	9.36	11.23	13.10
1965	218	47	9.17	11.00	12.83
1970	181	46	8.97	10.76	12.56
1975	181	44	8.58	10.30	12.01
1980	195	43	8.39	10.06	11.74
1985	206	43	8.39	10.06	11.74
1990	203	40	7.80	9.36	10.92
1995	190	41	8.00	9.59	11.19
2000	156	38	7.41	8.89	10.37

前述の土地利用形態の変遷を調べた結果から、昔の広葉樹林面積は1932年では296.4 ha、1962年でも149.2 haであり、「分け柴」としては十分すぎるほどの面積があると考えられる。しかし、この広葉樹林の面積には、炭焼き山や用材としての広葉樹林などの面積も含まれており、すべてが「分け柴」として利用した山林ではない。聞き取り調査の結果、昔、炭焼きは村の6割くらいの家庭で行われており、だいたい1世帯0.5 ha程度の山林を利用していたことがわかった。しかし、今回、この炭焼きによる各世帯への供給エネルギー量については資料不足のため計算できなかった。

d. 1世帯の「分け柴」による年間消費エネルギー量

「分け柴」が中坪集落で1世帯が年間必要とする全エネルギー量に占める割合を調べた。ただし、中坪集落における世帯当たりの使用エネルギー量の資料がないために、エネルギー白書2006年版の資料により、日本全体における家庭部門のエネルギー消費量と比較を行った（資源エネルギー庁ホームページ）。

日本の平均1世帯当りの年間最終エネルギー消費量は、1965年には18.2 GJであったが、2005年に43.3 GJと40年間で2.4倍になっている。また、暖房・給湯・厨房エネルギー消費量は1965年には14.7 GJ、2005年には26.7 GJであった。中坪集落の「分け柴」使用によるエネルギー量は世帯当り年間23～33 GJと計算された。暖房・給湯・厨房エネルギー消費量

でみる限りにおいては、十分なエネルギー量を賄えることになる。このエネルギー量は最終消費エネルギー量の43.3 GJと比較しても53～76%の割合になる。1965年では世帯当り18.2 GJの消費量であったから、「分け柴」によるエネルギーが100%有効利用されるとは言えないものの、当時、この「分け柴」によって中坪集落では、日本の平均世帯の最終エネルギー消費量以上のエネルギー量が得られていたと考えられる。近年の最終消費エネルギー量の43.3 GJと比較しても、「分け柴」により必要なエネルギー量の半分程度は補える計算となる。「分け柴」によるエネルギー供給量は決して少なくないことが実感できる。

3. 木質系バイオマスエネルギーの可能性

既往研究では、植生・土地利用図等による面的なバイオマス供給量の試算が行われてきた（上原・重松2001, 2004；上原ほか2005）。この研究では、実際の里山利用状況の調査、それにもとづく必要山林面積の推定を行い、木質系エネルギー資源が現在でも十分に存在しており、潜在的に調査集落の消費エネルギーを賄うことを示すことができた。すなわち、中坪集落の人々は現在の日本の平均的な家庭が年間使用するエネルギー量の半分あるいはそれ以上の割合を山林、特に里山林からの薪に代表される木質系エネルギーに依存していたのである。

現在、各地に利用されなくなって放棄された里山林が増加しているが、この木質系バイオマスを有効に利用すれば、化石燃料の使用を少なくして地球温暖化防止にも貢献する循環型社会に近づけることが可能と考えられる。しかし、木質系資源は石油に比べて単位重量当たりの発熱量が灯油の半分程度（坂 2001）で、山地に広く薄く分布しているのが実状である。その資源の伐採収穫、搬出、乾燥、利用を現在の生活の中でどのように実現していけるのかなど、その有効利用には解決すべき課題が多く残されているのも事実であるだろう。

謝辞

本研究を行うにあたり、一宮町の皆様に大変お世話になった。特に、中坪集落の自治会長を務めておられた横枕正さんには、再度に渡る聞き取り調査や行事の見学を快く受け入れて頂き、また、中坪集落内の方々との橋渡しもしていただいた。ここに深く御礼申し上げる。

宍粟市役所の世良智さんには、中坪集落と出会うきっかけをつくっていただいた。一宮市民局の田路賀之さんは度重なる質問にも快く丁寧な回答をくださった。重ねて御礼申し上げる。

引用文献

- 浅野猪久夫（編）. 1983. 木材の事典. 456+6pp. 朝倉書店, 東京.
- 堀内美緒・深町加津枝・奥敬一・森本幸裕. 2006. 明治後期の日記にみる滋賀県西部の里山ランドスケープにおける山林資源利用のパターン. ランドスケープ研究 69: 705-710.
- 深町加津枝. 2004. 里山とは. 森林科学 42: 4-9.
- 深町加津枝. 2008. 里山の風景. 環境研究 148: 113-119.
- 紙谷智彦. 1987. 薪炭林としての伐採周期の違いがブナ・ミズナラ二次林の再生後の樹種構成におよぼす影響. 日本林学会誌 69: 29-32.
- 気象庁ホームページ. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>
- 資源エネルギー庁ホームページ. エネルギー白書 2006 年版. <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2006EnergyHTML/>
- Takeuchi, K., Brown, R.D., Washitani, I., Tsunekawa,

A., and Yokohari, M. (eds.) 2003. Satoyama. 229pp. Springer, Tokyo.

上原三知・重松敏則. 2001. 地域資源の保全と有機的活用による循環型地域システムの確立に関する基礎研究. ランドスケープ研究 64: 831-834.

上原三知・重松敏則. 2004. 都市近郊における農林地の変化とその保全・活用による自然循環型社会システムの可能性. ランドスケープ研究 67: 827-832.

上原三知・重松敏則・朝野景. 2005. 都市近郊里地・里山林の保全・活用による潜在的生産力とその循環型地域モデル. ランドスケープ研究 68: 545-550.

坂 志朗（編）. 2001. バイオマス・エネルギー・環境. XII+536pp. アイピーシー, 東京.