HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 帯鋸の腰入. 第7報 : 帯鋸の温度分布と安定位置の移動 |
| Author(s) | 久野, 陸夫; 土肥, 修; 山下, 良雄 |
| Citation | 北海道大學工學部研究報告, 16, 95-103 |
| Issue Date | 1957-06-05 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/40599 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 16_95-104.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 帯　鋸　の　腰　入　(第 7 報)

## ——帯鋸の溫度分布と安定位置の移動——

久　野　陸　夫
土　肥　　修
山　下　良　雄

(昭和 32 年 2 月 28 日 受理)

## Stretching for Band Saw Blade (VII)

### Temperature Distribution and the Deviation of the Stable Position of a Saw Blade in Running

Rokuo KUNO
Osamu DOI
Yoshio YAMASHITA

**Abstract**

The temperature of a band saw blade during wood cutting is the most basic and important factors for the investigations of the stable running and stretching of the blade.

A band saw blade runs at the speed of about several dozens m/sec., and is rubbed by the cutting surface of wood and saw dust.

Furthermore, since the temperature itself of the blade is comparatively low in this case, the surface thermometer of radiation type may be the only one which can be properly used in measuring the temperature of the saw blade.

Before applying this type of thermometer to the case of wood cutting, however, preliminary tests are necessary because of its many complications and difficulties.

On the other hand, the authers have already established in the previous papers that the position of stable running of the blade can be determined by the factors as the feeding force, the temperature, the pulling force, the tension, the back and many other dimensions of the saw blade and the band saw machine, and the theoretical relations existing among these factors were given.

In this report, the authers show the temperature distribution in the saw blade measured with a surface thermometer of radition type.

The tested blades had no tooth, and were heated in one edge, respectively, passing through the heating elements of the electric muffle furnace. The temperature of the blade was obtained when it reached an equilibrium state.

The experimental results agreed fairly well with the theoretical relation between the temperature distribution and the deviation of the stable position of the blade on the wheels.

## 1. 序　　論

帯鋸が木材切削時，如何なる温度に加熱されるか，又如何る温度分布を示すかは，鋸の走行安定，ひいては腰入にも関係する基本的な問題である。

帯鋸は数10 m 毎秒程度の速度で走行し，しかも表面が絶えず繰返し木材切削面や鋸屑によつてこすられる様な状態にあるので，その表面温度の測定には，輻射型温度計に頼るのが最も簡便である。所が此の種計器は，その特性から，後述する様に種々めんどうな点をもつているので，周到な予備試験を必要とする。その意味で製材時の温度分布を測定する予備試験として，走行中の帯鋸を歯側から電熱で加熱しながら輻射型温度計を用いて鋸温度を測定し，同時に走行安定位置に及ぼす温度分布の影響を実験的に検討し，先に求めた安定の理論式と対照する。それらの結果をまとめて此の報告とした。

普通に使用されている帯鋸は，片側に歯をもち，他の側は無歯で鋸車上に乗つている。即ち片歯片掛の状態である。かかる場合の帯鋸の走行安定位置については，本研究の第1報[1]に於いて理論的計算式を導いた。之によると，帯鋸が安定に走行する場合の鋸車上の位置は，バック，テンション，送り力，温度その他帯鋸及び機械の種々な要素に関係する事が明らかで，それらの影響を定量的に定める事が出来る。今もし帯鋸の歯側から背にかけて直線的に温度が変化していると仮定してその温度差を $T$ とし，長さの方向には変化がないとすれば，そのために帯鋸のうける曲率の変化は $\alpha_1 T/h$ である。但し，$\alpha_1$＝鋸の線膨脹係数，$h$＝鋸巾である。実際の温度分布は巾に対して直線的ではない。歯側と背の温度差並びに温度分布は，一般にバックのみならず，テンションをもつけられている帯鋸に対して複雑な変形を与えるのであるが，簡単に考えて，実測の温度分布が判明すれば，之から叙上の直線的平均有効温度差 $T$ の大略の値が求まるから，バックの変化量が推定され，従つて安定走行する帯鋸の位置の変化が計算によつて出せる事になる。一方鋸の動きを実際に測定すれば，計算値と比較する事が可能であり，理論式の当否をも確める事が出来る。

最近，土肥[2]は両歯帯鋸の研究グループに加わつて，両歯帯鋸の走行安定の理論式を与えた。此の場合は，帯鋸の巾は鋸車巾より大であつて，鋸車両縁から乗り出してかかり，往復行程共同様に挽材せんとするもので，予めバックはつけぬ事を立前とするが，両縁に温度差を生ずれば，恰もバックがついたかの如く，鋸の安定位置は変る。両歯帯鋸に対しては，走行安定理論式が極めて簡単な形となり，上記の直線的平均有効温度差 $T$ を使つて，温度による鋸の動き $x_T$ は

$$x_T = -\frac{1}{U+Q}\frac{EI\alpha_1 T}{h}$$

で表わされる。但し，製材の送りの方向を正とする。$Q$＝緊張力，$I=bh^3/12$，$b$＝鋸厚，

$$U=\frac{Eb^{\frac{3}{2}}h_1^2}{\sqrt[4]{3(1-\nu^2)}\cdot\sqrt{a\cdot r}},\quad\text{(鋸が鋸車の両縁 2 線で接触する場合)}$$

$$U=U'=\frac{Ebh_1^3}{6arK},\quad\text{(鋸が鋸車の全面で接触する場合)}$$

$h_1$=鋸車巾，$a$=鋸車半径，$r$=テンション半径 (曲率半径 $a$ に於いて)，$K\fallingdotseq 1-1/\beta h_1$，

$\beta=\dfrac{\sqrt[4]{3(1-\nu^2)}}{\sqrt{ab}}$ である。

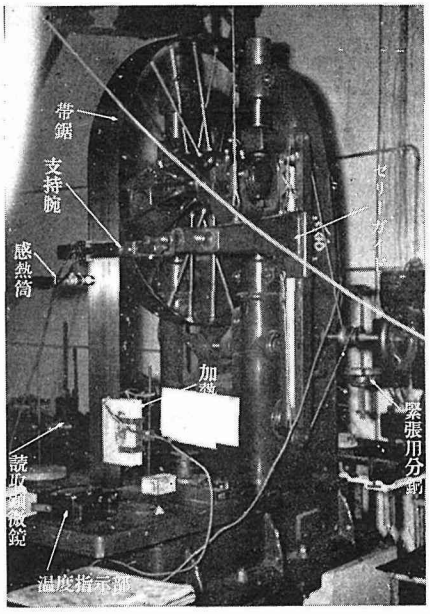
## 2.　実験装置及び方法

装置の全景は 写真—1 に示す。

### (1)　帯 鋸 盤

帯鋸盤は富士製作所製 O 型 42″ テーブル式で鋸車半径 $a$=533 mm (21″)，鋸車巾は上下共等しく $h_1$=111 mm，上下鋸車の軸を水平に，その両端面が夫々同一平面内に含まれる様に据付けた。此の位置から上部鋸車は，前後に傾ける事が出来る。

回転数 $n$ は，動力に 1/2 HP 誘導電動機を使い歯車式変速機を介して $n$=65，150 r.p.m. に変えた。実際の挽材作業時の回転数は 700–1000 r.p.m. であるが，此の実験に於いては回転方向を随時変更したり，測定の為鋸に接近する必要から，危険予防の為，上述の程度にとどめた。




写真—1　装 置 全 図

### (2)　帯　　鋸

帯鋸は 2 本使用した。数表—1 の如き諸量をもち，No. 1 は両歯，No. 2 は片歯の場合に相当する。何れも丸源製，炭素鋼で，歯は切つてない。

数表—1

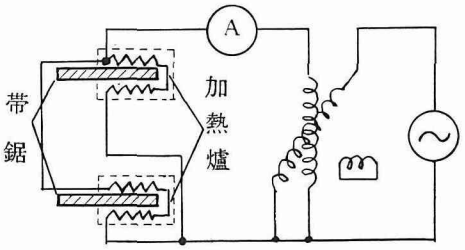
| No. 1 | 形　式 | $b$ | | $h$ | | $r$ | $R$ | $\alpha$ | $l$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 両　掛 | 21 BWG | 0.80 mm | 6″ | 153 mm | 10.3 m | ∞ | 0 | 1730 mm |
| 2 | 片　掛 | 20 | 0.85 | 4 | 102 | 3.5 | 250 m | 1.9/1000 | 1730 |

テンション測定の方法は，写真—2 に示す如く，曲率半径 $\rho$=1 m，2 m，巾 7″，弦の長さ 1.5 m の木型の曲面に鋸が無理なく沿う様に置き，巾の方向のふくらみをダイアルインヂケーターで測定してテンション半径を算出し，之から更に $\rho$=21″ に於ける値に換算した。換算式につ

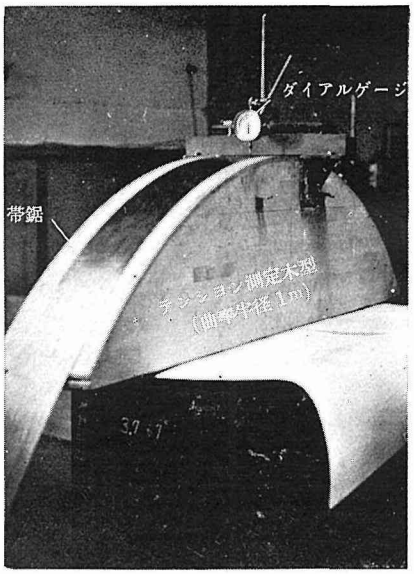
いては別の論文[3]を参照されたい。

鋸自由部分の長さ（上下鋸車軸間距離）$l$は，緊張力$Q$により多少伸縮するが，これを無視して$l=1730$ mmとする。両掛の鋸の場合，$a=0$で左右のover hangの量は等しい。

緊張力$Q$は，予め調整した分銅を用いて800, 600, 400kgに変えられる。




**図—1**　加熱装置結線



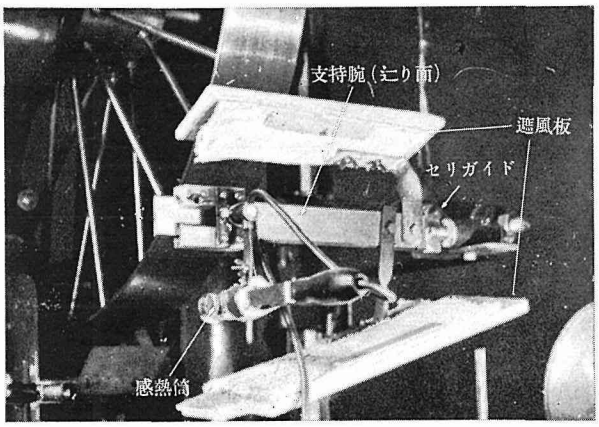

**写真—2**　テンション測定方法

### (3) 加熱方法

加熱には電気マッフル炉用加熱板を用いた。1本約4Ωのニクローム線を6列にはめ込んだ加熱板2枚を10 mmの間隔で対立させて組合はせ，図—1に示す様に直列に，別に必要に応じ，裏側にも同様のものを1組置いて互に並列に接続，写真—1にみる如く，上下鋸車の中央部で鋸の歯側を抱く様に置き，交流電弧熔接機の二次側両極につなぐ。何れの場合も電流は1組につき12.5 A流した。

### (4) 温度計感熱筒の取付

輻射型表面温度計は東京精工製最大目盛200℃で，感熱筒と指示部からなる。写真—3に見る如く，帯鋸盤のセリーガイドに腕をつけ，之に感熱筒の筒先を鋸面から5 mmの距離に保ち，且つ筒軸が鋸面に直角になる様に取付け，上下即ち鋸の長さ方向にはセリーガイド辷り面で，左右即ち巾の方向には，腕上の辷り面をスライドさせて，加熱板の中心（即ち鋸自由部の中央）から上に150 mm離れた点から上方，鋸車にかかる点迄の間，任意の位置に感熱筒を移動し得る様装置した。

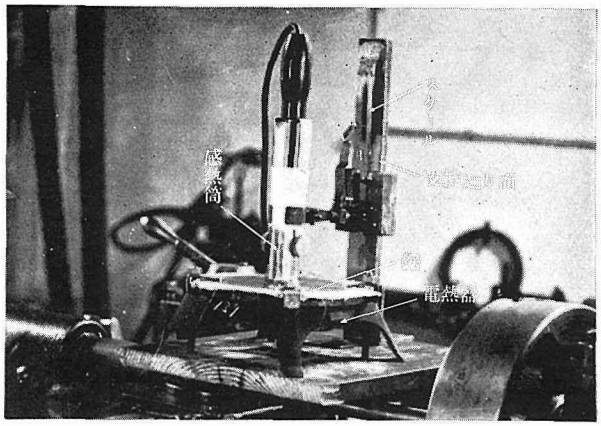



**写真—3**　感熱筒取付

### (5) 温度計の検定

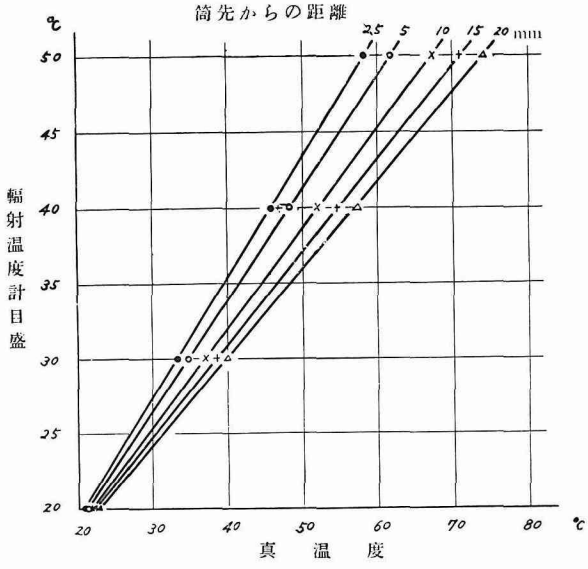
その特性から，輻射型表面温

度計の指度は被測定物の材質，その表面の状態（仕上の精度，酸化の度合，他の附着物の有無），感熱筒と被検物表面との距離，気流の状態，その温度によつて大きく左右されるものである。雰囲気の温度は，それが静止している時は大きな誤差を与えない。以上の事から，その検定，使用にあたつては細心の注意が必要である。




**写真—4**　検定装置

先ず検定は，使用の帯鋸と同様の材質の帯鋸を150 mm$\phi$の大さに切りとり，写真—4の様に鉄板とアスベストを重ねた裏から，電熱器で徐々に加熱し，試料の表面には中心と10 mmおき数点に，銅—コンスタンタン熱電対をハンダづけして，各点が一様温度に保たれる事をたしかめ乍らその温度と輻射温度計の読みとの関係を，試料の面と感熱筒軸を直角に保ちつつ筒先迄の距離を種々に変えて求めた。かくして，輻射温度計の読みと真温度との関係は，使用帯鋸に対し，図—2の如く得られた。




**図—2**　輻射温度計検定曲線

尚，試料とその加熱装置（電熱器）及び感熱筒は之を1体として旋盤の両センターに挟んだ軸に取付けてあるから，試料の面を水平，鉛直その他任意の位置に保持して検定する事が出来るが，結果は方向の相違による影響を殆んどうけない。又，試料表面の照明については，60 Wの電球で，400 mmの距離から照らして1℃位読みが増加する程度で，大きな誤差とはならぬが，測定時には，照明についても十分注意した。

次に気流については十分の注意が肝要である。感熱筒に熱風又は冷風を吹き込む時は，針は100℃位簡単に動く。即ち，気流及びその温度には極めて敏感である。此の影響をなくし，実測の際，加熱炉からの熱風を防ぎ，一定の読みを得る為に，写真—3の如く，筒の上下にアスベストの遮風板を設け，軽く鋸に触れる様，セリーガイドの腕に固定し，筒と共に上下し得

る様にした。

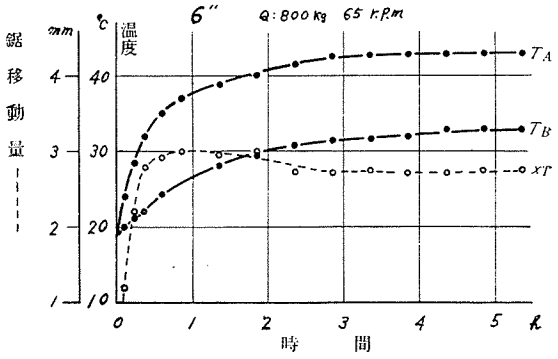
### (6) 鋸の移動量測定

一定速度で鋸車を回転しつつ加熱炉に電流を通ずると，加熱されて鋸は加熱側に移動する。鋸の各部温度が定常に達すると，鋸もその温度分布に釣合う平衡位置に安定して走行する。此の状態で鋸面各点の温度を順次測定すると共に，側面から，読取顕微鏡を以て鋸の位置を読む。

## 3. 測定結果及びその解析

### (1) 定常温度に達する過程について

鋸を回転しつつ加熱し，時間と共に安定位置がどの様に変るかを，1例として6″鋸につき加熱側からみて左回転の場合を示すと 図—3, $x_T$ の如くなる。即ち，炉の温度及び鋸の温度が上るにしたがい鋸は初め急速に前方(加熱側)に移動して来るが，動きは鈍くなり，やがて殆んど一定の位置に留まり，更に加熱をつづけると，徐々に僅か後退して遂に完全に定常の位置に来る。同時に，加熱炉中心から上方300 mmの位置で，鋸の前縁から17 mm, 126 mmの2点の温度を示すと，夫々 $T_A$, $T_B$ の如くなる。これから，加熱と共に歯前と背の温度差は，初め増大し，$x_T$ の極大点でその温度差は最大となることがわかる。これ以後 $x_T$ が減少するのは，歯前に比べて背の方が幾分早く昇温する実験的傾向と，重要な関係がある。



図—3

以上の様に，帯鋸の温度が上昇するに際し，一方鋸車も鋸から受熱して昇温するから，帯鋸の温度が最終的に定常に達する時は，上下鋸車の温度も又定常に達すると考えられる。定常状態に達するのに長時間を要する重要な原因の一つもここにある。

### (2) 定常温度分布について

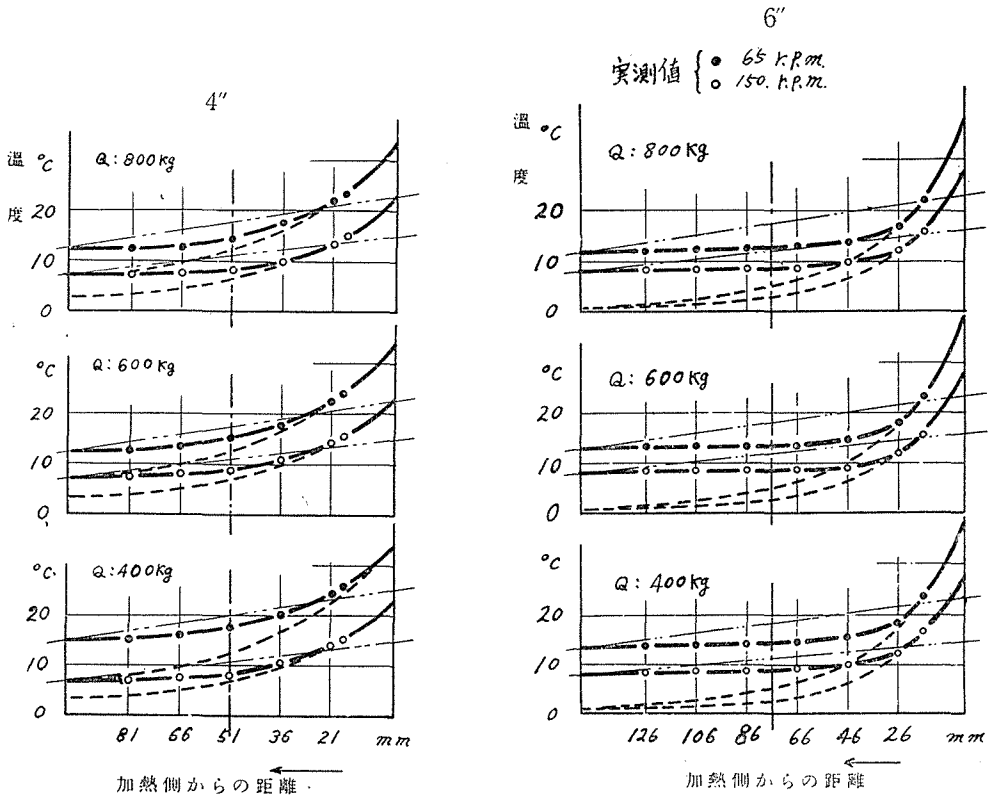
加熱炉は感熱筒側(表側と称する)と反対側(裏側)に置く。鋸車の回転方向は，加熱側から見て左廻り，右廻りに変化する。

(i) 長さ(上下)方向の位置の影響

温度計の読みは，感熱筒をセリーガイドと共に表側中央より150～500 mmの間にわたつて上下に移動させても，他の条件が一定なら，殆んど変化しない。即ち，以上の範囲では，鋸の長さ方向には温度差は認められない。

(ii) 巾の方向の温度差

然るに，感熱筒を鋸の巾の方向に動かす時は数10C°の差が現われる。加熱炉を表と裏（即ち切削側とその反対側）2箇所においた場合，横軸に鋸の巾をとり，(i)に述べた長さの範囲で測定した定常状態の温度を目盛ると，回転方向の差は現われず，図—4の如き分布が得られる。何れも室温を差引いた値である。これでみると，巾方向の温度差は，20～25℃と，はつきりした差を示している。




図—4

(iii)　温度勾配式

以上の様に，定常温度が長さの方向には殆んど変りなく，巾の方向にのみ著しく変り，それがどの場所でも余り変化がないところから，この温度は，長さ方向$x$には無関係に，巾の方向$y$のみによつてきまると考え，巾$h$なる無限長さの板の片側の縁$y=0$を一定温度$T_0$に保ち，側面，端面で空中に放熱するとして，次の微分方程式から導くことが出来る。

$$\frac{d^2T}{dy^2}-a^2\cdot T=0$$

但し，$a^2=2\cdot\alpha/b\cdot K$，$\alpha$＝鋸表面の熱伝達率

$K$＝熱伝導率　　$b$＝鋸　厚

之を，$y=0$ : $T=T_0$

$$y=h : \frac{dT}{dy}+\frac{a}{K}\cdot T=0$$

の条件で解くと，

$$\frac{T}{T_0}=\frac{(aK-a)e^{-ah+ay}+(aK+a)e^{ah-ay}}{(aK-a)\cdot e^{-ah}+(aK+a)e^{ah}}$$

が得られる。実用の数値に対し $h^2 \gg \frac{bK}{a} \gg b^2$ であるから $y$ が小なる時

$$T/T_0 \fallingdotseq e^{-ay}$$

となる。(之は，$y=h=\infty$ で $T=0$ の場合に相当する)。

今，図—4 の実測温度を $y$ に対し片対数図表に記入して，$y$ の小なる範囲のカーブの傾斜から $a$ を求め，一方，$K$ の値として高炭素鋼帯鋸の標準組成に対し，$K=35$ kcal/mh °C と仮定すれば，$\alpha$ を計算する事が出来る。$a$ と $\alpha$ の値は 数表—2 の如くなる。

数表—2

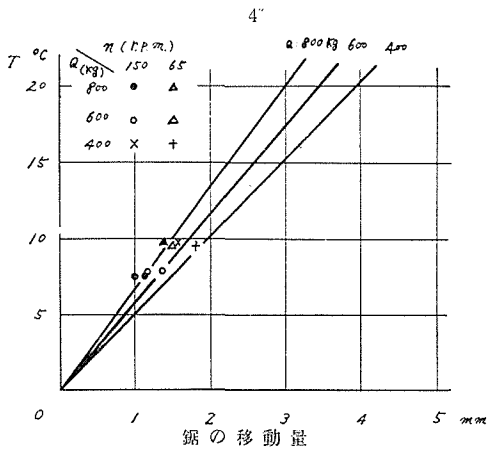
| 鋸 | 4″ | | 6″ | |
|---|---|---|---|---|
| $n$ r.p.m. | 65 | 150 | 65 | 150 |
| $a$ 1/m | 21.90 | 25.70 | 27.75 | 32.30 |
| $\alpha$ kcal/m²h °C | 7.15 | 9.85 | 10.78 | 14.62 |

此の値を用い，$y=17$ mm の測定点を通る様に上述の温度曲線を 図—4 に記入すると，点線の如くなり，$y$ が大となると，実測温度が計算温度より高く且つ，平坦になる。之には前にも述べた様に，鋸車に熱が蓄えられて，定常の状態に於いては鋸とほぼ等しいある一定温度となる為，鋸が，鋸車に接触する事により，受熱と迄は行かなくても少なくとも保温せられる事となり，且つ熱伝導も助けられて巾の方向に温度が平均化される影響も考えなければならぬ。この点更に定量的に研究する必要がある。

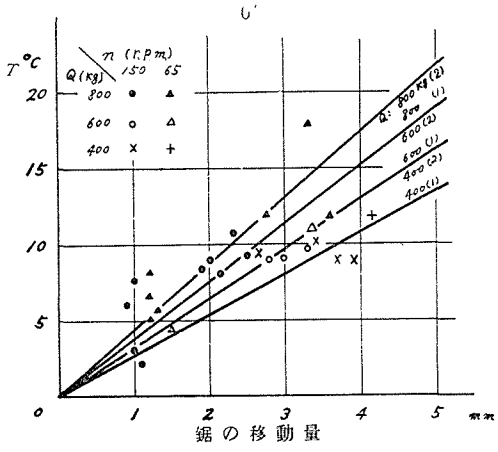
### (3) 温度差と安定位置の移動について

先に述べた様に，帯鋸に巾の方向の温度勾配がある時は，バックがその為に変化し，安定位置が変る。

先ず，片歯 (4″) 鋸の場合，安定理論式は相当に複雑であるが，之に相当する数値を代入し空転安定の位置を計算する。次に $a_1=1.1\times10^{-5}$ として，上記の直線的平均有効温度差 $T$ に種々の値を与え，バック (曲率) が $a_1T/h$ だけ変化したとして空転安定の位置を求め，先の $T=0$ の場合との差 $x_T$ (鋸の移動量) を計算すると，$x_T$ と $T$ との関係は，図—5 の如く，緊張力 $Q$ の値に対し，夫々，殆んど直線的な関係で示される。一方，表裏の 2 箇所で加熱した場合の定常状態における温度分布を示す 図—4 から，直線的平均有効温度差 $T$ の大略の値を求め，(図




図—5




図—6

—4 中，2 点鎖線で示す），同時に実測による鋸の移動量 $x$ と共に図—5 に記入してみると，理論値を示す直線に近く分布することがわかる。

他方，両歯（6″）鋸について，先にかかげた理論式から $x_T$ と $T$ の関係を求めると，1つの緊張力に対し，鋸と鋸車の接触状態の両極端な場合に応じ，夫々1本，都合2本の直線が得られる筈で，一般の場合はその中間即ち，三角形の区域内に位すると解する。今，相当する数値を代入し，$a_1=1.1\times10^{-5}$ として $Q$ の各々の値につき計算すると，図—6 の関係が得られる。前と同様に，図—4 から $T$ の大略の値を求め，更にその他，最終定常の場合のみならず，一応准安定の状態に於いて測定した結果を記入すると，図—6 の様な分布となる。即ち，此の場合も，夫々の $Q$ に対する三角形の区域から甚だしくはずれていない。

以上の事実から，片歯，両歯の夫々の場合に与えた理論式の示す温度差と安定位置の移動量の関係は，実際に適用し得るものと考える。

## むすび

此の実験に用いた帯鋸盤は，富士製作所の御好意により借用中のもの，テンション測定に用いた木型は，北海道林業指導所に於いて製作していただいた。更に鋸の腰入は，紙谷木工所山本義友氏の手をわづらわせた。又実験装置の製作には，当研究室上野助手以下，実験室の方々の協力をいただいた。併せて感謝の意を表する。

### 引用文献

1) 久野・土肥：帯鋸の腰入（第1報），鋸の走行安定について．本誌 10 号，昭 29.
2) 土肥・菊川・斎藤・杉原・谷尻：両歯帯鋸による製材に関する研究（第1報），両歯帯鋸の走行安定理論．木材学会誌，2 巻 5 号，1956.
3) 久野・土肥：帯鋸の腰入（第5報）．本誌 14 号，昭 31.