

## 未利用森林資源の地域循環型有効利用 —演習林と農場の連携による取り組み—

荒瀬輝夫\*・小林 元\*・濱野光市\*・春日重光\*・内川義行\*\*・木村和弘\*\*

岡野哲郎\*\*・木下 渉\*・野溝幸雄\*・酒井敏信\*・前田佳伸\*

\* 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

\*\* 信州大学農学部森林科学科

### 要 約

森林と農地の境界領域にかかわる課題の1つに、未利用森林資源の地域循環型有効利用がある。信州大学では、演習林と農場の連携のもと、林地残材のチップ化による森林整備推進と、畜舎の敷料や堆肥への木質チップ利用という一連の研究が進められている。その一部として、木質チップの生産量把握についての試験では、胸高直径からチップ量を精度よく推定する式は得られなかった。しかし、素材と木質チップとの間に有意なアロメトリー式が得られ、容積比で素材のおよそ2.7倍のチップ量が得られることが確かめられた。

キーワード：林地残材，木質チップ，地域資源循環，演習林，農場

### 1. はじめに

中山間地域では、過疎化や高齢化、それに伴う農地・森林の荒廃、獣害、自然災害などが生じている。これらが相互に関連しあって悪循環構造を呈し、同時多発的に起きているのが中山間地域問題の大きな特徴である。個々の問題に個別に対応しても限界があり、解決のために求められるのは総合的な対策である(木村 2004)。中山間地域は集落、農地、森林により構成され、これらの構成要素の視点でみると、多くの問題は相互の境界領域で発生している。境界領域の問題の解決には、まずは地域が有する個別分野の技術を評価し、それらの技術を結集して分野間の連携システムを構築していくことが得策であろう。このような理念のもと、信州大学を主体とする文部科学省の連携融合事業「中山間地域の再生・持続モデル構築のための実証的研究」(略称：中山間プロジェクト)が平成22年度からスタートした。この研究プロジェクトでは、(I) 分野ごとの既存の技術の評価と再構築、(II) 分野間の技術総合化と実証、(III) 中山間地域全体における技術総合化と再生持続モデル構築、という3段階のステップアップを想定している。研究プロジェクトには、地域に根ざした研究活動の積み重ねが基礎としてあり、分野によって進捗段階の遅速がある。その中でも、本報で

は、現在、本プロジェクトの中で上述のI～IIの段階にあり、森林と農地の境界領域にかかわる課題の1つである「未利用森林資源の地域循環型有効利用」について、取り組みの進捗状況と課題について報告する。

### 2. 取り組みの概要

#### 2.1 未利用森林資源をめぐる現状

森口ら(2004)は、木質バイオマス資源のうち、林地残材は、林内に薄く広く分布させてしまうと、収集・運搬に多大な労力と経費がかかるとしている。間伐しても採算が取れない場合には切捨伐にせざるえず、スウィングヤード等で一連の集材、造材が行なわれる場合には土場に残る残材が資源として利用されやすくなるが、それでも大部分は放置されるのが現状である。こうした残材の有効利用のためには、採算の取れる効率的な作業システムの構築が必要となると述べている。

木材をチップ化した木質チップは、2008年の統計によると需要量は約1,300万t、供給量は約1,000万tとされ、供給量不足の状態にある。供給の8割は建築廃材と製材残材で、林地残材はわずか5%程度である。中国をはじめとする途上国での紙パルプ用チップ需要が高くなり、海運・燃料費高騰とあいまってチップの国際価格が高騰し、国内価格もつられて上昇している(高野 2008, 山本 2009)。

木質チップは、燃料、合板、製紙、家畜敷料およ

受付日 2011年1月11日

受理日 2011年2月14日

び肥料などの用途に使われており、とくに燃料（バイオマスエネルギー）としての利用に関するもの（森口ら 2004, 中島 2008）が多く、緑化資材としての研究（笹田ら 2004）、堆肥化の試験研究（新島 2002）なども行なわれている。家畜の敷料としては乳牛の乳房炎を起こす事例もあるものの、堆肥と混合して用いることで改善できるとされている（細田・渡辺 1997）。

## 2.2 演習林—農場における木質チップの資源循環

信州大学農学部附属演習林では、従来、採算の取れない不良木については切捨除間伐が行なわれ、林地に大量に放置されていた（写真1）。しかし、教育研究の森としての質の向上や、近年の材価の低迷の影響もあって素材だけでなく多様なニーズを模索する意識が高まってきた。現在は森林整備をすすめると同時に、林地残材を新材やチップ材として有効利用する方針にある（第8次 AFC 演習林教育研究計画編成専門委員会編 2004）。中山間プロジェクトで自走式チップパー（Komatsu BR80T-1）が導入されたことも、林地残材の利用を後押しすることとなった（内川ら 2010）。ただし当初、演習林で生産された木質チップは、同じ演習林内の作業道や、大学構内の歩道、ぬかるみなどに敷設されるだけであった。

一方、附属農場では、家畜の畜舎の敷料の入手に困窮しているという事情があった。周辺の上伊那地域の畜産農家、堆肥センター（堆肥に吸水剤として木質材料を混合）も同様の事情で、従来は県外の専門業者から高価なオガクズを購入していたため、大きなコストがかかっていた。附属農場では、演習林から生産される木質チップを黒毛和牛の育成牛用の敷料として使えないかどうか注目するようになった。使用済みの敷料は堆肥化され、畑地に施用されて、最終的には土に戻るようになる。

これを地域レベルで見直すと、相接している農地

と森林との間に、需要と供給という連携の輪が形成される。森林で木質チップを生産すると、森林側では林地残材が減って整備が進むうえに収入源になる。農地側では輸送費のかからない地産地消の安価な資源ということでコスト削減になり、環境に対する負荷の少ない地産地消の有機農業というプレミアムも付く。森林、農地それぞれの管理者が互いを意識しあうようになり、意欲と活力が増すことが期待できる。

こうした視点から、信州大学農学部附属演習林と農場との連携のもとで進められている木質チップ研究の流れを、図1に示す。なお、図1中の農場側の「実習対応」とは、木質チップの一部を堆肥づくりの実習に供することを意味する。現在、演習林側で生産した木質チップ（写真2）を、農場に搬入して畜舎の敷料として実際に施用する（写真3）までを行なっている。

なお当初は、樹種、枝条の有無、林齢などを細かく分けて木質チップを生産し、サンプル別にその後の工程を追跡してデータを取ることを計画していた。しかし、木質チップ生産はあくまで生産事業（大部分がヒノキ）や森林整備に伴って副次的に生じる林地残材を対象にしており、農場側のニーズや作業工程を考慮するとサンプルの細分化は現実的でなく、まずはヒノキに限定してデータを取る方針に改めている。

## 2.3 データ収集の進捗例：間伐に伴う木質チップ生産に関する調査

データ収集の進捗例として、ここでは木質チップ生産に関する調査について紹介したい。立木を見ておおよそのチップ量を予測することを目的として、立木材積と木質チップ量との関係を検証したものである。まだデータを蓄積している段階なので、今後のデータ収集のための叩き台という位置づけである。

### (1) 調査方法

信州大学農学部手良沢山演習林のヒノキ人工林に

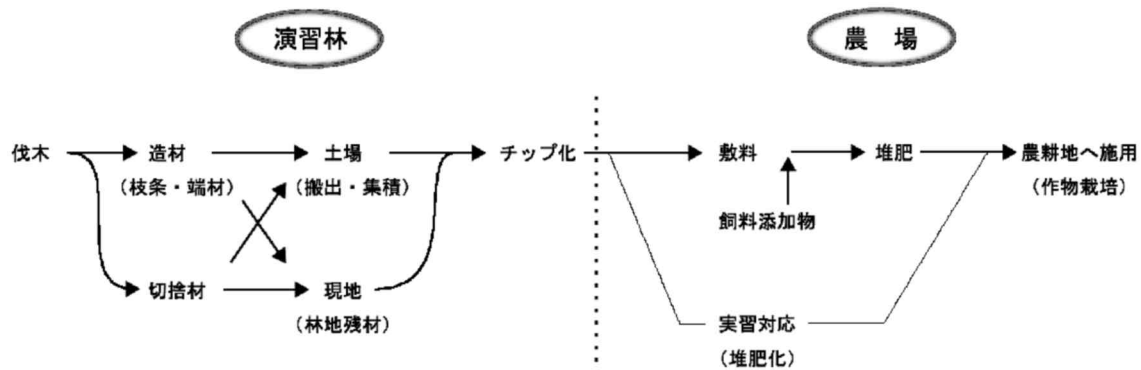


図1 演習林—農場の連携による木質チップ調査研究の流れ

表1 間伐前後の林況の変化

区分	本数/ha	形質ランク別本数			胸高直径 (cm)			樹高 (m)			相対幹距比 Sr
		A	B	C	平均	最大	最小	平均	最大	最小	
間伐前	2,600	3	15	8	17.0	22.9	10.2	16.7	20.0	11.6	11.7
間伐後											
保残木	1,100	3	8	0	20.0	22.9	16.9	17.9	20.0	15.6	16.9
伐採木	1,500	0	7	8	14.8	17.6	10.2	15.8	17.7	11.6	-

形質ランク別本数は、調査面積100m<sup>2</sup>の実測本数。

において、間伐予定地に試験用プロット (10m×10m=100m<sup>2</sup>) を設定した。場所は4林班に小班内で、林齢41年生、標高1,130m前後、斜面方位：南東、勾配：39°である。

間伐前にナンバーリングを行って本数を把握するとともに、周囲長に基づく胸高直径の計測、形質判別の判別を行なった。なお、形質ランクは、

A：優勢木 (採材可能、保残対象とする)

B：準優勢木 (保残または除去)

C：劣勢木 (将来的にも採材不可、除去の対象とする)

の3つとした。保残木については、超音波デジタル測高計 (Haglof社 Vertex III) により樹高や枝下高などを計測した。伐採木については、巻尺による樹高や枝下高などの計測を行なった。間伐作業は、2010年12月中旬に実施し、林況から判断して本数比で間伐率58%とした。

間伐後、架線集材によって土場まで伐採木を搬出、集積した。伐採木で素材の取れるものについては素材を収穫した。素材にできない部位 (林地残材にあたる) について、1本ごとに材積を算出し、自走式チップパー (Komatsu BR80T-1) によりチップ化した。チップパーに投入した材積は、立木の全幹材積を「立木幹材積表 東日本編」 (林野庁計画課編1985) に準拠して胸高直径と樹高から算出し、採材した素材の材積を差し引いて求めた。なお、参考データとして、木材水分計による素材の水分含量の測定、チップ化に要した作業時間などについての記録も行なった。

チップ生産量は、水分含量の違いなどを考慮し、重さではなく体積によって計測した。計測はドラム缶 (容量200 lおよび100 l) に詰めることを行い、1杯に満たない分量は内径と深さによって体積を算出した。

## (2) 結果と考察

まず、間伐による林況の変化を表1に示す。間伐前には2,600本/ha、相対幹距比11.7m、形質Cラン

クが3割以上という、混み合っていて薄暗く劣勢木の多い林況にあった (写真4)。しかし間伐後には、1,100本/ha、相対幹距比16.9m、形質AまたはBランクのみという林況に改善された (写真5, 写真6)。なお、伐採木の立木データと、個々の材積およびチップ量生産量のデータを、参考までに表2に示した。調査区 (100m<sup>2</sup>) から、合計で約1.8m<sup>3</sup>の残材が生じ、そのチップ化により約7.3m<sup>3</sup>の木質チップが生産されたことが読み取れる。

次に、現地の立木を見ておよそのチップ量を予測するための策として、胸高直径 (x) とチップ生産量 (y) との関係を検討したところ、一定の関係を認めることができた (図2左)。回帰式として、

$$y=0.00841x^{1.517} \quad (R^2=0.530, p<0.005)$$

という有意なアロメトリー式が得られたものの、ばらつきは大きかった。その理由として、素材を採った木と採らない木が混在していたことに加え、本調査ではデータ数がn=15と少なかったことなどが挙げられる。素材の採材をも考慮した推定式の構築できれば、胸高直径からチップ生産量をより精度よく推定できると考えられるので、データのさらなる蓄積が重要である。

チップパーに投入された材積 (x) とチップ生産量 (y) との間には、より明確な関係が認められた (図2右)。回帰式は、

$$y=2.663x^{0.804} \quad (R^2=0.791, p<0.00001)$$

となり、高度に有意なアロメトリー式が得られた。指数の値が1に近いと見なせば、大まかには素材材積の2.7倍程度の木質チップが得られた計算になり、一般に言われている約3倍や、2.78倍 (全国林業改良普及協会編2001) という値にほぼ該当していた。指数の値が1以下であったことについては、チップ量が多い場合、自重により容積が圧縮されていた可能性が考えられる。

問題点として、枝条部分の材積は推定によらざるをえず、正確な値を把握できないことが挙げられた。また、例えば胸高直径の調査は、林業上は通常2cm

表2 伐採木の立木，材積およびチップ生産量データ

No.	立木データ			材積データ			チップに関するデータ		
	胸高直径	樹高	枝下高	全幹材積	素材材積	幹残材積	チップ容積	チップ化	含水率
	(cm)	(m)	(m)	A (m <sup>3</sup> )	B (m <sup>3</sup> )	A-B (m <sup>3</sup> )	実測値 (m <sup>3</sup> )	所要時間 (h:m:s)	(%)
1	12.8	16.6	9.6	0.1286	0.0544	0.0742	0.3614	0:03:56	25.3
2	16.6	17.7 *	9.2	0.2180	0.1326	0.0850	0.5003	0:06:30	19.9
3	14.0	15.6	10.5	0.1354	—	0.1354	0.5180	0:05:56	28.0
4	14.0	16.3	11.0	0.1449	—	0.1449	0.5380	0:06:50	21.2
5	16.2	16.5 *	11.2	0.1946	0.0665	0.1282	0.6215	0:07:26	23.2
6	16.2	17.4 *	9.7	0.2115	—	0.2115	0.8314	0:12:49	24.2
7	16.8	15.7	9.4	0.1989	0.0804	0.1185	0.5608	0:06:46	20.5
8	16.2	17.0 *	11.5	0.2016	0.0775	0.1241	0.3741	0:04:37	24.3
9	10.6	16.0	11.6	0.0922	—	0.0922	0.3867	0:04:10	26.6
10	13.3	15.8 *	10.5	0.1266	—	0.1266	0.4320	0:04:05	27.5
11	14.1	15.3	10.4	0.1388	0.0550	0.0838	0.3336	0:04:17	27.5
12	13.6	15.4 *	8.2	0.1334	—	0.1334	0.5003	0:04:17	24.3
13	9.8	11.6	9.0	0.0477	—	0.0477	0.2075	0:02:30	22.2
14	15.2	15.7 *	11.6	0.1592	—	0.1592	0.6316	0:07:28	24.0
15	14.1	15.1 *	10.1	0.1410	—	0.1410	0.5028	0:05:30	27.7
調査区 (100m <sup>2</sup> ) 計				2.2726	0.4665	1.8057	7.3000	1:27:07	

素材材積：出荷可能な素材分（チップ化せず採材）。

幹残材積：実際にチップ化した残材分。

\*：幹折れあり。

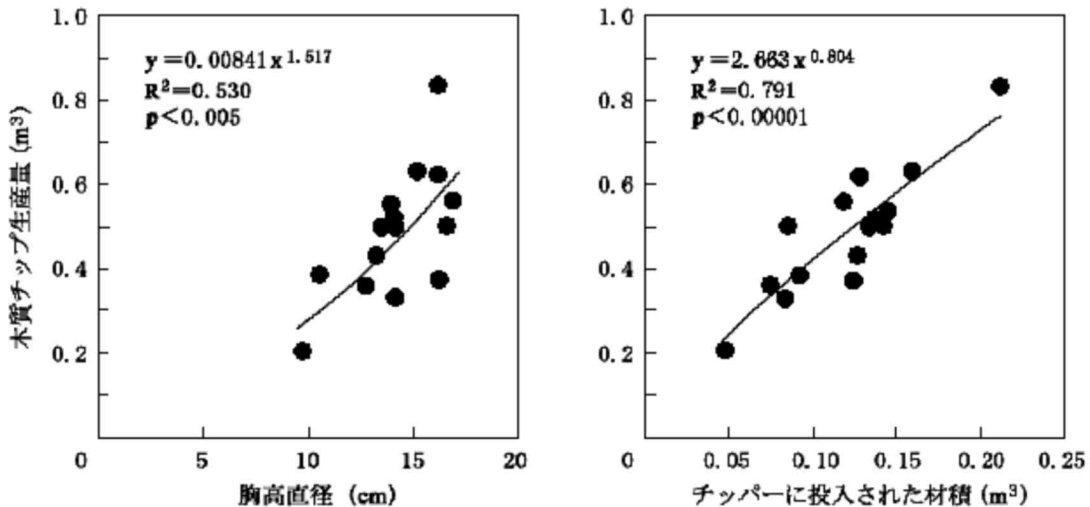


図2 胸高直径およびチップパーに投入された材積と木質チップ生産量との関係

単位であり，チップ量把握のために必要とされる調査の精度についても検討を要する。今後のデータ蓄積により，簡便で実際の調査法と推定モデルが得られることが期待される。

### 3. 今後の課題

本報告では，演習林と農場との連携のもとでの木質チップの流れと，チップ量把握の試行結果につい

て紹介した。枝条の材積量の把握は，森林内の立木の状態から素材と木質チップの量を把握することを目指すためには障壁となる課題である。また，本報では触れなかった木材水分量や作業時間などのデータ，チップパー内フィルターのメッシュサイズの違い，バックホウ等の重機による集材や作業道整備の進め方なども，木質チップの品質と生産の効率化を検討するには重要である。今後，農場側でも，木質チッ

プ量の需要、敷料や堆肥化したときの品質などのデータが蓄積されていくので、その情報をフィードバックし、演習林側でのより価値の高い木質チップ生産に反映させたい。

### 引用文献

- 1) 第8次 AFC 演習林教育研究計画編成専門委員会編 (2004) 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター 演習林第8次編成教育研究計画. 信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター, 南箕輪. 72pp.
- 2) 細田紀子・渡辺工一 (1997) 環境性乳房炎の予防. 畜産の研究, 51: 290-294
- 3) 木村和弘 (2007) 中山間地域における問題解決技術の総合化を求めて—中山間地域の農地問題を中心に—. 信州大学田園環境工学研究会編, 農林業がつくる地域環境と保全技術. ほおずき書籍, 長野. pp.259-272
- 4) 森口敬太・鈴木保志・後藤純一・稲月秀昭・山口達也・白石祐治・小原 忠 (2004) 林地残材を木質バイオマス燃料として利用する場合のチップ化と運搬コスト. 日本森林学会誌, 86: 121-128
- 5) 中島義雄 (2008) エネルギーの地産地消—木質バイオマスエネルギーの活用と課題. 空気調和・衛生工学, 82: 719-726
- 6) 新島溪子 (2002) 牛糞とウッドチップから堆肥を作る [2] —土の中の生き物を活用して品質の向上をはかる—. 農業および園芸, 77: 368-372
- 7) 林野庁計画課編 (1985) 立木幹材積表 東日本編. 日本林業調査会, 東京. 333pp.
- 8) 笹田勝寛・島田正文・荻野淳司・鎌田優希・河野英一 (2004) 木質チップが土壌・植生に与える影響. 環境情報科学, 18: 445-448
- 9) 高野 勉 (2008) 木材チップ需給の現状. 日本エネルギー学会誌, 87: 418-421
- 10) 内川義行・木下 渉・木村和弘・岡野哲郎・濱野光市・小林 元・荒瀬輝夫 (2010) 里地里山における未利用資源の活用と循環を考える実演会報告—林地残材・切捨間伐材のチップ化による有効活用の可能性—. 信州大学農学部 AFC 報告, 8: 81-83
- 11) 山本幸一 (2009) 林業の活性化と木質バイオマス利用の拡大. 環境技術, 38: 171-176
- 12) 全国林業改良普及協会編 (2001) 森のバイオマスエネルギー 地域資源で快適・おしゃれなあたたかさ. 全国林業改良普及協会, 東京. 55pp.

## Sustainable regional resource cycling using unused forest resources : a cooperative trial conducted between the research forest and farm at Shinshu University

**Teruo ARASE\***, **Hajime KOBAYASHI\***, **Ko-ichi HAMANO\***, **Shigemitsu KASUGA\***,  
**Yoshiyuki UCHIKAWA\*\***, **Kazuhiro KIMURA\*\***, **Tetsuo OKANO\*\***, **Wataru KINOSHITA\***,  
**Yukio NOMIZO\***, **Toshinobu SAKAI** and **Yoshinobu MAEDA**

\*Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture,  
Shinshu University

\*\*Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

### Summary

Regional resource cycling through the sustainable utilization of unused forest resources is one of the greatest future challenges associated with both forest and farmland management. The research forest and farm of Shinshu University are currently engaged in a cooperative research exercise in which wood chips produced during forest maintenance are used for litter for livestock and compost. As a part of the research, we attempted to clarify the yield of wood-chips. We found an accurate estimation not from diameter at breast base, but from lumber in which the volume of wood chips is 2.7 times that of logging residues.

**Key words :** logging residue, wood chip, regional resource cycle, research forest, research farm



写真 1 切捨て残材の集積した状況  
構内演習林，2010年3月11日撮影。

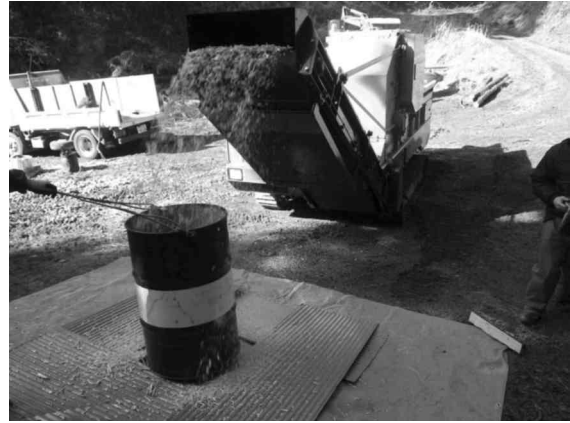


写真 2 木質チップ生産と生産量計測  
2010年12月20日撮影。

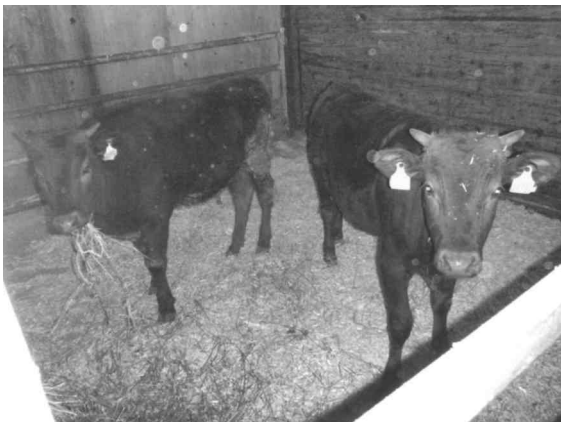


写真 3 畜舎での木質チップの敷料利用  
構内農場，2010年3月11日撮影。



写真 4 調査プロットの間伐前の林況  
2010年12月15日撮影。



写真 5 間伐で整備された林況  
2010年12月15日撮影。



写真 6 伐採木の架線による集材  
2010年12月17日撮影。