

木材加工最前線



Contents

目次

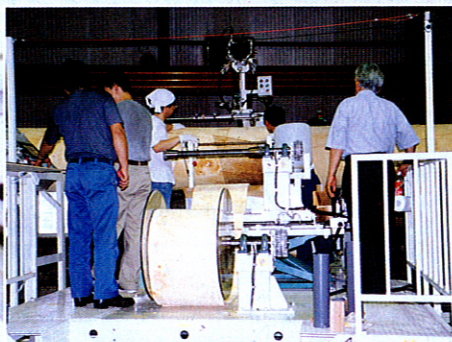
- スギ製材の乾燥はどこまで
きているのか、どこへ行くのか2~3
- スロヴェニアを訪れて4
- 秋田杉構造用合板への取り組み5
- 頑張ってます!6

平成13年10月15日

第32号



民間による円筒VL製造が開始された。
長さ12mまで製造可能。写真では長さ6.3mのものを製造中。
（秋田県能代市河戸川(有)渡辺事業所）



スギ製材の乾燥を取り巻く環境

スギはもともと水分が大好きな樹種で、伐採直後の含水率は300%以上にも達する場合がある。これは一本の4寸柱角が20リットル以上の水分を含んでいる状態にあたり、その全重量は40kgに及ぶ。この柱角を含水率15%にするということは、約20kgまで乾燥することであり、20リットル以上の水分を取り除かなければならないことになる。また、スギは一本毎に乾燥性が異なり、そのために、同じ乾燥室に入れて同時に乾燥しても出来上がり状態はなかなか均一にならない。さらにスギは断面の大きな正角材や梁材として建築用に使う場合が多いので、針葉樹材の中では最も乾燥しにくくて、乾燥に長期間と高いコストを要する。スギ材はこのような乾燥三重苦を持っているので乾燥化が遅れており、市場に供給される乾燥材は未だに10%程度にとどまっている。一方で、住宅品質確保促進法の施行や建築基準法の改正などによって、建築用木材の市場は品質の安定した安価な乾燥材を要求している。

スギ製材のための乾燥技術や乾燥装置に関する研究、開発は着実に進んできた（参考文献・全国木材組合連合会発行「乾燥材生産の技術マニュアル」）が、市場が要求する低コストで高品質な乾燥材を供給できるまでに至っていない。現状では、含水率15%までの直接コストは、表1に示すように6,000~18,000円/mと概算され、低価格の原木とのバランスが崩れている。

スギ製材の乾燥技術はどこまでできているのか

それでは、スギ製材の乾燥技術はどこまで進んできたのだろうか。焦点となっている問題点を取り上げて検証してみよう。

1) 表面から中心まで均一な含水率に上げること

正角材や梁材のような断面の大きな部材を、中心まで均一に乾燥することは非常に難しい。通常の蒸気乾燥（中温乾燥や高温乾燥）では、難しいテクニックを駆使しても長期間を要してコストがかさむ。そこで内部まで乾燥できる高周波乾燥法と、表面乾燥に適したコストの安い蒸気乾燥法や、あるいは真空乾燥法とを併用した複合乾燥法が提案され、実用化されている。高周波加熱式真空乾燥法、蒸気・高周波複合乾燥法、あるいは蒸気・減圧処理と天然乾燥とを組み合わせる方法などである。

2) 割れ、変色などの損傷防止

木材は収縮異方性を持つので、心持ち正角材には表面割れや内部割れは避けられない。しかし、表面割れをできるだけ抑えて乾燥する技術は、高温条件下で表面だけ急速に乾燥して固定する方法が提案されているが、内部割れが発生する。また、高周波加熱と蒸気加熱の複合乾燥法が提案されている。この乾燥法では表面より中心部分を先に乾燥することによって表面割れを防止できるが、熱気乾燥条件を正確にコントロールすることが大切

である。しかし、表面割れができて強度はほとんど低下しないので、高いコストをかけて割れない乾燥をするのが良いか、いくらかは割れる材があってもコストを抑えるのが良いのか、目的によって使い分ける柔軟性が必要である。

スギ材は40℃以上の温度に長期間さらされると変色する。とくに、高含水率材を120℃以上の高温に長時間さらすと、材質劣化を起こして衝撃に対してもろくなる。ただし、ヤング率はほとんど変わらないので、非破壊検査では材質劣化は評価できない場合が多い。

3) 仕上がり含水率を均一にそろえる技術の確立

品質の安定したスギ製材を供給するためには、同時に乾燥した数百本の材料を均一の含水率にそろえて仕上げるのが重要である。そのためには、含水率が高い材は早く、低いものはゆっくりと乾燥させる必要があるが、これには別々の乾燥スケジュールを与えなければならないので、通常の蒸気乾燥では不可能である。そこで、小さなロットに分けて乾燥する蒸気・高周波複合乾燥法や前処理法と天然乾燥とを複合した乾燥法などが実用化されている。しかし、最も重要で有効な方法は、乾燥前と乾燥後の含水率の選別である。この際、正確な含水率計が必要になるので、断面が大きな製材でも連続的に内部まで測定できるマイクロ波式含水率計が開発された。また、重量法による選別も簡便である。

4) 短時間乾燥

木材乾燥は大量の熱エネルギーを長期間にわたって投下し続ける加工工程である。従って、乾燥コストは乾燥時間に比例して高くなるので、時間短縮はコスト低減の最も有効な手段である。短時間乾燥法としては、高温乾燥、高周波加熱式真空乾燥および蒸気・高周波複合乾燥が上げられ、短時間乾燥の技術と装置はほぼ確立されている。これらの乾燥法の乾燥所要期間（仕上げ含水率15%）は、それぞれ約7日、約3.5日、および約4日で、乾燥コストはそれぞれ、約9,000円、約18,000円、および約10,000円ある。

表1 乾燥方式別の乾燥コストの比較(スギ心持ち柱材、10.5cm仕上げ)

乾燥方式 (乾燥温度)	乾燥仕上げ 含水率	乾燥日数 (日)	月産 (m ³)	乾燥コスト(円/m)			
				設備費	人件費	燃料費	計
一般蒸気式 (70-80℃)	20%以下	14	115	3,860	2,000	3,580	9,440
	15%以下	17	95	4,670	2,000	4,340	11,010
高温蒸気式 (100-120℃)	20%以下	5	125	2,220	2,000	3,000	7,220
	15%以下	7	95	2,930	2,000	3,950	8,880
燻煙式 (60-90℃)	20%以下	14	350	3,170	2,000	400	5,570
	15%以下	16	310	3,580	2,000	450	6,030
蒸気・減圧前処理と天乾・仕上げ乾燥の組み合わせ (蒸気 120℃ 仕上げ 70-80℃)	20%以下	前処理 0.5 天乾 30 仕上げ 4	370	2,400	2,800	1,770	6,970
	15%以下	前処理 0.5 天乾 30 仕上げ 6	260	3,240	2,800	2,250	8,470
蒸気・高周波複合乾燥 (80-90℃)	20%以下	3	350	1,910	2,000	5,230	9,140
	15%以下	4	275	2,430	2,000	6,280	10,710
高周波加熱式真空乾燥 (50-60℃)	20%以下	3.0	110	4,040	1,500	10,700	16,240
	15%以下	3.5	100	4,440	1,500	12,300	18,240
高周波加熱式真空乾燥と天乾の組み合わせ (50-60℃)	20%以下	天乾 20 人乾 1.0	260	1,700	2,800	5,900	10,400
	15%以下	天乾 20 人乾 1.3	220	2,020	2,800	6,300	11,120

5) 乾燥法、技術および装置の発展

スギ製材の乾燥の重要性が本格的に叫ばれ始めて以来まだ10数年、研究や技術開発の歴史は浅い。住宅品質確保促進法など建築用材の水分管理の考え方が整備されるに及んで、スギ製材の乾燥環境も徐々に整いつつあるが、当初は広葉樹材の乾燥スケジュールを針葉樹材用に補正して適用していた。そのために乾燥法や装置も通常の蒸気乾燥が主体であった。しかし、スギ製材は断面が大きく、乾燥に長期間を要するうえに内部まで十分に乾燥できないことから、蒸気乾燥では市場が求める品質とコストとに十分に対応できなかった。

その後、短時間乾燥法としての高温乾燥、内部まで均一に乾燥できる乾燥法として高周波加熱式真空乾燥と蒸気・高周波複合乾燥などの乾燥法が研究開発されて、これらはすでに実用段階まで到達した。しかし、コストダウンをいかに達成するのか、また、乾燥割れにどう対処するのかが今後の課題である。

スギ製材の乾燥はどの方向に進むのだろう

1) 乾燥は本当に必要なのか

断面の大きな建築用材の乾燥は難しい。にもかかわらず適切な乾燥をして十分な寸法安定性を与えることはいまや必須条件である。寸法安定性は含水率の変化に依存するので、究極的には含水率が変化しなければ寸法は安定している。どんな乾燥法を用いても、さらに言えば、未乾燥材であっても含水率が変化しなければ寸法安定性は得られることになる。断面が大きいほど寸法変化は遅く、また目立たないために、住宅に未乾燥材を用いたときのトラブルはすぐには問題化しないが、数年後には必ず住宅の瑕疵となって現れる。これらの瑕疵は住宅品質確保促進法によって10年間は製造者や材料供給者の責任となり、結局は住宅供給者の身に返ってくることになる。従って、乾燥は本当に必要なのであるが、乾燥法までは規定されていない。用途に適した十分な寸法安定性が得られるだけの乾燥と水分管理がなされていれば、天然乾燥であっても人工乾燥でも、あるいは未乾燥材であっても良い。乾燥不要論が聞かれるが、乾燥の目的をよく考えてみるべきである。

2) どんな乾燥をすべきなのか

それでは具体的にどういう乾燥をすべきであろうか。図1に建築後20年経過した木造住宅(エアコンなし)の各部材の含水率を示している。要するに各部材は長期間にそれぞれの含水率に落ち着くことになり、その過程で大きく収縮したり狂ったりするもの、あるいは割れたりするものができる。床下材の含水率は約20%である一方、二階天井付近の部材は12%まで乾燥することがわかり、一戸の住宅内でも部材や用途によって落ち着く含水率が異なる。それではすべての部材をここに示されている含水率まで乾燥して供給しなければならぬかというところではない。本来建築物というものは多くの部材を組み合わせ

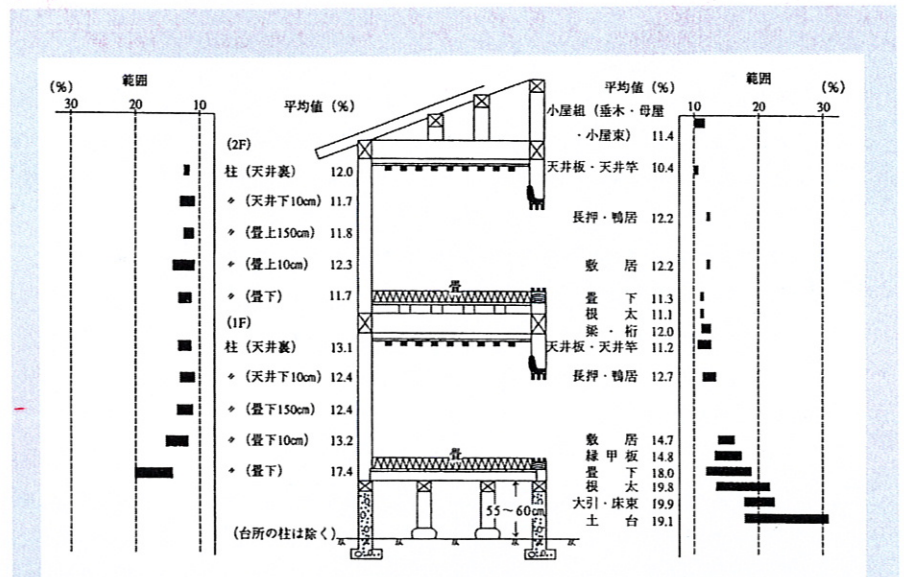


図1 柱及び各部材の含水率平均値とその範囲(長野県林業総合センター)

たもので、部材同士が補完しあう融通性を持っている。従って、寸法安定性や変形にも許容範囲があることに気付く必要がある。それらを許す範囲の乾燥仕上げと水分管理が目指す乾燥基準となる。

3) どんな乾燥法が将来の主流になるか

木材の乾燥法や装置を選ぶに当たって主流や流行はない。それではスギ製材のためにはどの乾燥法やどの装置を選ぶべきであろうか。天然乾燥でも含水率20%まで乾燥できるし、人工乾燥しても20%に達しないこともある。また、目的に合致しない乾燥法を採用すれば未乾燥材よりも悪い仕上げになりかねない。導入する乾燥法や装置を決めるときの判断基準は経営目的と用途につける。コスト(ランニングコスト、設備費、稼働効率、乾燥時間などによって決まる)、用途に求められる仕上がり品質、使いやすさなどの判断基準に基づいて、求める要素の順位を見極めなければならない。天然乾燥、一般的な蒸気乾燥、高温乾燥、高周波加熱式真空乾燥、蒸気・高周波複合乾燥、蒸煮・減圧処理天然乾燥など、スギ製材のための乾燥法がいろいろ提案されている。しかし、それらにはそれぞれの長所と短所があり、乾燥が難しいとされるスギ製材を単一の乾燥法で完璧に仕上げることは、非常に困難である。今後のスギ製材の乾燥は、2つ以上の乾燥法や処理法を併用した複合乾燥へと発展し、市場の期待する品質に答える方向に進んでいくと筆者は考えている。導入にあたって設備価格を考慮しなければならないが、設備価格を判断基準の一番とするならば、必ずしも正解を選んだことにならないであろう。

以上に、スギ製材の乾燥にはどのような方法があり、それらの技術や装置の研究がどこまで進んでいるかについて述べた。今回は、スギ製材の乾燥について、秋田県立大学木材高度加工研究所はどのように考えて、どんな研究を行い、どんな結果を得ているのか、また、今後どのような方向に進もうとしているのかについて触れたい。

「今度、国際学会でスロヴェニアへ行くんです。」

「ああ！チェコと分離した国ね？」

「……それはスロヴァキアです……。」

そんな会話を何回か繰り返したのだろうか。去る2001年9月5～7日にスロヴェニアの首都リュブリャーナ【写真1】で開催された「第5回木材の科学技術と林業の発展に関する国際会議(The Fifth International Conference on the Development of Wood Science, Wood Technology and Forestry)」に参加する機会を得た。

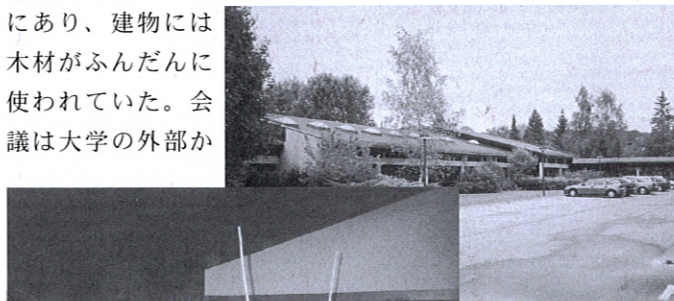


【写真1】リュブリャーナ市中心部

木高研からの参加者は小林教授、プリードー流動研究員と筆者の3名である。冒頭の会話のように、日本でのスロヴェニアに対する認知度は高いとは言えないので、まずスロヴェニアという国について紹介したい。スロヴェニア(正式名称: スロヴェニア共和国)は1991年に旧ユーゴスラヴィアからクロアチアと共に独立したばかりの新しい国である。旧ユーゴスラヴィアの北西部に位置し、西ではイタリアと、北ではオーストリアと、そして残りの大部分でクロアチアと国境を接している。国全体の人口は約200万人であり、首都リュブリャーナには28万の人々が住んでいる。面積は約2万km²であり、森林面積はその50%ほどである。主要樹種はビーチ(欧州ブナ)とスプルースであると地元の方から聞いた。数字からもわかるとおり小さな国ではあるが、アルプスの南側に広がる緑豊かな美しい土地である。

空港に降りて、まず始めに驚いたのは、一国の首都の空港だということにとても小さいことであった。実際、大館能代空港とあまり変わらないような規模である。次に空港を出て驚いたのだが、タクシーはベンツやアウディといった日本で高級車とされる車ばかりであった。小さいながらも経済的には豊かであるような印象を受けた。

会場となったリュブリャーナ大学の生物技術学部木材科学技術科【写真2、3】は街の中心部から車で15分ほどの閑静な場所にあり、建物には

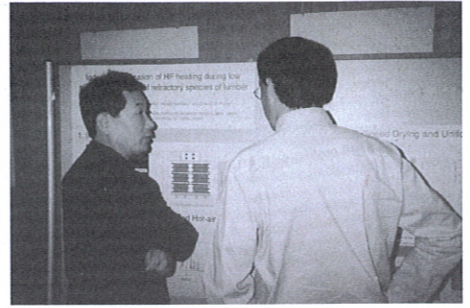


【写真2】会場外観



【写真3】会場受付

らの参加者が33人、発表件数が40件あまりと小規模ながらも、地元の学生の参加もあり、聴講者は少なくなかった。内容的には実践的な内容の研究が多く、木材の耐久性と保存および森林管理に関する発表件数が多かった。小林教授と筆者は高周波・熱気複合乾燥法、プリードー研究員は静電場を用いた木片の配向について、



【写真4】展示発表



【写真5】トリグラウ国立公園

それぞれ研究成果を発表した。筆者らが研究を進めている木材乾燥に関する発表は、われわれの他に2件と少なく、木材乾燥の研究はそれほどさかんではないようであった。その一因として、日本のように大断面の製材を乾燥する必要がないことが考えられる。他の2件の発表内容が乾燥後の変色に関するものであったことから、乾燥における問題点が含水率の低下ではなく、外観の美しさにあることをうかがわせる。われわれの研究に対する反応もさまざまで、無関心な方と興味を持つ方の両極端にわかれたように思えた。展示発表では少数ではあるが熱心に質問する参加者も見られた【写真4】。個人的には、今回われわれの世話をしてくれたリュブリャーナ大学助手の方が、日本に来て乾燥の勉強をしたいと言っていたのが強く印象に残っている。木材加工はスロヴェニアの主要産業の一つであるが、今回街中を見物したり、研究施設を見学したかぎりでは、住宅の造作材および家具などの製造が主流であり、構造材としての用途は少ないように思われた。家具は日本へも輸出していると聞いた。

会議期間中の見学ツアーでは、スロヴェニアの北西部にあるトリグラウ国立公園を訪れた【写真5】。この公園はアルプス山脈の一部であり、人間の手の入っていない自然が残されている。非常に厳しい規制が敷かれており、ゴミを捨てるのはもちろん、草木や石を持ち出しても罰則がある。われわれを案内してくれたガイドが公園の管理人を勤めており、公園内をパトロールをしているとのことであった。スロヴェニアは登山・スキーなどのスポーツが盛んで、公園内にスキー場が設けられている。過去に開催されたスキー大会には日本人選手も参加したそうである。

今回初めてスロヴェニアを訪れたが、十数年前まで共産圏だったとは思えないほど人々は明るく、生活が豊かであるような印象を受けた。自然を愛する方には、機会があったら一度スロヴェニアを訪れることをお勧めする。

9月初旬、秋田市にある秋田プライウッド株式会社向浜第二工場を訪問し、村山智彬（代表取締役会長）氏、菅原賢二郎（向浜第二工場長）氏から、秋田杉を構造用合板へ利用する取り組みについてお話を伺いましたので紹介いたします。

製造のきっかけは

「木材産業活性化アクションプログラム」（平成13年3月秋田県林務部木材産業課編集発行）がきっかけとなっている。合板にするには柔らかく、しかも値段が高いと難点があるものの、県内で最も蓄積量が豊富である杉と、虫害で取りざたされているアカマツを有効に活用しようとの考えから、今年1月頃から試作を開始した。

杉は、夏目、冬目に加えて節もあって、ロータリーレース(大根のカツラムキのように丸太をむく機械)用の刃物の選定、調整が難しく、また、当社で扱っている他の樹種(カラマツやラジアータパイン)に比べ乾燥が難しい。アカマツは伐採して長期間山に置くと腐朽菌(青カビ)が発生しやすいなど、どちらにも問題はありますが、県産材を利用した合板をとの思いが強く、この取り組みを進めている。

製造工程は

『皆さんご存知なので今更説明するまでもないでしょう。』とおっしゃりつつ、特徴のある工程についてお話をいただきました。

生木（伐って間もないものが良い）を8時間のスチーム蒸射によりむきやすくしている。また、この処理を行うことにより虫を殺すことができる。

ロータリーレースは、2m幅、1m幅の2種類。2m幅のものは、直径12cmから50cmまでの丸太に対応できるようになっているが、直径14cm以下の丸太は1m幅のものでむいている。間伐材はもちろんのこと、根元に近い部分の2mと梢端部に近い部分の2mを利用することができるので、比較的安く材料を仕入れることができる。（素材の仕入先は、中央素材生産事業協同組合、秋田県森林組合連合会からである。）

秋田杉構造用合板は、杉を2.4mmの厚さ、アカマツを3.2mmの厚さにむき、杉を表板とし、杉、アカマツを交互に積み重ね、互いに直交させ、貼り合わせたものである。主な製品は、床、壁の下地材で、「3尺×6尺」サイズ24mm厚では(9プライ)20kg、28mm厚では(11プライ)23kgとなっており、自社製品オールカラマツの同じサイズ、厚さのもの25kg、31kgと比較し軽くなっているため、施工時の作業が楽に行える。杉特有の肌触りの良さという特徴も十分に備えている。

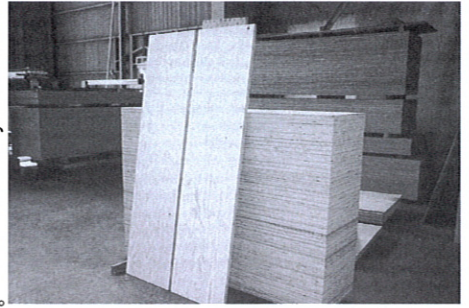
接着剤には、ホルムアルデヒド放散量が少なく、耐久性に優れているフェノール樹脂を使用している。この接着剤は、木材の含水率10%以下でその効果を発揮するとされているため、初期の単板乾燥で14%以下とし、熱圧（ホットプレス）による乾燥の助けをかりて、最終仕上げで8%となるよう各種機器の調整を行っている。

自社で行ったこれら製品に対する性能試験では、JAS規格と比較し満足できる結果を得ているが、住宅メーカーのウェザーテストがまだ終了しておらず、大量生産、大量販売



下地材(スカーフジョイント)

となると今少し時間がかかるものと思われる。オール杉の合板も試作し、地震の横揺れに対する強さなどのテストを、森林総合研究所に依頼しているところである。



「特注」の内装材

このまま床や壁に使っては

近々、鷹巣で建てられるモデルハウスの床、腰板に、秋田杉の合板を使用したいとの注文があり、特別に製造を試みたものがある。節が少なくしかもその節も小さいもので出来は良いのだが、間伐材を材料としてこのような注文に応えることは、素材の選定や製造ラインのこともあり、なかなか難しいことと言わざるを得ない。

お話を伺った後、工場内の見学のときに見せていただきましたが、さすが「特注」と言える出来映えでした。

生産量は

秋田プライウッド全体では、製造ラインが7ライン（向浜には4.5ライン）あり、合板の生産量は、12mm厚「3尺×6尺」換算で、およそ月産200万枚である。秋田杉構造用合板の生産量については、全体の1割を目標として考えている。

端材等の処理は

工場から出る端材は、10年前設置したバイオマス発電の燃料としている。1時間あたり3,800kwの発電量があり、工場内で使用する電気を十分に賄っている。発電用のタービンを回転させ圧力の下がった蒸気は、単板乾燥機へ回している。

ロータリーレースでむき終わったむき心（直径57mm）はチップにして、発電用の燃料調整としているほか、販売も行っている。

合板のできるまで（一般的な例）





9月初旬、五城目町にある菊地合板木工株式会社を訪れ、ご主人である菊地成一（代表取締役社長）さんをお会いし、木材の端材を利用した作品づくりを行っている「工房きくち」代表の菊地けい子さんからお話を伺いましたのでご紹介いたします。

私たちが結婚したのは21年前ですが、その頃工場には天然秋田スギの端材がいっぱいで、利用されずに処分されているのを見て、これを何とかしなければとの思いが、「工房きくち」を始めるきっかけになっていると思います。

（ご主人：その頃は、13尺の木を買い入れ、それを12尺にすることから仕事が始まりました。1尺分どうしても余りが出るが、この端材は、ストーブなどで燃やすものと決めていた。）

従業員は端材であっても工場外へ持ち出せないことになっていきますので、端材集めをできるのは私の特権みたいなものです。工場から出た端材を20年に渡って集め、会社敷地内の倉庫を借りて保管しています。端材の山にこれほと思うものがあったら、工場の仕事の段取りから早々に処分されたことが度々あり、それ以降もって従業員に取って置くようお願いしています。

しおりなどに使うための薄い単板への加工は、従業員にお願いしますが、丸ノコでの加工は私が行っています。周りに心配そうな目がなくなると、大胆に操作することもしばしばあります。

「工房きくち」を始めて15年になりますが、仕事を手伝ってもらっている人たちは主婦ばかり9人ほど。一ついくら、一加工いくらの賃金ですので、内職というよりは木に触れ、加工する楽しみを共にするボランティアの仲間といったところでしょうか。

材料には、秋田スギの他、青森ヒバ、米ヒバ、スプルースなど、使えるものは何でも使っています。作品としては、和紙を間に挟んだ「しおり」、薄い単板を網代に編んだ「（花器などの）敷物」や「壁掛け」、板物を利用した「状差し」や「（小さい）イス」のキットなどがあります。

写真は菊地さんのご自宅で撮影したものです。



「しおり」「（花器などの）敷物」「壁掛け」など

子供がまだ小さかった頃ですが、秋田市のある菓子店から、「ゆうパック」に入れる雛人形の飾り（壁掛け）の注文があり、家の中も戦場と化しましたが、五城目町の多くの奥様達のご協力により2万枚を1カ月半で納めたことがありました。

また、私は、針で一つ一つ検品していたため、鬼の菊地と呼ばれていましたが、不良品を出さないこと、注文を受けたものは徹夜してでも納期を守ること、大量の注文でも対応できることが認められ、信用を得てきたと思っています。

（ご主人：端材の加工のために新しい部門を設け、従業員を張り付けたとして、採算がとれるものではない。やはり、内職のような形でしか進められないのではないかと思う。「工房きくち」の収益が会社の福利厚生に役立てられていることが浸透し、当初は不平不満があったかもしれないが、従業員の協力が得やすい体制となっている。薄くて軽く土産に最適。私も出張などに利用している。）

五城目町と姉妹提携にある東京都千代田区の千代田フェスタ（10月末に開催）の「木工教室用」に毎年参加しています。ここでは、キットの小さいイスが好評で、親子で一息懸命作っているのが印象的です。また、ハサミとノリで木を加工することに素直な驚きをみせる子供たちに接することもできます。県林務部主催の「ウッドウィーク」にもずっと参加していますし、つい最近では、ワールドゲームズの外国人ボランティア用の記念品として、地元の画家の絵を組み合わせた壁掛けを作成しましたが、登り釜を構えた陶芸家もおりますし、地場産業との組み合わせにより、様々な面で五城目をPRしていきたいと考えています。

「救える木は救いたい。捨てられれば何も生み出さないが、活かされたことによって雇用を生み出している。メンバーに支払う賃金も儲けです。」とおっしゃる菊地けい子さんには、商売人というよりは、ある信念に基づいて行動している人との印象を受けました。

なお作品は、秋田市のアトリオンで販売されています。



キットの「イス」組立後



「（木製）プレスマット」と「コースター」