

# 大学でおこなう実習と実験

北海道東海大学芸術工学部デザイン学科

特任教授 神 和 雄



昭和60年4月から、北海道東海大学芸術工学部デザイン学科のカリキュラムが変わったが、これまで卒業の条件として、学生には、製造技術実習Ⅰ、Ⅱの単位を取得すべきことが課せられていた。

以下、その課題について、概略を述べたい。

## A 製造技術実習Ⅰ

### 課題Ⅰ ペーパーナイフの製作

長さ20cm、幅3cm、厚さ5mmに仕上げ済みのカバ材で、ペーパーナイフを作り、作品とともに3面図を添付したレポートを提出させた。

製作の要領は、

- ① ペーパーナイフとは、どのような機能を持ったものかを考えデザインする。
- ② 材料に鉛筆でデザインを転写する。
- ③ 糸のこ盤を操作して、転写された線にしたがい鋸断する。
- ④ 小刀を用い、逆目にならぬように絶えず注意して切削し、ペーパーナイフの形を作りあげてゆく。
- ⑤ 板ガラスに目立てヤスリでキズをつけ、折ったとき生ずる破片のエッジで、小刀で生じた切削面の凹凸を少しずつ削り成形する。
- ⑥ #120、#180のサンドペーパーで仕上げる。
- ⑦ 汚れ止め程度に簡単な塗装をする。はじめに水ぶきをして毛羽を立たせ、#280のサンドペーパーで毛羽おとしをする。乾いてから、樹脂30%、溶剤70%の割合のラッカーで、薄くムラのできないように注意して下塗りをする。塗面が

乾いたらサンドペーパーを掛け、樹脂率を少し高めたラッカーで中塗り、上塗りをして完成させる。

……という要領である。

この課題では、木材の繊維に対し、どのように削ると逆目にならないで平滑に切削できるかを体得させることを目的としている。

形が良いことは必要だが、いくら形が良くても、うまい具合に紙が載れないと、ナイフとは言えないことを肝に銘ずるように再々警告した。

### 課題Ⅱ オブジェの製作

80mm×80mm×120mmのハリギリ材でオブジェを作らせた。石狩川川原に散在している丸味を帯びた石、盆景の石のようなもの、象、鯨、ひよこを思わせる動物の形など、何をつくるかは学生の自由にさせた。

この課題では、のみを使って逆目にならぬように注意して切削する体験が目的で、実習の進め方は課題Ⅰと変わりはない。デザインによっては、複雑な曲面を切削することが難しく、多くの学生が苦闘した。

### 課題Ⅲ 組手サンプルの製作

課題Ⅰ、Ⅱは形のデザインであるが、課題Ⅲは接合のデザインである。

この課題では、手工具として、曲尺、両刃のこ、かんな、のみを用い、木工機械として、手押かんな盤、自動一面かんな盤、丸のこ盤を用いる

こととした。これらの機械は危険なので、操作は慎重におこなうよう指導し、事故のないように留意した。

木うら、木表面の判別、かんなによってどのように切削すれば逆目にならないか、刃の出をどのくらいにすればよいか、裏金の引込み、刃口、刃の出とかななくずの厚さの関係、かんな台の下端の調整のやり方を体得することが、この課題にとりくむために必要である。

この課題では、接合のデザインにどのような方法があるかを学習しなければならない。

「厚さ13mm、幅77mmに仕上げ、外側の長さ300mmになるように、□形に組む。手まえ左角を平打接、手前右角を相欠接、その隣り角を3枚組接、のこりの角を蟻組接<sup>あり</sup>にせよ」という問題に対し、接合法の名称が理解できないと組手サンプルの製作ができないからである。

板材と板材の接合法としてその種類は多いが、簡単なものとしては平打接、平打接より強度の大きい接合法として2枚組接（組接で最も簡単で、板の木口端を幅の $\frac{1}{2}$ ずつ板厚だけ欠取り直角に組み合わせる）、3枚組接（板幅を3等分し、一方は両側、他方は中央を板厚だけ欠取り組み合わせる）、更に強度の大きい蟻組接を体験させることにした。

あらかじめ厚さ13mmに切削したシナ材の木端を手押かんな盤で切削して基準面をつくり、ついで自動一面かんな盤で幅決めをし、長さをケガキして丸のこ盤で長さを定め、各組手をケガキ、手工具で切削するという手順で実習を進めた。

この課題では、ケガキの重要さを認識させることに重点をおいた。接合のデザインを学習させ、ケガキを間違ったり、ケガキの線とこのの歯先が合わない、組んだとき接合部がガタガタになって見苦しくなるからである。接合部は、酢酸ビニル樹脂エマルジョン木材接着剤と1寸2分釘の併用で、釘頭をしずめダボでかくした。

#### 課題IV L型試験体の製作

角材（<sup>かまち</sup>框材）の接合は、家具工作の基本で、各種の框組を構成するための接合法は種類も多い

が、この課題では、角材の側面と木口の接合について「四方胴付止<sup>ほぞ</sup>納接」と称する接合をとりあげた。これは、框材の木口に<sup>ほぞ</sup>納をつくり、他方の材の木端に<sup>ほぞ</sup>納孔をあけ接合するものである。

手押かんな盤でムラ取りをし、自動一面かんな盤で厚さと幅決めをする。ついで、曲尺、スコヤ、けびきを用いケガキをおこなって、丸のこ盤で長さを決め<sup>ほぞ</sup>納と<sup>ほぞ</sup>納孔のケガキをするという要領であるが、角のみ盤で孔を掘り、多軸<sup>ほぞ</sup>納取り盤で<sup>ほぞ</sup>納付けをする角<sup>ほぞ</sup>納接合と、楕円<sup>ほぞ</sup>納加工機と楕円<sup>ほぞ</sup>納孔加工機で<sup>ほぞ</sup>納と<sup>ほぞ</sup>納孔を加工する楕円<sup>ほぞ</sup>納接合と、ダボ製造機で、スパイラル状圧縮溝付ダボをつくり、ボーリングマシンで孔をあけるダボ接合の3種類とした。作品は、別途、実験室で荷重実験をおこなうので、L型試験体と称するわけである。

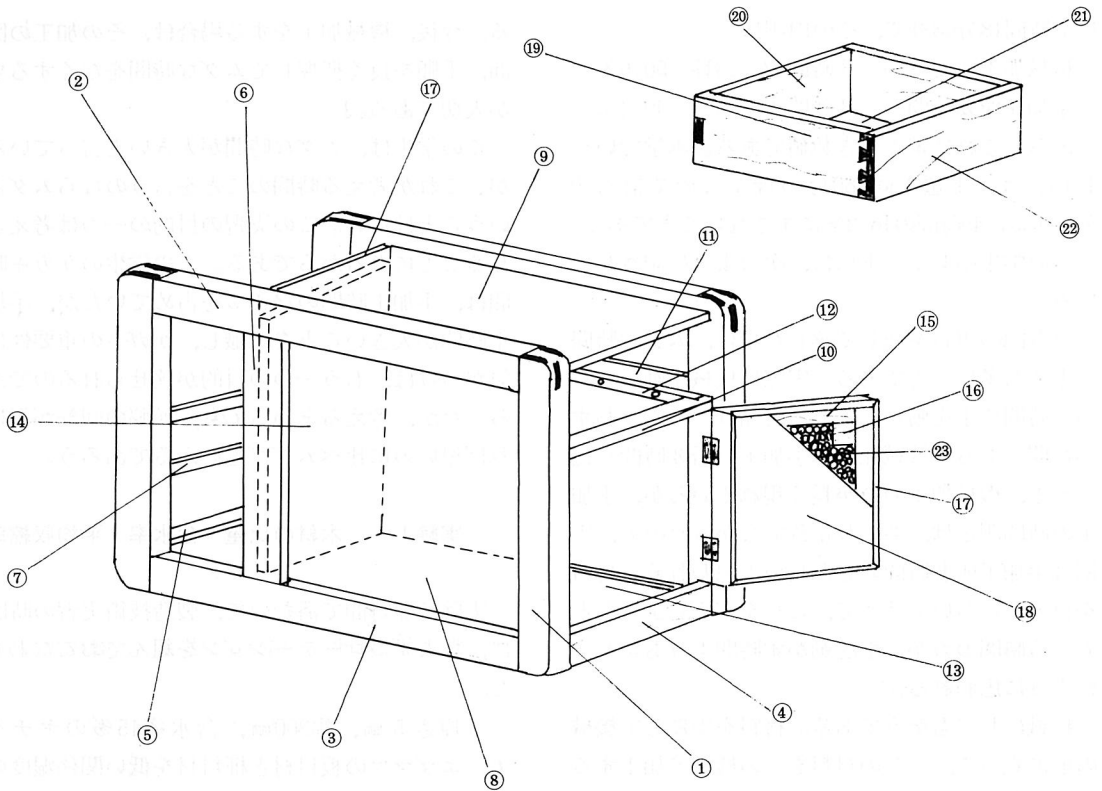
L型試験体は、厚さ21.5mm、幅50mm、長さ300mm、角<sup>ほぞ</sup>納の厚さ9.5mm、長さ30mm、幅36mm、楕円<sup>ほぞ</sup>納の厚さ10mm、長さ30mm、幅36mm、ダボ径10mm、長さ50mm、ダボ孔径9.8mmで工場顕微鏡<sup>かん</sup>で嵌合度を測定させた。接着剤は、ユリア・酢<sup>ほぞ</sup>ピ混合接着剤を用いた。

#### 課題V サイドワゴンの製作

課題I～IVは、前期15週でおこなったが、課題Vは、この一課題のみに後期15週を充てることにした。課題Vは、図に示したサイドワゴン（透視図、部品名称、部品寸法）を木取り作業から始めて完成させ、工程ごとに作業時間をストップウォッチで計測記録し、作品とともに製作所要時間と考察についてレポートを提出するものである。

この課題で用いた機械工具は、両刃のこ、スコヤ、曲尺、手じめクランプ、かんな、クロスカットソー、リップソー、自動一面かんな盤、手押かんな盤、丸のこ盤、木工ボール盤、ワイドベルトサンダ、ダブテールマシン、電動トリマ、角のみ盤、<sup>ほぞ</sup>納取り盤、ボーリングマシン、面取り盤、ルータなど本学第1実験館設備機械のオールスターキャストである。扉の軽量合板をつくったホットプレスも追加しなければならない。

ある学生のレポートによると、加工所要時間



サイドワゴンの透視図

部品仕上がり寸法表

部品番号	部品名称	使用材 種類	規格			数量	部品番号	部品名称	使用材 種類	規格			数量
			L mm	W mm	T mm					L mm	W mm	T mm	
1	袖縦框	ブナ	440	37	20	4	13	底板	シナ合板 ランバーコア	504	300	6	1
2	袖上框	"	550	37	20	2	14	仕切板 (中帆立)	"	394	298	12	1
3	袖下框	"	536	37	20	2	17	縁材	シナ	300	20	5	4
4	前框	"	290	37	20	1	19	引出し側板	"	300	80	12	2
5	後框	"	290	37	20	1	20	引出し向板	"	290	70	12	1
6	中框	"	426	35	20	2	21	引出し底板	シナ合板	293	276	3	1
7	貫	"	320	20	16	2	22	引出し前板	ブナ	290	80	17	1
8	羽目板	シナ合板	376	341	3	2	15	練芯	エゾマツ	} 軽量合板		1	
9	天板	シナ合板 ランバーコア	392	290	12	1	16	添木	"				
10	棚口	ブナ	320	30	12	1	18	扉表面板	シナ合板				
11	引出し (アオリ止め)	"	290	30	8	2	23	ロールコア					
12	引出し (レール)	"	361	12	12	2							

は7時間18分58秒で、その内訳は

機械加工所要時間 3時間42分23秒 50.6%

手加工所要時間 3時間36分35秒 49.4%

である。これは驚くべき数値である。本学でいう15週とは、1週1回180分の授業なので計2700分、まさに45時間の16.2%にすぎないことである。

この学生のレポートには、次のように記されている。

『今回の実習を通じて感じた事は、ムダな時間がとても多いことである。実際に機械を動かしている時間や手を動かしている時間は、ほんのわずかな間である。機械加工と手加工の所要時間を比べると、機械加工の方が長く現れているが、手加工の時間測定は、あまり正確でなかったため、実際は手加工所要時間の方が長いと思われる。材料を目の前において「さて、これをどうしよう」と考える時間の方が、手を動かす時間よりも長かったように思われる。

機械にしてもそうである。材料を手にして機械の前に立って、「この材料をこの機械で加工する場合、機械をどのようにセットして、どう調整すればいいのだろう」と考える時間が長いのである。いざ機械を動かして切削する時間などは、ほんの少しなのである。一つの加工を終ったあともそうである。この次は、どの材料の加工をすると良いだろうと考えてしまうのである。すぐに次の仕事にうつれないのである。やはりこれは、すべての材料加工法、手順が頭に入っていないからであろう。一つが終わるたびに、次の仕事にうつるのに時間がかかるのである。頭の中に、完成図、部材の寸法、手順が入っていれば、このようなムダな時間を使わずにすんだのである。

図面さえ頭の中に入っていれば、機械加工に必要な時間は、ほんのわずかでいいのである。我々はこの材料を持ってから機械を動かすまでの時間をいかに短くするかが、作業をおこなううえで問題になると思われる。

加工の結果は、各部材のほんの少しの寸法狂いが、組立ての時、現れた所があった。加工する時の、ほんのわずかなズレが重なって現れるのであ

る。今後、機械加工をする場合は、その加工の図面、手順を良く把握してムダな時間をなくする事が大切である。』

この学生は、ムダな時間が大きいと言っているが、これが考える時間のことを言うのならムダということはない。この実習の目的の一つは考えさせることにあるからである。この学生のケガキ時間は、手加工時間の74.8%を占めていたが、手加工時間が大きいことを認識し、ケガキの重要性に気がつけば、もう一つの目的が達せられるのである。だが、考えるとといっても、頭脳の回転が遅ければ早いのに比べムダだといえるであろう。

### 実験 I 木材の比重・含水率・平均収縮率

実験は短時間で済むので、製造技術実習の時間に、数人ずつローテーションを組んでおこなわれた。

「厚さ5mm、幅300mm、含水率15%のヤチダモ、エゾマツの板目材と柾目材を低い関係湿度の環境に放置したところ含水率8%になった。このときの板幅は、それぞれ、いくらくらいか。」

NHKの面白ゼミナールの問題にしたいくらいだ。ウッディエイジの読者諸賢なら、この問題に対し、たちどころに解答できるであろうが、本学の学生は、ためらった。

そこで、厚さ5mm、幅30mm、長さ60mmに調整した完全な板目、柾目の試験片を用い、最初は工場顕微鏡で幅を測定、デジタル表示の数値を記録させ、ついで直示天秤で重量を測定、その後100~105℃のオーブンに入れ全乾にして、全乾時の重量と幅をもう一度測定し、それらのデータより、含水率15%のときの幅を基準として含水率1%に対する平均収縮率を計算すればよいのだが、学生の一人の計算値は

樹種	比重	平均収縮率
エゾマツ板目	0.35	0.29%
エゾマツ柾目	0.41	0.15%
ヤチダモ板目	0.52	0.27%
ヤチダモ柾目	0.56	0.17%

したがって収縮量は

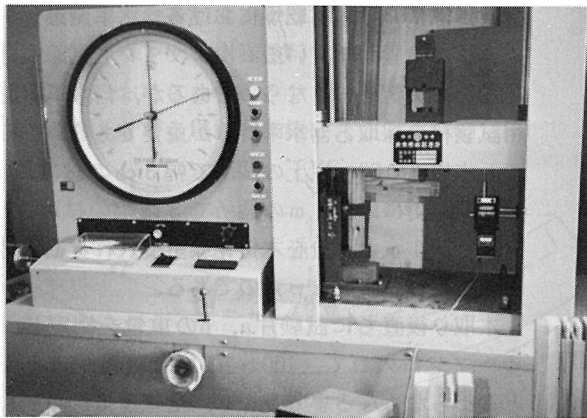
$$30 \text{ cm} \times (\text{収縮率}) \times \frac{15-8}{100} \text{ から}$$

樹種	収縮量
エゾマツ板目	0.609 cm
エゾマツ柾目	0.315
ヤチダモ板目	0.567
ヤチダモ柾目	0.357

となった。そこで問題の解答は、ヤチダモ、エゾマツともに板目では約6mmくらい収縮、柾目ではエゾマツが3mm、ヤチダモでは3.6mmくらい収縮するとすればよいのだが、学生諸君が実際に、みずから測定したのだから忘れないだろう。

#### 実験Ⅱ L型試験体の荷重実験

この実験では、5 ton木材万能試験機を用い、セットした試験体の接合面より20cm離れた位置に、垂直静荷重を2mm/minの速度で加えたときの荷重5kgごとの撓みをダイヤルゲージで読み、荷重との関係を線図に表し、その型と最大破壊荷重値を、角枘接合、楕円枘接合、ダボ接合の3種について、また、他の学生の結果と比べたり、接合部をSOFTEXで観察するなどして加工精度、嵌合度との関係を調べさせた。荷重のかかる木製



5トン木材万能試験機によるL型荷重試験

椅子の部材接合のデザインの理解を深めるためにこの実験をおこなった。

#### B 製造技術実習Ⅱ

##### 課題Ⅰ 単板積層材の製造

本学第1実験館に設備されているホットプレス(1m×2m, 1段, ラム30cm 2本, 電熱式)により厚さ30mmの単板積層材を製造, ユリア樹脂接着剤の必要量を調査させ, 圧縮圧力は次式で計算させた。

ゲージの読みG

$$G = \frac{\text{被圧体の面積} \times \text{単位面積当たり圧縮力}}{\text{ラムの面積}}$$

ただしGはホットプレスゲージの読み

##### 課題Ⅱ 集成材の製造とコマの製作

厚さ20mm, 5プライ, 幅11cm, 長さ60cmのブナ集成材を数本製造させた。接着剤は, ユリア・酢ビ混合(70:30)接着剤の必要量を調査させ, 加圧は門型手締めプレスで, 圧力の調整はトルクレンチでおこない,

トルクレンチの読みFL

$$FL = \frac{WD}{2} \cdot \frac{\pi fD + k}{\pi D - fk}$$

のように計算させた。

D: ネジの平均直径	4.4 cm
k: ネジのピッチ	1.3 cm
f: マサツ係数	0.2
W: クランプ力	kg
F: レバーにかかる力	kg
L: レバーアームの長さ	cm

十分な養生期間を経て, 製造された集成材で, コマを作らせた。その製作の要領は

- ①コマの形をどのようにするかデザインをする。
- ②手押かんな盤, 自動一面かんな盤で正方形をつくり, 10cm×10cm×10cmに鋸断する。
- ③表, 裏対角線の交点をセンターとする。

- ④正八角形のケガキをする。
- ⑤正16角形のケガキをする。
- ⑥センターに径3mmの孔をあける。
- ⑦32角形に切削，次第に丸味をつける。
- ⑧バランスを調べながら切削する。

という手順である。

「形がいくら良くても，少なくとも60秒以上回転しなければ独楽（コマ）とは言えないぞ」と再々警告した。

### 課題Ⅲ NCルータの操作と テーブルウエアの製作

学生の自由な発想によるテーブルウエアを，NCルータで加工し，作品とともにプロセスシートを提出させたが，NCルータの操作には多くの時間を充てた。実習は次の順序で進めた。

1. NCルータ用テープ作成における数学
2. 運転操作
3. 製品図面の作成（学生の自由な発想による）
4. NC用図面の作成
5. プロセスシートの作成
6. NCテープの作成
7. NCルータ加工

1～7を終了後，課題Ⅰで製造した単板積層材（学生一人当たり20cm×30cm）を用いてテーブルウエアを作らせた。切削のやりようによって人工木目が出ると面白いと思い，単板積層材を材料にしたのだが，学生の作品には，かなりの期待をした。

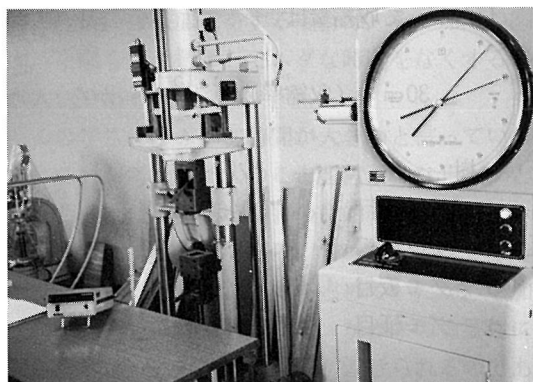
### 課題Ⅳ 木製椅子の強度試験

市販の木製椅子について

- ① 安定性試験
- ② 背荷重試験
- ③ 繰返し衝撃試験

により，強度的品質を調べるものである。

試験終了後，各接合部について接合方法，加工寸法，嵌合度を工場顕微鏡で詳細に測定，樹種の判定，比重，含水率，曲げ強さ，ヤング係数の測定をおこない，接合方法と材料強度から製品の品



10トン木材万能試験機による曲げ試験

質について学習させた。

なお，繰返し衝撃試験は，第1実験館に設備されている家具強度試験機で，つぎのようにおこなうのである。

- a. 水平な鋼板上の回転金具に後脚を固定
- b. 座面の中央に55kgの重錘を強く固定
- c. 背あるいは他の部分を引っ張って前脚下端を引きあげる。
- d. 引きあげた前脚を自然落下させる。
- e. cとdの操作を毎分25回の速さで4000回繰り返す。接合部と部材に，ゆるみ，はずれ，破壊等の異状がなければ合格とする。

したがって4000回まで異状がなければ，この試験だけで160分を要するから，1週1回180分の授業時間のほとんどを使うことになる。

### 課題Ⅴ 木材乾燥における含水率測定

本学に設置されているヒルデブランド高速木材乾燥機で実習をおこなうのであるが，含水率測定用試験材の採取と含水率計算が重要である。そこで，木口より30cm以上の個所で幅3cmの試験片aを切断，更に，約1mの個所で3cm幅の試験片bをとり，1mの部分木材乾燥室へ入れる試験材とする実習をおこなったのである。

木取り後直ちに試験片a，bの重量を測定し，オープンに入れて，100～105℃で重量がほとんど変わらなくなるまで乾燥し，全乾重量を測定して含水率を



試験片の含水率(%)

$$= \frac{\text{乾燥前の重量 (g)} - \text{全乾重量 (g)}}{\text{全乾重量 (g)}} \times 100$$

により算出する。

また、1m試験材の推定含水率は

1m試験材の推定含水率

$$= \frac{\text{試験片 a の含水率} + \text{試験片 b の含水率}}{2}$$

として算出し、これより1m材の全乾重量は

$$1\text{m材の推定全乾重量} = \frac{\text{乾燥前の重量}}{1 + \frac{\text{推定含水率}}{100}}$$

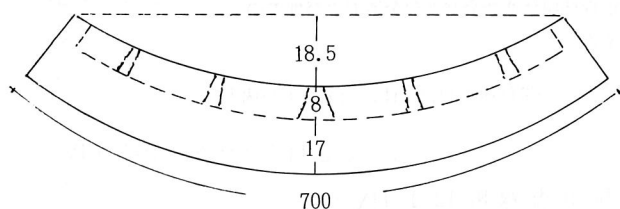
として算出する。

推定でも、全乾重量が分かれば、乾燥スケジュールに対応して、所定時間ごとに重量を測定し、経過時間ごとの含水率を計算しながら乾燥を進めることができる。

時間に制約されたカリキュラムの中で、製造技術実習Ⅰ、Ⅱを履習した学生は、木材の収縮、膨張する性質、ことに、木材の異状な変形に大きな関心を持った。

NCルータで加工するために、幅700mm、繊維方向の長さ500mmの横長のカバ材が必要になったが、入手できなかったので、購入した乾燥材3枚の板を接着剤によって接ぎ合わせ、厚さ25mmにプレーナで仕上げた。

NCルータで、樹木のデザイン(枝がつぎつぎに分岐する姿)を加工する際、筋彫りと浮かし彫りを作り、ウレタン樹脂塗料で塗装した。この作品は、翌日おこなわれるコンピューター展示会の参考資料として会場の壁に掲げた。



浮かし彫り製品の変形

翌日、会場に行き、あっと驚いた。壁に掲げるときには異状なかったのに、浮かし彫りの作品が図のように変形しているのである。削った深さは8mmで、湾曲最大深さは18.5mmにもなったのである。

どうして変形するのであろうか。「ウッディエイジ」の読者諸賢はどのように考えますか?。このような体験をしたことがありますか?。

「参考書(木工:平井信二監修,朝倉書店)には、手押かんな盤で切削後、切削面を背にして湾曲変形する応力を生ずることがあると説明されているが」と、2,3の学生が言った。

「あれは、表層の低含水部分がカットされ、内部の高含水部分が露出する例だが、この場合はちがうぞ」

「乾燥末期に必要な調湿処理が十分でないからだ」

「応力転換期を過ぎ逆転した応力が、大きいまま残っているからだ」

「しかし、こんな変形が生ずるようでは、木材のこの種の工芸的利用の道を、みずから阻んでいくことになる」

「デザイン学科の学生の信頼を裏切るようでは全く困ったものだ。早速、このメーカーに、人工乾燥末期の調湿処理を十分におこなって、歪<sup>ひずみ</sup>を極力少なくするように申し入れなければならぬ」

「木材乾燥の品質管理を徹底するようにとね」  
実習の終わりにかわした学生との2,3の対話を記し、この稿の終わりとした。

#### 付記

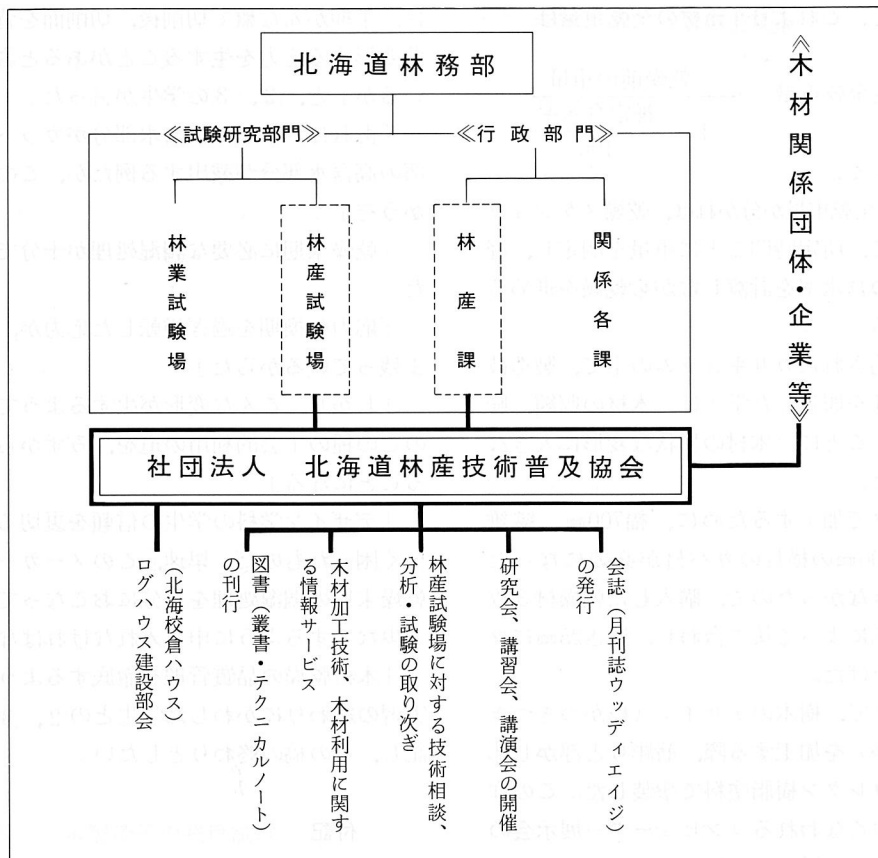
製造技術実習で木材の性質を知り、木材切削の技を高めた学生の中には、木材の強度に関心を高めるものもあり、これまで揺り椅子(短尺材のミニフィンガー接合)「揺動部材」の強度、椅子—そのデザイン(16mm角材の組合わせ)と強度、カラマツ材の楕円納接合(適正嵌合度の追求)実験などをテーマとする卒業研究がおこなわれている。

## 木材の新時代をおとどける

### 『社団法人 北海道林産技術普及協会』のごあない

(社) 北海道林産技術普及協会は北海道立林産試験場の研究成果を広く木材業界に普及する目的で昭和28年に設立されました。

爾来30有余年、林産試験場や関係行政機関の強力なバックアップとご指導をいただきながら民間企業のかけ橋として木材工業の技術力向上、新しい技術の普及および人材養成など木材産業全般にわたる振興のために幅広い活動をつづけております。



当協会は会員の会費によって運営されております。

#### 特別会員

北海道木材協会、北海道森林組合連合会などの全道および地方の木材関係団体や有力企業等。

#### 通常会員

林産協同組合、森林組合などの単位組合や自治体、企業および個人。

事務所 〈〒070 旭川市緑町12丁目〉  
北海道立林産試験場内  
電話(0166)51-1171番(内線51)