

森林資源のマテリアル・エネルギー利用
に関する研究

[Study on Material and Energy Utilization of Forest Resources]

大津裕貴

2017

博 士 論 文

森林資源のマテリアル・エネルギー利用
に関する研究

Study on Material and Energy Utilization of Forest Resources

鳥取大学大学院連合農学研究科
生物生産科学専攻 森林資源学連合講座

大津裕貴

2017年3月

THE UNITED GRADUATED SCHOOL OF AGRICULTURAL SCIENCES,
TOTTORI UNIVERSITY

Study on Material and Energy Utilization of Forest Resources

Dissertation by

Hirotsuka OTSU

As Partial Fulfillment of the Requirement
for the Award of the Degree of
Doctor of Philosophy

At

The United Graduated School of Agricultural Sciences,
Tottori University, Japan

March 2017

目次

I. はじめに	1
1. 木材利用の量と質を知るための、一貫性を持った表章形式	1
2. 森林資源勘定を構成する 3 つの勘定表	2
3. 発電需要に伴う、既存木材関連産業を対象とした研究	6
4. 論文の目的	6
II. 方法	8
1. 分析のアウトライン	8
2. 木材を対象とした部門商品表の作成方法	9
(1). 期間・集計単位と使用する換算係数	9
(2). 各過程における推計方法	11
3. 木質チップについての調査方法	15
(1). 調査地選定	15
(2). 調査地概要	19
(3). 調査方法	21
III. 結果	22
1. マテリアル原料としての木質チップとエネルギー燃料としての木質チップ	22
2. 資源勘定による木材のマテリアル・エネルギー利用構造の変化把握	24
(1). 2000 年の部門商品表	24
(2). 2011 年の部門商品表	24
(3). 2000 年と 2011 年の比較	32
(4). 推計上の問題点	37
3. 発電需要の増加によるチップ需要構造の変化について	38
(1). 中国地方における発電需要増加前のチップ需給実態 (2009 年)	38
(2). 島根県における発電需要増加後の変化	43
IV. 考察	50
V. おわりに	53
謝辞	55
摘要	57

Abstract	60
注.....	63
引用文献	66
学会誌公表論文リスト	71

図一覧

図 1	森林資源勘定における各表の対象範囲	3
図 2	森林資源勘定における各表の関係	5
図 3	本論文の調査フロー	8
図 4	スウェーデンにおける木材利用の例	22
図 5	日本における 2000 年の木材フロー図	30
図 6	日本における 2011 年の木材フロー図	31
図 7	材種別丸太供給量の経年変化	32
図 8	国内で生産された製品の内訳	34
図 9	製材品生産過程における変化	35
図 10	木質チップ生産過程へ投入される物質の変化	36
図 11	パルプ原料用広葉樹チップ納入量の積算シェア	40
図 12	中国地方 5 工場に納入されるパルプ原料用広葉樹チップの産地ごと と納入量の経年変化	42
図 13	島根県の用途別丸太生産量	47
図 14	島根県における針葉樹丸太の用途の変化	49

表一覧

表 1	換算係数一覧	10
表 2	2009 年の原材料種別木質チップ生産量	16
表 3	2009 年の国内から集荷された原材料種別パルプ原料	16
表 4	全国 9 地域別全丸太生産量に対する広葉樹材の百分率	18
表 5	中国地方 5 県の林況	18
表 6	中国地方のパルプ工場における木質チップ集荷量（2009 年）	19
表 7	樹種別のパルプ化特徴	23
表 8	2000 年の部門商品表	26
表 9	2011 年の部門商品表	28
表 10	各生産過程における歩留まりの変化	36
表 11	広葉樹チップ納入量の 2009 年集中度（生産重量基準）	40
表 12	中国地方 5 工場と 3 発電所の木質チップ納入基準	44

I. はじめに

1. 木材利用の量と質を知るための、一貫性を持った表章形式

木材は、マテリアルにもエネルギーにも利用できるのが特徴である。しかし、木材は天然資源であることからその質が一様ではない。このため、木材の品質により利用できる用途が製材用材と合板用材と木質チップ用材などに限られている。木材の利用にあたり、質にあった利用方法を選択することができれば、木材をより効率的に利用でき木材から得られる収益も増加するのではないかと考えられる。

近年の木材利用を見ると、木材のマテリアル利用は、日本再興戦略 2016 にセルロースナノファイバーやリグニンを用いた高付加価値製品の研究開発を進めることが明記されている。さらに、木材プラスチック複合材料の実用化やセルロースナノファイバー、リグニンの研究開発も行われている。また、木材のエネルギー利用は、水力や風力とは異なり、発電利用だけでなく直接燃焼による熱利用ができる点が特徴的である。ヨーロッパでは熱利用を進めることで「着実に成果を挙げている」（小池、2014）。日本における木質バイオエネルギー利用は、森林・林業再生プランにおいて、火力発電所のような木質燃料の大規模需要を創出することが期待されている。この木質バイオエネルギー利用は、燃料用木材の供給コストがその採算性に大きく影響し、既存林業からの木材供給が最も適した供給源と認識されている(Mitchell, 1992)。実際、欧米では副産物を活用しながら広がっている (Roos, A. & Hektor, B.,1998)。このような事例を踏まえて、日本における木質バイオエネルギー利用増加も、既存の木材利用との相互関係の中で達成されることが期待されている (小池・大津、2012)。

しかし、木材の利用状況を知るための既存統計はマテリアル利用中心に情報収集されており、木材の燃料利用を把握することは難しい。さらに、マテリアル利用においても「既存の林業統計における木材の量的表示は極めてマクロ」（高橋、1999）であるという指摘もある。既存統計への問題意識は日本だけでなく、「各国政府や、その他の諸機関によって整備されている各種の統計は、国民所得統計を初めとして、その殆どが人間活動と環境の関係や、

環境の実態の量的な把握を行っておらず、環境・資源問題の理解やその対策のためには極めて不十分な状態にある」（小池、1986）と指摘されている。

既存統計の不完全性のもと、1982年に国連統計局から各国の環境資源関連統計の実施状況や計画などに関する調査報告書が出版された。報告書では、環境と人間活動の定量的な把握手法をメディア手法とストレスレスポンス手法、生態学的手法、会計的手法の4種に大別している（UNSO, 1982）。前者3つの手法は費用や数値理解において、実現可能性に問題を含んでいることが指摘された。残る会計手法が比較的問題点の少ない手法であり、さまざまな物質を対象とした資源勘定として発展している。

勘定手法のような、木材利用のアクティビティを総合的に把握しようとする取り組みは、「物質・エネルギー保存の法則により生態系の全ての変換プロセスを把握」（小池、1992）しようとする物質・エネルギーバランス（MEB）として取り組まれている。MEBでは、物質とエネルギーを物理量で勘定することで、環境からの採取と経済過程内での変換、人の利用できないものとして環境へ排出するという一連の流れを表現することができる。各統計情報を統合する勘定手法は、統計や調査に比べ一貫性の高い手法である。

2. 森林資源勘定を構成する3つの勘定表

資源勘定の中でも森林資源を対象としたものは、森林資源勘定として研究が進められている。森林資源勘定では、環境から資源を採取し環境へ排出するまでの過程が森林バランス表と部門商品表とマスバランス表の3表を用いて表章される。各表の対象を図示すると図-1のようになる。図では、経済過程と製品生産過程が円を用いて階層的に示されている。さらに、環境（源泉+シンク）がその周囲に位置している。これらの過程にまたがる形で各表が作られる。また、源泉とシンクが環境としてまとめられるのは、資源と環境が「本来は同一物」（小池、1997）であることに由来している。

また、国民経済計算体系（SNA）を拡張するサテライト勘定として森林管理勘定の概念的なレベルでの研究もなされている。

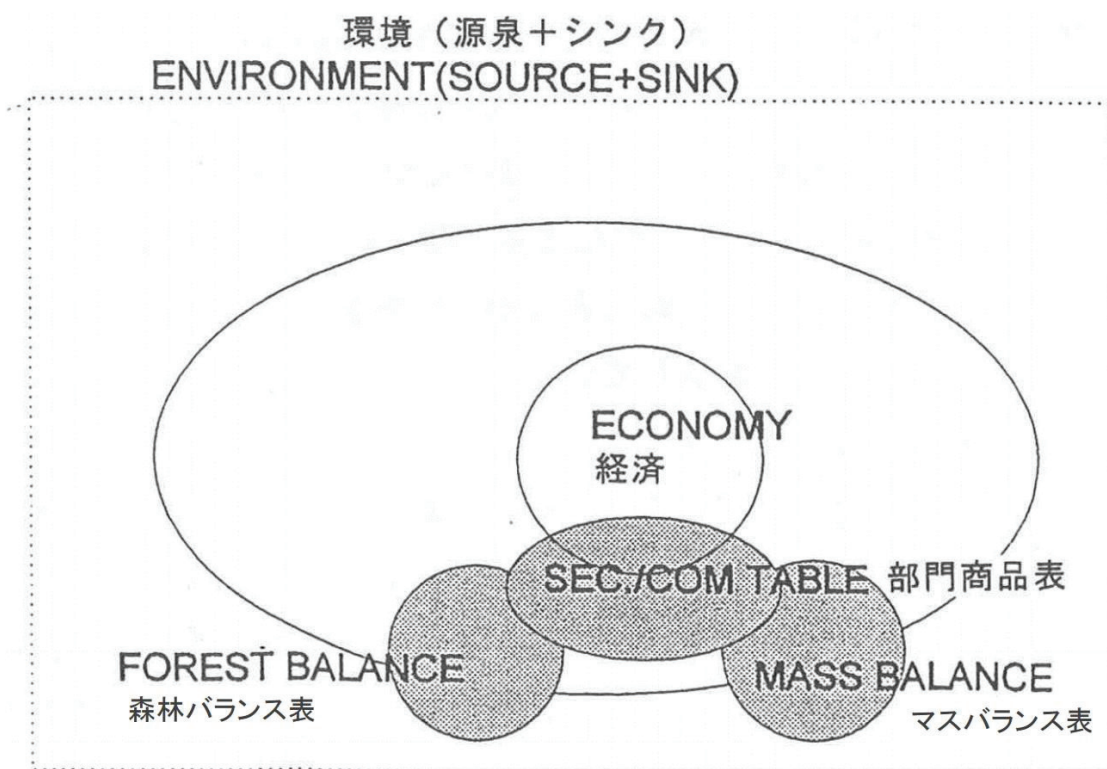


図 1 森林資源勘定における各表の対象範囲

出所：小池(1997)

森林資源勘定を構成する各表を見ると、環境と製品生産過程間の取引を表現するのが森林バランス表である。この表では、「管理会計におけるバランスシートのようなストック勘定」(Koike K., 1998)として「資源の意味での環境のファンド要素のストック」(小池、1997)が勘定される。部門商品表は、資源利用が経済過程と関連付けて表現される。その表形式は、「物量表示の投入産出表の部門を少し修正したもの」(Koike K., 1998)である。3つめのマスバランス表は、生産過程と環境の間の関係を表現するために「廃棄のフロー量を表す」(小池、1997)勘定表である。

3表の関係を図示すると、図-2のようになる。ここで表現されているように、部門商品表は森林バランス表とマスバランス表を経済と関連付けるため、「3つの表のなかでも不可欠なもの」(Koike K., 1998)である。

森林資源勘定を構成する各表は、保存量で記述されるため「保存の法則によりすべての過程への投入は産出の合計と等しく」(Koike K., 1998)なる。

これまで、日本の森林資源勘定の作成にむけた小池(1986)や古井戸ら(1993)、古井戸ら(1994)などにおいて、森林バランス表作成にむけた森林調査法の検討やノルウェーの自然資源勘定とフランスの自然遺産勘定の分析を通じた日本の森林資源勘定作成に向けた研究が進められてきた。この他、アメリカ合衆国ジョージア州の森林を対象とした部門商品表(山本、2004)や日本の部門商品表(橋本・森口、2004;古井戸・家原、2006)、アジア経済研究所を中心とした、環境資源勘定の発展途上国への適用可能性(藤崎、1994)や森林資源勘定の研究(小池・藤崎、1997)など、1990年代から2000年代にかけて意欲的に研究がなされた。

しかし、近年の日本を対象とした森林資源勘定研究は行われておらず部門商品表も作成されていない。この他、森林管理勘定は実証段階には到達していない⁽¹⁾。また、日本の既存林業と木材関連産業を対象とした『木材需給表』では、副産物の発生や木質燃料として利用される木材を把握することができない。

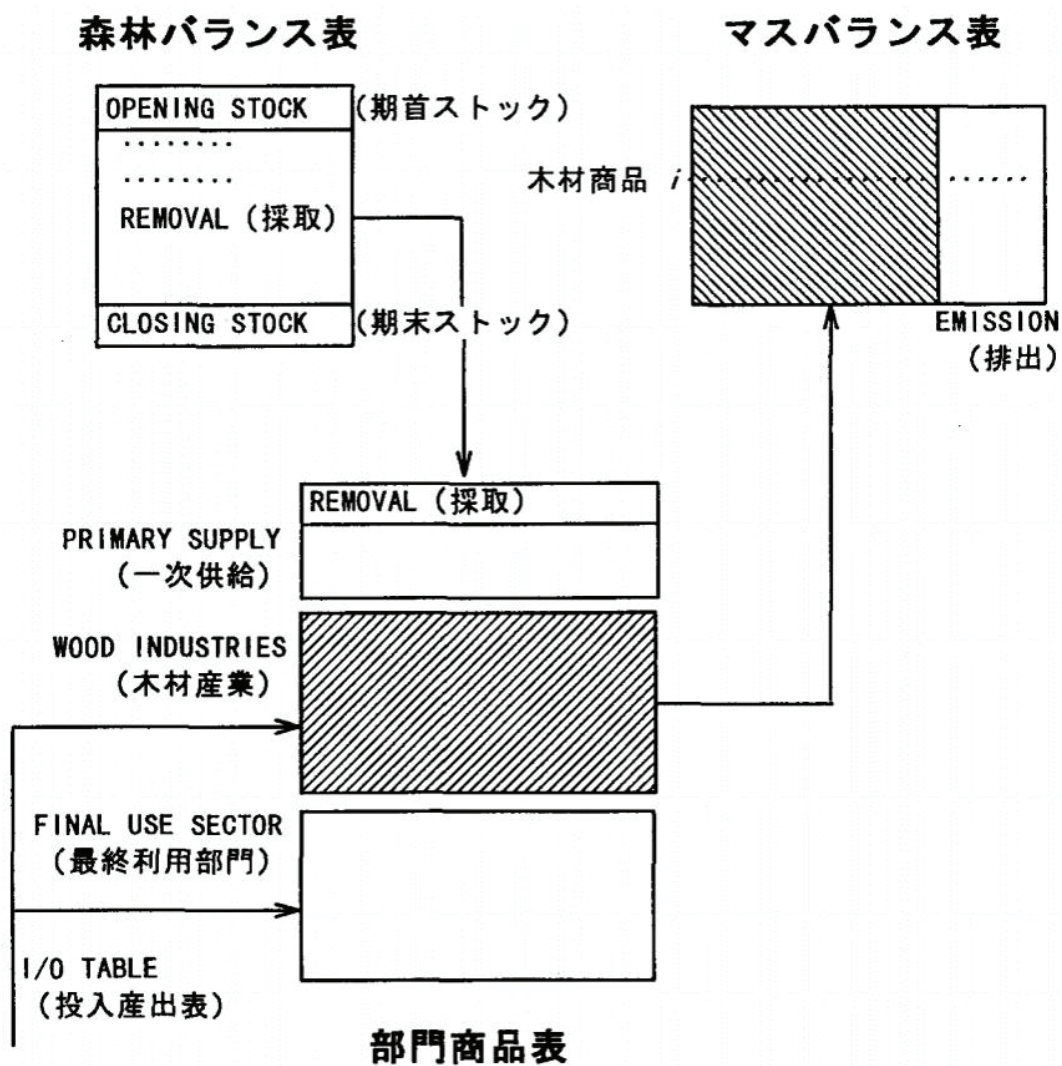


図 2 森林資源勘定における各表の関係

出所：小池(1997)

3. 発電需要に伴う、既存木材関連産業を対象とした研究

既存統計における木質燃料の調査が不十分ななか、日本において大規模に木質燃料を活用する動きは、2003年に施行された電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（RPS法）から始まった。さらに、再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT）の開始以降、多くの火力発電所において木質バイオマスが利用されている。日本のFIT制度において、木質バイオマスを用いて生産した電力の買い取り価格は、発電プラントの出力規模に関係なく、また、燃料の種類別に決められている（熊崎、2016）。その結果、従来であればマテリアルに利用されていた木材が燃料用原木として出荷されるなどの問題が指摘されている（佐藤ら、2016）。また、発電所への木質燃料の供給は、チップ生産会社に大きく依存しており、チップ生産会社には木質燃料の需要増加への対応が求められている。既存のチップ生産会社では、木質燃料生産を担うために設備更新・拡大を行う会社も散見される（木材建材ウイークリー、2014a；木材建材ウイークリー、2014b）。これまで、チップ生産会社からのチップ供給先パルプ工場は「原則として1社」（伊藤、1995）であり、各パルプ工場による「生かさず、殺さず」（松本、1984）的な保護の下に経営されていると言われていたチップ生産会社に大きな変化が生じていると考えられる。

4. 論文の目的

そこで、本論文では、国内で生産される木材製品のバランスを明らかにするために2000年及び2011年の日本の木材に関する部門商品表を作成する。2つの部門商品表を用いて、日本の木質バイオエネルギー利用増加がどのように既存林業及び木材関連産業に統合されているのかを考察する。さらに、エネルギー利用される木材とマテリアル利用の質の違いが分からないため、燃料需要出現によるチップ生産会社の対応に焦点を当てその質の違いを中心に調査する。このとき、木質燃料需要出現前の2009年を基準とし、2010年以降の燃料用チップ需要の増加がチップ生産会社とパルプ生産業に及ぼしたその後の変化を考察する。

これらの結果を用いて、燃料用需要の増加が既存林業・木材産業へ与える

影響を明らかにする。

II. 方法

1. 分析のアウトライン

木材の利用は、マテリアルとエネルギー利用に分けられる。さらに、マテリアル利用のうちマテリアル用材として利用されるものとエネルギー用材として利用されるもの、エネルギー利用の中も熱と電気としてその対象が分けられる。

本論文では、このうちマテリアル利用のなかでマテリアル用材として利用されるものとエネルギー用材として利用されるものの量と質について調査を行った。マテリアル用材とエネルギー用材として利用されるものは、部門商品表を作成することでその量を把握した。部門商品表では、木材の質別（製品別）に消費量と生産量を調査した。しかし、既存の統計情報では燃料用に利用される木質チップとパルプ原料として利用される木質チップの違いを把握することができない。そこで、燃料用とパルプ原料用の木質チップの質の違いを明らかにするための調査を行った。

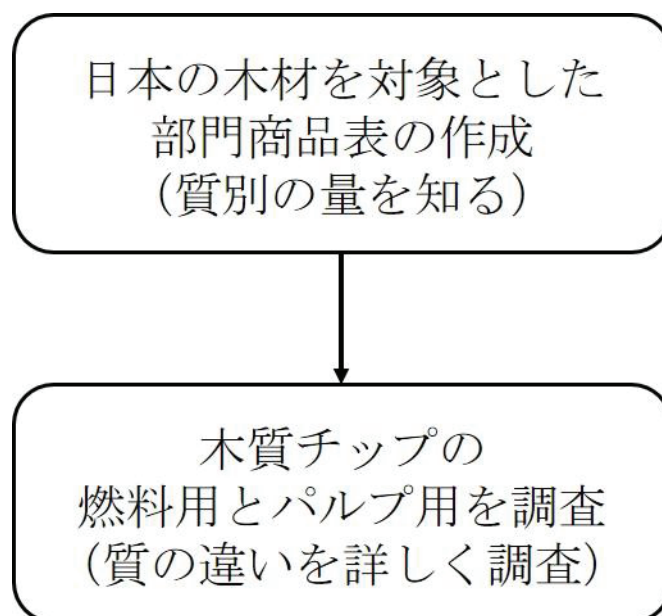


図 3 本論文の調査フロー

2. 木材を対象とした部門商品表の作成方法

(1). 期間・集計単位と使用する換算係数

ここで作成する部門商品表は対象年を、『産業連関表』（総務省、各年版）の「物量表」が作られている 2000 年と 2011 年とした。東日本大震災の発生した 2011 年に産業連関表を作ることについて、総務省（2011）では①基礎データの収集可能性と②震災後の生産構造は、ある程度の期間一定であること、③定期的な間隔を確保できることの 3 点を理由に対象年を変更していない。今回作成する部門商品表には、『産業連関表』各年版の「物量表」のデータが必要であるため、2011 年を対象年とした。

集計単位は木材重量を用い、表-1 の換算係数を用いて単位を統一した。係数を把握できない輸入チップは外来広葉樹の値を用いた。

表 1 換算係数一覧

樹種	容積密度 d.m.t/m ³	備考
スギ	0.314	
ヒノキ	0.407	
アカマツ・クロマツ	0.458	係数の平均値
カラマツ	0.404	
エゾマツ・トドマツ	0.338	係数の平均値
ナラ	0.624	
外材-針葉樹	0.320	
外材-広葉樹	0.660	
その他針葉樹	0.352	北海道、青森、岩手、宮城、秋田、 山形、福島、栃木、群馬、埼玉、新潟、 富山、山梨、長野、岐阜、静岡
	0.464	沖縄
	0.423	上記以外の都府県
広葉樹	0.469	千葉、東京、高知、福岡、長崎、鹿児島、沖縄
	0.646	三重、和歌山、大分、熊本、宮崎、佐賀
	0.624	上記以外の道府県

樹種	容積密度 B.D.t/m ³	樹種	容積密度 B.D.t/m ³
〈国産チップ〉			
針葉樹チップ	0.415	広葉樹チップ	0.535
〈輸入針葉樹チップ〉			
アメリカ	0.444	オーストラリア	0.610
カナダ	0.433	インドネシア	0.685
ロシア	0.410	タイ	0.654
オーストラリア	0.457	中国	0.613
ニュージーランド	0.439	ベトナム	0.667
フィジー	0.483	マレーシア	0.529
チリ	0.397	チリ	0.559
ブラジル	0.493	ブラジル	0.595
		エクアドル	0.595
		南アフリカ	0.581

注：1) d.m.t は dry matter ton の略で、絶乾重量を表す

2) 広葉樹は、その他広葉樹の値を用いた 3) パルプ材便覧から推計

出所：『日本国温室効果ガスインベントリ報告書』（環境省，2015年），『○参考
樹種別木材チップ換算係数（平成15年改訂 林野庁業務資料）』（全国木材チ
ップ工業連合会，<http://zmchip.com/249chipkansan.pdf>）

(2). 各過程における推計方法

① 採取・在庫・輸出入・移出入

丸太の採取は、各生産過程に投入されたものを足し合わせた値を採用した。在庫の増減は、『木材需給報告書』（農林水産省大臣官房統計部、各年版）の「月別製材品在荷量」と「月別合板統計」、『パルプ統計』（日本製紙連合会、各年版）の「パルプ生産・払出・在庫表」、『紙・板紙統計年報』（日本製紙連合会、各年版）の「紙品種別生産・出荷・在庫表」から各製品の期首在庫と期末在庫の差とした。輸出および輸入は、『貿易統計』（財務省）の数量を採用した。

② 製材生産過程

投入量（I）と生産量（O）を、『木材需給報告書』各年版から「月別素材消費量」と「月別製材品生産量」を用いた。

副産物は、生産過程への投入量と生産量の差を副産物総発生量とした。その内訳は『平成 17 年木材需給報告書』（農林水産省大臣官房統計部、2008 年）の「平成 17 年バイオマス利用実態調査（以下、「実態調査）」から、「木質バイオマスの工場別発生量及び利用量」の値を利用し、2005 年の「樹皮」「端材など」「おがくずなど」が「合計発生量」に占める百分率を求め（樹皮：端材など：おがくずなど＝16%：53%：31%）、2000 年と 2011 年も同様の割合で副産物発生量の中に含まれていると仮定した。

樹種構成は、『木材需給報告書』各年版の「樹種別需要部門別素材生産量」における割合（＝樹種別需要部門別素材生産量／樹種別需要部門別素材生産量の和）とそれぞれ同じ割合で含まれていると仮定し換算係数をかけ合わせることで木材重量に換算した。

③ 合板生産過程

投入量は、『木材需給報告書』各年版の「単板製造用素材の消費量」を用いた。生産量は、単板・普通合板・特殊合板に分けて把握した。単板の生産量は、投入量に「実態調査」から求めた 2005 年の単板の歩留まり（＝製品（単板）／{製品（単板）＋「木質バイオマス発生量」（単板）}）をかけて求めた。普通合板生産量と特殊合板生産量は、『木材需給報告書』各年版の「オ 普通合板（ア）厚さ別製造量」と「カ 特殊合板（1）製造量」を採用した。

このとき、二重計上されている、普通合板生産に使用された単板の量（{「単板生産量」／歩留まり（普通合板）}－普通合板生産量）と特殊合板生産量に使用された普通合板の量（{「普通合板生産量」／歩留まり（特殊合板）}－特殊合板生産量）を除いた。

副産物量は、生産過程への投入量と生産量の差を総発生量とした。この内訳は、単板・普通合板・特殊合板に分け、製材生産過程と同様に「実態調査」から求めた（○単板 樹皮：端材など：おがくずなど＝27%：63%：10%、○普通合板 樹皮：端材など：おがくずなど＝0%：76%：24%、○特殊合板 樹皮：端材など：おがくずなど＝0%：44%：56%）。

樹種構成は、「樹種別需要部門別素材生産量」における割合と同様に含まれていると仮定した。

④ 木質チップ生産過程

生産量を『木材需給報告書』各年版の「ウ 木材チップ生産量（ア）針葉樹・広葉樹別、入手区分別生産量」から把握した。2000年の同統計はm³単位で集計されているため、表-1の「国産チップ 針葉樹チップ」と「国産チップ 広葉樹チップ」の係数をかけることで単位をトンに換算した。投入量は、製品生産量を「実態調査」から求めた歩留まり（=製品（木質チップ）／{製品（木質チップ）＋「木質バイオマス発生量」（木質チップ）}）で割ることで推計した。さらに、副産物発生量（樹皮：端材など：おがくずなど＝71%：0%：29%）と利用量は、製材生産過程と同様に求めた。

⑤ パルプ生産過程

投入量は、『パルプ材便覧』（日本製紙連合会林材部、各年版）における「月別パルプ材需給（2）消費」を用いた。生産量は、『パルプ統計』各年版の「パルプ生産・払出・在庫表」から把握した。さらに、黒液発生量は『平成12年石油等消費構造統計確報』（経済産業省大臣官房調査統計グループ、2002年）の「第4表 製造業の業種別エネルギー消費量」と『平成23年石油等消費動態統計年報』（経済産業省大臣官房調査統計グループ、2012年）の「(2)燃料受払 1)燃料種別表（事業所ベースの9調査対象業種合計）（平成23年）」の「回収黒液」の値とした。このとき、岩崎(2013)から有機物割合58%を求め、かけ合わせて木質バイオマス相当量とした。

⑥ 紙生産過程、板紙生産過程

投入量と生産量は、『紙・板紙統計年報』各年版の「5. 原料別消費」と「紙品種別 生産・出荷・在庫表」を用いて把握した。

⑦ ペレット生産過程

投入量は、「実態調査」から 2005 年の各生産過程で生産される副産物のうち「ペレット等」へ投入される割合（＝「ペレット等」／副産物総発生量（樹皮・端材・おがくずなど））を求め、各年の副産物発生量に掛けて推計（＝各年副産物発生量（樹皮・端材・おがくずなど）×「ペレット等」へ投入される割合）した。副産物以外のものは、『平成 23 年特用林産物基礎資料』（林野庁林政部、2013 年）の「木質粒状燃料の原料入手区分別生産量及び含水率」と同じ量だけ投入されると仮定した。生産量は、2000 年はペレットクラブ（2004）の調査結果を用い、2011 年は『平成 23 年特用林産物基礎資料』の「木質粒状燃料の原料入手区分別生産量及び含水率」から含水率分を除いたもの（＝生産量×（100－含水率）／100）とした。

⑧ 最終消費部門への投入量の推計方法

最終消費部門は、『産業連関表』各年版の「物量表」と『木材需給報告書』各年版、『パルプ統計』各年版、『紙・板紙統計年報』各年版を基に調整し、13 部門に分けた。エネルギー生産過程は、国内木材関連産業において利用される木質燃料の量を知るためにマテリアル製品生産過程と対応させた。このとき、『平成 12 年 石油等消費構造統計確報』の「第 4 表 製造業の業種別エネルギー消費量」と『平成 23 年 石油等消費動態統計年報』を調整した結果、マテリアル製品生産過程における「パルプ」と「紙」、「板紙」の各生産過程を「パルプ・紙・板紙」生産過程とまとめた。近年、需要が増加している発電用木質燃料の量を知るために、「電力」生産過程も追加した。

製材製品は『木材需給報告書』各年版の「ケ 材種別、用途別製材品出荷工場数及び出荷量」から用途を把握し、普通合板製品は建設部門、特殊合板は内装・家具部門へ出荷されると仮定した。木質チップと樹皮や端材、おがくずなどの副産物は、「実態調査」の「4. 木質バイオマスの利用実態 (1) 木質バイオマスの種類別発生量及び利用量（製材工場・合板工場・集成材工場・プレカット工場）」と「(4) 木材チップ工場残材の発生量及び利用量」から計

算した各利用用途の割合（=2005年の各利用用途への投入量／2005年における各生産工程からの工場残材総発生量）を各年のパルプ以外に使われる木質チップと副産物の発生量にかけ合わせて推計した。このとき、「木材乾燥施設熱源用－他工場出荷」はエネルギー生産過程におけるパルプ・紙部門、「発電施設用－他施設出荷分」はエネルギー生産過程における発電部門へ投入されると仮定した。そして、パルプ製品は『産業連関表』各年版の「物量表」、紙・板紙は『紙・板紙統計年報』各年版の「紙品種別 生産・出荷・在庫量」における「新聞巻取紙」と「印刷・情報用紙」を「出版・印刷」部門とし、「包装用紙」と「衛生用紙」を「紙加工品」部門、「雑種紙」を「その他」に計上した。板紙は、「段ボール原紙」と「紙器用板紙」を「加工紙」部門とし、「その他の板紙」を「その他」とした。輸入製品の中でも、製材製品と合板製品、紙製品、板紙製品は、国内生産されたものと同じ割合（=各製品の最終需要部門別投入量（製材・合板・紙・板紙）／各製品国内生産量（製材・合板・紙・板紙））で各部門へ投入されたと仮定した。さらに、電力部門は、2011年に木質バイオマスを用いて発電を行っていた常磐共同火力株式会社と中部電力株式会社の『2011 環境活動レポート』（常磐共同火力株式会社、2011年）、『中部電力グループアニュアルレポート 2012』（中部電力株式会社、2012）を用いて含水率を50%と仮定し投入量を追加した。廃棄分は、「実態調査」における廃棄の割合（=工場残材の廃棄量（製材工場・合単板工場）／工場残材発生量（製材工場・合単板工場））として推計した。

⑨国内で生産される製品

国内生産部分の推計は、木質チップ生産過程とパルプ生産過程から生産された製品は再度パルプ生産過程と紙生産過程、板紙生産過程へ投入される。生産される製品をそのまま足し合わせるだけでは二重計算になってしまうため、再度各生産過程へ投入される量を引いたものを国内の木質チップ生産量とパルプ生産量として取り扱う必要がある。そこで次の方法を用いて推計した。

木質チップは、木質チップ生産量から『パルプ材便覧』各年版の「パルプ材交流表」の針葉樹チップと広葉樹チップの国産材計の値を引くことで求めた。パルプは、輸入されたパルプがすべて紙生産過程と板紙生産過程で消費

されたと仮定し、紙生産糧と板紙生産過程へ投入されたパルプの量から引くことで、国内生産されたパルプのなかで紙・板紙の生産に用いられた量を推計した。パルプの生産量から紙と板紙生産に用いられたパルプの量を引いて求めた。

3. 木質チップについての調査方法

(1). 調査地選定

チップ生産会社で作られる原材料別チップについて知るために、『平成 21 年木材需給報告書』の「木材チップ生産量・針葉樹・広葉樹別、入手区分別生産量」から、原材料種別に針葉樹チップと広葉樹チップの生産量をまとめたものが表-2 である。丸太から作られたチップが 2,398,000 BDT（絶乾重量）と最も多く、工場残材から作られるものは 1,689,000 BDT であった。丸太から作られる木質チップのうち広葉樹チップが 1,459,000 BDT と 61% を占め、針葉樹チップの 939,000 BDT よりも多かった。さらに、チップ生産会社と取引関係の強いパルプ工場における、2009 年に国内から集荷された原材料種別パルプ用チップの量を知るために、『2010 年パルプ材便覧』の「2009 年パルプ材の原材種別構成」からチップに注目してまとめたものが表-3 である。2009 年にパルプ工場において集荷されたチップのうち、丸太から作られたものが 2,380,000 BDT と最も多く、製材残材から作られるものは 1,781,000 BDT であった。丸太を原材料としたチップの内訳を見ると、広葉樹チップ集荷量が 1,387,000 BDT と針葉樹チップ集荷量の 993,000 BDT よりも多かった。パルプ工場では、丸太を原料としたチップに占める広葉樹の集荷割合が高いことから、チップ生産会社には広葉樹チップ生産が求められているといえることができる。

表 2 2009 年の原材料種別木質チップ生産量

単位：1,000 BDT			
原材料名	丸太	工場残材	林地残材
針葉樹 チップ	939 (39%)	1,591 (94%)	68 (63%)
広葉樹 チップ	1,459 (61%)	98 (6%)	40 (37%)
合計	2,398 (100%)	1,689 (100%)	108 (100%)

出所：『平成 21 年木材需給報告書』（農林水産省大臣官房統計部，2012 年）

表 3 2009 年の国内から集荷された原材料種別パルプ原料

単位：1,000 BDT			
原材料名	丸太	製材残材	古材
針葉樹 チップ	993 (42%)	1,746 (98%)	323 (100%)
広葉樹 チップ	1,387 (58%)	35 (2%)	-
合計	2,380 (100%)	1,781 (100%)	323 (100%)

注：1）丸太チップは、「原材種別構成」における、天然林低質材と人工林低質材から丸太の量を引いたものである

2）古材には家屋解体材のほか、ダンネージ、パイル等を含む

出所：『2010 年パルプ材便覧』（日本製紙連合会林材部，2010 年）

そこで、広葉樹丸太生産が盛んな地域を把握するために、『平成 21 年度木材需給報告書』から素材生産量に占める広葉樹材の生産割合を表-3 にまとめた。その割合は、中国地方が 32% と最も高い値を示した。他方、中国地方の森林資源の現況は、第 2 期森林資源モニタリング調査結果(2004 年～2008 年調査)を用いると表-5 の通りとなっている。中国地方 5 県は全体的に人工林率が低く、全国平均値の人工林率 50% を超すのは鳥取県のみであった。中国地方の豊富な広葉樹資源が、広葉樹丸太生産を中心としたこの地域の林業を支えていると考えられる。これらの理由から、中国地方を調査対象地に選定し、パルプ用チップと燃料用チップの需給構造を調査した。

また、2009 年の県別パルプ用広葉樹チップ供給量は、島根県が 62,123 BDT と最も多く、広島県 59,848 BDT、山口県 21,702 BDT、鳥取県 17,854 BDT、岡山県 7,644 BDT であった(中四国パルプ材協会への聞き取り調査)。そこで、中国地方のなかでも広葉樹チップ生産の盛んな島根県において、FIT による木質燃料需要の増加がチップ生産会社に及ぼした影響について調査を実施することとした。

表 4 全国 9 地域別全丸太生産量に対する広葉樹材の百分率

単位：%									
地域	北海道	東北	関東	北陸	東海	近畿	中国	四国	九州
	20	22	12	14	8	6	32	6	10

注：1) 小数点第 1 位を四捨五入

2) 地域区分はパルプ材便覧に従った

出所：『平成 21 年木材需給報告書』（農林水産省大臣官房統計部，2012 年）

表 5 中国地方 5 県の林況

	鳥取	島根	岡山	広島	山口
人工林 面積 (千ha)	144	179	194	253	181
蓄積 (千m ³)	42,979	46,227	52,070	60,190	60,044
天然林 面積 (千ha)	127	335	253	369	234
蓄積 (千m ³)	23,363	62,621	40,799	58,858	51,329
人工林率 (%)	53	35	43	41	44

注：県下総森林面積に対する人工林面積の割合として求められる人工林率は森林資源モニタリング調査結果から算出

出所：『森林資源モニタリング調査 都道府県別プロット数、面積、蓄積（第 2 期）』（林野庁）

(2). 調査地概要

① 中国地方のパルプ工場

中国地方では、王子製紙と日本製紙グループのパルプ工場が操業している。2009年時点で操業していた工場は、王子製紙呉工場と同米子工場、日本製紙グループでは、日本製紙岩国工場と日本製紙ケミカル江津工場、日本大昭和板紙大竹工場であった。

中国地方内のパルプ工場に集荷されるパルプ材の状況をまとめたものが表-6である。パルプ用針葉樹チップは国内産のものが多く、中国地方からの集荷が55%と最も多くなっていた。パルプ用広葉樹チップは、輸入チップが大半を占めていた。しかし、パルプ用広葉樹チップ集荷量の10%は、中国地方から供給されるパルプ用広葉樹チップであった。表に掲げたパルプ用木質チップの他、2工場で故紙をパルプ原料としており、呉工場で17,802 ton、日本大昭和板紙は159,865 tonであった（紙業タイムス社、2010）。

2009年以降、王子製紙が持ち株会社制へ移行したことから、王子製紙呉工場は王子マテリア呉工場となった。さらに、日本製紙グループの事業再編により、日本製紙と日本製紙ケミカル、日本大昭和板紙は日本製紙を存続会社として合併した。このため中国地方に立地するパルプ工場は、日本製紙岩国工場、同大竹工場、同江津事業所と各工場が名前を変えた。

表 6 中国地方のパルプ工場における木質チップ集荷量（2009年）

産地	日本				輸入
	単位：1,000 BDton				
	近畿地方	中国地方	四国地方	九州地方	
針葉樹チップ	0.4 (0%)	300.6 (55%)	16.5 (3%)	51.4 (9%)	179.9 (33%)
広葉樹チップ	3.4 (0%)	167.0 (10%)	0	28.3 (2%)	145.3 (88%)

出所：『パルプ材便覧 2009年』（日本製紙連合会林材部，2010年）

② 島根県の発電所における燃料用チップ需要

RPS 法や FIT の施行以降の木質燃料需要の増加から、中国地方においてもチップ生産会社によって燃料用チップの生産が行われている。この状況を、中国地方の中でも 2009 年時点でパルプ用広葉樹チップ生産量が最も多い島根県を対象として実態を把握する。島根県では、RPS 法と FIT の施行以降、木質燃料を利用する発電所が 3 ヶ所稼働している。これらのうち、最も早く木質燃料を利用し始めたのは中国電力三隅発電所であった。中国電力三隅発電所は、2011 年から石炭バイオマス混焼発電実証試験が行われ、2013 年に混焼による営業運転を開始した。その後、2015 年 6 月と 7 月には FIT の認定を受けた、松江バイオマス発電（松江市）としまね森林発電（江津市）が運転開始した。

中国電力三隅発電所は、石炭バイオマス混焼発電を行うために既存の石炭専焼発電施設を改造することで対応した。中国電力三隅発電所の、石炭粉砕ミルへの投入コンベアに燃料用木質チップを添加する構造では、石炭に対し数%までしか木質燃料を混ぜることができない。一方、松江バイオマス発電のボイラはバブリング流動層ボイラであり、しまね森林発電のボイラは循環流動層ボイラである。この双方で使用されている流動層ボイラの特徴としては、利用できる燃料の形状や含水率の許容範囲が広いことがあげられる。しかし、いずれのバイオマス専焼発電所でもフルーガスコンデンサーを欠くことから 60%を越すような高い含水率の燃料用チップには対応できない。

3 ヶ所の発電所の運転開始により計画されている木質燃料利用量は、中国電力三隅発電所で 30,000 ton/年、松江・江津のバイオマス専焼発電所においてはそれぞれ 79,000 ton/年と 83,000 ton/年（PKS：パーム椰子殻、Palm Kernel Shell を除いた国産未利用材）であった。未利用材の他に松江バイオマス発電では 8,800 ton の製材残材を利用した燃料用チップも利用する計画である。この木質燃料需要を絶乾重量に換算すると約 110,000 BDT/年であり、島根県における 2009 年の丸太生産量（約 124,000 BDT）の 90%に当たる。ちなみに、2015 年に島根県内で燃料として利用されたチップは 89,934 BDT（林野庁、2016）であった。

(3). 調査方法

従来、チップ生産会社は、主にパルプ工場へパルプ用チップを供給していたことから、まずパルプ工場とチップ生産会社の既往の関係を整理する。パルプ原料集荷を担う製紙会社の調達部門または系列会社（以下、調達部門）に対し、パルプ用広葉樹チップ集荷状況とチップの受入れ規格の調査を行った。さらに、チップ生産会社を対象として、チップ生産量と供給先パルプ工場、取引状況を調査した。

次に、各パルプ工場とチップ生産会社との間に、チップに対する基準の違いや取引慣行の違いがあるなかで、チップ生産会社が燃料需要増加にどのように対応しているかを明らかにする。具体的には、燃料用チップの事業所規格と取引状況、燃料用チップ生産状況をチップ生産会社や発電所を対象に調査した。

加えて、『木材需給報告書』各年版と『パルプ材便覧』各年版、『知っておきたい紙パの実際 2010』（紙業タイムス社、2010年）から①広葉樹チップ生産量、②丸太利用方法、③広葉樹チップ集荷量、④丸太価格の変化を調査した。

調査結果を用いて、パルプ用チップと燃料用チップの各事業所の基準と取引方法の比較を行った。さらに、丸太使用量や使用用途、丸太価格の統計データも用い、2010年以降の燃料用チップ需要の増加に対応したチップ生産会社の原料選択について考察した。

III. 結果

1. マテリアル原料としての木質チップとエネルギー燃料としての木質チップ

木材製品にごとの求められる丸太の質の違いは、木材の利用方法に影響を与えている。木材のように環境から採取される天然資源は質が一様ではなく、木材の質に応じた利用方法が求められている。木材資源の供給源と用途の対応を、在来型林業からのバイオマスをバイオエネルギー拡大戦略としていたスウェーデンなどでは図4のように構成していた。最も質の高い幹は製材で利用し、質の低いものはエネルギー用材、中間部分をパルプ用材として利用している様子がうかがえる。低質部分は、パルプ用材と燃料用材として利用用途が分けられている。

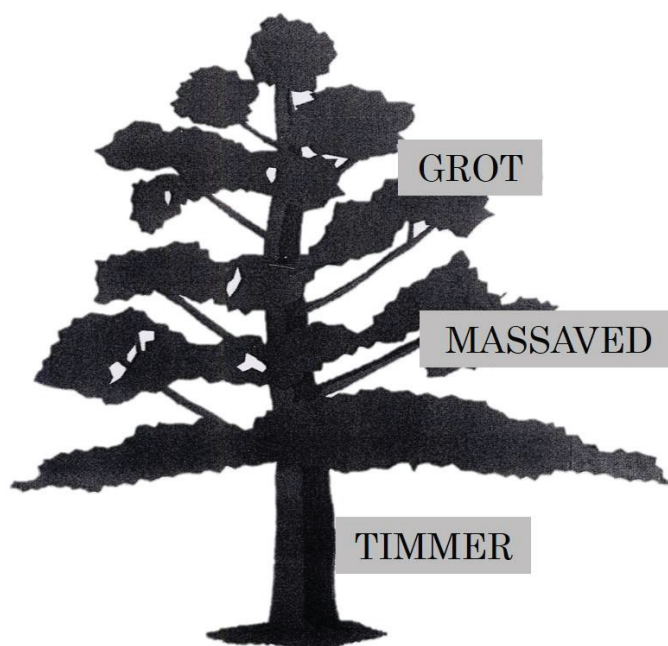


図4 スウェーデンにおける木材利用の例

- 注：1) GROT: 末木枝条
2) MASSAVED: パルプ用材
3) TIMMER: 製材

出所：Svebio(1998)

日本では、パルプ用チップと燃料用チップの生産が同一のチップ工場に求められることが多い。そこで、パルプ原料に利用される木質チップと燃料用に利用される木質チップに求められる質の違いを調べると、木質パルプは、針葉樹の仮道管と広葉樹の木繊維からなり、紙や再生繊維の材料となる。パルプ原料として利用される木質チップは、表-7のような樹種ごとの特徴の違いによって選好される。繊維の長さは、紙の特徴に影響を及ぼす。リグニンの量は収量に影響し、タンニンの量、樹脂の違いは、パルプ・製紙工程やパルプ品質に影響を及ぼすことがある。この他、材の色によって敬遠される樹種もある。色の他にも、木質チップの大きさや含水量が蒸解用薬液の浸透性に影響を与えるとして重要視されている。さらに、腐朽材は貯蔵中に材質の劣化が生じる可能性があり敬遠されている。

他方、燃料は木材の持つ化学エネルギーを熱や電気に変えて利用する。このとき、燃料用木質チップに求められる特性はチップサイズと含水率、灰の割合である。チップサイズは燃焼室の大きさと対応している。大きな燃焼室ではより広いサイズの燃料が利用でき、小さな燃焼室では小さくかつよりばらつきの小さい燃料が必要とされる。含水率は、その高低によって燃料用チップから潜熱として失われる蒸発熱の量が変化する。

表 7 樹種別のパルプ化特徴

	仮道管の長さ (mm)			リグニン %	タンニン %	漂白パルプ 白色度
	最短	平均	最長			
アカマツ	1.5	4.0	6.0	26.1	-	88.1
ヒノキ	2.0	3.5	6.0	29.6	-	82.1
スギ	1.0	3.0	6.0	32.3	-	76.7
	繊維の長さ (mm)			リグニン %	タンニン %	漂白パルプ 白色度
	最短	平均	最長			
ブナ	0.5	1.1	1.8	23.5	0.4	89.0
コナラ	0.9	1.2	1.4	21.8	1.0	90.8

出所：『木材工業ハンドブック改訂4版』（森林総合研究所，2004），

辻(1928)

2. 資源勘定による木材のマテリアル・エネルギー利用構造の変化把握

(1). 2000 年の部門商品表

2000 年の部門商品表は表－8 のようになった。2000 年の供給量の和は 5,606 万トンであった⁽²⁾。国内の森林資源からの投入は、針葉樹丸太 551 万トンと広葉樹丸太 228 万トンであった⁽³⁾。

製材生産過程で消費される丸太は針葉樹丸太と広葉樹丸太、外材の各生産過程における消費量の和の 62%を占めており、合板と木質チップ生産過程が 18%と同じ割合であった⁽⁴⁾。木質チップ生産過程を見ると、丸太の投入が 47%にとどまっていた⁽⁵⁾。そして、他生産過程から生じる樹皮や端材、おがくずなどを含む副産物が全投入の 41%を占めていた⁽⁶⁾。さらに、建築廃材などを含む使用済み木材を合わせたものの投入割合は 52%に及んでいた⁽⁷⁾。

また、主要製品の総生産量は 5,254 万トンであった⁽⁸⁾。主要製品生産量に占める各製品の割合を見ると、パルプ・紙 (63%) > 黒液 (17%) > 製材 (12%) > 合板 (3%) > 木質チップ (0%) である⁽⁹⁾。エネルギー生産過程で利用された木材は 995 万トン⁽¹⁰⁾ であり、エネルギー生産過程に投入された木材の 89%を黒液が占めていた⁽¹¹⁾。黒液以外では、副産物と木質チップの占める割合が大きかった。ここで、木質チップの原料のうち 41%が副産物であると仮定すると、ほぼ 100%が副産物由来の木質燃料である⁽¹²⁾。

(2). 2011 年の部門商品表

2011 年の部門商品表は表－9 である。2011 年の供給量の和は、5,207 万トンであった⁽¹³⁾。国内の森林資源からの投入は、針葉樹丸太 576 万トンと広葉樹丸太 157 万トンであった⁽¹⁴⁾。

製材生産過程で消費される丸太は針葉樹丸太と広葉樹丸太、外材の消費量の和の 56%を占め、木質チップ生産過程が 28%、合板生産過程が 15%、パルプ生産過程が 2%と続いていた⁽¹⁵⁾。木質チップ生産過程は、2000 年同様に丸太の投入割合が 43%と半数以下であった⁽¹⁶⁾。副産物の投入割合は 30% であり、使用済み木材や末木枝条を含めた丸太以外の投入割合は 57%に達

した⁽¹⁷⁾。

そして、各生産過程からの総生産量は 4,254 万トンであった⁽¹⁸⁾。各製品割合は、パルプ・紙 (65%) > 黒液 (17%) > 製材 (8%) > 合板 = 木質チップ (2%) である⁽¹⁹⁾。総生産量のうちエネルギー生産過程へ投入された木質燃料は、769 万トンであり⁽²⁰⁾、最も多い黒液は 85% を占めていた⁽²¹⁾。この他、副産物、木質チップの順が多かった。さらに、この年は輸入木質チップも燃料として利用されていた。ここで、エネルギー生産過程へ投入される木質チップのうち 30% を副産物と仮定すると、95% が副産物由来のエネルギー源である⁽²²⁾。

表 8 2000年の部門商品表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
	製品	塗料	外材	製材	合板	木質チップ	パルプ	紙	板紙	ベクト	故紙パルプ	故紙	樹皮	端材など	おがくずなど	未木材系 (林地残材)	使用済み 木材	黒液	その他	合計	
1 採取		55.1	22.8																	77.9	
2 在庫量減少					0.4															0.4	
3 輸入			51.0	31.8	14.7	144.7	31.3	11.1	2.2	0.1		2.8								289.8	
4 他産業からの移入											1.4	184.4					6.7			192.5	
5 投入量		55.1	22.8	51.0	31.8	144.7	31.3	11.1	2.2	0.1	1.4	187.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	560.6	
生産過程																					
6 製材	I	44.2	2.8	46.6																	93.6
7	O			60.3									5.3	17.6	10.4						93.6
8 合板	I	0.3	0.5	25.7																	26.5
9	O				16.9								2.0	6.1	1.4						26.4
10 木質チップ	I	8.2	19.2	0.0									0.2	22.5	0.6	0.1	6.7				57.6
11	O					49.1							6.1	0.0	2.6						57.8
12 パルプ	I	2.4	0.3	0.0		194.8												88.5			197.5
13	O						114.0														202.5
14 紙	I						121.2				1.3	56.1									178.9
15	O							190.4													190.4
16 板紙	I						14.3				0.0	123.1									137.7
17	O								127.9												127.9
18 ベレント	I					0.1							0.0	0.0	0.1						0.2
19	O									0.0											0.0

表 9 2011年の部門商品表

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
	品	品	材	材	板	チップ	パルプ	紙	紙	紙	紙	紙	皮	材	等	材	材	液	他	合
	品	品	材	材	板	チップ	パルプ	紙	紙	紙	紙	紙	皮	材	等	材	材	液	他	合
1 採取		57.6	15.7																	73.4
2 在庫量減少				0.0			0.3	0.3												0.6
3 輸入			20.1	24.5	9.9	117.9	19.1	17.4	3.5	0.7	0.0	0.4					15.2			213.6
4 他産業からの移入											1.2	216.7								233.0
5 投入量		57.6	15.7	20.1	24.5	9.9	117.9	19.4	17.7	3.5	1.2	217.1	0.0	0.0	0.0	0.0	15.2	0.0	0.0	520.7
生産過程																				
6	I	36.9	0.6	15.2																52.7
7	O				34.9								2.8	9.4	5.5					52.6
8	I	7.4	0.0	6.3																13.8
9	O					9.3							1.1	3.2	0.6					14.2
10	I	11.8	14.8	0.1									0.2	17.7	0.7	1.6	15.1			61.9
11	O					56.3							4.0	0.0	1.7					62.0
12	I	1.4	0.2	0.0		161.2												70.7		162.8
13	O						91.0													161.8
14	I						91.8				1.1	59.1								152.1
15	O							154.5												154.5
16	I						8.5				0.1	110.7								119.3
17	O								111.6											111.6
18	I	0.2	0.0			0.1							0.0	0.0	0.1		0.1			0.6
19	O									0.5										0.5

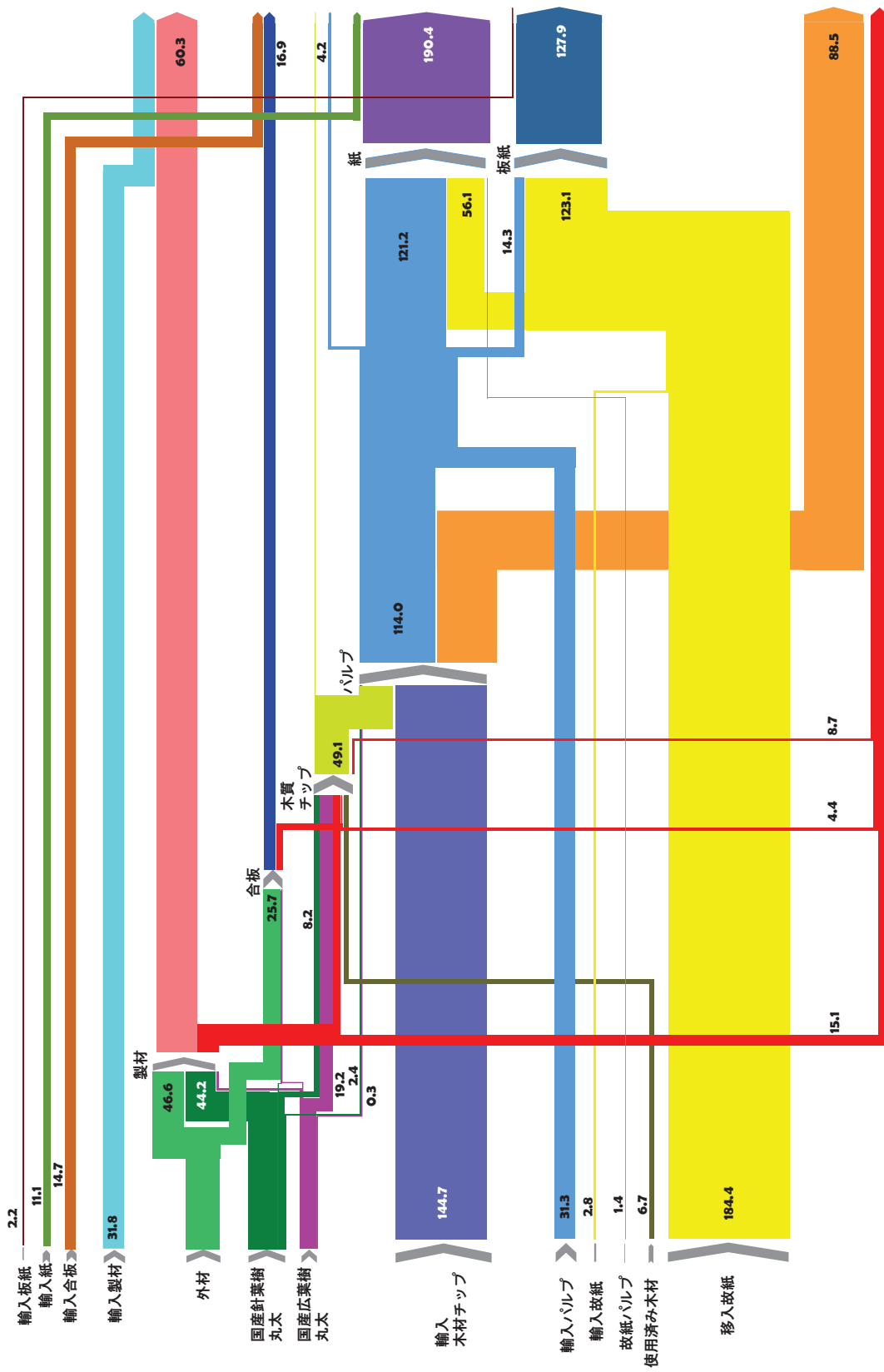


図 5 日本における 2000 年の木材フロー図

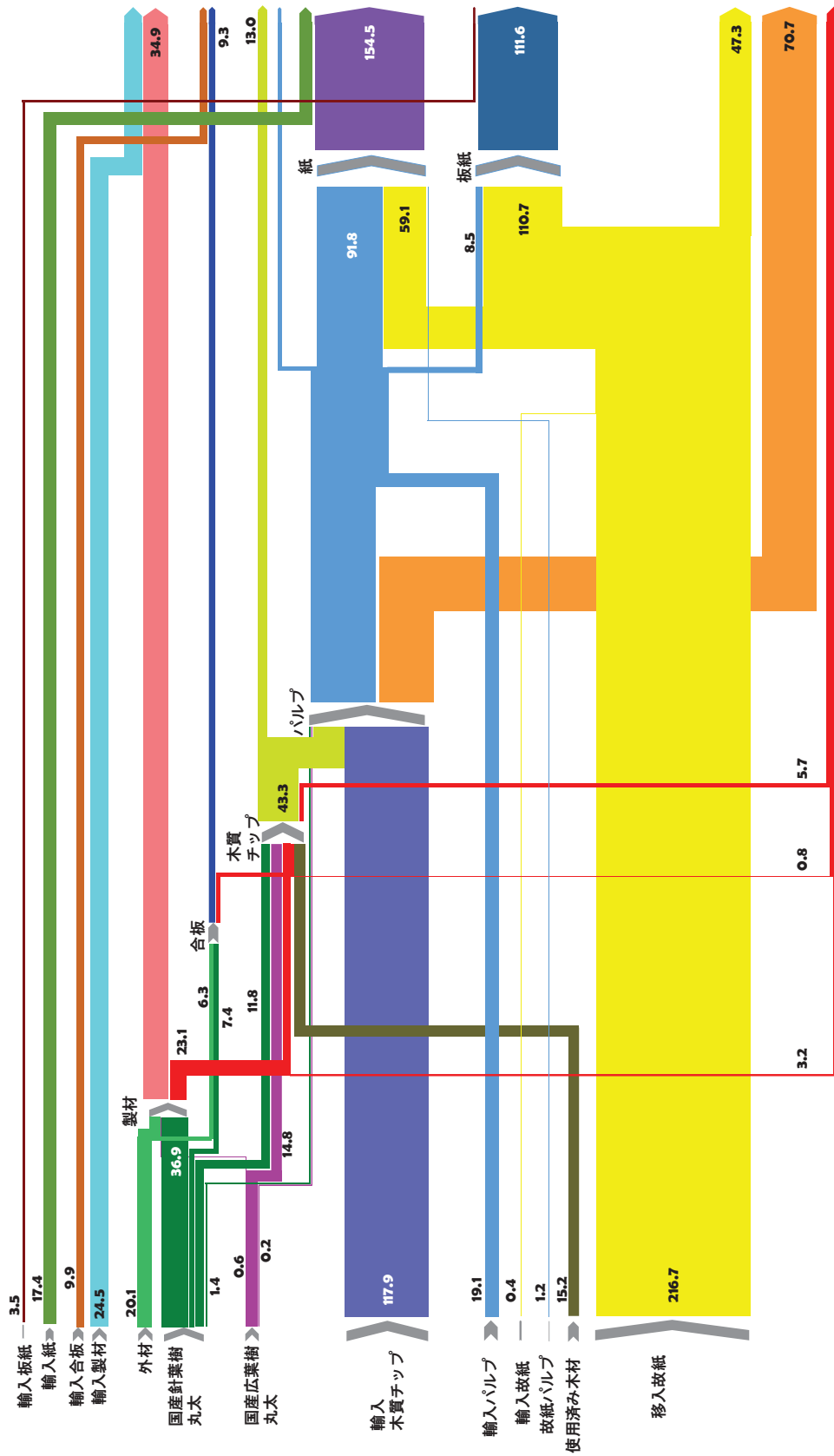


図 6 日本における 2011 年の木材フロー図

(3). 2000年と2011年の比較

2011年のデータを利用することについて、東日本大震災の日本国内の木材利用へ与えた影響を知るために2006年から2015年間の日本国内における木材利用量の変化を、『木材需給報告書』（農林水産省大臣官房統計部、2006年～2015年の各年版）の「素材需給の動向 材種別素材供給量」から図7にまとめた。2006年から2015年間で最も木材利用が落ち込んだのは2009年であり、国産丸太利用もそれ以降増加傾向にある。『木材需給報告書』各年版の「素材の需給 需要部門別素材需要量」から求めた丸太利用の割合も、製材が70%前後と合板が16%前後、木質チップが17%前後で変化がなかった⁽²³⁾。これらのことから、日本の木材利用量における東日本大震災による影響はあまりないと考えられる。また、「震災後の生産構造は、ある程度の期間一定であること」（総務省、2011）から、2000年と2011年の比較を行うことで近年の傾向をつかめると考えた。

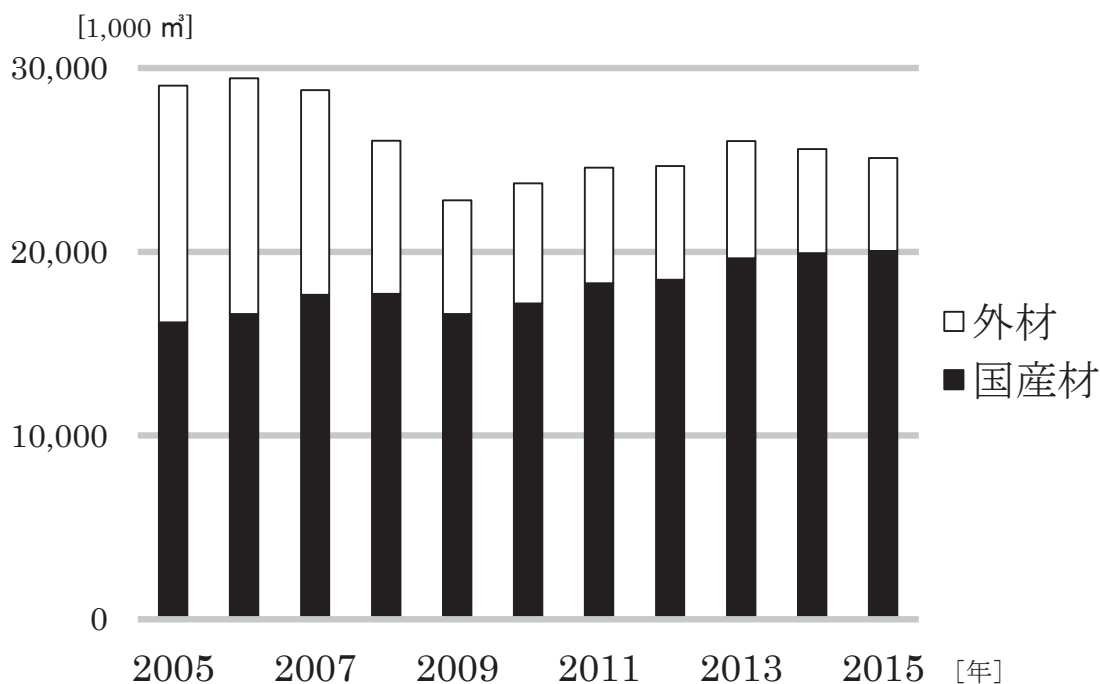


図7 材種別丸太供給量の経年変化

出所：『木材需給報告書』（農林水産省大臣官房統計部，各年版）

日本の 2000 年と 2011 年の部門商品表を比較するにあたり、Roos et al.(1999)がスウェーデンを対象とした分析から指摘した木質燃料利用増加の最も重要な要因である既存の林業や木材産業からの大量で低コストな木質燃料の供給に注目し、日本の木材利用をマテリアルに利用されるものと燃料として利用されるものに分けて比較した。マテリアルに利用されるものを製材と合板、パルプ・紙、木質チップ、その他マテリアルに、エネルギーに利用されるものを黒液と燃料用チップ・副産物にそれぞれ分け、日本国内において生産された木材製品の量の変化を表現したものが図-8である。各製品生産量の合計は 5,254 万トンから 4,254 万トンへ 19%ポイント減少していた。各製品の生産量の変化を見ると、製材の規模縮小が目立ち、603 万トンから 349 万トンへ 254 万トン（42%ポイント）の生産量が減少していた。製品生産量の減少に合わせ、製品生産量に占める製材製品の割合は 12%から 8%へ 4%ポイント減少していた（24）。この変化を図で表したものが図-9である。製材製品に占める国内生産割合が 66%から 59%へ 7%ポイント減少しており、国内生産製品の出口が狭まっている様子が見られる（25）。

また、2000 年と 2011 年の部門商品表から主要製品の各生産過程における歩留まりを求め表-10に示した。表を見ると、製材、合板、木質チップ、板紙生産過程で歩留まりが上昇していた（26）。各生産過程における歩留まり上昇と総供給量減少に合わせて、製材生産過程と合板生産過程から発生した副産物は 428 万トンから 226 万トンへ減少していた（27）。この影響を大きく受けたのが木質チップ生産過程である。その物質投入量の変化を表したものが図-10である。その内訳をみると、副産物の割合が 41%から 30%へ 11%ポイント減少し、使用済み木材の割合が 12%から 24%へ 12%ポイント増加していた（28）。さらに、生産された木質チップは、パルプ原料に利用されるものが微減し、燃料利用などその他の用途で利用されるものが増加していた。この他、燃料用木材のうち副産物由来割合は、ほぼ 100%から 95%へ 5%ポイント減少していた。

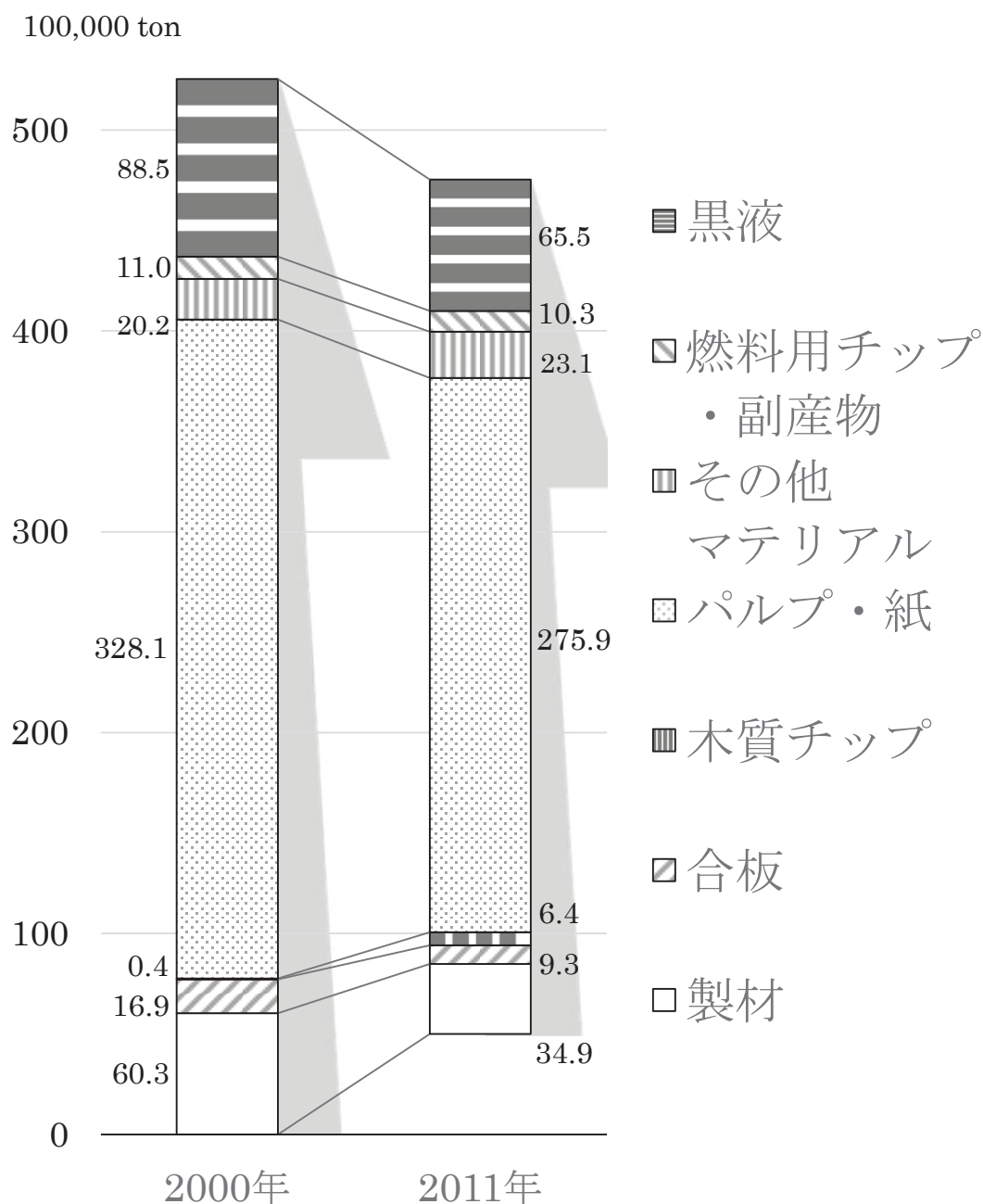


図 8 国内で生産された製品の内訳

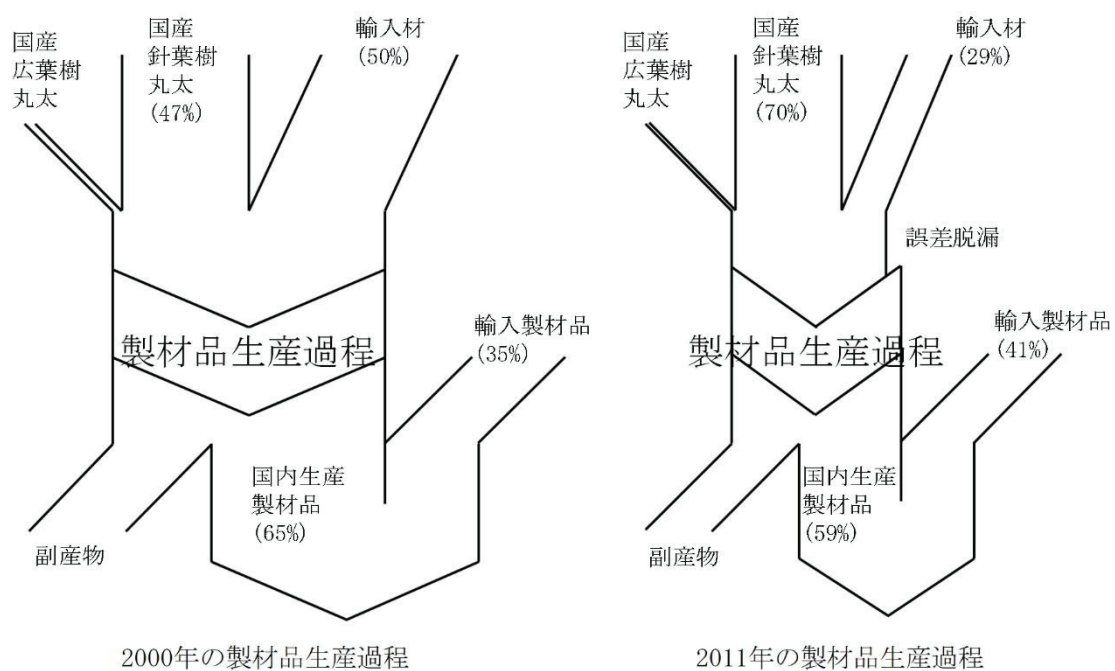


図 9 製材品生産過程における変化

表 10 各生産過程における歩留まりの変化

単位：%

生産過程	製材	合板	木質チップ	パルプ	紙	板紙
2000年	64	64	85	58	106	93
2011年	66	67	91	56	102	94

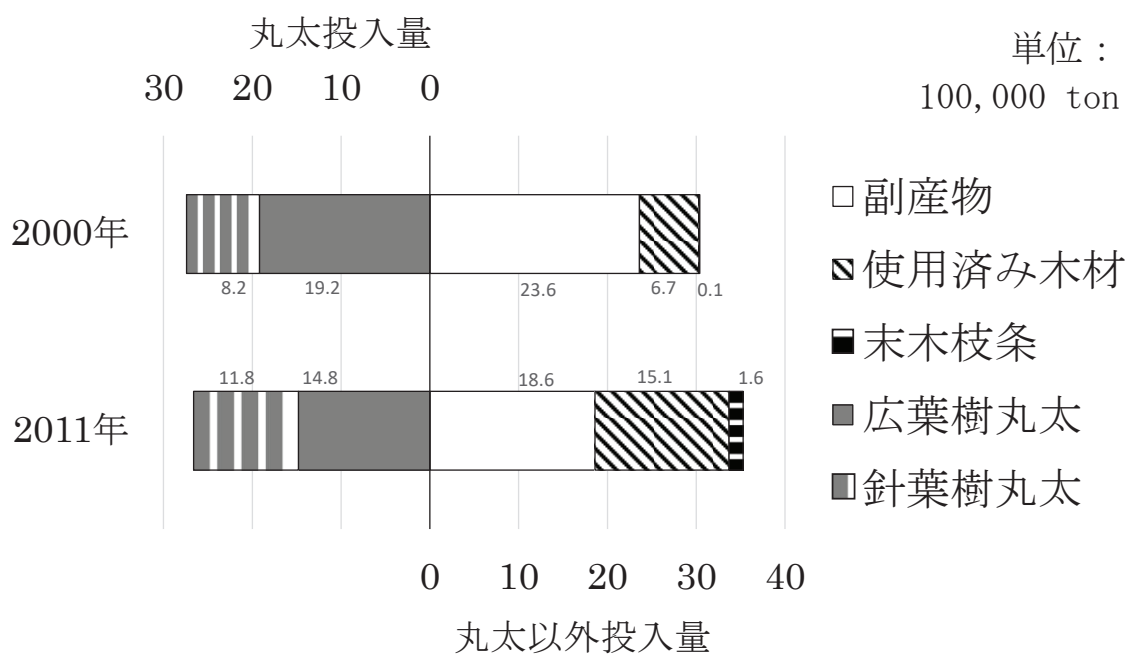


図 10 木質チップ生産過程へ投入される物質の変化

(4). 推計上の問題点

日本の勘定表を作成するにあたり、データ取得と換算の必要性において次のような問題点があった。データの取得には、輸入製品の最終消費部門への投入量と紙・パルプ生産過程以外のエネルギー生産過程へ投入される木材の量、紙・パルプ生産過程においてエネルギー生産過程へ投入されるものの製品形状、丸太の在庫量などが入手できないという問題があった。木材相当分の換算の問題は、黒液においてバイオマス相当分を換算する必要があった。

3. 発電需要の増加によるチップ需要構造の変化について

(1). 中国地方における発電需要増加前のチップ需給実態（2009年）

① チップ生産会社の系列と広葉樹チップ生産量、集中度

まず、中国地方で操業しているチップ生産会社を、供給先パルプ工場との関係に従って系列分けを行うと、「王子製紙呉工場系列」と「同米子工場系列」、「日本製紙岩国工場/日本製紙ケミカル江津事業所/日本大昭和板紙大竹工場系列（以下、日本製紙グループ系列）」の3系列に大別できた。日本製紙グループ系列がパルプ工場ごとでないのは、日本製紙と日本製紙ケミカル、日本大昭和板紙を担当する調達部門が1営業所で中国地方3工場を担当しているためであった。この3系列の中で、国産広葉樹チップを集荷しているのは王子製紙米子工場と日本製紙ケミカル江津事業所、日本大昭和板紙大竹工場（現在、大竹工場は故紙パルプ生産のみを行い、日本製紙岩国工場で国産広葉樹チップを使用するようになった。）の3工場であり、王子製紙呉工場と日本製紙岩国工場は全量輸入広葉樹チップを利用していた。したがって、「王子製紙米子工場系列」と「日本製紙グループ系列」のパルプ用の広葉樹チップ生産会社は2系列であった。中国地方全域で、広葉樹チップ生産会社は27社所在していた。そのうち米子工場系列が鳥取県・島根県・岡山県・広島県に12社16工場、日本製紙グループ系列が島根県・広島県・山口県に15社19工場所在していた。

チップ生産会社別広葉樹チップ生産量の集中度を示したものが表-11と図-11である。表-6は、上位1社と4社、5社のパルプ用広葉樹チップ供給量における集中度を示している。中国地方全域を対象にすると、パルプ用広葉樹チップ供給量上位5社で総パルプ用広葉樹チップ供給量の約50%を占めた。また、年間生産量が10,000BDTを超えているチップ生産会社に注目すると、7社で60%を占めた。系列ごとに集中度を見ると、パルプ用広葉樹チップ供給量上位4社集中度は、米子工場系列は69%、日本製紙グループ系列では56%を占めた。その残りを、米子工場系列では8社、日本製紙グループ系列では11社がそれぞれ生産していた。一方、図-1は各チップ

生産会社を生産量のシェアが高い順に積算したものである。米子工場系列の方が日本製紙グループ系列よりも、単体でシェアが大きいチップ生産会社が多く、積算シェアも少ない企業数で早く立ち上がることから、集中度が高いことが読み取れる。

表 11 広葉樹チップ納入量の 2009 年集中度（生産重量基準）

	上位1社 CR1	上位4社 CR4	上位5社 CR5
中国地方（全域）	11%	41%	48%
王子製紙米子工場系列	25%	69%	78%
日本製紙グループ系列	15%	56%	65%

注：1）CRk (k-firm Concentration Ratio; k 社集中度): $CRk = \sum_{i=1}^k S_i$

S_i : 第 i 番目企業のマーケット・シェア

出所：聞き取り調査から得られた 23 社の値から計算

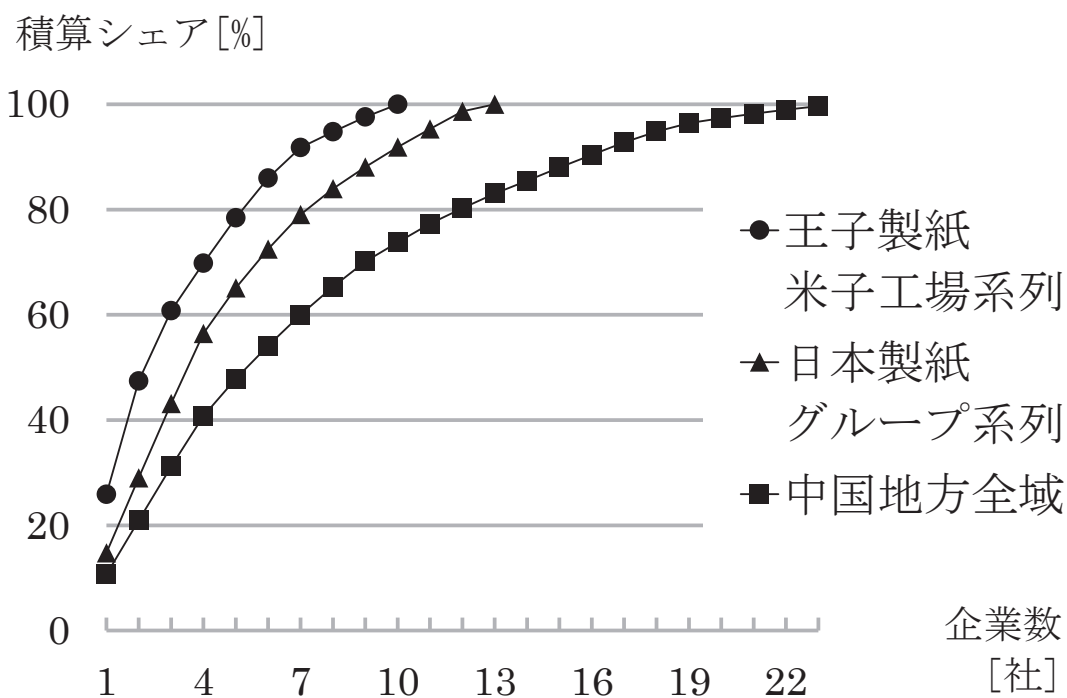


図 11 パルプ原料用広葉樹チップ納入量の積算シェア

注：1）系列ごとのシェアは、広葉樹チップ納入量の回答を得られた 23 社の値に占める割合

出所：聞き取り調査、『2010 年 パルプ材便覧』（日本製紙連合会，2010）

② パルプ用チップ取引制度について

パルプ用チップの取引価格や供給量は、パルプ工場の調達部門が決定し、チップ生産会社に指示していた。2009年の価格水準は、高額なものから広葉樹チップ、マツチップ、ヒノキ・スギチップの順であった。さらに、パルプ工場の調達部門からの指示には、パルプ工場の稼動状況に対応した一時的な受け入れ停止や供給量制限、操業度の上昇に伴う追加的な供給量積み増しも含まれていた。

また、チップ取引時の重量基準は、含水率0%の絶乾重量が使用されていた。絶乾重量の計測には、サンプルから得られた含水率が用いられ、総供給重量から水分を除いた重量に基づいてチップ代金が支払われる。このため、原木の含水率が高く単価の低いパルプ用針葉樹チップ(マツチップ、ヒノキ・スギチップ)の生産にはチップ生産会社の多くが消極的であった。一部の小規模チップ生産会社では、生産量の比率が広葉樹チップ:針葉樹チップ=10:1となることもあった。そのような中で、パルプ用針葉樹チップが余りつつあるチップ生産会社に対しては日本製紙グループ系列であるにもかかわらず、日本製紙グループ系列の調達部門からの指示によって系列外の王子製紙呉工場へ針葉樹チップを供給している例が見られた。この他、王子製紙米子工場系列のチップ生産会社でも、パルプ用針葉樹チップを関西圏のパルプ工場へ供給している例もみられた。このようにパルプ用針葉樹チップの需要が少ないにもかかわらず生産が続けられ、系列外や地域外へ供給している背景には、原木集荷の際に素材生産事業者から広葉樹丸太だけでなく針葉樹丸太の取引も求められる背景があった。この結果、広葉樹を主とするチップ生産会社では、広葉樹チップ生産量が増加するにつれて針葉樹チップ生産量も増加していた。

このような状況下における、2001年から2015年のパルプ用広葉樹チップ集荷量の変化を見ると図-12のようになる。中国地方のパルプ工場では、地域内からのパルプ用広葉樹チップ供給量が最も多いが、九州地方と近畿地方からの供給もあった。2010年は一時的に集荷量が増加したものの、全体としては横ばい傾向にあると言える。

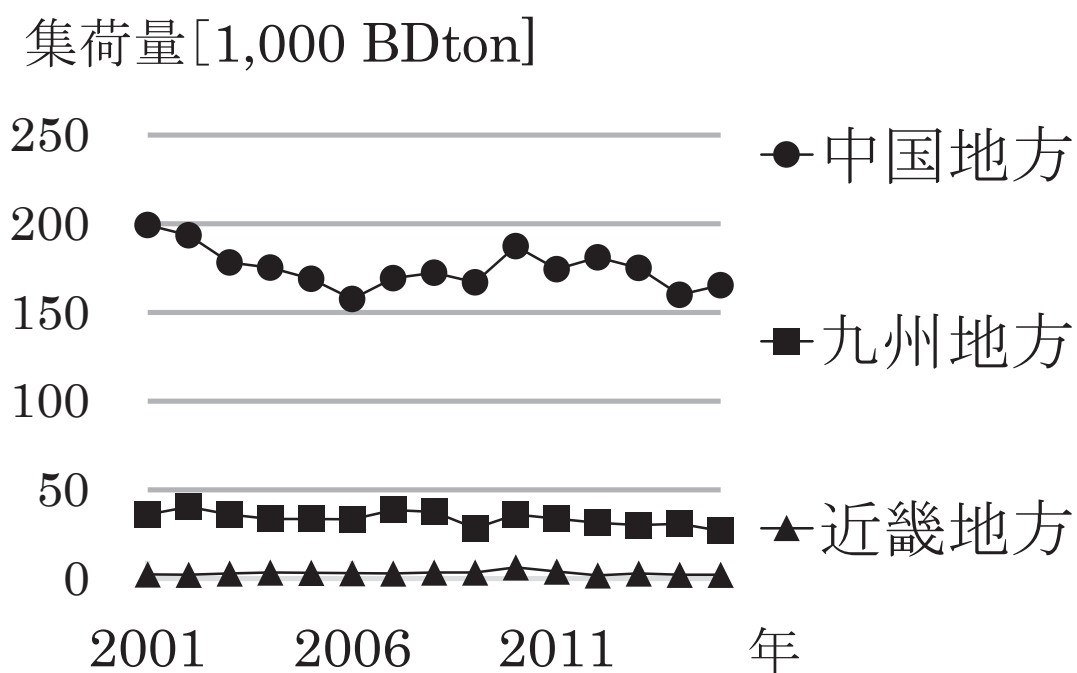


図 12 中国地方 5 工場に納入されるパルプ原料用広葉樹チップの
産地ごと納入量の経年変化

出所：『パルプ材便覧』（日本製紙連合会，各年版）

(2). 島根県における発電需要増加後の変化

①チップ規格の違い

パルプ用チップと燃料用チップに求められる品質の違いについて各事業所基準を用いて整理すると表-8のようになる。

パルプ用チップにおける標準サイズは、米子工場で繊維長 6~30 mm であり、日本製紙グループ系列で繊維長 9~25 mm である。また、最大辺を大きさの基準とする呉工場では最大辺 6~29 mm となっている。一方、燃料用チップの規格は、中国電力三隅発電所では 1 辺 50mm 以下、松江バイオマス発電としまね森林発電のバイオマス専焼発電所では 1 辺 100mm 以下となっている。含水率を基準の中に含んでいるのは燃料用チップのみであり、中国電力三隅発電所では含水率 55%以下、2ヶ所のバイオマス専焼発電所は含水率 60%以下であった。

チップのサイズ基準はパルプ用チップに比べ、燃料用チップは下限が定められていないという点で緩やかなものである。パルプ製造では大きすぎる場合蒸解不十分、小さすぎる場合は繊維分まで分解されるためチップのサイズについては厳格にならざるをえない。燃焼においては燃焼速度には関係するが制御可能であり、燃料としての基本性能にはあまり影響しない。この違いを活かし、チップ生産会社では、破碎チップの生産も行っていた。

表 12 中国地方 5 工場と 3 発電所の木質チップ納入基準

		王子製紙 呉工場	王子製紙 米子工場	日本製紙系列
標準サイズ	繊維長 厚さ	6～29mm	6～30mm 8mm未満	9～25mm 3～ 5mm
過大サイズ	繊維長 許容割合	29mm以上 5.0%以下	50mm以上 0.0%	50mm以上 0.0%
過小サイズ	繊維長 許容割合	6mm未満 5.0%以下	6mm×6mmの角 を通過するもの 5.0%未満	直径6mmの丸 を通過するもの 0.0%
樹皮の混入許容割合		樹皮・腐食 合わせて0.9%以下	0.5%以下	0.0%
腐食木の混入許容割合			0.0%	0.0%
含水率		-	-	-

		中国電力 三隅発電所	しまね森林発電 松江バイオマス発電
標準サイズ	繊維長 厚さ	～50mm	～100mm
過大サイズ	繊維長 許容割合	50mm以上 0.0%	100mm以上 0.0%
過小サイズ	繊維長 許容割合	- -	- -
樹皮の混入許容割合		-	-
腐食木の混入許容割合		-	-
含水率		55%以下	60%以下

注：1）王子製紙呉工場は、最大辺が基準になっている

出所：樋谷(2013)，聞き取り調査

② 燃料用チップ生産会社の供給実態

1. 燃料用チップ流通

最後に燃料用チップを生産するチップ生産会社の実態を把握する。

島根県内の3ヶ所の発電所において利用される燃料用チップは、島根県素材流通協同組合を通して集荷されている。この島根県素材流通協同組合は、合板原木の供給を目的として2009年に設立された。加入者は島根県内の素材生産事業体や森林組合である。島根県内のパルプ用チップ生産会社も系列に関係なく加入しており、燃料用チップの供給量は85%を占めていた。島根県素材流通協同組合による燃料用チップの供給は、中国電力三隅発電所で行われた石炭バイオマス混焼発電実証実験開始時から行われていた。島根県素材流通協同組合に加入しているチップ生産会社別の燃料用チップ供給量集中度は、パルプ用チップ生産量の特に多い2社で50%近くを占めていた。この値は、島根県内のパルプ用広葉樹チップ生産量のシェア傾向と類似していた。

一方、燃料用チップ価格の決め方は、中国電力三隅発電所と2ヶ所のバイオマス専焼発電所の間で違いがみられた。中国電力三隅発電所は、基準以下の含水率であれば燃料用チップ価格は一定であった。しかし、バイオマス専焼発電所では、含水率が1%増えるごとにその単価が下落する仕組みであった。燃料用チップの含水率は、パルプ工場同様、供給される木質チップからサンプルを採取し計測される。含水率が低い場合に、パルプ用チップ以上の価格で販売することができる。このとき、乾燥重量当たりの発熱量はあまり変化しないことから樹種は考慮されない。樹種が考慮されないことに加え、サイズ規格が緩やかなことから、パルプ用広葉樹チップに使われない広葉樹小径枝を堆積・貯留することによって、含水率を下げ、燃料用チップを生産するチップ生産会社も現れてきた。

2. 島根県における丸太利用の変化

燃料用チップに利用される樹種を検討するために、島根県の用途別素材生産量の変化を図-13に示す。最も変動が大きいのが合板用針葉樹丸太と広葉樹丸太である。合板用丸太の新規需要が生じた2005年から2008年に、合板用針葉樹丸太の生産量が増加し、全体の針葉樹丸太生産量も増加している。広葉樹丸太は、バイオマス専焼発電所が運転を開始した2015年に前年比46%の増加があった。一方、中国地方で生産されるパルプ用広葉樹チップの量を『パルプ材便覧』各年版の「パルプ材集荷地区別交流表」からみると、160,809 BDTから165,746 BDTへ約5,000 BDT増加していた。針葉樹チップは486,466 BDTから430,318 BDTへ56,148 BDTの減少がみられた。針葉樹チップの減少分のうち、中国地方内で集荷されるものは24,957 BDT、中国地方以外で集荷されるものは31,191 BDT減少していた。一方、2014年から2015年への中国地方5県の原木からのチップ生産量を『木材需給報告書』各年版の「木材産業の動向 木材チップ製造業 木材チップ生産量・針葉樹・広葉樹別、入手区分別生産量」から調べると、広葉樹チップは、鳥取県が12,000 BDTから12,000 BDT、島根県が62,000 BDTから79,000 BDT、岡山県が4,000 BDTから5,000 BDT、広島県が55,000 BDTから71,000 BDT、山口県が23,000 BDTから22,000 BDTといずれも横ばいもしくは増加していた。針葉樹チップ生産量は、鳥取県で15,000 BDTから10,000 BDT、島根県で27,000 BDTから29,000 BDT、岡山県で55,000 BDTから44,000 BDT、広島県で283,000 BDTから280,000 BDT、山口県で35,000 BDTから41,000 BDTになっており、5県全体では415,000 BDTから404,000 BDTへ11,000 BDT減少していた。中国地方におけるパルプ用針葉樹チップ供給量の減少に見合うほどの針葉樹チップ生産量の減少はみられなかった。

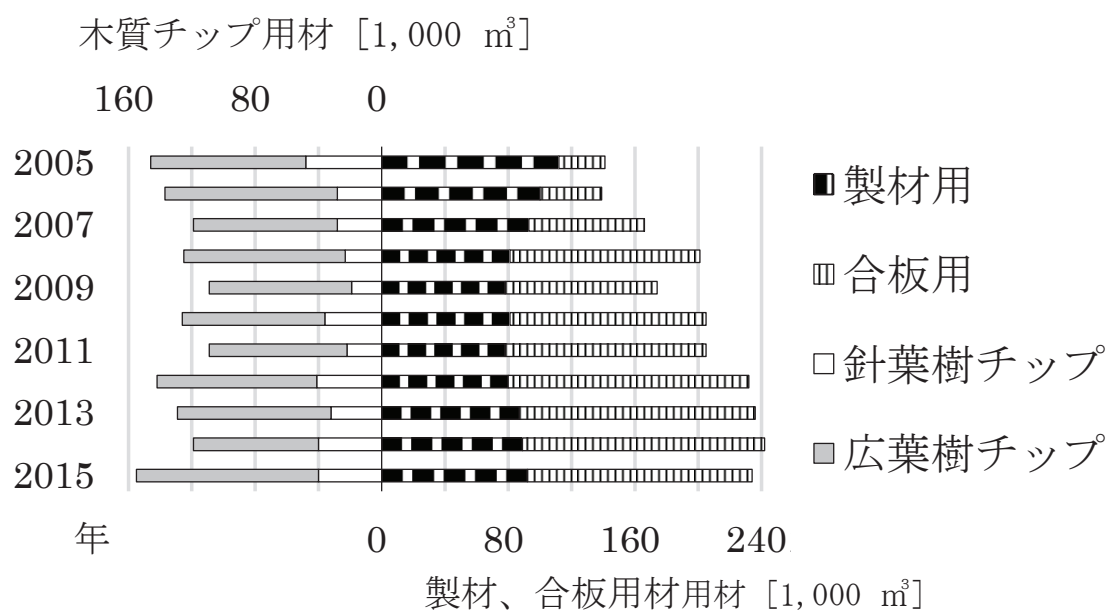


図 13 島根県の用途別丸太生産量

注：1) 広葉樹丸太は木質チップ用と仮定

出所：『木材需給報告書』（農林水産省大臣官房統計部，各年版）

次に、島根県における針葉樹丸太の利用用途を割合で示したものが図－14である。2005年から2008年の間に合板用針葉樹丸太の割合が急激に上昇している。そして、近年では針葉樹丸太の50%が合板に利用され、30%が製材用丸太、20%がチップ用丸太として利用されている。燃料用チップ需要が増加した2015年に注目すると、針葉樹丸太生産量や利用用途の割合には前年からの変化が見られなかった。

最後に、島根県における丸太価格の変化を『木材需給報告書』各年版の「合単板用素材価格　すぎ丸太（径18.0cm上、合板適材）」と「木材チップ用素材価格・針葉樹丸太（チップ向け）」、「木材チップ用素材価格・広葉樹丸太（チップ向け）」を利用して確認する。広葉樹丸太（チップ向け）は2015年から2016年にかけて9,300円/m³前後でほぼ横ばいであった。合板用すぎ丸太は2015年から2016年にかけて、13,200円/m³から11,600円/m³へと下落した。針葉樹丸太（チップ向け）は、5,300円/m³から8,800円/m³へ大幅に上昇した。特に、バイオマス専焼発電所が運転を開始した2016年6月は5月に比べ、7,300円/m³から8,500円/m³へと上昇し、2016年7月以降も6月の水準が続いていた。

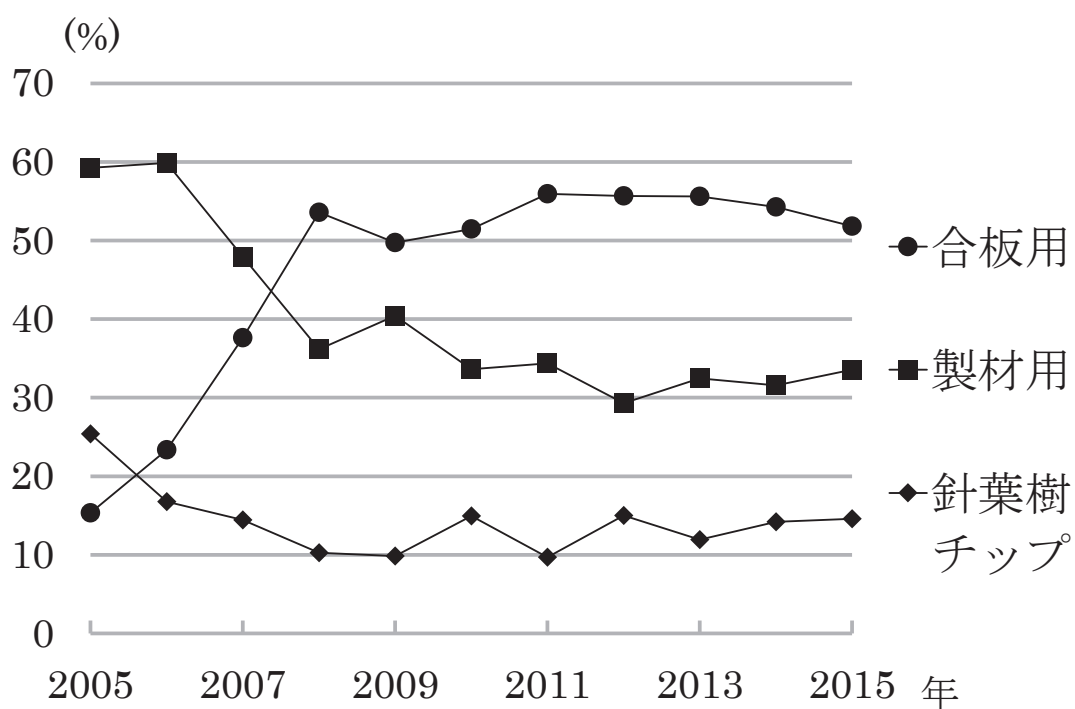


図 14 島根県における針葉樹丸太の用途の変化

注：1) 広葉樹をすべてチップ用材と仮定した場合

出所：『木材需給報告書』（農林水産省大臣官房統計部，各年版）

IV. 考察

2000年および2011年の日本の木材利用を対象とした部門商品表を作成したところ、国内で生産されるマテリアル製品とエネルギー製品の割合変化は少なかった。この間に需要が増加した針葉樹合板用丸太の許容範囲は比較的広く(伊藤・小菅、2014)、丸太供給者からの肯定的な意見(GR 現代林業編集部、2006)も聞かれる。しかし、針葉樹合板用丸太の需要増加分に見合うほど国産丸太消費量は増加していない。これは、製材製品中の国内生産割合の減少から製品出口が狭まり、製材用国産丸太消費量が落ち込んでいるためと考えられる。さらに、各製品生産過程から生産される製品の量が減少していることから、日本の木材利用におけるマテリアル利用が全般的に低迷していると考えられる。このマテリアル利用の低迷を受けて、副産物への依存度が高く、他生産過程の影響を受けやすい木質チップ生産過程では、使用済み木材の使用量が増加した。従って、RPS法などにより増加した燃料用木材需要に対応したのは、いわゆる林地残材ではなく輸入チップやペレット、使用済み木材から生産された木質チップであったと考えられる。使用済み木材需要増加は、「木くずショック」(大西・飯山、2008)と言われるほど燃料用廃材チップ供給がひっ迫するきっかけを作った(循環経済新聞、2008)。これらのことから、日本における燃料用需要増加は、スウェーデンにおける木質バイオエネルギー利用増加の例にみられるような、既存の木材関連産業からの木材供給は生じていないと考えられる。従って、各生産過程からの副産物は木質燃料需要増加に貢献できず、エネルギー需要増加の影響が林業ではない部分に生じているのである。

日本における木材のマテリアル利用が低迷するなか、急で大規模に拡大した燃料需要への木質チップ生産過程の対応を見ると、中国地方では、同一のチップ生産会社にパルプ用チップと燃料用チップの供給が求められていた。そして、各事業所基準と取引方法の違いを検討した結果、パルプ用チップでは樹種や大きさのばらつきの管理が求められるのに対し、燃料用チップでは大きさのばらつきに対する基準は緩やかなものの、新たに含水率の管理も求められることが明らかになった。この違いから、燃料用チップ生産にあたり、追加的な品質管理項目として含水率を調整する必要がある。含水率の水準によっては、燃料用チップの供給価格がパルプ用チップの供給価格よりも高く

なる場合もあり、木材のマテリアル利用とエネルギー利用の逆転現象が生じる可能性がある。

また、チップ生産会社とパルプ工場の発電需要増加前の関係は、依然としてパルプ工場に主導権があった。「内陸型の工場で国産広葉樹チップを原料基盤とする三菱製紙北上工場」が立地する岩手県を対象とした調査に基づいて指摘した、チップ生産会社とパルプ工場の系列関係の弛緩（伊藤・小成、2004）は中国地方では見られなかった。これは、国内生産されるパルプ用広葉樹チップの割合が、輸入されるパルプ用広葉樹チップに比べ少なく、チップ生産会社が「調整弁的な機能を有する」（塩川、1977）状況に置かれているためと考えられる。そして、パルプ用針葉樹チップ取引は系列によって取扱いが異なっているものの、日本製紙グループで系列外のパルプ工場への供給指示があるなど、パルプ工場のチップ生産会社への影響力の強さが見て取れた。また、中国地方では、チップ生産会社の生産規模に違いがみられ、一部のチップ生産会社への集中度が高くなっていた。

中国地方の中でも島根県では、針葉樹丸太価格（チップ向け）がバイオマス専焼発電所の運転開始と同時期に上昇していた。2014年と2015年のパルプ用針葉樹チップの供給量を比較すると、中国地方内と中国地方外へ供給されるものが双方ともに減少していた。しかし、パルプ用針葉樹チップの供給量減少に見合うほどの中国5県における針葉樹チップ生産量の減少がみられなかったことから、燃料用チップとして針葉樹チップも利用されていると考えられる。しかし、既存のサプライチェーンには木材乾燥工程が含まれていないため、針葉樹の含水率を受け入れ規格内にとどめることは容易でなく、針葉樹丸太生産量の増加傾向がみられないことから、針葉樹丸太生産への影響は限定的であったと考えられる。

また、パルプ工場とチップ生産会社の系列関係が強く残る中国地方では、伐採量を増やすことによって燃料用チップ供給の拡大を行おうとする姿勢がみられた。西・帯刀（2012）の調査結果も示しているように、増加した燃料用チップ需要に対応するため、島根県のチップ生産会社は原木確保のための伐採事業拡大に対して意欲的である。伐採量を増やすことによって燃料用チップ供給の拡大を行おうという姿勢は、バイオマス専焼発電所で燃料用チ

チップ利用が始まった2015年に広葉樹丸太生産量が増加したことからもうかがえる。広葉樹丸太の増産には、燃料用チップの方がパルプ用チップに比べ大ききの基準が緩やかなため、これまで利用していなかった部分も利用することができることも影響している。このほか、広葉樹材の含水率が低く、燃料に向いていることも影響している。このとき、近年のパルプ用広葉樹チップ需要は横ばいであることから、パルプ工場とチップ生産会社の系列関係が強く残る中国地方では、パルプ用広葉樹チップの生産を減少させ、減少分を燃料用チップの増産にまわす可能性は少ないと考えられる。

以上のような日本全域での木材のマテリアル利用の低迷と中国地方の状況から、FITによる燃料需要増加は既存の木材関連産業に依存しきれず、新たな燃料用木材伐採を促す傾向がみられた。このとき、針葉樹は丸太販売先が木質チップだけでは、製材用丸太を含む場合と比べ、十分な販売収入が得られない。このため、針葉樹の伐採性向は上昇しにくいと考えられる。一方、広葉樹資源は主な利用用途が木質チップに限られるため、取引時の山林評価において有利である。これは、製材や合板など、木質チップ以上の高価格で取引される材がないため「最も合理的に販売したとして把握される立木価格」(栗村、1980)として考えられるからである。燃料用チップの品質管理や立木の価値実現を考えると、燃料用材が広葉樹丸太生産に組み込まれながら供給される可能性が示唆された。従って、立木価格への影響は限定的であり、山元への還元も限定的になると考えられる。

V. おわりに

本研究では、日本の木材関連産業を対象とした部門商品表の作成と発電需要増加による需要構造の変化を検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 各製品生産過程から生産される製品の量が減少していることから、日本の木材利用におけるマテリアル利用が全般的に低迷していた。マテリアル利用の低迷から木質チップ生産へ投入される副産物の量も減少していた。
2. マテリアル利用で増加した針葉樹合板用木材需要に見合うほどの供給量はなかった。
3. 木材製品のマテリアルとエネルギーの割合に変化は少ないが、木質チップ生産過程は他生産過程への依存が大きいいため、マテリアル利用の低迷を強く受け使用済み木材等の利用が増加していた
4. 中国地方におけるパルプ用チップ取引は、パルプ工場の影響力が依然として強いことから、燃料用チップ需要増加後もパルプ用チップ生産が優先的に行われると考えられる。
5. パルプ用チップと燃料用チップは、事業所ごとに受入れ基準が異なる。これに対して、燃料用チップの基準にチップサイズの下限が設けられていないことから、燃料用としてより広い範囲のチップ原木が利用できることが分かった。
6. 取引制度の違いから、チップ生産会社に新たな品質管理項目が生じていた。燃料用チップに含水率管理が求められることから、燃料用チップ原木は広葉樹が選好されている可能性が示唆された。
7. 研究対象期間中の燃料用チップ需要増加による針葉樹丸太価格の動向は、チップ向けで大幅に上昇していたものの、丸太供給量は増加していなかった。しかし、パルプ用針葉樹チップの集荷量減少分に見合うほどの中国 5 県における針葉樹チップ生産量の減少がみられなかったことから、燃料用チップとして針葉樹チップも利用されていると考えられる。一方、燃料用チップ需要が増加した 2015 年は、広葉樹丸太の生産量が増加していた。

パルプ工場の国産広葉樹チップの集荷量はほぼ一定であったことから、チップ向けの広葉樹材生産量増加分は燃料供給へと振り向けられたと考えられる。

以上のような中国地方の状況から、FITによる燃料需要増加は木材利用量だけでは対応しきれず、新たな燃料用木材伐採を促す傾向がある。このとき、品質管理や立木の価値実現を考えると、広葉樹丸太生産に組み込まれながら供給される可能性が示唆された。このため、立木価格への影響は限定的であり、山元への還元も限定的になると考えられる。従って、木質燃料需要のみの増加では既存の林業及び木材産業への影響は限定的であることが示唆された。

今後、木材関連産業と木質バイオエネルギー利用の関係に基づき、マテリアル製品生産過程における丸太消費量の着実な増加に随伴した、木質バイオエネルギー利用の促進が期待される。

謝辞

本論文は、島根大学に入学してからの 11 年間の成果です。

その間、小池浩一郎先生に主指導として指導をしていただきました。先生からは、論文指導だけでなく木質バイオエネルギー利用に向けた木質チップボイラの提案や焼畑の活動を通して心身ともに鍛えていただきました。さらに、米康充先生と高橋絵里奈先生からも、ゼミや普段の研究室活動を通して多くのことを指導していただきました。研究室活動を通して指導をしていただいた 3 人の先生方以外にも、森林環境学講座の片桐成夫先生、川口英之先生、長山泰秀先生、演習林の山下多聞先生、橋本哲先生から指導していただきました。特に、山下多聞先生には、論文投稿時に原稿をチェックしていただくなど、多くの指導をしていただきました。連合大学院入学以降は、伊藤勝久先生からも学会運営や学会活動などを通して指導をしていただきました。

先生方だけでなく、橋本沙優さん、片岡寛嘉さん、竹崎翔平さん、西川祥子さんをはじめとした島根大学森林環境学講座と森林学教育コースの卒業生・在学生の皆様と励まし合いながら勉強し、くじけそうなときに手を貸していただきました。さらに、博士課程の先輩である栗畑恭介さんと小菅良豪さんには、いつも論文作成にむけて励ましていただきました。

島根大学以外にも、山本伸幸先生（森林総合研究所）には投稿論文について多くの助言と指導をいただきました。久保山裕史先生（森林総合研究所）には、学会でお会いするたびに励ましの言葉とアドバイスをいただきました。投稿論文の匿名の査読者の先生にはお忙しい中、本論文の基になる 2 本の論文を短時間で審査していただきました。このような対応をしていただいた林業経済学会の皆様のおかげで博士論文を提出することができました。

そして、各事業体の皆様には、大学 4 年生のころから調査に協力していただき、貴重なデータを貸与していただきました。深くお礼を申し上げます。

また、大学入学以前にも、多くの方々から指導をしていただきました。森誠先生には塾生の時代から、勉強の楽しさや難しさを教えていただきました。瀬崎邦博先生には、中学校を卒業した後も八雲地域だけでなく玉湯地域や忌部地域の地域活動を通して、地域へ目を向けることの楽しさを教えていただ

きました。さらに、幼馴染の大津功一さんと、互いの目標にむけて一緒に努力をしました。私の方が一足遅れ、やっと目標を達成することができました。

お世話になった方々すべてをここに挙げることはできませんが、多くの方々のご厚意によって本論文を作成することができました。心より感謝いたします。ありがとうございました。

最後に、両親、妹、祖父母には最後まで見守っていただきました。ありがとうございました。

摘要

木材は、マテリアルにもエネルギーにも利用できるのが特徴である。しかし、木材は質が一樣ではないため、その品質により利用できる用途が限られる。そこで、木材の利用にあたり、質にあった利用方法を選択することで、木材から得られる収益も増加するのではないかと考えられる。

本論文では、まず、国内で生産される木材製品のバランスを明らかにするために 2000 年及び 2011 年の日本の木材に関する部門商品表を作成した。2 つの部門商品表を用いて、日本の木質バイオエネルギー利用増加がどのように既存林業及び木材関連産業に統合されているのかを考察した。さらに、エネルギー利用される木材とマテリアル利用の質の違いが分からないため、燃料需要出現によるチップ生産会社の対応に焦点を当て、木質チップの質の違いを調査した。従来、チップ生産会社は、主にパルプ工場へパルプ用チップを供給していたことから、まずパルプ工場とチップ生産会社の既往の関係を整理した。パルプ原料集荷を担う製紙会社の調達部門または系列会社（以下、調達部門）、チップ生産会社を対象として調査した。次に、チップ生産会社が燃料需要増加にどのように対応しているかを調査した。調査対象は、チップ生産会社や発電所である。加えて、①広葉樹チップ生産量、②丸太利用方法、③広葉樹チップ集荷量、④丸太価格の変化を調査した。調査結果を用いて、パルプ用チップと燃料用チップの各事業所の基準と取引方法の比較を行った。このとき、木質燃料需要出現前の 2009 年を基準とし、2010 年以降の燃料用チップ需要の増加がチップ生産会社とパルプ生産業に及ぼしたその後の変化を考察した。さらに、丸太使用量や使用用途、丸太価格の統計データも用い、2010 年以降の燃料用チップ需要の増加に対応したチップ生産会社の原料選択について考察した。

この結果、以下のことが明らかになった。

1. 各製品生産過程から生産される製品の量が減少していることから、日本の木材利用におけるマテリアル利用が全般的に縮小していた。マテリアル利用の低迷から木質チップ生産へ投入される副産物の量も減少していた。

2. マテリアル利用で増加した針葉樹合板用木材需要に見合うほどの供給量増加はなかった。
3. 木材製品のマテリアルとエネルギーの割合に変化は少ないが、木質チップ生産過程は他生産過程への依存が大きいいため、マテリアル利用の縮小を強く受け使用済み木材等の利用が増加していた。
4. 中国地方におけるパルプ用チップ取引は、パルプ工場の影響力が依然として強いことから、燃料用チップ需要増加後もパルプ用チップ生産が優先的に行われると考えられる。
5. パルプ用チップと燃料用チップは、事業所ごとに受入れ基準が異なる。これに対して、燃料用チップの基準にチップサイズの下限が設けられていないことから、燃料用としてより広い範囲のチップ原木が利用できることが分かった。
6. 取引制度の違いから、チップ生産会社に新たな品質管理項目が生じていた。燃料用チップに含水率管理が求められることから、燃料用チップ原木は広葉樹が選好されている可能性が示唆された。
7. 研究対象期間中の燃料用チップ需要増加による針葉樹丸太価格の動向は、チップ向けで大幅に上昇していたものの、丸太供給量は増加していなかった。しかし、パルプ用針葉樹チップの集荷量減少分に見合うほどの中国 5 県における針葉樹チップ生産量の減少がみられなかったことから、燃料用チップとして針葉樹チップも利用されていると考えられる。一方、燃料用チップ需要が増加した 2015 年は、広葉樹丸太の生産量が増加していた。パルプ工場の国産広葉樹チップの集荷量はほぼ一定であったことから、チップ向けの広葉樹材生産量増加分は燃料供給へと振り向けられたと考えられる。

以上のような状況から、マテリアル利用が縮小している状況における燃料需要増加は、既存の木材利用量だけでは対応しきれず新たな燃料用木材伐採を促す傾向がある。このとき、品質管理や立木の価値実現を考えると、広葉樹丸太生産に組み込まれながら供給される可能性が示唆された。このため、立木価格への影響は限定的であり、山元への還元も限定的になると考えられ

た。

従って、木質燃料需要のみの増加では既存の林業及び木材産業への影響は限定的であることが示唆された。今後、木材関連産業と木質バイオエネルギー利用の関係に基づき、マテリアル製品生産過程における丸太消費量の着実な増加に随伴した、木質バイオエネルギー利用の促進が期待される。

Abstract

Wood can be used both material and energy. However, Wood quality of timber is not homogenous. So, Use is limited by the quality of timber. In utilizing wood, by our study, the profit obtained from wood will also increase by choosing the application suitable to the specification of each wood.

In this report, first, to clarify the balance of wood products produced in Japan, we have compiled created a sector commodity table of the domestic wood use for the year 2000 and 2011. We examined how the increase in woody bioenergy utilization in Japan is integrated into conventional forestry, i.e. sawn wood and paper production, and wood industries using two sector commodity table. Moreover, because we do not know the difference between the quality of wood used for energy and the quality of timber for material use, we focused on the response of chip industry caused by the increase in fuel demand and investigated the difference in the grade of wood chips. Traditionally, since wood chip industry mainly supplies chips for the paper to pulp mills, We firstly found the existing relationships between paper companies and wood chip industry. The target is wood chip mill and Subsidiary of the paper company. Next, we surveyed how chip producers respond to increased fuel demand. The target is wood chip mill and Power plant. Also, we studied changes in ① hardwood chip production volume, ② how to use log, ③ hardwood chip collection quantity, ④ log price change. Using the survey results, I compare the standard of pulp chip and fuel chip and transaction methods. At this time, based on 2009 before the emergence of woody fuel demand, we examined the structural change that the increase in demand for fuel chips after 2010 on chip industry and pulp production industry. Also, I used statistical data on log usage, usage, log prices, and discussed the selection of woods for chip industry in response to the increase in fuel chip demand since 2010.

As a result, the following items became apparent,

1. Since the amount of commodity produced from each sector is decreasing, the use of materials in wood utilization in Japan was reducing. Byproducts to be converted into woodchip also reduced.
2. The increased demand from plywood production during this ten-year period had not coincided with the domestic input of timber.
3. Although there is little change in the material and energy balance in wood products, the wood chips production sector is heavily dependent on other production processes, so the use of used wood and the like has been increasing with the steady reduction of material usage.
4. As pulp chip transactions of chips for paper in Chugoku-region has still a strong influence on paper companies, we are aware that pulp chip production will be given priority even after fuel chip production.
5. The ordered standards for wood chips differed considerably among the clients. Since the lower limit of the chip size does not meet the fuel chip standards, we found that a wider range of chip logs can aim for fuel use.
6. This multi-standard condition rendered the wood chip industry to add new checkpoints for the quality control of their products. Additionally, the preference for raw materials was biased toward hardwoods.
7. Trends in softwood log prices due to significantly increased fuel chip demand during the research period. However, the supply of logs did not increase. The reduction of softwood chips in Chugoku-region do not meet the reduction of collected softwood chip for pulp. So, softwood chip also supplied as a fuel. On the other hand, in 2015 when demand for fuel increased, the production of hardwood logs increased. However, the consumption of hardwood chips by paper companies had remained constant. The increase in hardwood timber production for chips means the growth in use as fuel.

Given the above situation, the growth in fuel demand can not cope with the current wood use alone. So, it tends to encourage additional logging of timber for fuel.

Further, the consideration to control the quality for earning more stumpage also suggested that foresters tend to harvest more hardwood trees. For this reason, the impact on the stumpage of softwood was invisible, and the turnover to forest owners was not significant.

Therefore, the increase in woody fuel demand alone seems to have limited impact on conventional forestry and related wood industry. Basing on the linkage between the timber use as conventional material and woody bioenergy supply, the increase in the conventional use of timber will be able to increase the energy use of wood accordingly.

注

- (1) サテライト研究のなかで、作業の進んでいるとされる介護・保育サテライト勘定においても、「経済統計作成に利用可能なデータが極めて乏しい」(経済企画庁経済研究所、2000年)ことから作成が進んでいない状況にある。
- (2) 表 - 2 において、供給量行の和 = 5T。
- (3) 表 - 2 において、供給量行の針葉樹丸太と広葉樹丸太 = 5A と 5B。
- (4) 表 - 2 において、(各生産過程の投入行の針葉樹丸太 + 広葉樹丸太 + 外材) / (製材・合板・木質チップ・パルプ生産過程投入行の針葉樹丸太と広葉樹丸太と外材の総和) = (製材生産過程 : 6A+6B+6C, 合板生産過程 : 8A+8B+8C, 木質チップ生産過程 : 10A+10B+10C) / (6A+6B+6C+8A+8B+8C+10A+10B+10C+12A+12B+12C)。
- (5) 表 - 2 において、(木質チップ投入行の針葉樹丸太 + 広葉樹丸太 + 外材) / (木質チップ投入行の総和) = (10A+10B+10C) / (10T)。
- (6) 表 - 2 において、(木質チップ投入行の樹皮 + 端材 + おがくずなど) / (木質チップ投入行の総和) = (10M+10N+10O) / (10T)。
- (7) 表 - 2 において、(木質チップ投入行の樹皮 + 端材 + おがくずなど + 末木枝条 + 使用済み木材) / (木質チップ投入行の総和) = (10M+10N+10O+10P+10Q) / (10T)。
- (8) 表 - 2 において、各生産過程から生産される製材・合板・木質チップ・パルプ・紙・板紙製品と黒液と副産物の廃棄されたものを除いたものの合計。このとき、木質チップとパルプの生産量はⅡ方法(8)国内で生産される製品の方法で推計した(木質チップ : パルプ) = (51,257 トン : 980,139 トン)を用いた。(製材・合板・木質チップ・パルプ・紙・板紙・ペレット・黒液の合計と副産物の廃棄されたものを除いたものを合わせたもの) = 7D + 9E + 0.5 + 9.8 + 15H + 17I + 19J + 13R + 23M + 23N + 23O + 29M + 29N + 29O + 35M + 35N + 35O。
- (9) 表 - 2 において、主要製品生産量 / 主要製品生産量合計 = 製材 7D/525.4, 合板 9E/525.4, 木質チップ 0.5/525.4, パルプ・紙 (9.8+15H+17I) / 525.4, 黒液 13R/525.4。
- (10) 表 - 2 において、エネルギー生産過程の和 = 23T。

- (11) 表 - 2 において、エネルギー生産過程へ投入される黒液／エネルギー生産過程へ投入される木質燃料の合計 = $23R/23T$ 。
- (12) 表 - 2 において、(エネルギー生産過程へ投入された木質チップ×0.41+エネルギー生産過程へ投入された樹皮+端材+おがくずなど+黒液)／エネルギー生産過程へ投入される木質燃料の合計 = $(23F×0.41+23M+23N+23O+23R)/23T$ 。
- (13) 表 - 3 において、供給量行の和 = $5t$ 。
- (14) 表 - 3 において、供給量行の針葉樹丸太と広葉樹丸太 = $5a$ と $5b$ 。
- (15) 表 - 3 において、(各生産過程の投入行の針葉樹丸太+広葉樹丸太+外材)／(製材・合板・木質チップ・パルプ生産過程投入行の針葉樹丸太と広葉樹丸太と外材の総和) = (○製材生産過程： $6a+6b+6c$ ，○合板生産過程： $8a+8b+8c$ ，○木質チップ生産過程： $10a+10b+10c$)／ $(6a+6b+6c+8a+8b+8c+10a+10b+10c+12a+12b+12c)$ 。
- (16) 表 - 3 において、(木質チップ投入行の針葉樹丸太+広葉樹丸太+外材)／(木質チップ投入行の総和) = $(10a+10b+10c) / (10t)$ = (木質チップ投入行の樹皮+端材+おがくずなど)／(木質チップ投入行の和)。
- (17) 表 - 3 において、(木質チップ投入行の樹皮+端材+おがくずなど)／(木質チップ投入行の和) = $(10m+10n+10o) / 10t$ と (木質チップ投入行の樹皮+端材+おがくずなど+末木枝条+使用済み木材)／(木質チップ投入行の和) = $(10m+10n+10o+10p+10q) / 10t$ 。
- (18) 表 - 3 において、各生産過程から生産される製材・合板・木質チップ・パルプ・紙・板紙製品と黒液と副産物の廃棄されたものを除いたものの合計。このとき、木質チップとパルプの生産量はⅡ方法(2)各過程における推計方法⑨国内で生産される製品と同様の方法で推計した(木質チップ：パルプ) = (984,715 トン：980,000 トン) を用いた。= (製材・合板・木質チップ・パルプ・紙・板紙・ペレット・黒液の合計と副産物の廃棄されたものを除いたものを合わせたもの) = $7d+9e+9.9+9.8+15h+17i+19j+13r+23m+23n+23o+29m+29n+29o+35m+35n+35o$ 。
- (19) 表 - 3 において、主要製品生産量／主要製品生産量合計 = 製材 $7d / 425.4$ ，合板 $9e / 425.4$ ，木質チップ $9.9 / 425.4$ ，パルプ・紙 $(9.8+15h+17i) /$

- 425.4, 黒液 13r / 425.4。
- (20) 表 - 3 において, エネルギー生産過程の和 = 23t。
- (21) 表 - 3 において, エネルギー生産過程へ投入される黒液 / エネルギー生産過程へ投入される木質燃料の合計 = 23r / 23t。
- (22) 表 - 3 において, (エネルギー生産過程へ投入された国内生産分木質チップ $\times 0.3$ + エネルギー生産過程へ投入された樹皮 + 端材 + おがくずなど + 黒液) / エネルギー生産過程へ投入される木質燃料の合計 = $\{(23f - 1.0) \times 0.3 + 23m + 23n + 23o + 23r\} / 23t$ 。
- (23) 『木材需給報告書』各年版の「素材の需給 需要部門別素材需要量」において, 製材・合板・木質チップの各用途 / 製材・合板・木質チップの各用途の合計。
- (24) 製材製品 / 各製品生産過程からの製品生産量 (2000年 : 2011年) = (60.3 / 525.4 : 34.9 / 425.4)。
- (25) 製材生産過程からの生産量 / (製材生産過程からの生産量 + 輸入製材製品) (2000年 : 2011年) = (60.3 / (60.3 + 31.8) : 34.9 / (34.9 + 24.5))。
- (26) 各生産過程における主要製品生産量 / 各生産過程への投入の和 (2000年部門商品表 : 2011年部門商品表) = (○製材 7D / 6T, ○合板 9E / 8T, ○木質チップ 11E / 10T, ○パルプ 13F / 12T, ○紙 15H / 14T, ○板紙 17I / 16T : ○製材 7d / 6t, ○合板 9e / 8t, ○木質チップ 11f / 10t, ○パルプ 13g / 12t, ○紙 15h / 14t, ○板紙 17i / 16t)。
- (27) 各生産過程の生産における樹皮と端材, おがくずなどの和 (2000年部門商品表 : 2011年部門商品表) = (7M + 7N + 7O + 9M + 9N + 9O : 7m + 7n + 7o + 9m + 9n + 9o)。
- (28) 木質チップ生産過程への使用済み木材投入量 / 木質チップ生産過程の投入量の和 (2000年部門商品表 : 2011年部門商品表) = (10Q / 9T : 10q / 9t)。

引用文献

I. はじめに

藤崎成昭編『環境資源勘定と発展途上国』アジア経済研究所，1994年，167頁

古井戸宏通・加藤隆・岡裕泰・山本伸幸「森林資源勘定の作成に関する研究（I）

—勘定体系の設計—」『日本林学会論文集』104，1993年，117～120頁

古井戸宏通・加藤隆・岡裕泰・山本伸幸「森林資源勘定の作成に関する研究（II）

—サテライト勘定のフレームワーク—」『日本林学会論文集』105，1994年，

205～210頁

古井戸宏通・家原敏郎「主要国における林業が資源・環境に与える影響の定量

化手法—森林資源調査と部門／商品表の融合に向けて—」土屋正春・伊藤

達也編集委員『水資源・環境研究の現在 板橋郁夫先生傘寿記念』成文堂，

2006年，571～591頁

橋本征二・森口祐一『日本における伐採木材のマテリアルフロー・炭素フロー

データブック』独立行政法人国立環境研究所，2004年，1～40頁

伊藤勝久「後発林業地域における森林資源利用の課題」北川泉編著『森林・林

業と中山間地域問題』日本林業調査会，1995年，228～244頁

小池浩一郎「森林・林業の評価手法」『林政総研レポート』30，1986，1～62頁

小池浩一郎「環境統計の現状：森林についての資源・環境勘定体系を中心に」

『造園雑誌』55(4)，1992，336～339頁

小池浩一郎「「森林開発」の展開に伴う地域統合と生態環境の変化」『重点領域

研究総合的地域研究成果報告書シリーズ：総合的地域研究の手法確立：

世界と地域の共存のパラダイムを求めて』，1997年，25～31頁

Koike, K(1998) Environment and Resource Account of Forest/Timber In

Southeast Asian Countries. Third ConAccount Meeting: Ecologizing

Societal Metabolism, 69-73

小池浩一郎「地域で活かす森林エネルギー 第1回」『グリーンパワー』421，

2014年，8～9頁

小池浩一郎・藤崎成昭編『森林資源勘定 北欧の経験・アジアの試み』アジア

経済研究所，1997年，347頁

小池浩一郎・大津裕貴「木質バイオマスの特質とそれを活かすエネルギー利用

- 方策」『林業経済』65(7), 2012年, 1~13頁
- 熊崎実「木質バイオマス発電 FIT の問題点と改善策の提案」『山林』1585, 2016年, 16~24頁
- 松本謙蔵「国有林地帯における産地構造の特質と国有林販売の意義」『森林文化研究』5(1), 1984年, 37~51頁
- Mitchell, C.P. (1992) Biomass supply from conventional forestry. *Biomass and Bioenergy*, Vol.2, No.1-6, 97-104.
- 木材建材ウイークリー「特集 脚光浴びる国内チップ工場 上」『木材建材ウイークリー』1978, 2014年 a, 3~13頁
- 木材建材ウイークリー「特集 脚光浴びる国内チップ工場 下」『木材建材ウイークリー』1979, 2014年 b, 3~13頁
- 日本経済再生総合事務局「日本再興戦略 2016—第4次産業革命に向けて—」
http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/2016_zentaihombun.pdf
- Roos, A. & Hektor, B(1998) Factors for bioenergy market development. *Bioenergy '98: Expanding bioenergy partnerships*, 45-54.
- 佐藤宣子・中川遼・正垣裕太郎「木質バイオマス発電所稼働後の素材生産事業者の経営動向—大分県日田地域を事例に—」『林業経済研究』62(1), 2016年, 108~115頁
- 高橋欣也「<特集>林業統計(VI) 利用の立場からの問題点」『林業経済』52(7), 1999年, 6~15頁
- UNSO(1982) Survey of environment statics: Frameworks, approaches and statistical publications. *STATISTICAL PAPERS, Series M, No. 73*. 115 pp.
- 山本伸幸「森林資源勘定による多国間比較」『森林と社会の相互依存性把握のための勘定体系の研究』東京大学大学院農学生命科学研究科・博士論文, 2004年, 35~49頁

II. 方法

- 岩崎誠「7.1 黒液のエネルギー利用」坂志朗監修『リグニン利用の最新動向』
シーエムシー出版，2013年，192～197頁
- 環境省地球環境局総務課低炭素社会推進室監修 温室効果ガスインベントリ
オフィス（GIO）編『日本国温室効果ガスインベントリ報告書』国立研究開
発法人 国立環境研究所，2015年，632頁
- 経済産業省大臣官房調査統計グループ『平成12年 石油等消費構造統計確報』，
2002年
- 経済産業省大臣官房調査統計グループ『平成23年・2011・石油等消費動態統計
年報』，2012年
- 日本製紙連合会『紙・板紙統計年報』平成12年と平成23年の各年版
- 日本製紙連合会『パルプ統計』，平成12年と平成23年の各年版
- 日本製紙連合会林材部『パルプ材便覧』，2001年と2010年と2012年の各年版
- 農林水産省大臣官房統計部『木材需給報告書』農林統計協会，平成11年と平成
12年と平成17年と平成21年～平成23年の各年版
- 林野庁林政部経営課『平成23年特用林産基礎資料』，2013年
- 林野庁林政部木材利用課「平成27年 木質バイオマスエネルギー利用動向調
査」の結果（速報）について」，2016年
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/riyou/160824.html>.
- 林野庁森林整備部『森林資源モニタリング調査 都道府県別プロット数，面
積，蓄積（第2期）』，
<http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tayouseichousa/pdf/tikuseki.pdf>
- 紙業タイムス社『知っておきたい紙パの実際 2010』紙業タイムス社，2010年，
204頁
- 総務省『産業連関表』，平成23年と平成12年の各年版
- 総務省「資料2 次回産業連関表の作成対象年への東北地方太平洋沖地震（東
日本大震災）の影響について（案）」平成23年（2011年）産業連関表 産
業連関技術会議 第2回会合（平成23年6月6日），2011年，
http://www.soumu.go.jp/main_content/000287817.pdf
- 財務省「財務省貿易統計」，<http://www.customs.go.jp/toukei/info/>

全国木材チップ工業連合会『○参考 樹種別木材チップ換算係数（平成 15 年改訂 林野庁業務資料）』<http://zmchip.com/249chipkansan.pdf>

Ⅲ. 結果

樋谷雅「木材チップ供給の実際と課題，改善策」『NJ 素流協 News』99，2013 年，3～4 頁

日本製紙連合会林材部『パルプ材便覧』日本製紙連合会林材部，2002 年～2016 年の各年版

農林水産省大臣官房統計部『木材需給報告書』農林統計協会，2006 年～2015 年の各年版

Roos, A., Graham R L., Hektor, B. Rakos C. (1999) Critical factors to bioenergy implementation. *Biomass & Bioenergy*, 17, 113-126.

森林総合研究所『木材工業ハンドブック改訂 4 版』丸善，2004 年，1221 頁
総務省「資料 2 次回産業連関表の作成対象年への東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）の影響について（案）」平成 23 年（2011 年）産業連関表 産業連関技術会議 第 2 回会合（平成 23 年 6 月 6 日），2011 年，
http://www.soumu.go.jp/main_content/000287817.pdf

Svebio(1998) IEA バイオエネルギーWS 資料，ノキア

辻行雄「木材ノ化学的組成成分及繊維ノ形態ト強サトノ関係（第二回報告）」『林業試験報告』28，1928 年，95～126 頁

農林水産省大臣官房統計部『木材需給報告書』農林統計協会，平成 17 年～平成 27 年の各年版

Ⅳ. 考察

GR 現代林業編集部「膨大な合板向けスギ丸太需要を活かして林業振興を図る」『GR 現代林業』2006 年 2 月号，2006 年，28～33 頁

伊藤勝久・小菅良豪「地域材の安定的・効率的な供給体制の構築：中国地区広域流通構想（案）」『平成 25 年度 広域流通体制確立対策事業実施報告書』一般財団法人日本木材総合情報センター・全国森林組合連合会・全国素材生産業協同組合連合会・一般社団法人全日本木材市場連盟，2014 年，130

～147 頁

伊藤幸男・小成寛子「1990年代におけるチップ生産構造の再編—岩手県の広葉

樹チップ生産を事例に一」『林業経済研究』50(3), 2004年, 27～37頁

循環経済新聞「循環資源の現状と展望 木くず編」『週刊 循環経済新聞』2008

年1月1日号, 2008年, 12～14面

栗村哲象編著(1980) 新版 山林の評価. 日本林業技術協会, 1-644.

西政敏・帯刀一美「島根県における木質チップの生産実態」『島根県中山間地域

研究センター研究報告』8, 2012年, 113～116頁

大西孝弘・飯山辰之介「バイオ燃料に「木くずショック」」『日経ビジネスオン

ライン』2008年6月18日, 2008年,

<http://business.nikkeibp.co.jp/article/topics/20080613/161911/?ST=print>.

塩川亮「原料転換に伴うパルプ工場の立地変化」『経済地理学年報』23(1), 1977

年, 83～96頁

学会誌公表論文リスト

大津裕貴、米 康充、高橋絵里奈、小池浩一郎「資源勘定による木材のマテリアル・エネルギー利用構造の解明」『林業経済研究』63 巻 2 号, 2017 年 1 月 18 日受理 (2017 年 7 月発表予定)

(Ⅲ. 結果 2. 資源勘定による木材のマテリアル・エネルギー利用構造の変化把握)

大津裕貴、米 康充、高橋絵里奈、小池浩一郎「中国地方における発電需要増加前後の木質チップ需給実態」『林業経済研究』63 巻 2 号, 2017 年 1 月 18 日受理 (2017 年 7 月発表予定)

(Ⅲ. 結果 3. 発電需要の増加によるチップ需要構造の変化について)

参考論文リスト

小池浩一郎・大津裕貴「木質バイオマスの特質とそれを活かすエネルギー利用方策」『林業経済』65(7), 2012 年, 1~13 頁