

北海道材のドリルによる穴あけ加工性(2)

- ドリルの寿命と穴あけの仕上げ状態 -

枝 松 信 之 長 原 芳 雄**

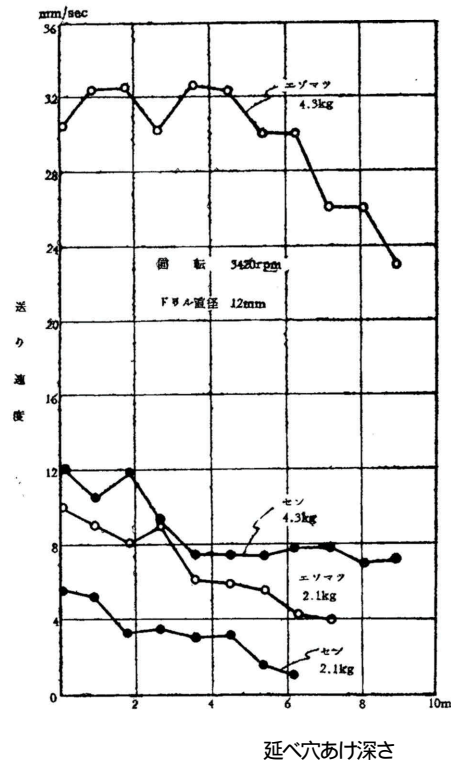
この実験は、木工工作におけるドリルによる穴あけ加工の作業標準を検討するための資料をう
ることを目的として行なったもので、前報(林産試験場月報または木材の研究と普及-4月号、
1966年)では、全般的な実験方法および道産材11種に対するドリルの切味についての実験結果に
ついて述べた。

本報では、道産材の穴あけ加工におけるドリルの寿命と穴あけ仕上げ状態についての実験結果
について述べ、前報の切味についての実験結果とあわせ考えて、道産材のドリルによる穴あけ加
工性およびその実用的な最適作業条件を検討する。

ドリルの寿命

穴あけ加工を続けていると、ドリルの切刃は摩耗して切味は低下し、切味を更新するために刃先を再研磨しなければならなくなる。このドリルの切味が変化して、穴あけ能率が低下するまでの穴あけ量または穴あけ時間をドリルの寿命という概念であらわすわけで、現場作業の能率向上と経済性に影響する重要な問題である。ドリルの寿命に影響する重要な因子としては、ドリルの材質の問題があるが、これに関連しては、超硬刃ドリルの実用性等について検討中であるので、今後にゆずることとし、ここでは一般的な供試ドリルを道産材の穴あけ加工に使った場合の切削にともなう切味変化の実態を実験的にたしかめ、それにもとづいて寿命の問題を検討した結果を述べることにする。

前報の切味試験の場合と同じ方法でドリルによる穴あけ加工をくり返し、切味の変化を調べた。まず、送り荷重の切味変化に対する影響を知るため、エゾマツおよびセンについて、2種の送り荷重による穴あけくり返し試験を行なった。その結果から延べ穴あけ深さと送り速度の関係を求めると第12図のようになる。これによれば、切味低下が明らかに認められる穴あけ量は、送り荷重によって異なり、エゾマツ、センともに、荷重が小さい方が早く切味が低下するようである。これは、荷重が小さいほど送り速度も小となり、回転切削によって穴あけを行なうドリル切刃の切込量は



第12図 送り荷重が異なる場合のくり返し穴あけによる切味の変化

は小となり、従って切刃の一定穴あけ量に対する延べ切削長が大となるためと考えられる。

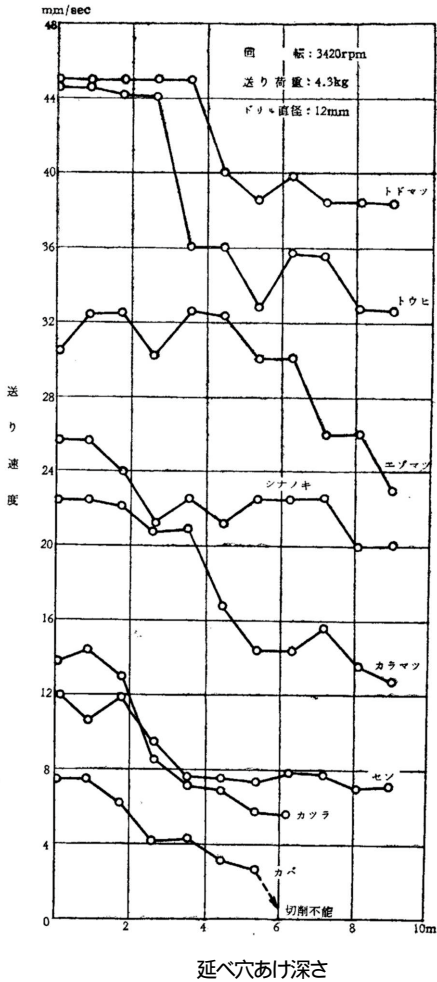
各樹種の切味変化を比較するための穴あけのくり返しを定速送りで行なえば、このような送り速度の変化にもとづく切刃の摩耗の差異を生じないが、定速送り

は実際約でないから、定荷重送りで穴あけをくり返すことにした。この場合、各樹種によって送り荷重を変えると、また上述のような影響があって、各樹種間の比較が困難になるので、全樹種について一定の送り荷重で実験を行なった。この一定の送り荷重をなるべく実用的なものに近くするため、実際の穴あけ作業における荷重を調べた。

穴あけ作業を含めた木材の切削加工になれている3人(A, B, C)に、この実験と同じボール盤、ドリル、被削材を使って、手送りによる穴あけ作業を行なってもらい、穴あけ時間を測定した。測定結果から求めた送り速度の値にもとづいて、前報で示したような送り荷重と送り速度の関係についての実験結果から、実際作業における送り荷重を推定した。その結果は第2表の通りで、作業者によってかなりの差が認められるが、毎分回転数3420の場合の送り荷重は、大体次のような範囲と推定される。

- 針葉樹材等加工容易なもの：2.5~4.0Kg
- カツラ等加工度中庸のもの：4.5~6.5Kg
- ミズナラ等加工困難なもの：7.0~8.5Kg

これらの数値を参考にし、軟材でも余り実際的でない大きな送り速度にならないように考慮して、すべての樹種の共通の送り荷重を4.3Kgとして、くり返し穴あけの実験を行なうことにした。第13図に実験結果を示す。



第13図 道産材についてのドリルの寿命試験結果

第13図をみれば分かるように、厳密に均質な供試材を多量に準備することが困難等の理由もあって、必ずしも観念的に考えるような切味低下の経過をたどってはいないが、どの樹種も、穴あけ量がある程度以上に達すると明らかな切味低下の状態を示している。このような切味低下を示す延べ穴あけ深さは、トドマツ、トウヒ、エゾマツ、カラマツ等の針葉樹材では3~6m シナノキ、セン、カツラ等では約2m、カバのような硬材では約1mで、カバは6m近くでいちじるしい切味低下と切削焼けを生じ、事実上切削不能であった。しかし、各樹種に対するドリルの寿命をはっきり示すには問題がある。たとえば、針葉樹材の場合、明らかな切味低下は認められても、その送り速度(切味)はセン、カツラ、カバ等の最初の送り速度よりもはるかに

第2表 穴あけ作業における送りの実例(毎分回転数3420)

被削材	作業者べつの送り速度(mm/sec)と送り荷重(kg)*						
	A		B		C		
	速度	荷重	速度	荷重	速度	荷重	
加工容易な もの	トドマツ	23	2.5	36	3.2	20	2.4
	エゾマツ	20	3.6	—	—	—	—
	シナノキ	20	4.0	—	—	—	—
加工度中庸の もの	ハルニレ	15	5.2	—	—	—	—
	セン	16	5.1	22	5.6	13	4.5
	カツラ	18	6.5	—	—	—	—
加工困難な もの	ミズナラ	13	7.0	20	8.6	13	7.0
	ブナ	12	7.2	18	8.3	11	7.0
	カバ	12	8.5	—	—	—	—

*各例とも3個以上の穴あけの平均送り速度で、この値にもとづいて前報の第3図に示したような実験結果から送り荷重を推定した。

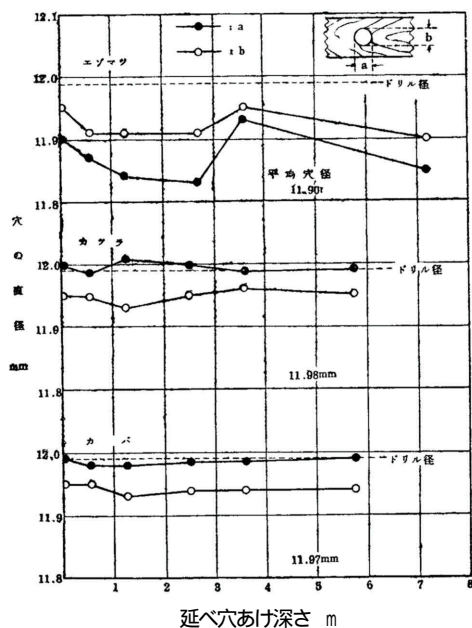
に高く、最初に比べての能率低下と多少の仕上げ状態の不良化を問題にしなれば、この実験において切削を中止した以上に穴あけを続けることが可能である。このように、木材の穴あけ加工では、切味低下を生じながらも、金工の場合^{5), 6)}のように、明らかな切削不能を生ずる時期が明確でないことが多いので、ドリルの寿命は作業目的によって異なるといえよう。しかし良好な能率と仕上げを望む作業管理を行なうには、被削材によって、明らかな切味低下を生ずる時期をドリル取り替え(再研磨)の時期とするように作業基準を決定することが必要なことはいうまでもない。

穴あけの仕上げ状態

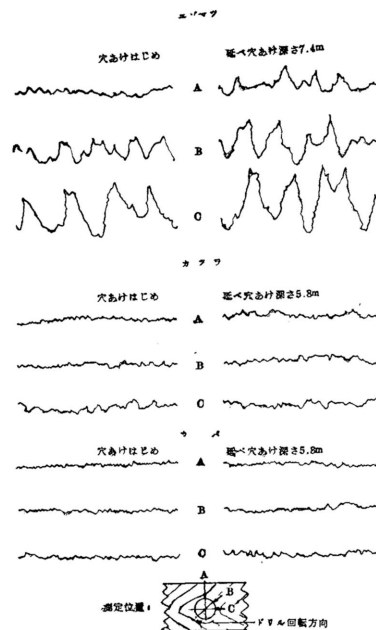
ドリルによる穴あけ加工性は、切味や寿命の性能で判断されるだけでなく、穴あけの仕上げ状態の良否が問題にされ、広い意味の切味という概念には仕上げ状態の良否がふくまれる。これを判断する基準は、加工の目的によって定められなければならないが、一般的には、穴の寸法精度、穴あけされた面のあらかさ、品質等が問題にされる。

前述したドリルの寿命についての穴あけ試験を行なった際、エゾマツ(軟材)、カツラ(中庸の材)、カバ

(硬材)について、その穴の寸法精度を検討した。寸法としては、20倍に拡大した穴の投影図について、繊維方向およびこれに直角方向の直径を測定した。測定結果を第14図に示す。この結果から、どの樹種でも、繊維方向の直径(a)とこれに直角方向の直径(b)とは若干大きさが異なり、エゾマツでは $a < b$ 、カツラおよびカバでは $a > b$ であることが分る。カツラ、カバのaの値は、ほぼドリルの直径と一致し、bは多少小さいが、エゾマツではa, bともにドリル直径より0.05~0.15mm程度小である。また、くり返し穴あけによる穴径の変化は、材が硬いほど小さいようであるが、軟材の変化も一定の傾向を示すわけではない。第14図の実験の穴を穴あけ方向と平行に切断し、穴の内面3箇所をアラサメーターで調べた。その結果の一例を第15図に示す。第15図のプロフィールは、縦倍率200、横倍率10で、測定位置Aはドリルの切刃が繊維方向とほぼ平行な切削を行なっている所、Bは45°、Cは90°(木口面)の切削を行なっている所になる。第15図から明らかなように、同一送り荷重の場合、軟材に穴あけされた面のあらかさの大きさは、硬材に比べていちじるしく大きく、延べ穴あけ



第14図 くり返し穴あけにともなう穴の直径の変化 (送り荷重4.3kg, 毎分回転数3420)



第15図 穴あけした面のあらかさ(第14図の実験の穴)

第3表 穴あけ仕上げの評価基準

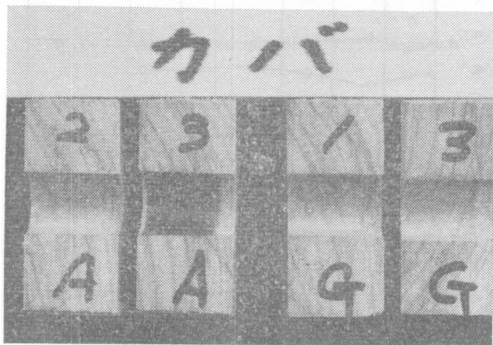
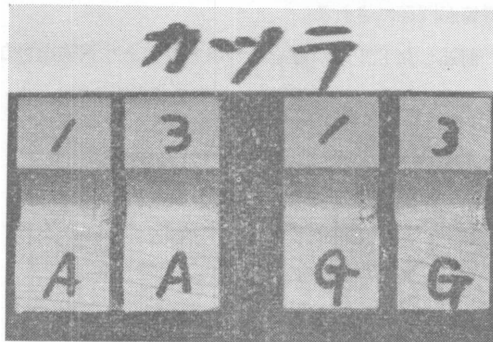
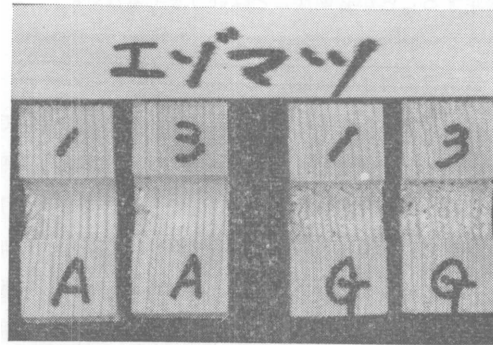
欠点の種類		各欠点についての評価基準	穴あけ仕上げ評価基準*
穴の内面	① 欠け	(欠点の程度) (評価点)	(各欠点評価の合計) (等級)
	② 切り残し	ないもの…………… 4	25~28… I (良好)
	③ 逆目, けば立ち	きわめて軽微なもの… 3	18~24… II (ほぼ良好)
	④ 切削焼け	小部分のみ顕著なもの… 1	11~17… III (不良)
材裏面の表穴	⑤ 欠け	顕著なもの…………… 0	10以下… III (きわめて不良)
	⑥ 切り残し		
	⑦ 逆目, けば立ち		

*ただし、「顕著なもの」と評価される欠点があるときは、この基準による評価結果より1等級下げる。

表に示す基準にもとづいて実施した。道産材のドリルによる穴あけ仕上げ状態の評価結果を、送り荷重および回転数べつに示せば第4表のようになる。また、

深さが増大し、ドリルの切味が低下すると、さらにあらさは増すことが認められる。また、測定位置によってあらさが異なり、平行切削(A)が小さく、木口面切削(B, C)が大きいことは、繊維方向に対する切刃の切削性^{7), 8)}からいっても当然と考えられる。

一般的な穴あけ仕上げ状態の良否についての傾向を知るため、直径12mmのドリルで、切味試験の全条件の穴あけを行ない、穴あけ仕上げ状態を肉眼的に観察、評価した。この場合の評価は、被削材によって適当な基準⁹⁾を定める必要があるが、この実験では第3



第4表 穴あけ条件と仕上げ状態(ドリル径12mm)

送り荷重 kg	毎分回転数	材種										
		トドマツ	トウヒ	エゾマツ	カラマツ	シナノキ	カツラ	ハルニレ	セシヤ	ミズナラ	ブナ	カバ
2.1	610	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○
	3420	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
3.0	610	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3420	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○
3.6	610	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3420	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4.3	610	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3420	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.2	610	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3420	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5.8	610	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3420	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6.4	610	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	1450	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	3420	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

注：○—I (良好)
 ○—II (ほぼ良好)
 ○—III (不良)
 ●—IV (きわめて不良)

第16図 穴の縦断面の状態の例(送り荷重: A - 2.1kg, G - 6.4kg, 毎分回転数: 1 - 610, 2 - 1450, 3 - 3420) エゾマツGは切削面があれで不良, カバA - 3は焼けて不良

その穴縦断面の実例写真を第16図に示す。

第4表の結果から、実験条件の範囲内の穴あけ加工では、仕上げ状態の傾向は、次のような3つの樹種グループに大別されることが分る。

Aグループ：針葉樹材（トドマツ，トウヒ，エゾマツ，カラマツ）

Bグループ：絶乾比重0.55以下の広葉樹材（シナノキ，カツラ，ハルニレ，セン）

Cグループ：絶乾比重0.6以上の広葉樹材（ミズナラ，ブナ，カバ）

Aグループの仕上げ状態は、送り荷重を増すほど不良になり、同一荷重では、回転数が低い方が悪く、穴あけの良好な条件の範囲（穴あけ良好領域）は、

エゾマツ>トドマツ>トウヒ=カラマツ

の順に大きい。Bグループの場合も、荷重を増すほど仕上げ状態は不良になるが、同一荷重では回転数が高い方が悪くなる傾向が認められる。Bの各樹種の穴あけ良好領域は、すべてAの樹種よりはるかに大きく、

カツラ>セン>ハルニレ>シナノキ

の順になる。Cグループの場合は、低荷重では送りがきわめて小となり、焼けを生じやすく、このような欠点は、同一荷重では回転数が高いほどひどくなる。この実験の範囲では、Cの各樹種の仕上げが不良になる送り荷重の上限が分らないが、下限のみで穴あけ良好領域を判断すると、

ミズナラ>カバ>ブナ

の順になる。

第4表では、穴あけ条件を送り荷重と回転数によって示したが、各条件の送り速度は、すでに述べた前報の第5図から毎回転の送り量を推定することによって求められる。第4表の結果を実際の穴あけ作業と対比して考えるため、すでに述べた第2表と同様にして調べた穴あけ作業における回転数べつ送りの実例を第5表に示す。

実際の作業では、加工目的によっても異なるが、一般的には、穴あけ能率と仕上げ状態のことをあわせ考えながら穴あけ作業が行なわれる。第5表において、同一作業でも、樹種や回転数によって送り荷重を変えていることは、このことを裏付けるものであろう。しかし、第5表の実例をみると、必ずしも穴あけ良好

第5表 穴あけ作業における送りの実例（回転数べつ）

被 削 材	毎 分 回 転 数	作業者べつの送り速度(mm/sec)と送り荷重(kg)*					
		A		B		C	
		速度	荷重	速度	荷重	速度	荷重
トドマツ	610	11	5.2	12	5.5	9	4.6
	1450	15	3.7	14	3.6	16	3.9
	3420	23	2.5	36	3.2	20	2.4
セ ン	610	7	8.5	11	10.2	6	8.2
	1450	12	8.5	13	8.8	11	8.1
	3420	16	5.1	22	5.6	13	4.5
ブ ナ	610	5	8.4	8	10.0	4	7.8
	1450	9	8.2	10	8.6	7	7.5
	3420	12	7.2	18	8.3	11	7.0

*第2表と同様にして求めた。

領域で作業が行なわれているとは限らないようである。たとえば、第5表のトドマツの場合、高回転数ではほぼ良好領域で作業されているが、低回転数で良好な仕上げをうるには、第4表に示すようなもっと低荷重（低速送り）の領域で作業することが必要である。また、センの場合、高回転数ではもっと荷重を大にする余地があり、低回転数ではこれ以上荷重を大にすると、仕上げ不良化の恐れが推定される。ブナの実用荷重は、すべて第4表の実験の荷重範囲をこえているが、作業結果はほぼ良好な仕上げをえているので、この程度まで荷重を加えても仕上げには支障がないことが分る。

むすび

ドリルによる穴あけ加工についての実用的な資料をうる目的で実施している実験結果のうち、北海道産主要樹種の穴あけ加工性について2報にわたって述べた。これらの木材の穴あけにあたっては、穴あけ能率、穴あけした面の状態、ドリルの寿命などを考えあわせて、良好な穴を能率よく穴あけしうるように、最適作業基準を決定することが必要である。そのためには、前報および本報に述べた実験結果を参考にして、ドリルの回転数と送りとの組合わせを適当に定めればよい。

文 献

- 5) 田中重芳，斉藤勲男：『切削技術綱要』，産業図書（1956）
- 6) JIS B4301，4302およびB4312参考（1958）
- 8) 森 稔，星 通：プレナーによる木材の面仕上げ（ ）仕上げ面の品質におよぼす切削条件の影響，林業試験場研究報告160（1963）
- 9) 塚田為康：高分子材料の穴あけにおける被削性，高分子14，161（1965）