



所

感

帯鋸の腰入について

久野陸夫
土肥修

今日、木材加工に関する技術はかなり進歩し、各種の加工技術が採用されて居るが、中でも木材を直接刃物で切削、破碎する、所謂機械的加工法は広く利用されて居る。一般的に機械的加工法と言へば、機械的エネルギーによる加工の意で、器具を用い、人の手によつてする作業も含まれるが、何と言つてもその処理する材料の量、経済性、将来性等の点から機械を用いる加工即ち機械加工が最も注目を引く。

所が、此の方面の技術は従来、学問的研究の裏付けが乏しく、専門の研究機関や研究者の数も以外に少ない。かくの如く木工機械関係の学問が遅れている理由は、それが林学と工学の両分野に亘るものである為、その両方の専門家の協力が必要であるにかかはらず、従来とかく林学の人だけにまかされ、工学の人が無関心であつた事や、此の方面に関係する企業が主として中小企業体によつてなされ、従つて将来に対する基礎的研究を行う迄の余裕もなかつた所にあると考えられる。此の分野の発展を望むには、先づ木工機械関係の技術を学問的体系にまとめ上げ、林学と工学の提携により専門の分野として完成し、有望な人材をこの部門に集め、研究機関、製作者、使用者が一体となつて基礎と応用の研究をおし進めなければならない。

帯鋸も、その利用の範囲は広いに拘らず、之に関する技術は多くの未知の問題を残しており、まだ理論の完成は見られない。例えば腰入量を如何にきめるかの問題も、腰入の基礎理論が出来なければ、いつ迄も経験と勘の技術から抜け切れないもので、一たんその理論を数式によつて表現し得れば、それにもとづき、いろいろな条件（例えば機械や鋸、更に木材の種類や状態）に応じて妥当な腰入量を計算することが出来、機械や鋸の能力一杯の仕事をする事が可能となるであろうし、ひいては、機械や鋸その他附属機器の欠陥を指摘してその改良進歩をうながし、作業能率や製品精度の一層の向上が望まれるわけである。かかる例は、木工機械の多くの場合に見られる所であろうし、機械工学の観点から考察して解決の糸口を見出せるものも少なくないと考えられる。

筆者が北海道製材技術研究会長北村義重林博の要請で、帯鋸の腰入に関する研究を始めてからまだ数年にしかならないが、此の分野の問題が極めて多く、又複雑困難である事に驚き且つ興味を感じて居るもので、現在のところ、ようやく腰入が如何なる役割を果して居るか、又その量が如何なる事項によつて定められるべきかを理論的に解明し、数式によつて表現し得る段階に来た所である。幸にして業界の協力も得る事が出来、富士製作所からは帯鋸盤及び附属機器一式を貸与せられ、更に北海道製材工具KK及び丸源製鋸所からは試験用帯鋸を寄贈せられたので、引続き実験的研究を進め得る見通しがついた。

此の機会に紙上を借り、現在迄の筆者等の研究の内容を紹介し、解説を試み所感を述べたい。

一体、腰入の必要な理由はどこにあるかと言うと、鋸がブリー上に安定して走行し、送り力がかかっても著しく前後に移動せず、振れ挫損を起さず、更に切削熱によつて鋸に不均一な温度分布が生じても鋸の安定が保たれて、満足な製材作業が行える為で、テンション、バックの与え方は、歯形の問題と共に帯鋸の寿命、製材能率、製品精度に重大な影響がある。尤とも機械の精度不良、各部の磨耗、振動等が望ましくないのは勿論、鋸の厚さや鋸の仕上精度、腰入の均一度等にも充分意を用いる必要である。

第一に、帯鋸がブリーの上に安定して走行する現象は、鋸とブリーの面との摩擦抵抗だけで解決する事は出来ない。例えば、平なベルトを平なブリーにかけた場合、ベルトは決してブリーの上に安定せず僅かな横方向の力を与えただけでどこ迄も移動するもので、鋸がブリーの上に留まつて、切削の送り力がかかっても僅か移動して又安定の位置にとまるのは、ある緊張力をかけた時、テンションの為に鋸が歯前と背の二線にブリーに接触し、この接触力によつて鋸が曲げモーメントを受けて、ブリーにかかる点で常にブリーの軸に直角な方向にむく様な状態に保たれるからである。このモーメントは、ブリーと鋸との接触位置によつて変り、更にテンションやバックの強

さ、鋸の幅の影響をうける事が明かとなつた。プーリーへの入り口において鋸のうけるモーメントを左右するものは、更に送り力、緊張力、鋸の厚さ、幅、プーリーの径、上下プーリーの距離、切削する木材の中心と上のプーリーとの距離、腰入量即ちバックの強さ、テンションの強さ、上下プーリー面の平行度と平直度の狂い（円錐面でないこと、製作誤差や消耗による凹凸の度合）、据付けに際しての上下プーリーの位置の出入り及び振れ、傾きであつて、之等は計算にのせる事が出来る。故に、以上の変数のうちどれか1つでも変化すれば、鋸のうけるモーメントが変化し、鋸のプーリーに入る方向が変わるから、新にそのモーメントと釣合つてプーリーの軸に直角な方向を向く様にプーリーの上を多少移動して新しい接触点で安定する事になる。言いかえれば、以上あげた値のどれか1つ変つても、鋸は出入りして新しい安定の位置に移るのである。以上の事を数式で表わし、諸量の間関係を示したのが、筆者達の既に発表した鋸の走行安定条件式である。（詳細は北大工学部研究報告第10号昭和29年5月を参照のこと）

第二は切削熱の問題である。歯前の温度がその為に上ると歯前が急激に伸び、バックが弱くなる。従つてその分だけ鋸の安定の位置が変わるので、予め計算に入れてバックを強目に入れなければならない。切削熱による温度上昇は正確な測定が困難で、筆者もまだ成功していないが、バックの計算に必要なのは単なる表面温度ではなく、厚さ方向の平均温度であつて、いろいろの面から考えて、普通の作業状態では数十度程度と推定している。

第三は、鋸の挫屈及び疲労強度の問題である。バックの緊張力、プーリーの傾き角のとり方によつて、プーリーに張られた鋸が強くも弱くもなり、歯前の張りが弱い時は、木材の押す力に負けて横に倒れ（此の現象が振れ挫屈である）、挽き曲りが起る。それでは鋸を強く張ればよいかという、鋸の強さの点から制限される。即ち、鋸はプーリーで張られた上に車の上で毎分1000回程度繰返し曲げられるのであるから、あまり強く張る事は、長い間に鋸に龜裂を生ぜしめ、破壊に至る（此の現象を疲労という）原因となる。従つて腰入のきめ方は、緊張力のとり方と共に、挫屈強度と疲労強度の両方の要求から制限され、自ら一定の範囲に収めなくてはならぬ。振れ挫屈については既に北大工学部研究報告第10号に発表し、疲労については現在研究中で、近く学界に発表の予定である。面白い事に鋸は、或る程度腰入作業を施す（ローラーで圧延する）と疲労に対して強くなるが、余り強く圧延するとかえ

つて弱くなる事がわかつた。腰入作業のあり方も、この様な面から再検討の必要が生れそうである。

以上の様な事から、バックやテンションの入れ方及び緊張力のとり方が適当でないと、鋸の位置を作業に適当な所に留める事が出来なかつたり、送り力がかかつた時著しく後退したり、切削熱の為に甚だしく前進したりして満足な結果は得られない。のみならず、鋸身の寿命を短かくする恐れがある。もつとも、上のプーリーの傾きを変える事によつて鋸を出入りさせる事は可能であるが、切削力や切削熱による出入りの度毎にプーリーの傾きを変えるわけにはいかない。

バックやテンションを選ぶには、実に多くの因子を考慮に入れなければならないものであるから、例え同じ種類の、同じ大きさの木材を、同じ条件で挽くにしても、甲の機械と乙の機械とでは、プーリーの径や上下プーリーの出入り、振れ又はプーリーの円錐度、表面の磨耗の度合、緊張力等が異なるであろうから、自ら腰の入れ方も変らなければならない筈であり、更に鋸の幅や厚さによつても異なる結果となるものであるから、自己の使いなれた機械について満足な結果が得られたにしても、それと同じ腰の入れ方で、別の機械にかけて充分な結果が得られるとは考えられないと同時に、他の工場でよい結果が出たからと言つて、それをそのまま真似しても意味がない。他の工場の方法を参考にするのは結構ではあるが、その場合には、その機械の構造や据付及び各部の精度を自己のものとは比べ、その相違点を考慮に入れた上でなければならない。従つて挽立コンクールなどで、自分のこしらへた鋸を持参し、一つの機械にかけて成績を比較する様な場合には、よくよく試験機械の調子を覚えた上で、その機械に合せて鋸を作らなければ、日頃自己の馴れた機械で得られた様な成績は期待出来ない。極端に言うと、挽立コンクールの成績は、各自の腰の入れ方が、一つの試験機械に適當であるか否かを定めるだけで、日頃の腕を比べる事にならない恐れがあるのであつて、かかる意味で、現在の段階では挽立コンクールのあり方にも注意すべき問題がある様に思う。見方を変えて、優れた標準の機械をコンクール用に定め、試験の結果、機械の精度がいかに大切であるかを関係者に認識せしめ、各工場の機械設備を標準の線迄引き上げる様にする意味ならば大変結構であつて、例えば林業指導所に、腰入れから目立及び各種測定設備万端を揃え、各自がそれを自由に使つて鋸を作り、コンクールに出す様になれば、その効果は極めて大きいであろう。

腰入れの技術も、腰入機（伸整機）の精度、例えばローラーの偏心や上下ローラーの形状の不同などによつ

て大きく左右されるもので、精度が悪いと、一様なバツクやテンションを入れる事が困難であり、不均一な腰入では鋸の出入りも激しく、歯の寿命、作業能率、製品精度の低下を来す。そして、かかる機械の不備を技術で補うことは、余りにも大きい負担となる。同様のことは目立機についても言える事で、この様に考えて来ると、良好な結果を得ることは、もはや神秘的な手先の技術だけの問題ではなしに、製材に関する機械器具設備全体が、機構的にも又精度の点からも優れたものであることが必要な条件となる。従来の「木工機械」の考え方をすてて、「精密機械」並に各部の構造や精度をやまかましく言い、又その取扱いを与えなければならぬ時代が、間もなくやつて来るだろうし早くその様な時代になる事を切望する。

それに伴つて必要な事は、製材関係の技術者や工員が、機械工学の基礎知識を身につけるといふ事である。之なくしてはどんな立派な機械設備も、之を使いこなしてその能力を発揮させる事は望めない。機械材

料学、工作法、精密測定法、機構学並びに機械各部の保守に関する知識はさしあつて必要な科目である。此の問題について筆者の考えることは、大学の夏季休暇などを利用して、大学や林業指導所等の設備を借り各地からの受講者を集めて講習会を開くことや、専門家（研究者や実地の技術者）で構成される講師団を主要な地方に派遣して講習、実地指導、工場設備の診断を併せ行う事など、計画的に実施すれば極めて効果的だろうということである。

要するに技術というのはいかにして機械や設備をその能力一杯に、且寿命長く使つて優秀な製品を多く得るかということであり、しかもその基礎になるものは常に専門的知識であり学問である。此の方面にたづさはる人、志す人、特に若い人達の努力に大きな望みをかけて居る。

— 北大工學部 —

製材工場から機械メーカーに望む

小 熊 米 雄

製材という仕事は少くとも私自身にとつては、実に興味のある楽しい仕事の一つである。勿論この場合の製材の意味は広く、木材の物理的加工という点迄含むことと、その技術的な仕事の面を指すことであり、なお物事はすべて事業とする場合、経済的基礎からは離れることは出来ないのであるから、その限界はあくまで正常の場合を指すものであることも併せて御承知願いたい。

それでは製材について何が興味のある点かといふと：—

まず円筒形に形造られた丸太から四角の製材を作ること、こういふと幼稚な表現と思われるかもしれないが、この問題は木材の物理的加工の基礎であり、更に一般の丸太なるものは、決して理想的な發育をしているものではないので、ここに内部応力の問題が大きく取り上げられてくるものと思う。この場合も従来のように厚い鋸で低速度で製材する場合や、仕上面にそれ程の註文をつけない鉋盤、スクレーパー等では問題は少なかつたが、最近のように帯鋸盤で薄鋸を使用し、

その反面鋸速度が上昇してくると、鋸の刃先が例えば1%の木材を削り取ると考えた時、時間からしても恐らく60,000分の1秒ということになり、その仕事量は微細なものになるので、今までは問題にならなかつたような内部応力や、その他の抵抗等が比較的に影響をもつことになると考えられる。

この点は来るべき新しい時代の製材木工機の設計に当つて、再び考えられることを切望するものである。

次には、木材を吾々の目の世界からもつと倍率を大きくして、俗に言う顕微鏡の世界から見ることになると、この木材を切削して行く場合その中には、地球に向つてトンネルを掘つたり山を切り取つたりする場合と同じ様に、堅い岩脈や、膨軟な粘土層や、或は水脈がある様に、秋材部や、節或は腐朽部と硬軟取りまぜて刃物は切り進んで行く、その場合の刃先の仕事量の変化というものを想像してみると、実に甚だしいものと考えられるので、この瞬間的な力の変化が常に何等かの形で吸収されなければならない、勿論この結果として、切削体や、被切削体の振動等で現わされること

所感

帯鋸の腰入れについて

久野 陸 夫

土 肥 修

今日、木材加工に関する技術はかなり進歩し、各種の加工技術が採用されているが、中でも木材を直接刃物で切削、破砕する、所謂機械的加工法は広く利用されている。一般的に機械的加工法と言え、機械的エネルギーによる加工の意で、器具を用い、人の手によってする作業も含まれるが、何と云ってもその処理する材料の量、経済性、将来性等の点から機械を用いる加工即ち機械加工が最も注目を引く。

所が、この方面の技術は従来、学問的研究の裏付けが乏しく、専門の研究機関や研究者の数も意外に少ない。かくの如く木工機械関係の学問が遅れている理由は、それが林学と工学の両分野に亘るものである為、その両方の専門家の協力が必要であるにかかわらず、従来とかく林学の人だけにまかされ、工学の人が無関心であった事や、この方面に関係する企業が主として中小企業体によってなされ、従って将来に対する基礎的研究を行う迄の余裕もなかった所にあると考えられる。この分野の発展を望むには、先ず木工機械関係の技術を学問的体系にまとめ上げ、林学と工学の提携により専門の分野として完成し、有望な人材をこの部門に集め、研究機関、製作者、使用者が一体となって基礎と応用の研究をおし進めなければならない。

帯鋸も、その利用の範囲は広いに拘らず、これに関する技術は多くの未知の問題を残しており、まだ理論の完成は見られない。例えば腰入量を如何にきめるかの問題も、腰入の基礎理論が出来なければ、いつ迄も経験と勘の技術から抜け切れないもので、一たんその理論を数式によって表現し得れば、それにもとづき、いろいろな条件（例えば機械や鋸、更に木材の種類や状態）に応じて妥当な腰入量を計算することが出来、機械や鋸の能力一杯の仕事をする事が可能となるであろうし、ひいては、機械や鋸その他附属機器の欠陥を指摘してその改良進歩をうながし、作業能率や製品精度の一層の向上が望まれるわけである。かかる例は、木工機械の多くの場合に見られる所であろうし、機械工学の観点から考察して解決の糸口を見出せるものも少なくないと考えられる。

筆者が北海道製材技術研究会長北村義重林博の要請で、帯鋸の腰入に関する研究を始めからまだ数年にしかならないが、この分野の問題が極めて多く、又複雑困難である事に驚き且つ興味を感じているもので、現在のところ、ようやく腰入が如何なる役割を果しているか、又その量が如何なる事項によって定められるべきかを理論的に解明し、数式によって表現し得る段階に来た所である。幸にして業界の協力も得る事が出来、富士製作所からは帯鋸盤及び附属機器一式を貸与せられ、更に北海道製材工具 KK 及び丸源製鋸所からは試験用帯鋸を寄贈せられたので、引続き実験的研究を進め得る見通しがついた。

この機会に紙上を借り、現在迄の筆者等の研究の内容を紹介し、解説を試み所感を述べたい。

一体、腰入の必要な理由はどこにあるかと言うと、鋸がプーリー上に安定して走行し、送り力がかかっても著しく前後に移動せず、捻じれ挫屈を起さず、更に切削熱によって鋸に不均一な温度分布が生じても鋸の安定が保たれて、満足な製材作業が行える為で、テンション、バックの与え方は、歯形の問題と共に帯鋸の寿命、製材能率、製品精度に重大な影響がある。尤も機械の精度不良、各部の摩耗、振動等が望ましくないのは勿論、鋸の厚さや鋸の仕上精度、腰入の均一度等にも充分意を用いる必要である。

第一に、帯鋸がプーリーの上に安定して走行する現象は、鋸とプーリーの面との摩擦抵抗だけで解決する事は出来ない。例えば、平らなベルトを平らなプーリーにかけた場合、ベルトは決してプーリーの上に安定せず僅かな横方向の力を与えただけでどこ迄も移動するもので、鋸がプーリーの上に留まって、切削の送り力がかかっても僅か移動して又安定の位置にとまるのは、ある緊張力をかけた時、テンションの為に鋸が歯前と背の二線でプーリーに接触し、この接触力によって鋸が曲げモーメントを受けて、プーリーにかかる点で常にプーリーの軸に直角な方向にむく様な状態に保たれるからである。このモーメントは、プーリーと鋸との接触位置によって変り、更にテンションやバックの強

さ、鋸の幅の影響をうける事が明かとなった。プーリーへの入り口において鋸のうけるモーメントを左右するものは、更に送り力、緊張力、鋸の厚さ、幅、プーリーの径、上下プーリーの距離、切削する木材の中心と上のプーリーとの距離、腰入量即ちバックの強さ、テンションの強さ、上下プーリー面の平行度と平滑度の狂い（円筒面でないこと、製作誤差や摩耗による凹凸の度合い）据付けに際しての上下プーリーの位置の出入り及び捩れ、傾きであって、これらは計算にのせる事が出来る。故に、以上の変数のうちどれか1つでも変化すれば、鋸のうけるモーメントが変化し、鋸のプーリーに入る方向が変わるから、新にそのモーメントと釣合ってプーリーの軸に直角な方向を向く様にプーリーの上を多少移動して新しい接触点で安定する事になる。言いかえれば、以上あげた値のどれか1つ変わっても、鋸は出入りして新しい安定の位置に移るのである。以上の事を数式で表わし、諸量の間関係を示したのが、筆者達の既に発表した鋸の走行安定条件式である。（詳細は北大工学部研究報告第10号昭和29年5月を参照のこと）

第二は切削熱の問題である。歯前の温度がその為に上がると歯前が余計に伸び、バックが弱くなる。従ってその分だけ鋸の安定の位置が変わるので、予め計算に入れてバックを強めに入れなければならない。切削熱による温度上昇は正確な測定が困難で、筆者もまだ成功していないが、バックの計算に必要なのは単なる表面温度ではなく、厚さ方向の平均温度であって、いろいろの面から考えて、普通の作業状態では数十度程度と推定している。

第三は、鋸の挫屈及び疲労強度の問題である。バックの緊張力、プーリーの傾き角のとり方によって、プーリーに張られた鋸が強くも弱くもなり、歯前の張りが弱い時は、木材の押す力に負けて横に倒れ（この現象が捩れ挫屈である）挽き曲りが起る。それでは鋸を強く張ればよいかというと、鋸の強さの点から制限される。即ち、鋸はプーリーで張られた上に車の上で毎分1000回程度繰返し曲げられるのであるから、あまり強く張る事は、長い間に鋸に亀裂を生じせしめ、破壊に至る（この現象を疲労という）原因となる。従って腰入のきめ方は、緊張力のとり方と共に、挫屈強度と疲労強度の両方の要求から制限され、自ら一定の範囲に収めなくてはならぬ。捩れ挫屈については既に北大工学部研究報告第10号に発表し、疲労については現在研究中で、近く学界に発表の予定である。面白い事に鋸は、或る程度腰入作業を施す（ローラーで圧延する）と疲労に対して強くなるが、余り強く圧延するとかえって弱くなる事がわかった。腰入作業のあり方も、この様な面から再検討の必要が生れそうである。

以上の様な事から、バックやテンションの入れ方及び緊張力のとり方が適当でないと、鋸の位置を作業に適当な所に留める事が出来なかつたり、送り力がかかった時著しく後退したり、切削熱の為に甚だしく前進したりして満足な結果は得られない。のみならず、鋸身の寿命を短くする恐れがある。もっとも、上のプーリーの傾きを変える事によって鋸を出入りさせる事は可能であるが、切削力や切削熱による出入りの度毎にプーリーの傾きを変えるわけにはいかない。

バックやテンションを選ぶには、実に多くの因子を考慮に入れなければならないものだから、例え同じ種類の、同じ大きさの木材を、同じ条件で挽くにしても、甲の機械と乙の機械とでは、プーリーの径や上下プーリーの出入り、捩れ又はプーリーの円錐度、表面の摩耗の度合、緊張力等が異なるであろうから、自ら腰の入れ方も変らなければならぬ筈であり、更に鋸の幅や厚さによっても異なる結果となるものであるから、自己の使いなれた機械について満足な結果が得られたにしても、それと同じ腰の入れ方で、別の機械にかけて十分な結果が得られるとは考えられないと同時に、他の工場でよい結果が出たからと言って、それをそのまま真似しても意味がない。他の工場の方法を参考にするのは結構ではあるが、その場合には、その機械の構造や据付け及び各部の精度を自己のものと比べ、その相違点を考慮に入れた上でなければならない。従って挽立コンクールなどで、自分のこしらえた鋸を持参し、一つの機械にかけて成績を比較する様な場合には、よくよく試験機械の調子を覚えた上で、その機械に合わせて鋸を作らなければ、日頃自己の馴れた機械で得られた様な成績は期待出来ない。極端に言うと、挽立コンクールの成績は、各自の腰の入れ方が、一つの試験機械に適当であるか否かを決めるだけで、日頃の腕を比べる事にならない恐れがあるのであって、かかる意味で、現在の段階では挽立コンクールのあり方にも注意すべき問題がある様に思う。見方を変えて、優れた標準の機械をコンクール用に定め、試験の結果、機械の精度がいかに大切であるかを関係者に認識せしめ、各工場の機械設備を標準の線迄引き上げる様にすれば大変結構であって、例えば林業指導所

に、腰入れから目立及び各種測定の設定万端を揃え、各自がそれを自由に使って鋸を作り、コンクールに出す様になれば、その効果は極めて大きいであろう。

腰入れの技術も、腰入機（伸整機）の精度、例えばローラーの偏心や上下ローラーの形状の不同などによっ

て大きく左右されるもので、精度が悪いと、一様なバックやテンションを入れる事が困難であり、不均一な腰入れでは鋸の出入りも激しく、歯の寿命、作業能率、製品精度の低下を来す。そして、かかる機械の不備を技術で補うことは、余りにも大きい負担となる。同様のことは目立機についても言える事で、この様に考えて来ると、良好な結果を得ることは、もはや神秘的な手先の技術だけの問題ではなしに、製材に関する機械器具設備全体が、機構的にも又精度の点からも優れたものであることが必要な条件となる。従来の“木工機械”の考え方を捨てて、“精密機械”並に各部の構造や精度をやまかましく言い、又その取扱いを与えなければならぬ時代が、間もなくやって来るだろうし早くその様な時代になる事を切望する。

それに伴って必要な事は、製材関係の技術者や工員が、機械工業の基礎知識を身につけるという事である。之なくしてはどんな立派な機械設備も、これを使いこなしてその能力を発揮させる事は望めない。機械材料学、工作法、精密測定法、機構学並びに機械各部の保守に関する知識はさしあたって必要な科目である。この問題について筆者の考えることは、大学の夏季休暇などを利用して、大学や林業指導所等の設備を借り各地からの受講者を集めて講習会を開くことや、専門家（研究者や実地の技術者）で構成される講師団を主要な地方に派遣して講習、実地指導、工場設備の診断を併せ行う事など、計画的に実施すれば極めて効果的だろうということである。

要するに技術というのはいかにして機械や設備をその能力一杯に、且寿命長く使って優秀な製品を多く得るかということであり、しかもその基礎になるものは常に専門的知識であり学問である。この方面にたずさわる人、志す人、特に若い人達の努力に大きな望みをかけている。

- 北大工学部 -