

【研究報告】

木質バイオマス利用技術
 ~ 2 木質バイオマス循環利用モデルの開発 ~
 (国庫課題 平成15~18年度)

小澤 創

目 次

要 旨		
福島県における森林が持つバイオマス量の推定		20
1 はじめに		20
2 方法		21
3 結果と考察		22
福島県いわき市における林地残材および未利用間伐材の利用の可能性		27
1 はじめに		27
2 方法		27
3 結果と考察		29
その他		33
引用文献		33

要 旨

スギ林やヒノキ林などに残された利用されていない木質バイオマスとして、林地残材および未利用間伐材がリサイクル可能なエネルギー資源として注目されている。これらの未利用な木質バイオマスは相当量あるものの、一般的に都市近郊で発生する建築廃材や製材工場で発生する廃材よりも林地からの収集運搬費用の方が高いとされ、現実には有効に利用されていないと指摘されている。

しかし、これらの未利用な木質バイオマスがある地域にどれくらいあり、それがどのように分布しているかについては詳細に明らかにされていない。また、林地からの収集・運搬費用に関してもどの程度になるかについては不明な点が多い。そして、その地域の未利用な木質バイオマスの分布と関連させ、それらがどれくらい利用できるのかについて検討した事例もほとんどない。そこで、福島県及び福島県いわき市を対象として木質バイオマスの賦存量の推定と、それらをペレット工場まで搬出する際のコストを推定した。これらから、いわき市における林地残材および未利用間伐材の利用の可能性について検討した。

県内の林地残材は拡大係数を用いた推定によると、 齢級以上のスギ林を皆伐した場合、林地残材は約270万tと算定された。また、スギの未利用間伐材は、間伐実績(2002~2005年度)から推定すると約7.5万t/年と推定された(間伐率30%で全木搬出しないと仮定した場合)。この未利用間伐材は約3万世帯が1シーズンに使う熱量に相当すると推定さ

受付日 平成19年2月28日

受理日 平成19年4月8日

れた（1世帯あたり、1シーズンに1,800Lの灯油を使うと仮定した場合）。

他の報告の事例を参照すると、林内から林道脇までの収集・作業道運搬費は既設の作業道を利用し、機械集材・100m運搬を行った場合、枝葉は4,394円/m³、端材は2,178円/m³になると推定された。林道脇での間伐材の買取価格を2,500～3,000円/m³（他報告および聞取り）とすると、林道脇から100mの位置にある枝葉でも収集運搬費の方が高くなると推定された。一方、林道脇からペレット工場までの積込・一般道運搬費は、10t車を用いた場合、5kmでは枝葉1,642円、端材1,966円となり、35kmでは枝葉3,073円、端材2,836円となった。また、仮に工場での間伐材の買取価格も2,500～3,000円/m³とすると、運搬費の方が安くなる距離があると推定された。このことから、林道脇まで運搬されている残材であれば、エネルギー資源として利用可能なことが推察された。

福島県における森林が持つバイオマス量の推定

1 はじめに

スギやヒノキなどの樹種は、主に材の利用を目的として丸太材積と面積で管理されてきた。近年、材としての利用のほかに、リサイクル可能なエネルギー資源としてスギ林やヒノキ林が注目されるようになってきており、そのため、樹木や森林を材積のみで測るのではなく、それらが持つ資源量（バイオマス）で把握することが求められるようになった。

一般的にバイオマスは「再生可能な、生物由来の有機性資源で化石資源を除いたもの」と定義され、乾燥重量（t）で表される。その中には、木質の他に、農産、畜産、水産、生活廃棄物、産業廃棄物などが含まれる¹⁾。このうち、木質系のものが木質バイオマスとされ、製紙副産物、製材廃材、林地残材、除間伐材、建設・建築廃材などがある²⁾。木質バイオマスに区分されたもののうち、種類によっては既に利用されている。例えば、製紙工場から出る木屑や黒液などは製紙工程や工場内発電にリサイクルされており、ほとんど廃棄物はないとされる^{1, 3, 15)}。また、製材工場から発生する木質系の廃棄物には「樹皮」、「背板」、「端材」、「のこ屑」などがある。これらは家畜敷料、チップ、燃料、堆肥などに利用されており^{2, 3, 4, 5)}、新たに利用できる廃棄物は少ないとされる。また、建設・建築廃材はその多くが産業廃棄物として扱われている。しかし、それらは廃棄されるのではなく、チップ化されパーティクルボードの原料や燃料等として利用されている場合が多い⁴⁾。

一方、利用されていない木質バイオマスも多くある。例えば、林地残材、未利用間伐材、シイタケ等の栽培後の使用済みのホダ木、剪定枝条、薪炭林（広葉樹林）などが挙げられている²⁾。このうち、資源量が多いものは林地残材および未利用間伐材であるとされている²⁾。

そこで、利用されていない木質バイオマスとして、林地残材および未利用間伐材が注目されるようになってきた。まず林地残材であるが、木材生産時に林地に残される枝葉、末木などや、木材としての価値の低い低質材（小径木）のことである^{2, 6)}。未利用間伐材とは、間伐後コスト的に見合わずに土場までの運搬を断念した材、枝葉、末木、および端材のことである⁶⁾。これらのうち林地残材及び未利用間伐材の賦存量については全国的な把握がなされているものの^{7, 8)}、県内の各市町村にどれくらいあるのかについて詳細に算出した事例はない。本報告では福島県内を対象として各市町村別に森林のバイオマス、林地残材量、未利用間伐材量を算出することを試みた。

2 方法

(1) 森林が持つバイオマスの推定

森林が持つバイオマス量（地上部乾燥重量）は森林簿に記載されている各樹種のバイオマス量の和とした。

$$AGB = (FA_{t1} \times SV_{t1} \times BEF_{t1} \times BD_t) + (FA_{t2} \times SV_{t2} \times BEF_{t2} \times BD_t)$$

AGB : 森林のバイオマス (t)

FA_t : 各樹種の森林面積 (ha)

SV_t : 各樹種における各齢の材積 (m³/ha/年生)

BEF_t : 各樹種の拡大係数

BD_t : 各樹種の容積密度 (t / m³)

各略語に添付されている数字「1」は20年生以下、「2」は21年生以上を示している。また、「t」は森林簿に記載されている樹種を示している。拡大係数は商業的な伐採量の単位である丸太材積 (m³) から地上部全体の乾燥重量 (t) に変換するための係数で、福田 (2003) がスギ、ヒノキを含めた多くの樹種を対象にして算出されている⁹⁾。各樹種の容積密度は既出のデータを用いた¹⁰⁾。これらから市町村ごとに森林のバイオマスを算出した。

(2) 林地残材の推定

林地残材量はスギおよびヒノキの 齢級以上の林分を対象とした。伐採後、材として利用する部分は搬出し、それ以外の部分（例えば、枝、葉、根曲がり、幹曲がり、端材、小径木など）は全て林地に残されると仮定した。林地に残される各部位の量は西園らが開発した未利用バイオマス収穫予想表を使用した^{11, 12)}。

$$RB_{total} = RB_n$$

$$RB_n = (CAGB_n \times R_b)$$

$$CAGB = BEF \times CSV$$

RB_{total} : 林地残材 (t)

RB : 林地残材 (t)

CAGB : スギもしくはヒノキのバイオマス (t)

CSV : スギの材積 (m³)

R_b : 各部位の割合 (%)

各略語に添付されている n は からXVまでの各齢級を示している。

(3) 未利用間伐材の推定

未利用間伐材はスギを対象とした。間伐率は30%とし、素材を含めた各部位の全てが林地に残されると仮定した。各市町村の2002年度から2005年度までの間伐実績面積を齢級ごとに集計し、その平均を年間の間伐実績面積とした。これを森林簿に記載されている各齢級の面積で除し、市町村ごとに年間の間伐されるスギの面積割合を算出した。次に、齢級ごとの材積に面積割合、間伐率、スギの容積密度および拡大係数を掛け、それらの合計を未利用間伐材のバイオマスとした。このバイオマスに林地に残される各部位の割合を掛け、それらの合計を未利用間伐材量とした。

$$TRB = (TCGB \times R_b)$$

$$TCGB = (CSV_n \times RTA_n \times BEF \times 0.3 \times BD)$$

$$RTA_n = MTA_n / CA_n$$

TCGB : 各市町村における未利用間伐材のバイオマス量 (t)

RTA : 間伐面積割合

MTA : 平均間伐実績面積 (ha)

CA : スギ林の面積 (ha)

各略語に添付されている n は実際に間伐を行った齢級を示す。

3 結果と考察

(1) 森林バイオマス量

人工林の針葉樹および広葉樹の森林バイオマスは福島県全体でそれぞれ、約2,300万 t、約8万 tと推定された(表 - 1)。また、天然林の針葉樹および広葉樹の森林バイオマスはそれぞれ、約408万 t、約2,700万 tと推定された。

(2) 林地残材量

齢級以上のスギ林を皆伐したと仮定した場合、福島県全体で約276万 tの林地残材が発生すると推定された。また、齢級以上のヒノキ林を皆伐した場合、約3万 tの林地残材が発生すると推定された(表 - 2、図 - 1)。

これらの残材は 齢級以上の林分がある市町村に集中して発生する。そのため、森林面積が少ない市町村や、45年生以上の林分が少ない市町村では林地残材がほとんど発生しない。例えば、鏡石町では森林簿上の 齢級以上のスギ林の面積は4 haであることから、発生する林地残材は448 tであると推定された。一方、いわき市では森林簿上の 齢級以上のスギ林の面積は6,372haであった。そのため、発生する林地残材も多く、630,267 tであると推定された。

(3) 未利用間伐材量

2002~2005年度の間伐実績から推定される未利用間伐材は福島県全体で1年間に約7.5万 t発生すると推定された(表 - 3、図 - 2)。林地残材の場合とは異なり、未利用間伐材は間伐を実施している市町村で発生するため、スギ林の面積に相応して多くなるとは限らず、間伐を実際に行っている市町村に集中的に発生する。例えば、棚倉町と矢祭町のスギ林の面積と材積はそれぞれ、2,573ha (1,028,392m³)と、3,558ha (1,486,529m³)である。面積、材積とも矢祭町の方が、1.4~1.5倍程度多い。一方、発生する未利用間伐材は棚倉町が548 tに対して、矢祭町は棚倉町よりも4.5倍多い2,465 t発生すると推定された。未利用間伐材の全量(75,728 t)を暖房用の燃料として利用すると仮定した場合、30,291世帯が1シーズン(6ヶ月)に暖房に使う熱量に相当すると推定された。(1世帯あたり、1シーズンに1,800 Lの灯油を使い、これに相当する熱量をバイオマスで2.5 tと仮定した場合¹³⁾)これは白河市と相馬市(2004年10月現在)の総世帯数30,429 t (17,879世帯 + 12,550世帯)に相当すると考えられた。

表-1 各市町村の森林バイオマスの推定量

旧市町村	人工林		天然林		新市町村	人工林		天然林	
	針葉樹	広葉樹	針葉樹	広葉樹		針葉樹	広葉樹	針葉樹	広葉樹
	t	t	t	t		t	t	t	t
会津若松市	302,256	2,606	40,431	1,776,383	会津若松市	309,855	2,611	59,562	1,838,774
北会津村	0	0	0	0					
河東町	7,599	5	19,131	62,391					
喜多方市	142,660	1,565	76,053	251,782	喜多方市	596,526	2,484	182,009	1,446,983
熱塩加味村	172,161	339	21,500	601,896					
塩川町	25,476	46	36,086	37,823					
山都町	207,641	282	40,887	397,978					
高郷村	48,589	253	7,533	157,525					
北塩原村	134,206	8	63,502	303,801	北塩原村	134,206	8	63,502	303,801
西会津町	364,850	514	36,567	1,384,196	西会津町	364,850	514	36,567	1,384,196
磐梯町	114,544	311	9,441	219,786	磐梯町	114,544	311	9,441	219,786
猪苗代町	529,780	511	40,873	761,078	猪苗代町	529,780	511	40,873	761,078
会津坂下町	61,314	69	33,047	139,441	会津坂下町	61,314	69	33,047	139,441
湯川村	0	0	0	0	湯川村	0	0	0	0
柳津町	341,809	952	2,819	668,275	柳津町	341,809	952	2,819	668,275
三島町	223,416	122	1,922	488,079	三島町	223,416	122	1,922	488,079
金山町	270,155	1,158	15,537	576,824	金山町	270,155	1,158	15,537	576,824
昭和村	63,619	0	14,907	329,714	昭和村	63,619	0	14,907	329,714
会津高田町	365,317	679	12,620	904,410	会津美里町	463,027	1,008	61,970	1,065,627
会津本郷町	52,977	328	41,606	101,591					
新鶴村	44,734	0	7,744	79,627					
下郷町	397,558	1,476	59,822	1,184,474	下郷町	397,558	1,476	59,822	1,184,474
檜枝岐村	28,327	27	8,395	165,863	檜枝岐村	28,327	27	8,395	165,863
只見町	182,295	128	31,287	1,101,237	只見町	182,295	128	31,287	1,101,237
田島町	817,170	457	111,775	1,694,609	南会津町	1,355,266	1,081	172,539	3,427,209
舘岩村	222,053	557	44,366	725,174					
伊南村	148,761	22	3,667	335,885					
南郷村	167,281	46	12,731	671,561					
福島市	642,133	3,354	191,019	988,033	福島市	642,133	3,354	191,019	988,033
二本松市	111,386	247	56,079	213,385	二本松市	433,568	805	146,421	582,450
安達町	65,459	368	31,722	51,627					
岩代町	117,786	35	50,636	182,165					
東和町	138,936	155	7,984	135,263					
伊達町	596	0	1,005	119	伊達市	460,766	994	233,868	478,216
梁川町	129,290	385	84,550	106,600					
保原町	13,355	54	50,816	38,386					
霊山町	200,474	348	84,372	222,273					
月舘町	117,051	207	13,126	111,838					
本宮町	18,458	98	27,857	54,919	本宮市	48,246	1,754	45,228	149,275
白沢村	29,789	1,656	17,370	94,357					
桑折町	77,999	134	57,535	49,839	桑折町	77,999	134	57,535	49,839
国見町	57,200	80	29,536	43,713	国見町	57,200	80	29,536	43,713
川俣町	304,953	2,246	38,706	351,866	川俣町	304,953	2,246	38,706	351,866
飯野町	16,951	7,561	9,359	34,228	飯野町	16,951	7,561	9,359	34,228
大玉村	81,011	92	31,184	83,768	大玉村	81,011	92	31,184	83,768
郡山市	1,394,254	7,946	286,357	1,217,989	郡山市	1,394,254	7,946	286,357	1,217,989
須賀川市	106,743	1,922	100,103	161,027	須賀川市	389,745	3,002	164,003	353,080
長沼町	174,454	879	38,313	115,379					
岩瀬村	108,547	201	25,586	76,675					
滝根町	165,265	948	13,885	82,936	田村市	913,231	6,516	94,821	770,499
大越町	126,457	24	17,015	83,760					
郡路村	130,844	2,240	15,377	174,951					
常葉町	182,016	601	17,113	123,741					
船引町	308,650	2,703	31,431	305,111					
鏡石町	4,462	34	12,145	14,585	鏡石町	4,462	34	12,145	14,585
天栄村	159,675	1,744	32,301	206,491	天栄村	159,675	1,744	32,301	206,491
石川町	300,492	554	32,361	222,258	石川町	300,492	554	32,361	222,258
玉川村	41,466	82	42,618	56,081	玉川村	41,466	82	42,618	56,081
平田村	208,748	242	19,589	138,709	平田村	208,748	242	19,589	138,709
浅川町	38,565	37	29,109	62,176	浅川町	38,565	37	29,109	62,176
古殿町	721,399	735	5,079	153,904	古殿町	721,399	735	5,079	153,904
三春町	50,691	813	18,903	129,380	三春町	50,691	813	18,903	129,380
小野町	414,764	1,488	6,383	277,983	小野町	414,764	1,488	6,383	277,983
白河市	174,183	1,066	67,973	189,638	白河市	524,675	1,518	147,209	444,201
表郷村	131,373	80	26,080	83,982					
大信村	170,832	291	13,525	123,999					
東村	48,287	82	39,679	46,583					
西郷村	310,866	2,165	35,421	344,795	西郷村	310,866	2,165	35,421	344,795
泉崎村	39,751	51	23,873	41,031	泉崎村	39,751	51	23,873	41,031
中島村	8,459	576	19,897	10,016	中島村	8,459	576	19,897	10,016
矢吹町	16,596	273	39,613	47,561	矢吹町	16,596	273	39,613	47,561
棚倉町	438,494	72	47,789	263,329	棚倉町	438,494	72	47,789	263,329
矢祭町	629,045	1,655	103,562	192,592	矢祭町	629,045	1,655	103,562	192,592
塙町	678,823	2,967	60,726	303,862	塙町	678,823	2,967	60,726	303,862
鮫川村	434,649	378	15,193	215,483	鮫川村	434,649	378	15,193	215,483
相馬市	204,310	597	116,328	306,879	相馬市	204,310	597	116,328	306,879
原町市	240,655	229	140,854	161,524	南相馬市	603,288	2,016	347,772	474,974
鹿島町	200,060	1,531	86,537	213,281					
小高町	162,573	257	120,380	100,169					
広野町	230,231	334	32,489	72,088	広野町	230,231	334	32,489	72,088
楢葉町	156,011	184	7,965	43,815	楢葉町	156,011	184	7,965	43,815
富岡町	168,075	28	31,328	78,228	富岡町	168,075	28	31,328	78,228
川内村	955,069	1,068	30,070	234,315	川内村	955,069	1,068	30,070	234,315
大熊町	116,840	275	27,918	107,687	大熊町	116,840	275	27,918	107,687
双葉町	122,600	11	84,873	70,249	双葉町	122,600	11	84,873	70,249
浪江町	254,593	1,013	63,065	147,835	浪江町	254,593	1,013	63,065	147,835
葛尾村	81,691	174	17,723	77,835	葛尾村	81,691	174	17,723	77,835
新地町	73,015	541	35,417	72,026	新地町	73,015	541	35,417	72,026
飯沼村	254,030	460	45,159	298,789	飯沼村	254,030	460	45,159	298,789
いわき市	4,537,627	9,624	385,655	1,948,208	いわき市	4,537,627	9,624	385,655	1,948,208
計	23,035,604	78,653	4,039,789	27,292,660	計	23,035,604	78,653	4,039,789	27,292,660

森林バイオマス：森林の地上部の乾燥重量(t)
 新市町村：2008年2月1日現在のものです。

表-2 スギおよびヒノキの林地残材の推定量

旧市町村	スギ		ヒノキ		新市町村	スギ		ヒノキ	
	t	t	t	t		t	t		
会津若松市	48,839	11	会津若松市	51,137	23				
北会津村	0	0							
河東町	2,298	13							
喜多方市	26,246	8	喜多方市	106,420	19				
熱塩加納村	34,269	5							
塩川町	4,757	0							
山都町	41,147	6							
高郷村	8,465	0							
北塩原村	29,235	15	北塩原村	29,235	15				
西会津町	68,177	137	西会津町	68,177	137				
磐梯町	16,804	40	磐梯町	16,804	40				
猪苗代町	57,668	109	猪苗代町	57,668	109				
会津坂下町	13,712	32	会津坂下町	13,712	32				
湯川村	0	0	湯川村	0	0				
柳津町	65,089	17	柳津町	65,089	17				
三島町	54,923	5	三島町	54,923	5				
金山町	60,688	0	金山町	60,688	0				
昭和村	12,078	0	昭和村	12,078	0				
会津高田町	64,635	6	会津美里町	80,983	20				
会津本郷町	8,922	2							
新鶴村	7,436	12							
下郷町	43,893	108	下郷町	43,893	108				
檜枝岐村	3,410	0	檜枝岐村	3,410	0				
只見町	36,101	2	只見町	36,101	2				
田島町	65,877	1,209	南会津町	111,883	1,240				
館岩村	7,344	31							
伊南村	12,813	0							
南郷村	25,849	0							
福島市	42,089	1,414	福島市	42,089	1,414				
二本松市	14,297	153	二本松市	42,953	328				
安達町	5,990	140							
岩代町	12,578	35							
東和町	10,087	0							
伊達町	0	0	伊達市	33,033	216				
梁川町	5,379	83							
保原町	962	26							
雲山町	21,211	82							
月窟町	5,480	26							
本宮町	937	15	本宮市	5,705	74				
白沢村	4,769	59							
桑折町	6,380	654	桑折町	6,380	654				
国見町	6,576	193	国見町	6,576	193				
川俣町	35,672	102	川俣町	35,672	102				
飯野町	1,527	8	飯野町	1,527	8				
大玉村	2,606	347	大玉村	2,606	347				
郡山市	114,254	875	郡山市	114,254	875				
須賀川市	11,262	45	須賀川市	29,551	175				
長沼町	15,198	88							
岩瀬村	3,082	43							
滝根町	15,242	19	田村市	91,732	320				
大越町	13,304	10							
都路村	6,923	69							
常葉町	15,707	53							
船引町	40,557	169							
鏡石町	448	0	鏡石町	448	0				
天栄村	14,602	10	天栄村	14,602	10				
石川町	29,979	289	石川町	29,979	289				
玉川村	4,142	26	玉川村	4,142	26				
平田村	19,412	98	平田村	19,412	98				
浅川町	2,816	81	浅川町	2,816	81				
古殿町	107,103	120	古殿町	107,103	120				
三春町	9,266	49	三春町	9,266	49				
小野町	41,977	99	小野町	41,977	99				
白河市	15,002	832	白河市	45,569	1,618				
表郷村	21,618	570							
大信村	5,845	209							
東村	3,104	8							
西郷村	18,494	286	西郷村	18,494	286				
泉崎村	4,287	5	泉崎村	4,287	5				
中島村	2,182	82	中島村	2,182	82				
矢吹町	1,640	0	矢吹町	1,640	0				
棚倉町	73,676	2,212	棚倉町	73,676	2,212				
矢祭町	86,376	1,595	矢祭町	86,376	1,595				
塩町	113,009	532	塩町	113,009	532				
鮫川村	55,343	136	鮫川村	55,343	136				
相馬市	31,656	151	相馬市	31,656	151				
原町市	38,998	2,141	南相馬市	87,465	2,717				
鹿島町	22,921	318							
小高町	25,546	258							
広野町	14,741	136	広野町	14,741	136				
楢葉町	16,610	32	楢葉町	16,610	32				
富岡町	13,305	325	富岡町	13,305	325				
川内村	24,581	2,125	川内村	24,581	2,125				
大熊町	7,546	0	大熊町	7,546	0				
双葉町	10,807	296	双葉町	10,807	296				
浪江町	28,629	581	浪江町	28,629	581				
葛尾村	7,191	50	葛尾村	7,191	50				
新地町	10,152	420	新地町	10,152	420				
飯舘村	21,237	0	飯舘村	21,237	0				
いわき市	630,267	11,475	いわき市	630,267	11,475				
計	2,767,213	32,015		2,758,748	32,015				

林地残材: X 齢級以上のスギ林もしくはヒノキ林を皆伐したと仮定したときに残される枝・葉・端材など
 新市町村: 2008年2月1日現在のものとした。

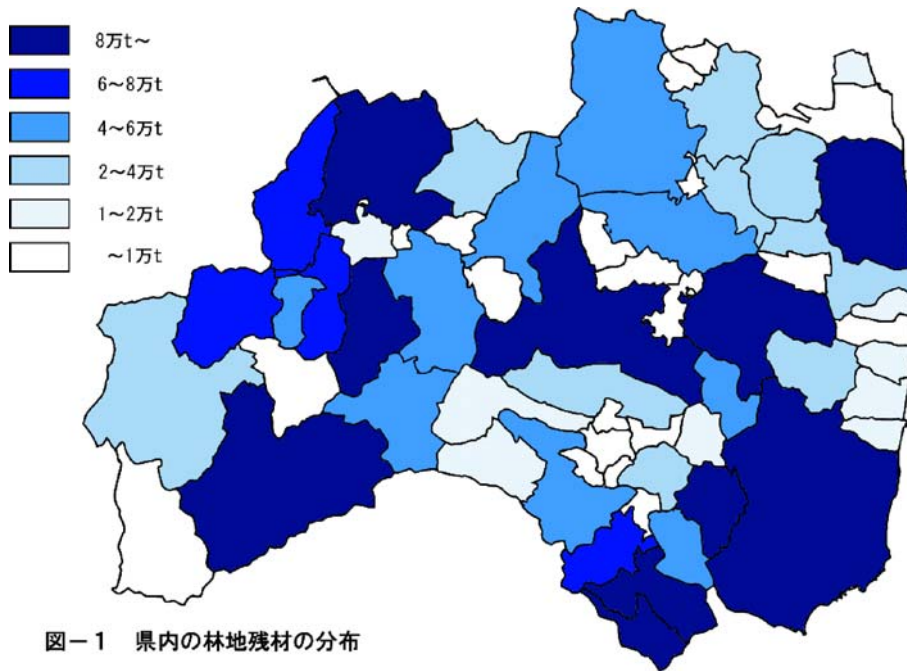


図-1 県内の林地残材の分布

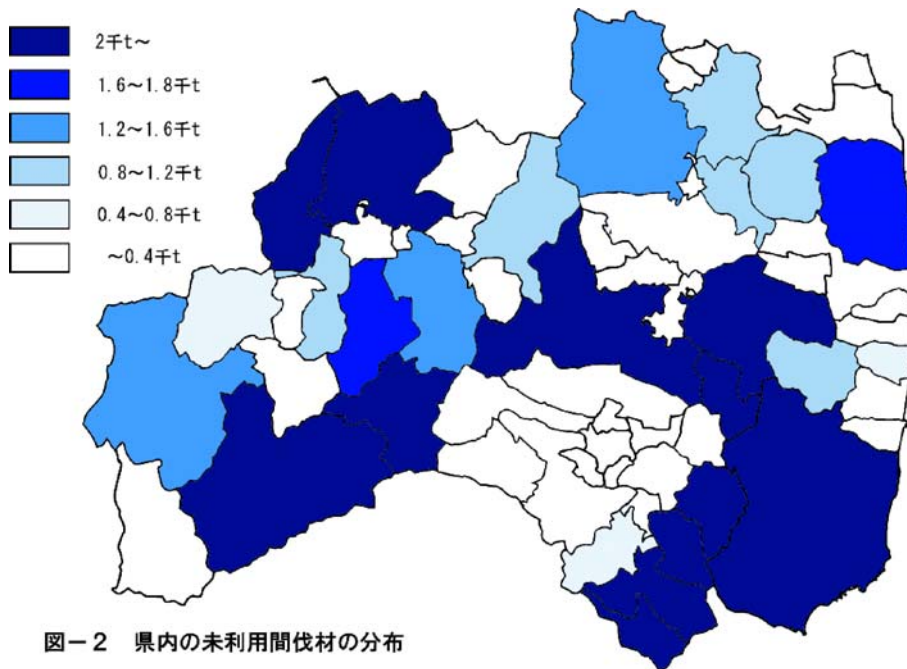


図-2 県内の未利用間伐材の分布

表 - 3 スギの間伐によって残されるバイオマスの推定量(年平均)

市町村	幹	末木	小径木	枝葉	計
	t	t	t	t	t
会津若松市	898	66	8	232	1 204
喜多方市	1 938	152	19	517	2 627
北塩原村	56	7	1	19	84
西会津町	1 782	145	15	482	2 424
磐梯町	186	22	7	63	278
猪苗代町	837	82	16	251	1 186
会津坂下町	8	1	1	3	13
湯川村	0	0	0	0	0
柳津町	628	57	7	178	870
三島町	153	19	4	52	227
金山町	303	25	2	80	410
昭和村	161	12	1	41	215
会津美里町	1 255	127	24	385	1 791
下郷町	1 914	140	11	488	2 553
檜枝岐村	0	0	0	0	0
只見町	1 106	89	7	297	1 500
南会津町	3 184	292	36	910	4 422
福島市	1 047	83	10	279	1 420
二本松市	450	37	3	121	611
伊達市	706	58	5	190	959
本宮市	18	1	0	4	23
桑折町	0	0	0	0	0
国見町	17	1	0	4	21
川俣町	713	54	5	187	959
飯野町	0	0	0	0	0
大玉村	7	0	0	2	9
郡山市	6 114	412	37	1 530	8 092
須賀川市	197	19	6	61	283
田村市	4 010	288	35	1 025	5 358
鏡石町	0	0	0	0	0
天栄村	192	16	1	52	262
石川町	117	8	1	30	156
玉川村	13	1	0	4	18
平田村	247	16	1	61	325
浅川町	36	2	0	8	46
古殿町	5 136	269	16	1 147	6 568
三春町	30	2	1	8	41
小野町	2 353	167	15	600	3 135
白河市	159	9	0	37	205
西郷村	48	3	0	12	64
泉崎村	0	0	0	0	0
中島村	0	0	0	0	0
矢吹町	0	0	0	0	0
棚倉町	421	26	1	100	548
矢祭町	1 914	105	6	440	2 465
塙町	1 603	89	5	371	2 069
鮫川村	2 504	133	8	566	3 211
相馬市	154	8	1	34	197
南相馬市	1 542	88	6	358	1 994
広野町	35	4	1	11	51
楢葉町	91	7	0	24	122
富岡町	290	23	6	80	400
川内村	691	55	9	191	946
大熊町	148	9	1	35	193
双葉町	21	2	0	6	29
浪江町	103	9	2	29	143
葛尾村	74	6	0	19	99
新地町	149	7	0	33	189
飯舘村	821	57	4	208	1 089
いわき市	10 374	654	76	2 521	13 624
計	56 952	3 966	422	14 388	75 728

値は2002年度から2005年度の間伐実績面積より推定した。

間伐は30%とし、全木が林地に残されるとした。

市町村は2006年2月1日現在のものとした。

福島県いわき市における林地残材および未利用間伐材の利用の可能性

1 はじめに

国際的な地球温暖化への関心の高まりとともに、森林を再利用可能なエネルギー資源(木質バイオマスエネルギー)として利用することに焦点が当てられるようになった^{2, 4, 14, 15, 16, 17)}。

森林から発生する木質バイオマスについて、林野庁の報告では未利用間伐材よりも林地残材のほうが経済的に利用できるとしている¹⁶⁾。それは、林地残材は木材生産後に残される枝、葉、端材であるので、既設の作業道が開設されていることが前提となっているためであり、そのため、林地残材に関しては賦存量や利用の可能性に関する研究が多くなされてきた。例えば、林地の林地残材量の推定手法や¹⁸⁾、林地から残材を運搬するための手段によるコストの比較などである^{19, 20)}。

これらの研究から、林地残材は搬出方法、搬出距離、林地の条件によっては、十分に利用の可能性があると明らかになってきたが、多くの報告では具体的な市町村の地域を対象とせず、一般的なモデルケースとしての研究結果から引き出されたものとなっている。ある地域に限定し、その賦存量や利用の可能性について検討を行った事例はほとんどない^{1, 21)}ことから、その地域の住民にとって、林地残材や未利用間伐材が周囲の森林にどれくらいあり、それらが経済的にどれくらい利用可能なのかについては理解が進んでいない。これらを明らかにすることは、その地域で林地残材や未利用間伐材を利用する際に、何が不足し、何をすることが重要なのかを検討する基礎資料にもなると考えられた。

そこで、福島県いわき市を対象として、林地残材および未利用間伐材の供給コストの検討を行った。具体的には既出の研究結果を利用し、市内にある林地残材および未利用間伐材の量を推定する。そして、同じく他の報告や事例を利用して、それらをペレット工場まで搬出するときの収集・運搬にかかるコストを算出する。算出した賦存量や推定コストから、いわき市の林地残材や未利用間伐材の利用の可能性を検討することを目的としている。

2 方法

(1) 林地残材量および未利用間伐材量の推定

林地残材量はスギの 齢級の林分を対象とした。伐採後、材として利用する部分は搬出し、それ以外の部分(例えば、枝、葉、根曲がりや幹曲がりを含む端材、未木など)は全て林地に残されると仮定した。林地に残される各部位の量は西園らが開発した未利用バイオマス収穫予想表によって推定した^{11, 12)}。

$$RB = (CAGB \times Rb)$$

各略語については前章を参照されたい。

未利用間伐材はスギを対象とした。間伐率は30%とし、全てが林地に残されると仮定した。間伐はスギの林分収穫表に基づき、短・中伐期で収穫を行うとした。そして、地位2の林分の間伐を10、13、17、21、26年生時に行うとし、各林齢の材積を大字ごとに集計した。間伐率、容積密度および拡大係数を掛け、それらの合計を未利用間伐材のバイオマスとした。このバイオマス量に林地に残される各部位の割合を掛け、それらの合計を未利用間伐材量とした。

$$TBR = (TCGB \times Rb)$$

$$TCGB = (CSVn \times 0.3 \times BD \times BEF)$$

略語に添付されている n は間伐を行った林齢を示す。また、各略語については前章を参照されたい。

(2) 収集・積込・運搬の工程

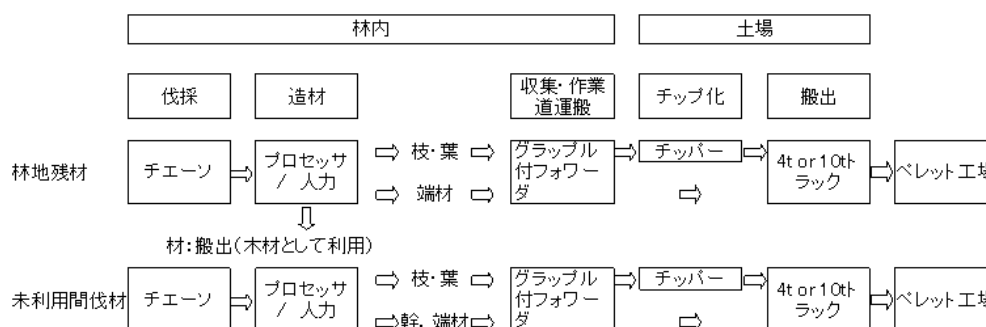


図-3 林地残材および未利用間伐材の収集・運搬の工程

林地に残される林地残材および未利用間伐材は、他の研究に基づき、林内から既設の作業道をフォワーダで運搬され、林道脇で4tもしくは10tのトラックに積み替えられて工場まで運搬されるとした(図-3)^{16, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 34)}。具体的には容積が異なる枝葉・末木(以後、枝葉とする)と根曲がりや幹曲がりを含む端材(以後、端材とする)とは別に収集・運搬するとした。そして、枝葉・末木は林道脇でチップ化し、容積を縮小させてトラックに積み替えて工場に運搬するとした。端材はチップ化せず、そのまま運搬するとした。搬入する工場はいわき市遠野のTペレット工場と仮定し、林地残材や未利用間伐材は全て他のチップ材と同様に利用するものとした。

林地残材、未利用間伐材とも林内で造材まで行われたとし、それ以降の収集・運搬単価を算出した。また、これらの収集・運搬単価の差については検討事例がなく、把握することができなかった。そのため、これ以降については林地残材と未利用間伐材の区別はせず、枝葉と端材の区分のみで検討を進めた。

(3) 収集・積込・運搬の費用

枝葉・末木および端材の収集にかかる費用はそれらの林地での分布状況や林地内の作業道の有無、傾斜などによって大きく変わると予想される。そのため、一定の単価を適用することが難しく、詳細に検討された事例はほとんどない^{16, 28, 29)}。本報告では、グラップル付フォワーダ(最大積載量2,700kg)によって、枝葉もしくは、2.0m程度に造材された端材を収集・運搬したと仮定し、1,302円/m³とした²⁹⁾。

林地から林道脇までの作業道運搬および一般道運搬の費用は主に佐々木(2006)を利用した^{20, 23, 24, 25, 30, 31)}。林道脇まで運ばれた枝葉はチップ化される。チップ化の処理は主にチップパーの能力によって単価に最大で6倍程度の差があることが報告されている(表-4)。本報告では中型のチップパーを使用し、730円/m³を適用した。チップはチップパーからトラックへ直接吹き込みを行うとした。一方、林道脇まで運ばれた端材はローダークレーン車によって積み込まれるとした。T工場までの運搬距離は一般道を走行するとし、1/30,000の地図を利用してその地区(大字)の中心地からのT工場までの距離を把握した。

3 結果と考察

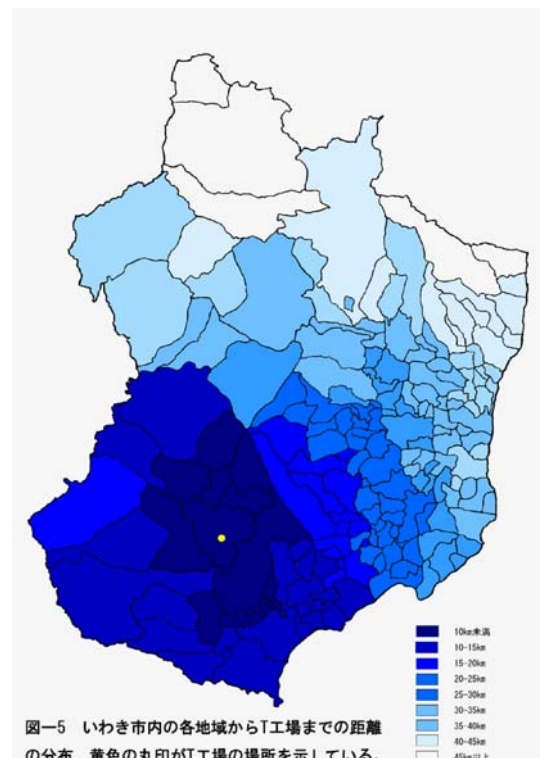
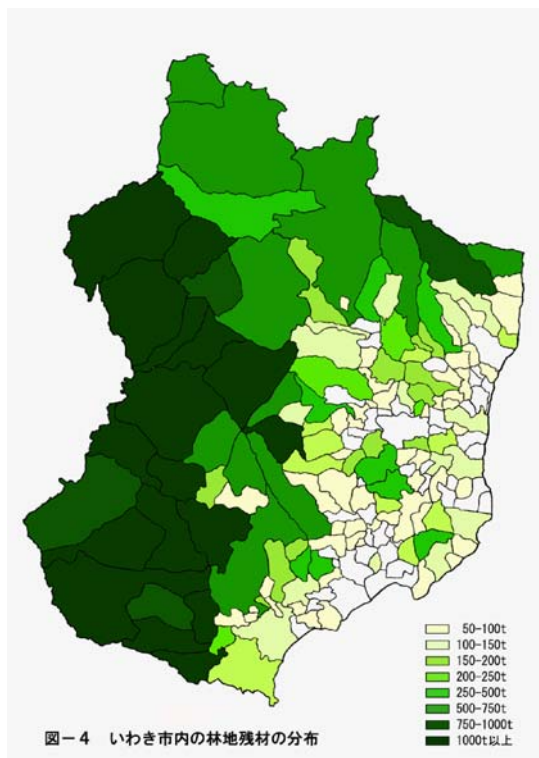
表-4 従来の報告によるチップ化のコスト

種類	使用場所	単価 (円/m ³)	備考	出典
小型	林内 (伐採現場等)	515	60.3kW, ディスク式, 30cm以下の端材	森口(2004)
		1,214	枝葉を含めた残材	Yoshioka(2002)
		1,243	末木枝条, 80馬力, 30cm以下の枝条	佐々木(2006)
中型	土場 (林道脇等)	730	土場残材	深澤(2002)
		2,170	林地残材	吉岡(2002)
		2,480		立川(2003)
大型	工場	441	150kW, ディスク式, 60cm以下の根元材	森口(2004)
		930	一般材	立川(2003)
		414	ダフグラインダー	Yoshioka(2002)

(1) いわき市の林地残材と未利用間伐材の推定量

いわき市の 齢級のスギ林を皆伐したときに発生する林地残材は69,618 tであると推定された。また、林分収穫表に基づいた間伐を行ったときに発生する未利用間伐材は3,303 tであると推定された。

林地残材の分布を大字ごとでまとめると主に市内の南西(遠野町、田人町など)に多く分布していることが明らかになった(図-4)。それぞれの大字の中心からT工場までの距離は道路網に依存していた(図-5)。T工場から最も遠い場所は川前町小白井で60.4 kmであった。各大字からT工場までの距離は30~35kmの区分が最も多かった(図-6)。林地残材、未利用間伐材とも、T工場までの距離が35km未満の箇所がほとんどであった。林地残材は全箇所の83.2%、未利用間伐材は79.8%を占めた。



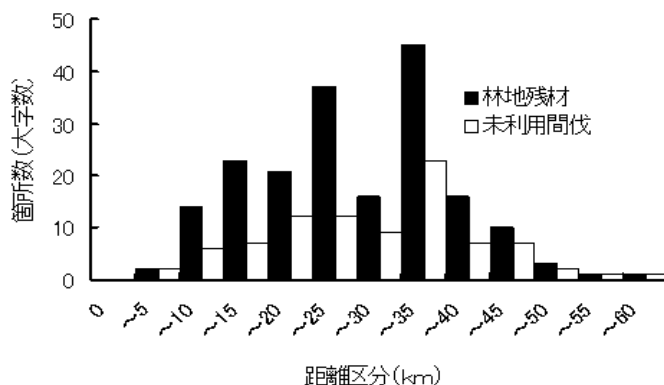


図-6 林地残材および未利用間伐材が存在する箇所と運搬距離の関係

(2) 林地からの工場までの収集・運搬単価

林内から工場までの枝葉の収集・運搬単価は運搬車両に関わらず、端材の単価よりも高くなると推定された(図-7)。さらに、運搬距離が長くなるほどその差は大きくなると推定された。作業道運搬を500mとし、4t車で一般道の距離ごとの単価を比較すると、20kmで枝葉は8,167円/m³、端材は4,536円/m³、60kmで枝葉は12,093円/m³、端材は7,260円/m³であった。その差はそれぞれ、3,631円(8,167 - 4,536)、4,833円(12,093 - 7,260)であった。この傾向は10t車でも同じであった。

また、枝葉もしくは端材を運搬する車両は比較的近い距離の運搬であれば4t車が、遠距離の運搬では10t車が安くなると推定された。枝葉を運搬した場合は7.5kmまで、端材を運搬した場合は23.6kmまで4t車の方が安くなると推定された。

枝葉の方が端材よりも単価が高くなると推定された理由はいくつかある。まず、林地から林道脇までの収集・運搬にかかる単価の差が考えられる(これについては後述する)。

また、チップ化の有無が考えられる。チップ化の単価はそのまま枝葉と端材の単価差になる。また、一台の車両に積載

できる枝葉(チップ)と端材の量の差も単価の差に影響していると考えられる。例えば、丸太換算値で比較すると4t車では枝葉は2.5m³、端材は3.4m³積み込むことができ、10t車では枝葉は7.9m³、端材は13.0m³積み込むことができる^{23, 24)}。このことから、枝葉はチップ化を行って容積を減らしたとしても1台の積載量は端材よりも少ないと考えられる。

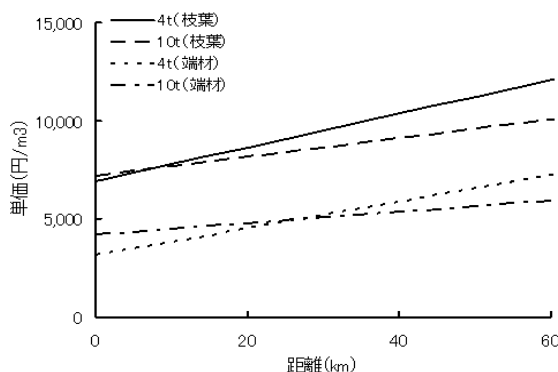


図-7 林内から工場までの枝葉の収集・運搬単価

(3) 林地から土場までの単価

枝葉および端材を林内で機械収集し、林道脇まで搬出する単価は枝葉の方が端材よりも

高くなると推定された(図-8)。作業道の延長を500mで比較すると枝葉は2,434円/m³、端材は5,298円/m³、1,500mで比較すると枝葉は7,557円/m³、端材は3,075円/m³であった。その差はそれぞれ、2,864円(5,298 - 2,434)、4,482円(7,557 - 3,075)であった。

枝葉の方が端材よりも単価が高くなると推定された理由は主に積載量の差によると考えられる。フォワーダへの積載量は枝葉0.88m³、端材3.1m³であり、その差は3.5倍と推定された²⁴⁾。枝葉は端材に比べて容積あたりの空隙が多く、一度に多くの量(材積換算値)を運搬することができないことが単価の差を生んだと考えられる。

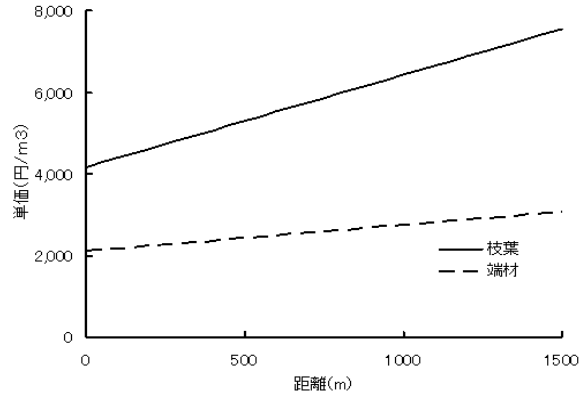


図-8 林内から林道脇までの収集・運搬単価

(4) 土場から工場までの積込・運搬単価

林道脇まで枝葉および端材が運搬されていた場合、そこから工場までの枝葉の積込・運搬単価は端材の単価よりも高くなる傾向があると推定された(図-9)。ただ、その差は林地から工場までの積込・運搬単価(図-6)よりも小さいと考えられた。例えば、4t車で積込・運搬単価を比較すると、20kmの運搬で枝葉は3,350円/m³、端材は2,102円/m³であり、60kmの運搬で枝葉は6,795円/m³、端材は4,826円/m³であった。枝葉と端材の単価差はそれぞれ1,248円(3,350 - 2,102)、1,969円(6,795 - 4,826)であった。

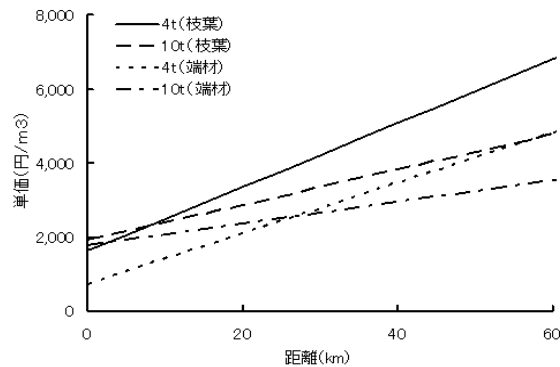


図-9 林道脇から工場までの積込・運搬単価

(5) いわき市での林地残材と未利用間伐材の利用の可能性

枝葉や端材をペレットとして利用できるかどうかは、他のチップ用の木材の買取価格との比較を行うことで判断もしくは推測することができる。買い取る場所は主に2つ想定される。一つはチップ用の間伐材を集積されている土場(林道脇)で買い取る場合である。このときの買取価格は他の報告や聞き取りなどから、2,500~3,000円/m³程度であると考えられる³²⁾。枝葉や端材をチップ用として買い取ってもらうと仮定すると、これらを収集し土場まで運搬する単価が2,500~3,000円/m³以下であることが利用の可能性を判断する目安になると考えられる。(現実的にはチップとして使えるものが買取対象となるが、ここでは全ての部位がペレットや他のバイオマスエネルギーとして利用されることを前提と

している。)林地から土場までの収集・運搬単価のうち、端材は林道脇(土場)での間伐材の買取価格よりも低くなる場合があると推定された(図-8)。買取価格が2,500円/m³の場合、作業道延長が604m以内、3,000円/m³の場合、1,384m以内の端材は収集運搬できると推定された。

しかし、現実的に利用できる(林地から林道脇まで収集・運搬できる)端材の量は少ない(もしくはほとんどない)と推察される。なぜならば、実際の林地では作業道が設置されていない場合が多いので機械収集が可能な箇所は希少であると考えられるからである。したがって、実際の林分では今回設定した機械収集単価1,302円/m³にならず、もっと高くなると想定される。

枝葉や端材を買い取るもう一つの場所はペレット工場である。間伐材の場合、工場での買取価格は3,000円/tという事例が報告されている⁴⁾。ただし、このときの間伐材の重量が乾燥重量なのか、生重量なのか明確ではないため、m³での判断ができない。(含水率によって異なるが、4,800円/m³以上であると推測される。)本報告ではこの買取価格の過大評価を避け、上述した土場での買い取り価格2,500~3,000円/m³でT工場が買い取ると仮定した。

まず、枝葉や端材をチップ用として買い取ってもらうとすると、これらを林地で収集し、T工場まで運搬する単価が2,500~3,000円/m³以下であることが利用の可能性を判断する目安になると考えられる。しかし、枝葉や端材を林地からT工場までの収集・運搬した場合(図-7) 全ての場合で2,500~3,000円/m³を越すため、これらを利用することは困難であると考えられた。これは林内での収集・運搬の工程に枝葉、端材とも2,000円/m³以上の費用がかかることが大きな要因であると考えられた。

次に、全木集材を行って、林道脇で残材(枝葉や端材)が発生し、これらをT工場まで積込・運搬する場合を考える。つまり、林道脇からT工場までの積込・運搬単価のみが2,500~3,000円/m³以下になるかどうかで利用の可能性を判断することができる。この場合、枝葉、端材とも一定の距離まで積込・運搬ができると考えられる(図-9)。その範囲は4t車で枝葉は16.0km、端材は33.2km、10t車で枝葉は22.7km、端材は42.1kmと推定された。いわき市に存在する林地残材と未利用間伐材の分布はペレットを生産しているT工場から35km未満の箇所がほとんどであることから(図-6) 林道脇に集積された枝葉は最大で22.7km、端材は35km未満の箇所全てが積込・運搬が可能な範囲に入ると推察された。

しかし、実際の林地において林道脇に集積されるのは端材の可能性が高いと考えられる。なぜならば、間伐材の搬出や択伐において全木集材を行うと残存木への損傷が多いため、林内で短材にして集材するか、林内で枝払をし全幹集材する機会が多いからである。このことから、未利用間伐材のうち、端材は林道脇に集積される可能性があるが、枝葉は集積されない場合が多いと推察される。

これらのことから、林内に残されている枝葉や端材を収集し、運搬して利用することは条件の良い場所でない限り難しいと考えられた。また、林道脇まで運搬された枝葉や端材は利用の可能性があると考えられた。ただし、間伐の場合は林道脇に集積される未利用なバイオマスは端材が多いと考えられた。

その他

福島県内の森林バイオマスの賦存量およびいわき市を対象とした隣地残材および未利用間伐材の分布とその供給コストを算出するVisual Basicのソフトを開発した。

引用文献

- 1) 湯川英明：バイオマス 究極の代替エネルギー，化学工業日報社，2001.
- 2) 林野庁：バイオマス資源の利用手法に関する調査報告書（2001）.
- 3) 伊神裕司，村田光司：森林総合研究所研究報告，387，111-114（2003）.
- 4) 今田盛生：平成11～13年度科学研究費補助金研究成果報告書，1-206（2002）.
- 5) 國崎貴嗣，吉田茂二郎，松下幸司，今田盛生：東北森林科学会誌 6，79-83（2001）.
- 6) 吉岡拓如：山林，9，21-30（2003）.
- 7) 農林水産省：バイオマスニッポン総合戦略，2006.
- 8) （独）新エネルギー産業技術総合開発機構：林地残材賦存量・利用可能量のすてい方法（H18改訂版，<http://www.nedo.go.jp/>）（2007）.
- 9) 福田未来，ほか7名：日本林学会大会学術講演集，114，258（2003）.
- 10) 木材工業ハンドブック編集委員会：木材利用ハンドブック，丸善株式会社，1982.
- 11) 久保山裕史，西園朋広，家原敏郎，奥田裕規：日本林学会誌，86，112-120（2004）.
- 12) 西園朋広，家原敏郎，久保山裕史：森林総合研究所東北支所 研究情報 3，1-4（2004）.
- 13) Natural Energy Research Center：<http://www.nerc-hokkaido.co.jp/>（2006）.
- 14) 日本エネルギー経済研究所：平成14年度調査報告書，1-237（2003）.
- 15) 農林水産省農林水産技術会議事務局：バイオマス変換計画，光琳，1991，5-44.
- 16) 林野庁：バイオマス資源の利用手法に関する調査報告書（2000）.
- 17) 林野庁：バイオマス資源の利用手法に関する調査報告書（2002）.
- 18) 西園明広，家原敏郎，久保山裕史，福田未来：日本林学会大会学術講演集，114，251（2003）.
- 19) 森口敬太，ほか6名：日本林学会誌，86，121-128（2004）.
- 21) 加藤宏明：日林東北支部会誌，34，220-222（1982）.
- 20) Yoshioka Takuyuki, Aruga Kazuhiro, Sasaki Hideo, Kobayashi Hiroshi et al: Journal of Forest Research, 7, 157-163（2002）.
- 22) 森口敬太，後藤純一，鈴木保志，稲月秀昭：日本林学会大会学術講演集，114，254（2003）.
- 23) 佐々木誠一，ほか4名：岩手県林業技術センター研究報告，14，9-15（2006）.
- 24) 佐々木誠一，多田野修，神道徹平，立川史郎：岩手県林業技術センター研究報告，14，3-8（2006）.
- 25) 立川史郎：森林利用学会誌，18，119-200（2003）.
- 26) Yoshioka Takuyuki, Iwaoka Masahiro, Sakai Hideo, Kobayashi Hiroshi: Journal of forest research, 5, 59-65（2000）.
- 27) 吉岡拓如：森林科学，40，25-32（2004）.
- 28) 井上公基，小沼順一，梅田三樹男：日林関東支論，36，195-198（1984）.

- 29) 吉岡拓如, 平田悟史, 松村幸彦, 坂西欣也 : 日本エネルギー学会誌 , 81, 241-248 (2002).
- 30) 仁多見俊夫, 上飯坂実 : 日本林学会大会発表論文集, 93, 527-528 (1982).
- 31) 岡 勝, ほか5名 : 日本林学会関東支部発表論文集, 54, 227-228 (2002).
- 32) 佐々木誠一 : 岩手県林業技術センター研究成果速報, 176 (2005).