

北海道における木質廃材の副生状況と その農園芸用堆肥としての利用の可能性(1)

高橋弘行

1. 調査の目的および背景

本調査の目的は、北海道における本質廃材の副生状況を市町村別、業態別、廃材の種類別に把握し、木質廃材の資源としての量的評価、地域的な供給能力を明らかにすると共に、現在最も大量の潜在需要をもつと考えられる農園芸用堆肥(土壌改良材)としての利用に焦点を合わせて、この面での地域的な需要の見通し、普及上の問題点などを探ることにある。今回は調査の目的および方法を中心に述べる。

林産工業はいま世界的な資源保護と脱公害への指向の中で新しい転機を迎えようとしている。47年2月、米国で開かれた野生動植物の輸出入等の規制に関する条約会議で、ラワンが絶滅の危機にひんする植物の一つとして槍玉に上がり、あわや輸入制限かといった一幕があったことは記憶に新しい。今回の会議では最終的に輸出入規制の対象から除かれたものの、「執行猶予」と見るむきもあり、また木材産出国の自主的な輸出規制も強化されるすう勢にあるといわれる。こうした資源保護を基調とする動きは世界各国で今後ますます活発化することが予想される。最近の石油ショックは、海外の資源にあぐらをかいた工業の基盤がいかにもろくて危険に満ちているかを教えてくれたが、木材もまたその延長線上にあることを忘れてはならない。木材は今後ますます高価で貴重な資源となり、その高度利用がこれからの木材産業の最大の関心事となることは間違いない。

また一方、産業廃棄物による大気汚染、水質汚染、風致・景観への悪影響などの公害問題が、ここ数年来社会的関心の的となっていることはいうまでもない。木質廃材の処理という点からみると、木屑ボイラーや焼却炉の排煙、煤塵、および廃棄場所、廃棄方法の規制が当面の問題であろう。これらの法的な規制や住民の圧力による制約は今後ますます苛酷な方向に向うと

予想されており、現在の処分技術が将来も通用すると考えるのは間違いである。

R.L. Sarles¹⁾は米国における樹皮利用量がここ数年来急増していることについて、1)環境汚染の法的規制が焼却に代る処分方法の開発を促進する鞭となったこと、2)事業の存続のためには収穫された木材を最大限に利用しなければならなくなっていることを指摘している。我が国においても、資源保護、環境保全の両面から、遠からずクローズド・システムをとらざるを得ない時代が到来すると予測する人は少なくない。こうした情勢から、林産工業における廃材利用問題は今後一層重要かつ緊急の課題となるであろう。

端材や残材など大型廃材については、すでにそのほとんどがチップや小物製材の原料として用いられるようになっており、残された問題は樹皮および細粒状廃材(のこ屑、チップ屑など)の利用である。樹皮、細粒状廃材の利用技術については、量的貢献が小さいために過小評価されがちであるが、実に多種多様な用途が開発されており、むしろ現在、廃材の用途についてのアイデアはほとんど出つくしているさえ思われる。したがって、これらのアイデアを、北海道における社会的、経済的条件の中で、いかにうまく選択し、組み合わせ、定着させて行くかが今後の課題である。そしてその当面のねらいは大量需要の可能性の高い用途に向けられるべきであろう。そこで今回の調査では、既に実用化されている技術の中で前記のねらいに最も近いと考えられる「木質堆肥」を選び、この地域的な需要の見通しと関連づけながら廃材の資源としての量的評価を行なうこととした。木質堆肥は潜在需要が大きいこと以外に、1)原料の樹種、形質にあまりとらわれない、2)プロセスが単純、3)小資本、小規模でも製造できる(技術的な最少規模は約1t)、4)需要が比較的偏在しない、5)競合商品が少ないなどの特徴をも

っている。これは小規模工場が点在し、多樹種・小量生産を行っている本道林産工業の実態によくマッチする特徴である。

2. 調査方法

2.1 調査対象業種と廃材の種類

製材工業、チップ工業、床板工業、単合板工業、紙パルプ工業、パーティクルボード工業の6業種を取上げ、廃材量算出の都合上、床板工業を床板と複合床板に、単合板工業を単板専門工場と合板一貫工業にそれぞれ2区分した。なお製材工業では、まさ、経木、鉛筆、パットなどの特殊製材を除き、一般製材のみを取上げた。

繊維板工業は道内に1工場が操業しているが、合板廃材チップ、樹皮、パルプ粕などを原料とする、いわば廃材利用工業的性格をもち、副生する廃材も特殊であるので、今回の調査対象から除外した。また、家具、建具、工芸品製造業その他については、製品の種類、工程、廃材の種類、排出率などが多種多様で実態を把握し難いので、これも調査対象から除外した。

木材工業では業種や製造工程、切削装置などの違いによって、さまざまな木質廃材を副生するが、その形

態、大きさその他の類似性によって、樹皮、片状・塊状廃材(大型廃材)、細粒状廃材(紙片状廃材も含む)に

3大別し、さらに塊状・片状廃材を端材、単板層、合板屑、パーティクルボード屑に、また細粒状廃材をのこ屑、チップ屑、プレーナー屑に分類した(第1表)。このほか合板、パーティクルボードのサンダー屑のような微粉状廃材もあるが、副生量が少ないので取上げなかった。床板工業の場合、原板または台板製造工程の廃材は製材工業、合板工業の廃材に含まれるものとして算出しなかった。またフローリング製造工程ではプレーナー屑のみを取上げ、横切、つぎ立加工、金具打みぞ加工の屑材、のこ屑などは計上しなかった。また、パルプ工業では、チップ製造にともなう樹皮、チップ屑のみを算出し、パルプ粕類は通常の木質廃材と回収方法も性質も異なるので今回の調査対象から除いた。

片状・塊状廃材はその一部が蒸気発生用燃料として用いられているほか、大部分はパルプ、パーティクルボード用チップや小物製材、工芸品などの原料もしくは材料として有効に利用されており、この点で樹皮、細粒状廃材と異なる。細粒状廃材の中には、こうした大型廃材の再利用によって生ずる二次的廃材(たとえばチップ製造のスクリーングラスト、小物製材ののこ屑など)の一部または大部分を包含している。したがって樹皮、細粒状廃材、片状・塊状廃材の合計は廃材全量と一致しない。

2.2 廃材副生量の算出方法

製材工業、チップ工業、床板工業、複合床板工業、紙パルプ工業については市町村ごとの生産量²⁾、単合板工業については工場ごとの原木消費量³⁾パーティクルボード工業では工場ごとの生産量を基礎にして廃材副生量を算出した。また、廃材副生量は容積(m³)と乾物重量(t)で算出し、業種別、市町村別、廃材の種類別に取まとめた。基礎とした生産量や原木消費量はいづれも昭和44年度の実績である。各業種ごとの算出方法は以下のとおり。

2.2.1 製材工業

市町村ごとの生産高が容積(m³)で与えられている。製材工場における製品歩止りや廃材副生率は、切

第1表 調査対象業種と廃材の種類

業 種	廃材の種類	備 考
製材工業	樹皮	背板類、耳材、短尺丸太、トリミング端材その他の大型廃材
	のこ屑	
チップ工業	チップ屑	
床板工業	プレーナー屑	
単合板工業	樹皮	道材のみ対象とする ドンコロ、むき心 罫引屑、上剥裁断屑、はぎ口切断屑、巾ぎめ切断屑等 チェンソー屑
	のこ屑	
パルプ工業	チップ屑	
パーティクルボード工業	チップ屑	裁断屑
	パーティクルボード屑	

第2表 製材工業の廃材副生率および製品歩止り

項 目	廃材副生率・歩止り (%)
樹 皮	8
端 材	16.7
の こ 屑	9.8
製 品 歩 止 り	65.5

削装置や木取、樹種などによって異なるが、ここでは第2表の数値を採用し、すべての原木が樹皮付でそのすべてを剥皮、するものとして計算した。

まず製品量と製品歩止りから原木消費量を推定し、それに各廃材ごとの副生率を乗じて廃材量を求める。

$$\text{原木消費量 (m}^3\text{)} = \text{製品量 (m}^3\text{)} / 0.655$$

$$\text{樹皮 (m}^3\text{)} = \text{原木消費量} \times 0.08 = \text{製品量} \times 0.122$$

$$\text{端材 (m}^3\text{)} = \text{原木消費量} \times 0.167 = \text{製品量} \times 0.2547$$

$$\text{のこ屑 (m}^3\text{)} = \text{原木消費量} \times 0.098 = \text{製品量} \times 0.1491$$

次いで、その各々に比重を乗じて重量(t)に換算する。木材の比重は樹種によっていちじるしく異なり、同一樹種でも産地や径級によって若干異なるのが普通である。したがって、端材やのこ屑の比重は原木の樹種構成によって異なる。そこで今回の調査では、北海道における樹種ごとの森林蓄積量⁵⁾とその比重⁶⁾からまず針葉樹と広葉樹それぞれの平均比重を求め(第3表)、さらに製材工業における針・広の構成割合⁷⁾から端材・のこ屑の平均比重を計算した(第4表)。この結果、針葉樹材の平均比重は0.42、広葉樹は0.58、

第4表 製材工業の原木構成と製材品の平均比重

原木区分	需要量 (1000m ³)	平均比重 (t/m ³)	需要量 (1000t)	製材品の比重	
針葉樹	国産針葉樹	27,377	0.42	16,371	24,377 ÷ 52,791 = 0.46
	米 材	7,603			
	北 洋 材	4,007			
計	38,987				
広葉樹	国産広葉樹	6,195	0.58	8,006	
	ラワン材	7,609			
	計	13,804			
総 計	52,791		24,377		

製材用原木は0.46となった。また、樹皮の比重は経験的数値として0.5を採用した。これらはいずれも絶乾比重であって、廃材量も当然乾物重量で算出される。

2.2.2 チップ工業

製材工業と同様に、市町村ごとの生産高が容積(m³)で与えられている。したがって廃材副生量の算出も同様の手順で行われる。

素材からの廃材副生率は経験的に樹皮15%、チップ屑5%と推定されているが⁸⁾、原料のうち素材と木質廃材(樹皮なし)の割合がほぼ半々であり、また樹皮付で入手した原料のうち10%程度は剥皮しないままチップ化されるので⁸⁾、原料全体に対する平均的な廃材副生率は素材に対するそれよりも明らかに低くなる。そこで今回の調査では原料構成比を、素材(剥皮):素材(剥皮せず):工場廃材=45:5:50として求めた廃材副生率(第5表)を用いて算出した。

第3表 北海道における針葉樹・広葉樹の森林蓄積と、それぞれの平均比重

樹 種	蓄 積 (1000m ³)	比 重 (t/m ³)	蓄積重量 (1000t)	平均比重
針葉樹	トドマツ	103,549	41,419	77,669 ÷ 185,849 = 0.42
	エゾマツ	70,000	30,100	
	カラマツ	12,300	6,150	
計	185,849		77,669	
広葉樹	ナ ラ	54,157	34,660	139,430 ÷ 241,189 = 0.58
	カンバ	61,636	35,749	
	シナノキ	46,022	18,409	
	カエデ	35,594	24,204	
	ブ ナ	19,153	12,499	
	ニ レ	9,870	6,021	
	セ ン	6,599	3,629	
	タ モ	5,938	3,266	
	カツラ	2,220	1,043	
計	241,189		139,430	

第5表 チップ工業の廃材副生率と製品歩止り

項 目	廃材副生率・歩止り (%)
樹 皮	6.75
チ ッ プ 屑	4.25
製 品 歩 止 り	89.0

$$\text{原木消費量 (m}^3\text{)} = \text{製品量 (m}^3\text{)} / 0.89$$

$$\begin{aligned} \text{樹皮 (m}^3\text{)} &= \text{原木消費量 (m}^3\text{)} \times 0.0675 \\ &= \text{製品量 (m}^3\text{)} \times 0.076 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{チップ屑 (m}^3\text{)} &= \text{原木消費量 (m}^3\text{)} \times 0.0425 \\ &= \text{製品量 (m}^3\text{)} \times 0.048 \end{aligned}$$

また、チップ原料の針葉樹，広葉樹の割合をみると，年々広葉樹の比率が高くなっており，昭和36年36%であったものが40年には51%，42年には59%にもなっている⁸⁾。この数値は製材用原木に占める広葉樹割合が約26%であるのにくらべてかなり高い。したがってチップ屑の平均比重はのこ屑のそれにくらべてかなり高くなるはずである。チップ原料の構成を広葉樹 6：針葉樹4とし，それぞれの比重を0.58，0.42とすれば，チップ屑の平均比重は約0.52となる。

2.2.3 床板工業

市町村ごとの生産高が面積 (m²) で与えられている。

プレーナー屑の副生量は樹種その他で若干異なるが，製品1m²あたり平均5.4kg程度と推定されている⁴⁾。原板の含水率を12%と仮定すれば，製品1m²あたり乾物として4.8kgのプレーナー屑が副生することになり，これを比重0.58として容積に換算すれば8.3lとなる。

$$\text{プレーナー屑 (m}^3\text{)} = \text{製品量 (m}^2\text{)} \times 0.0083$$

$$\text{'' '' (t)} = \text{製品量 (m}^2\text{)} \times 0.0048$$

2.2.4 複合床板工業

床板と同じく生産高が面積で与えられている。

厚さ4mmのフェース単板を2.8mmまでプレーナー加工するものとすれば，プレーナー屑の副生率はフェース原板に対して30%となり，製品1m²あたり0.0012m³，比重0.58として0.0007tが副生することになる。

$$\text{プレーナー屑 (m}^3\text{)} = \text{製品量 (m}^2\text{)} \times 0.0012$$

$$\text{'' '' (t)} = \text{製品量 (m}^2\text{)} \times 0.0007$$

2.2.5 単合板工業

工場ごとの樹種別原木消費量が容積 (m³) で与えられている。樹種はセン，シナ，マカバ，雑カバ，ナラ，タモ，ブナその他の道材およびラワンの9種に分類されている。容積から重量への換算は原木の段階で行い，その比重は第3表の数値を用いた。

単合板工業の廃材副生率は樹種，径級，単板の厚さや大きさなどもろもろの条件によってかなり異なるが，今回の調査では大まかに道材合板（または道材単

第6表 単合板工業の廃材副生率

区分	廃材の種類			対原木副生率
道材 単合板	道材 単板	樹皮	材	8
		端の	屑	24.3
		の	屑	0.6
	ラワン 単合板	端の	材	15.4
		の	屑	1.4
		単板	屑	14.9
合板	合板	屑	6.1	
	その他	屑	3.4	
ラワン 合板	ラワン 単板	端の	材	16.6
		の	屑	0.9
		単板	屑	13.5
	合板	屑	5.6	
	その他	屑	2.3	

板) とラワン合板 (またはラワン単板) に分け，第6表の数値を適用した。表の道材合板まカバーラワン - カバのドア用合板の場合，ラワン合板は4mm厚，3 × 6尺合板の場合の数値で，いずれも筒本⁹⁾報告に基づく。廃材副生量は，ラワン原木消費量をRL，道材のそれをRHとして次式で算出される。

ラワン合板専門工場の場合

$$\text{端材} = \text{RL} \times 0.166 \quad \text{単板屑} = \text{RL} \times 0.135$$

$$\text{のこ屑} = \text{RL} \times 0.009 \quad \text{合板屑} = \text{RL} \times 0.056$$

その他の合板工場および単板工場

$$\text{樹皮} = \text{RH} \times 0.080$$

$$\text{端材} = \text{RL} \times 0.154 + \text{RH} \times 0.243$$

$$\text{のこ屑} = \text{RL} \times 0.014 + \text{RH} \times 0.006$$

$$\text{単板屑} = \text{RL} \times 0.149 + \text{RH} \times 0.358$$

$$\text{合板屑} = (\text{RL} + \text{RH}) \times 0.056$$

なお，合板工業の場合，道材合板およびラワン合板のそれぞれの専門工場のほかに，両者とも製造している工場もあり得るが，原木消費量からこれを厳密に区別することは困難である。また，工場ごとのラワン材と道材の割合から，ラワン単板が道材単板のいずれかが不足して購入単板でまかなっている場合や，余剰の単板を外部に売却している場合などが考えられるが，この区別もまた困難である。ここでは，原料の全部がラワンで，明らかにラワン合板専門工場とみなせる工場を除いて，すべて道材合板の廃材副生率を機械的に

適用した。同様に単板工業のラワン単板も、道材合板向けからラワン合板向けかの区別はつけ難く、いずれも道材合野の廃材副生率を適用して計算した。また合板工場が単板工場から単板を購入して合板を製造した場合の廃材は、購入実態が把握できなかったので算定していない。

2.2.6 パルプ工業

市町村ごとのパルプ生産量が重量(t)で与えられている。昭和42年度紙パルプ統計年報によれば、パルプ1tを生産するために必要な木質原料は3.26m³であり、原料のうち素材が約43%、残りは構入チップである。したがって、パルプ生産量に3.26を乗じ、さらに0.43を乗ずることによって素材消費量(m³)を推定することができる。素材からチップを生産する場合の廃材副生率は「チップ工業」の項で述べた通り、樹皮15%、チップ屑5%とした。

$$\text{樹皮 (m}^3\text{)} = \text{パルプ生産量 (t)} \times 0.21$$

$$\text{チップ屑 (m}^3\text{)} = \text{パルプ生産量} \times 0.07$$

容積から重量へ換算する場合の比重は樹皮0.5、チップ屑0.58とした。

2.2.7 パーチクルボード工業

昭和44年現在、北海道内で3工場が稼働しており、基礎数値として工場ごとの生産高(当场改良木材の推定)が重量(t)で与えられている。ただしこの生産高には接着剤として用いた樹脂の硬化物を含んでいるので、この樹脂率を9%とみなして木質のみの生産量に換算した。廃材副生量は木質のみの生産量と製品歩止りから原木消費量を推定し、さらに廃材副生率を乗じて求める。

パーチクルボード工業における廃材副生率は、素材に対して樹皮20%、チップ屑8%、パーチクルボード屑、サンダー屑その他6.4%程度と思われるが、原料の中には単板屑、端材など樹皮のつかない廃材が含まれているので、ここでは原料中の素材の割合を65%と仮定して求めた廃材副生率(第7表)を用いた。

$$\text{原料消費量 (t)} = \text{生産量 (t)} \times 0.91 / 0.626$$

$$\text{樹皮 (t)} = \text{原料消費量 (t)} \times 0.130$$

$$= \text{生産量 (t)} \times 0.189$$

第7表 パーチクルボード工業の廃材副生率と製品歩止り

項目	副生率, 歩止り (%)
樹皮	13.0
チップ屑	8.7
裁断屑	8.7
その他	7.0
製品歩止り	62.6

$$\text{チップ屑 (t)} = \text{原料消費量 (t)} \times 0.07$$

$$= \text{生産量 (t)} \times 0.126$$

$$\text{パーチクルボード屑 (t)} = \text{同上}$$

重量から容量への換算は樹皮の比重0.5、材のそれを0.58として行った。

2.3 木質廃材堆肥の生産可能量の推定

比較的利用率の低いとされている樹皮および細粒状廃材を対象とする。これらの廃材も、地域によってはオガライト、木粉、燃料、パルプの代替原料などさまざまな用途に利用されているほか、焼却・棄却など何らかの手段で一応処分されており、これから将来にかけて堆肥化の対象となりうる廃材をどの程度に見込むべきかは今後の調査に待たなければならない。また堆肥を生産するとして、そのための敷地や設備の問題、製品需要の有無、経済性など配慮すべき因子も多い。ここではこうした問題についての論議は今後にゆずることとし、それぞれの市町村で排出する樹皮、細粒状廃材の全量を堆肥化した場合の、いわば技術的に可能な最大供給量を推定することにした。

筆者ら¹⁰⁾の経験によると、木質廃材(乾物)1tから含水率60%の堆肥約2tが得られる。ただし樹皮は堆肥化に先立って1~0.5cm以下の粒度に調製する必要があるため、この歩止りを90%として、次式のとおり算出した。

$$\text{木質堆肥 (t)} = \{ \text{樹皮 (t)} \times 0.9 + \text{細粒状廃材 (t)} \} \times 2$$

2.4 農園芸における堆肥需要量の推定

廃材堆肥の生産可能量と対比するため、市町村ごとの作物別作付面積²⁾に単位面積あたりの標準施用量(第8表)を乗じて推定堆肥需要量を求めた。この標準施用量は北海道施肥標準¹¹⁾などを参考にしたが、これらは地力の維持増進を図るために望ましいと考え

第8表 作物別堆肥標準施用量*

作物の種類	施用量 (t/10a)	作物の種類	施用量 (t/10a)
一	0.75	アスパラガス	2.5
水	1	きゅうり	2
小	1	かぼちゃ	2
大	1	きゅうり	2
えん	1	球白	2
豆	1	たまねぎ	3
いんげん	1	大根	2
小豆	1	にんじん	2
とうもろこし	3	はっか菜	2.5
馬鈴薯	2	りんご	1
		ぶどう	1

*北海道施肥基準他による。

られる量として算定されたもので、堆肥の原料事情や労働力の問題など社会的要因は考慮されていない。したがって、実際の生産実態とは必ずしも一致しない。

3. 木材工業の分布状況

木材工業の存在する市町村数、および木材工業の工場数を支庁別、業種別に整理して第9表、第10表に示した。

全道215市町村のうち、木材工業が全く存在しない市町村はわずかに14であって、全体のほぼ94%に相当

第9表 木材工業の存在する市町村数 (S44年度)

支庁	市町村数	製材	チップ	床板	複合床板	合板	単板	バルブ	パーティクルボード	存在せず
石狩	10	9	9	1	0	0	1	1	0	1
渡島	18	16	12	5	3	2	3	0	0	2
檜山	10	9	6	1	0	0	2	0	0	1
後志	20	16	13	1	1	1	1	0	0	4
空知	28	25	21	5	1	5	3	0	0	3
上川	25	22	8	5	4	2	2	2	1	3
留萌	9	9	9	0	0	1	3	0	0	0
宗谷	10	8	8	1	0	0	1	0	0	2
網走	26	26	26	5	1	4	1	2	1	0
胆振	15	15	15	1	1	2	0	2	1	0
日高	9	9	8	0	2	2	1	0	0	0
十勝	20	20	18	2	0	2	0	0	0	0
釧路	10	10	10	0	0	1	0	1	0	0
根室	5	5	5	0	0	0	2	0	0	0
計	215	199	168	27	13	22	20	8	3	16
比率(%)	100	92.6	78.1	12.6	6.0	10.2	9.3	3.7	1.4	7.4

第10表 林産工業の支庁別分布 (工場数, S46)

支庁	市町村数	製材	チップ	床板	複合床板	合板	単板	バルブ	パーティクルボード
石狩	10	54	51 (48)	2 (0)	3	1	0	0	
渡島	18	90	50 (39)	9 (7)	7	0	0		
檜山	10	35	22 (21)	0 (0)	2	0	0		
後志	20	52	35 (31)	1 (0)	3	0	0		
空知	28	92	75 (67)	7 (3)	15	0	0		
上川	25	147	159 (140)	6 (4)	21	2	1		
留萌	9	28	25 (22)	0 (0)	4	0	0		
宗谷	10	22	24 (21)	1 (1)	1	0	0		
網走	26	218	204 (179)	3 (3)	10	2	1		
胆振	15	51	44 (40)	0 (1)	3	3	1		
日高	9	54	51 (48)	2 (0)	3	0	0		
十勝	20	113	139 (104)	4 (2)	8	0	0		
釧路	10	72	56 (56)	1 (1)	3	2	0		
根室	5	31	25 (22)	0 (0)	3	0	0		
計	215	1,059	972 (833)	35 (25)	89	10	3		
1市町村あたり工場数		4.93	4.52 (3.87)	0.16 (0.12)	0.41	0.05	0.01		

*複合床板を含む

する他の市町村には何等かの林産工場が少なくとも1つ以上存在している。ことに製材工場とチップ工場は群を抜いており、多数の工場が全道にくまなく分散している。すなわち製材工場の場合、全市町村の93% (林産工場の全く存在しない市町村を除くと100%) に相当する199の市町村に1050工場が分布し、1市町村あたりの工場数(全市町村平均)は実に5工場に上る。チップ工業も同様で、168市町村に972工場が分布しており、1市町村あたりの工場数は4.5工場である。

また林産業の中では比較的規模の大きい合単板工場でさえも、5市町村に2工場の割合いで存在している。なお林産工場の存在しない市町村は、石狩支庁管内1、渡島支庁管内2、檜山支庁管内1、後志支庁管内4、空知支庁管内3、上川支庁管内3、宗谷支庁管内2であった。

(化学利用科)