

# ディスク型チップターの騒音分析

喜多山 繁・中井 雅典・中沢 秀雄・杉原 彦一

## On Noise Analysis of Disk Chipper

Shigeru KITAYAMA, Masanori NAKAI, Hideo NAKAZAWA and  
Hikoichi SUGIHARA

### 目 次

要 旨	169	4. おわりに	176
1. はじめに	169	引用文献	177
2. 実験の概要	170	Résumé	177
3. 実験結果および考察	172		

### 要 旨

ディスク径 400mm の小型ディスク型チップターをもちいて騒音分析をおこなった。

とりあげた因子のうち、刃先の出、投入材木口断面形状、回転数、樹種、および樹種と含水状態の交互作用が音圧レベルに影響をおよぼした。刃先の出が大きいほど、回転数の高いほど音圧レベルは大きい。また断面の扁平な板状材の方が断面の正方形の材より相対的に音圧レベルが大きい。スギ切削よりブナ切削の方が音圧レベルが大きい、ブナでは気乾状態より飽水状態の方が音圧レベルが小さくなり、スギではこの関係が逆になった。

チップターの空転時の音圧レベルは切削時のそれとくらべて 20dB 程度低く、切削時の音響スペクトルは特徴的なピークのない、全周波数域にまたがる白色騒音的なものである。これは他の木材加工機械にくらべて回転数が低く切削が衝撃的におこなわれるためであり、また切削自体の音にくわえて材とスパウトとの振動による音や生成チップがカバーに衝突する音などが含まれてくるためでもある。

### 1. はじめに

ディスク型チップターは主としてパルプ原料チップの生産機械として、パルプ工場、チップ製造工場、製材工場などでもちいられている。パルプ工場では300 HP以上、ディスク径2000mmを越える大型のものがよく使用され、その他の工場では50HP、ディスク径1000mm程度のものがおおい。ディスク型チップターの切削機構は複数のナイフがとりつけられた回転ディスク面にスパウト（投入口）から木材を適当な傾斜角（約45°）で投下し、ディスクナイフとベッドナイフとで木材片チップに剪断破碎するというきわめて衝撃的なもので、小型のものといえども100dB（A）

を越す騒音を発する<sup>1,2)</sup>。

近年チップ生産はパルプ工場独自の生産からチップ専門の生産工場へと移行しつつあり、チップターの騒音は労働安全衛生の問題としてだけでなく、環境的に公害問題としての要素も大きい。このようなチップター騒音の発生機構について実験をおこない、若干の知見を得たので報告する。

## 2. 実験の概要

実験に供したチップターはS社製小型ディスク型チップターで主要仕様は次の通りである。

ディスク径：400mm， ディスク厚さ：46mm，

ナイフ数：3， ナイフ材質：特殊合金鋼（MS鋼）

スパウト断面内寸法：80mm×96mm

スパウト壁厚さ：15mm， スパウト材質：鋳鉄

ディスクカバー厚さ：4mm， 材質：鋼板

通常ディスク回転数：510 r.p.m.

電動機：型式. 全閉式かご型誘導電動機， 3 相交流220V， 出力2.2kw， 極数4

駆動方式：Vベルト（3本）駆動

チップ吸引装置：なし

Photo 1 にスパウト、カバー、ディスクの構造をしめす。実験をおこなった場所は京都大学木材研究所旧製材加工工場であるが、同工場については既報<sup>3,4)</sup>にのべたとおりであり、暗騒音や反射音について若干予備実験をおこない、実験に支障をきたさないことをたしかめた。

騒音の測定は、音圧レベル（指示騒音計C特性値）については切削中に指示騒音計により測定したが、音響スペクトルについては切削時間が短かいため（断面積16cm<sup>2</sup>，長さ1mの木材で10秒程度）連続的にスペクトルにとることができない。そこで発生騒音を指示騒音計を通してデータレコーダに録音し、それを繰返し再生して、1/3オクターブバンドパスフィルターにより音響スペクトルをもとめ、高速度レベルレコーダに記録した。

実験は切削時における騒音発生が何に起因するかあきらかにするために各種因子を設定し、音圧レベルに寄与する因子を見出し、さらに音響スペクトルの解析からチップター騒音の特質をあき

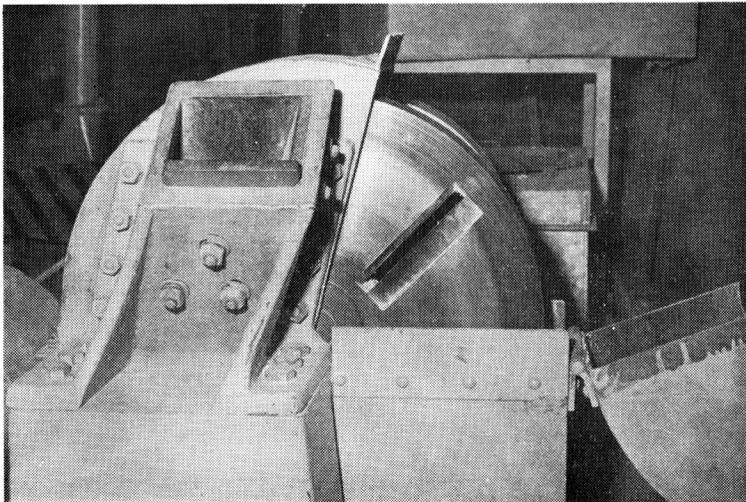


Photo 1 The chipper tested.

Table 1 Factors and Levels.

Factors	Levels
A. wood species	A <sub>1</sub> Japanese cedar ( <i>Cryptomeria japonica</i> D. Don) A <sub>2</sub> beech ( <i>Fagus crenata</i> Blume)
B. moistening condition of materials	B <sub>1</sub> air dried B <sub>2</sub> wet (soaked in water 8 days) B <sub>3</sub> soaked in water just before chipping
C. wedge angle of cutting knife (degree) *1 {clearance angle of cutting knife}	C <sub>1</sub> 35 [11] C <sub>2</sub> 40 [6] C <sub>3</sub> 45 [1]
D. amount of cutting knife projection (mm) *2 {clearance between cutting knife and bed knife}	D <sub>1</sub> 1 [3,3] D <sub>2</sub> 2 [2,3] D <sub>3</sub> 4 [0,3]
E. cross section of materials (cm×cm) *3	E <sub>1</sub> 2×2 E <sub>2</sub> 4×4 E <sub>3</sub> 2×6
F. location of microphone *4	F <sub>1</sub> chip exhausting side F <sub>2</sub> material inletting side F <sub>3</sub> motor side
G. rotating speed of disk (r. p. m.)	G <sub>1</sub> 310 G <sub>2</sub> 510 G <sub>3</sub> 630

\*1 See Fig. 1.

\*2 distance between disk surface and bed knife: 4,3 mm. See Fig. 1.

\*3 material length: 1m.

\*4 Each location maintains 1 m distance from center of disk surface. See Fig. 2.  
height of microphone: 1,2 m.

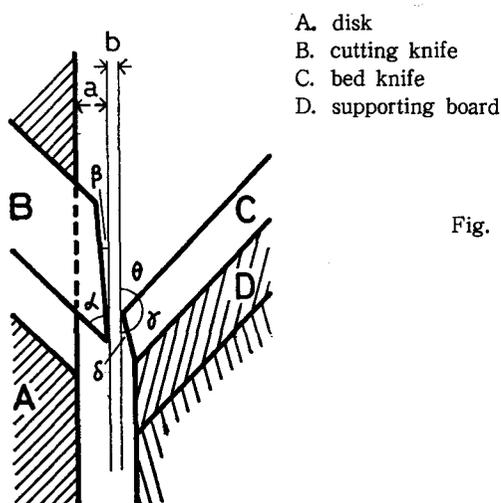


Fig. 1 Schema of chipping mechanism.

- α. wedge angle of cutting knife  
β. clearance angle of cutting knife  
γ. wedge angle of bed knife  
δ. clearance angle of bed knife  
θ. spout angle  
a. amount of cutting knife projection  
b. clearance between cutting knife and bed knife

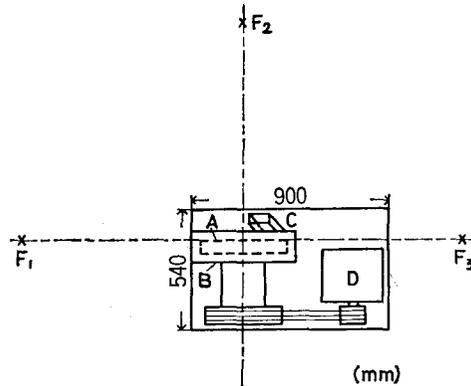


Fig. 2 Location of microphone.

- A. disk
- B. disk cover
- C. spout
- D. motor

らかにしようとした。

とりあげた因子と水準は Table 1 のとおりである。これを  $L_{54}$  直交表にわりつけて実験をおこない、分散分析による統計処理をした。

### 3. 実験結果および考察

とりあげた因子のうち、樹種、刃先の出、木口断面形状および回転数が音圧レベルに影響をあたえた。また樹種と材の含水状態の交互作用もみとめられた。その他の因子である刃先角や測定点の位置での影響はあまりなかった。

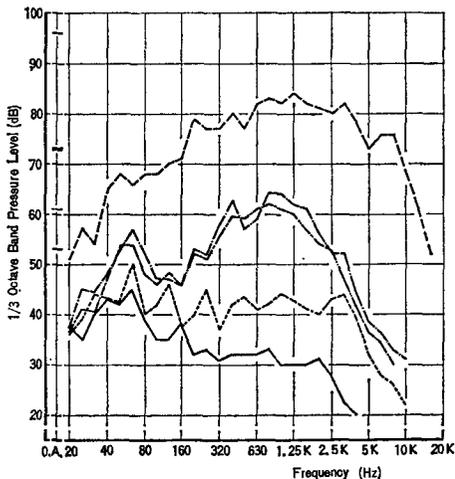


Fig. 3 Examples of sound spectra under various measuring condition.

- ground noise
- ..... motor noise
- · - in idling without knife (510 r. p. m.)
- - - in idling with knives (510 r. p. m.)
- - - in chipping beech wood (510 r. p. m.)

有意である因子のうち、刃先の出と木口断面形状が大きな寄与をなし、刃先の出の大きいほど音圧レベルは大きく、木口断面形状では断面積の大きいほど音圧レベルは大きい、断面積当りで比較すると、断面が正方形の材より断面が扁平の板状材の方が大きくなる。

回転数では回転数の大きいほど音圧レベルが大きく、樹種ではスギよりブナが音圧レベルが大きい。ただ、ブナでは気乾状態の方が飽水したものより音圧レベルは大きくなるが、スギではこの関係が逆転する。

Fig. 3 は各種条件下の音響スペクトルの一例をしめしている。暗騒音は50 dB 程度でかつ各周波数領域で充分小さく、測定値への暗騒音の影響は無視してよい。

空転騒音はディスクにナイフがついていてもいなくても、切削騒音にくらべて大変小さい。これはチャパーが他の木材加工機械にくらべて回転数

が低いためであり、空転騒音について考慮する必要はあまりない。

切削騒音は全周波数領域において空転騒音にいちように上積みされた形となり、特にあきらかなピークがなく中高音域では平坦な白色騒音的なものとなる。このようなことも他の木材加工機械とはことなっているところである。

### 3-1 双先の出について

双先の出〔Fig. 1の a〕の大きいほど音圧レベルは上昇する。Fig. 4 は双先の出と音圧レベルの関係をしめし、Fig. 5 は各双先の出における音響スペクトルをあらわしている。

双先の出が大きくなると普通の切削における切込量が大きくなるのと同じで切削に要するエネルギーも大きくなり、必然的に音響変化を生ずるのであろうが、この他にも生成チップの長さや厚さがよりおおきくなり、ディスクから飛散するチップがカバーへ衝突する音がより増大するということも考えられる。双先の出が1 mmではチップ切削というよりも摩擦に近い状態であり、2 mmでは粉末状のチップが生成し普通の木口切削の状態と考えられ、4 mmの時に通常のチップ切削—剪断ができる。Fig. 5の音響スペクトルがしめすように、低周波数域ではそれぞれ入りみだれているが、630 Hzあたりから双先の出1 mmのものと2 mm, 4 mmのものとの差がつき、1.6 kHzあたりから双先の出2 mmのものより4 mmのほうが大きくなってきている。このようなことから切削による騒音は中高音域にわたって発生すると考えられるが、飛散チップの衝突音は高音域にかたよるものと思われる。後述するところであるが、630 Hzあたりより低周波の騒音は材とスパウトとの振動に関連があるようである。

田中らは飛散<sup>2)</sup>チップの衝突音と材とスパウトとの振動音とが800～2 k Hzに重なってであると推定している。

### 3-2 木口断面形状について

木口断面形状が音圧レベルにおよぼす影響を Fig. 6 に、各木口断面形状の音響スペクトルを

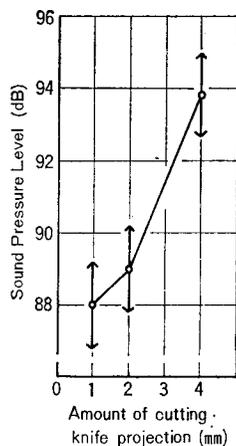


Fig. 4 Sound Pressure Level vs. amount of cutting knife projection.

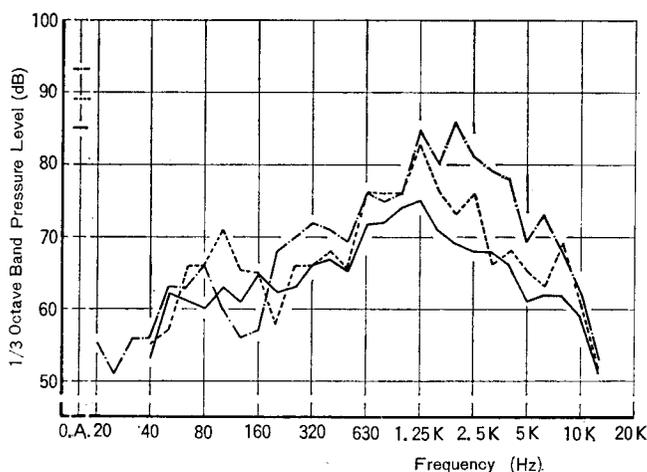


Fig. 5 Sound spectra by amount of cutting knife projection measuring condition

- A<sub>2</sub>-B<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>-D<sub>1</sub>-E<sub>1</sub>-F<sub>3</sub>-G<sub>2</sub>
- ..... A<sub>2</sub>-B<sub>3</sub>-C<sub>1</sub>-D<sub>2</sub>-E<sub>1</sub>-F<sub>3</sub>-G<sub>2</sub>
- · - A<sub>2</sub>-B<sub>3</sub>-C<sub>2</sub>-D<sub>3</sub>-E<sub>1</sub>-F<sub>2</sub>-G<sub>2</sub>

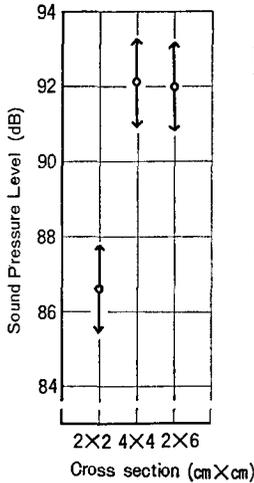


Fig. 6 Sound Pressure Level vs. cross section of materials.

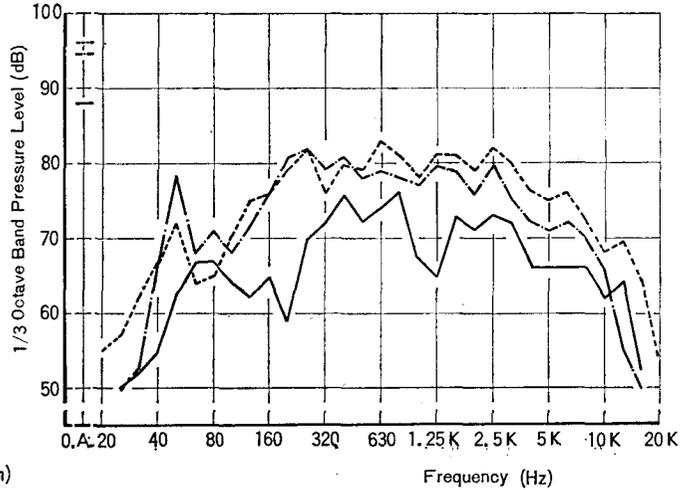


Fig. 7 Sound spectra by cross section of materials. measuring condition  
 — A<sub>1</sub>-B<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-E<sub>1</sub>-F<sub>1</sub>-G<sub>2</sub>  
 ..... A<sub>1</sub>-B<sub>2</sub>-C<sub>1</sub>-D<sub>3</sub>-E<sub>2</sub>-F<sub>3</sub>-G<sub>2</sub>  
 - - - A<sub>1</sub>-B<sub>3</sub>-C<sub>3</sub>-D<sub>3</sub>-E<sub>3</sub>-F<sub>3</sub>-G<sub>2</sub>

Fig. 7 にしめす。もっとも木口断面積の小さい 2×2 cm 材のものが音圧レベルも低いが、木口断面積のことなる 4×4 cm 材と 2×6 cm 材とでは音圧レベルにほとんど差がない。2×6 cm 材の方が切削する量は少ないけれども、板状材であるためにスパウトと材との接触面積が大きく、また断面二次モーメントは 2×6 cm 材では 4 cm<sup>4</sup>、4×4 cm 材では 21cm<sup>4</sup> と大きく相違し、2×6 cm 材は大変振動しやすい状態にある。これを Fig. 7 の音響スペクトルでみると、630 Hz あたりより高い周波数域では 4×4 cm 材の方がいちように大きく、それ以下の周波数域ではむしろ 2×6 cm 材の方が大きくなっている。したがって 630 Hz あたりより高い中高音域の音は主として切削に関与するものであり、比較的低音域の音は材とスパウトとの振動によるものと思われる。

3-3 回転数について

Fig. 8 に音圧レベルにおよぼす回転数の影響をしめし、Fig. 9 に回転数のちがいによる音響スペクトルをしめす。回転数が増加すると音圧レベルは大きくなる。しかしチップのディスク回転数は比較的低いので、他の木材加工機械のような急激な上昇をしない。チップでは 310r.p.m のものと 630r.p.m. との切削騒音の差は 4 dB 程度であるが、たとえば自動一面かんな盤では回転数が 2 倍になると切削騒音の差は 10 dB 以上である。また音響スペクトルについても、他の木材加工機械のように回転数に起因する特徴的な周波数ピークはあまり顕著でなく、全体に白色騒音的傾向をしめしている。このことはチップの低回転性のためであるとともに、カバーによってディスクがおおわれており、回転そのものによって起る音の発生がおさえられ、遮断されていることにもよるであろう。

3-4 樹種の影響および樹種と含水状態の交互作用について

主効果としては樹種のちがいが音圧レベルに有意であり、ブナ切削の方がスギ切削より音圧レ

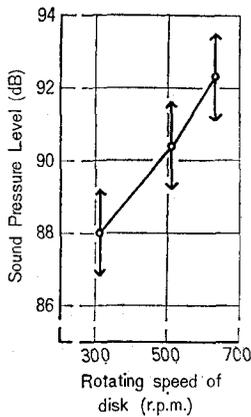


Fig. 8 Sound Pressure Level vs. rotating speed of disk.

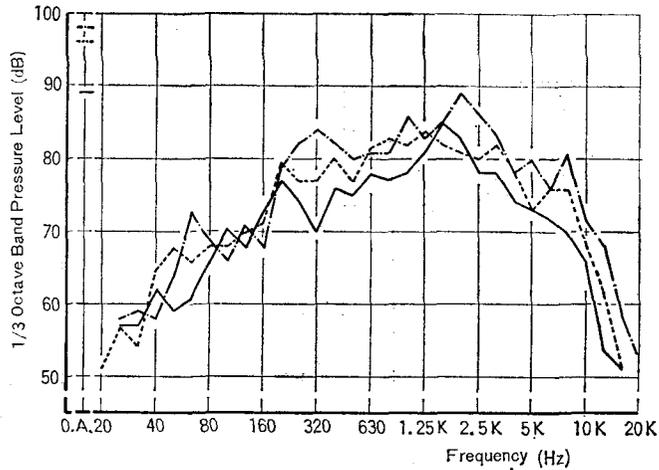


Fig. 9 Sound spectra by rotating speed of disk. measuring condition

- $A_2-B_1-C_2-D_3-E_2-F_1-G_1$
- .....  $A_2-B_1-C_2-D_3-E_2-F_1-G_2$
- - -  $A_2-B_1-C_2-D_3-E_2-F_1-G_3$

ベルが大きい。しかし樹種と含水状態との交互作用がみとめられ、ブナでは気乾状態の方が飽水状態にくらべて音圧レベルが大きい、スギではこの関係が反対である。そして Fig. 10 にみられるように飽水状態と表面ぬれの状態においては両者の差はあまりない。

気乾状態における音圧レベルの差はブナとスギとの比切削力のちがいによる切削エネルギーの大小に帰因するのであろう。ブナの場合、含水率が大きくなると所要切削エネルギーは減少し音圧レベルもまた低下してくると思われるが、飽水状態と表面ぬれの状態とで音圧レベルにあまり差がないことに疑問が残る。材の表面ぬれにより刃のくいこみと、すくい面、逃げ面の摩擦抵抗とが変化して切削破壊の形態に変化を生じせしめているのかもしれない。スギの場合は切削エネルギーの減少の影響よりも、飽水することによって生成するチップの形状が変化することによる影響の方がおおいようである。すなわちブナの場合は気乾状態でも飽水状態でも、刃先の出が適当であれば通常のチップが得られ形状とくに差はなかったが、スギでは気乾状態においてチップが細片状に分解されることが多く、飽水状態の時に通常のチップが得られ、表面ぬれの状態の時も比較的良好であった。このようにチップの形状が大きくなることによる切削の衝撃的な要素の増加や、チップがカバーに衝突する音に加わって、スギの場合は音圧レベルが大きくなるのではないかと推定される。

Fig. 11はスギー飽水のものとブナー気乾のもの音響スペクトルをしめしているが、比較的低音域でスギー飽水が高く、中高音域でブナー気乾が高いという傾向がみられる。

### 3-5 その他の因子について

供試材の含水状態については主効果としてはあらわれなかったが、樹種との交互作用があったのは前述のとおりである。

刃先角の影響もあまりなかった。刃先角が過大になると剪断的な破断は起こりなくなり、チップ形状に変化が生ずると思われるが、当実験の条件設定ではチップの形状におよぼす影響は、樹種、含水状態あるいは刃先の出によるものの方が大きかった。チップの形状は騒音に影響をお

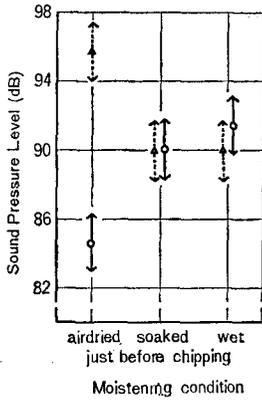


Fig. 10 Interaction between wood species and the moistening condition.  
 —○— Japanese cedar  
 ...△... beech

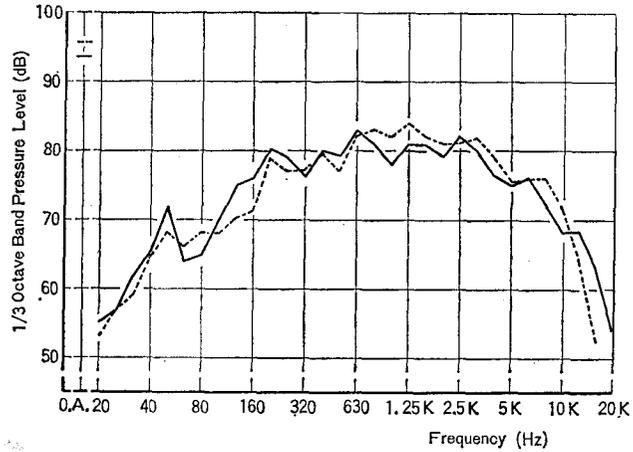


Fig. 11 Sound spectra by wood species and the moistening condition.  
 measuring condition  
 —○— A<sub>1</sub>—B<sub>2</sub>—C<sub>1</sub>—D<sub>3</sub>—E<sub>2</sub>—F<sub>3</sub>—G<sub>2</sub>  
 ...△... A<sub>2</sub>—B<sub>1</sub>—C<sub>2</sub>—D<sub>4</sub>—E<sub>2</sub>—F<sub>1</sub>—G<sub>2</sub>

よぼし、剪断型の良好なチップを生成するときは比較的高周波域の強い騒音となる。

また測定位置による差もあまりなかった。低回転の衝撃的な切削によるためでもあろうし、また回転ディスクがカバーにおおわれていて回転による一次的な要素の騒音が直接的には外に出てくく、さらにチップのカバーへの衝突音等二次的な騒音が大きく、指向的特性があまりなくなってくるのであろう。

#### 4. お わ り に

チップパーは比較的低回転で衝撃的な切削をおこなうため、他の木材加工機械とくらべて切削時と空転時との騒音の差がきわめて大きい。また切削時の騒音に影響をおよぼす因子として、刃先の出、木口断面形状、回転数、樹種、および樹種と含水状態との交互作用がみとめられ、チップ切削状態が剪断的に良好におこなわれると騒音は大きくなり、また投入材の振動状態も騒音に関連してくる。このように切削時に発生する騒音は、切削そのものに起因するものと、生成チップのカバーへの衝突音が主たるもので、これらは中高音域の要素が大きく、それに加えて材のおどりによる材とスパウトとの衝突で生ずる比較的低音域の音も無視しえないものである。そして全体的には全周波数域にまたがって特徴的な周波数ピークのない白色騒音的なものとなっている。

チップパーの騒音対策は音源的な面からはなかなか困難といわねばならないが、その構造上、遮音的、防振的には改善の可能性がある。チップパーの地下うめ込みなどが効果的であるし、スパウトやカバーなどの肉厚を大きくしたり、吸振材などを内貼りすることなども考えられるべきである。また構造的にはドラム型チップパーの発展がまたれよう。

## 引用文献

- 1) 喜多山繁, 杉原彦一, 田中千秋: 製材工場における騒音について, 木材工業, **21**, 569—573 (1966)
- 2) 田中千秋, 高橋 徹, 桜井敏夫, 平佐隆文, 中村正樹: チッパーの騒音調査, 木材工業, **27**, 188—191 (1972)
- 3) Shigeru Kitayama and Hikoichi Sugihara: On Noise Analysis of Bandsaw Machine, Mokuzaï Gakkaishi. **14**, 140—147 (1968)
- 4) Shigeru Kitayama and Hikoichi Sugihara: On Noise Analysis of Single Surface Planer, Mokuzaï Gakkaishi. **15**, 87—92 (1969)
- 5) Ronald G. Macdonald et. al.: The Pulping of Wood, Pulp and Paper Manufacture Volume I, MacGraw-Hill, (1969)

## Résumé

It was studied how several mechanical factors and cut materials influence to the noise of a disk chipper. (disk diameter : 400 mm) It was found that the amount of cutting knife projection, the rotating speed of disk, the kind of the cross section of materials and wood species were significant factors in the sound pressure level. It was also found that the interaction between the variety of wood and the moistening condition of materials was a significant factor. Therefore, with an increase in the amount of cutting knife projection and the rotating speed of disk, the sound pressure level increased, and the chipping of the flatter materials generated a greater noise than square materials per cross section area. The noise generated by chipping beech wood was louder than that by chipping Japanese cedar wood. The noise of chipping an air dried beech wood was louder than that of chipping a wet one, however, the noise of chipping a wet Japanese cedar wood was louder than that of chipping an air dried one.

The sound pressure level of idling was lower by about 20 dB than that of chipping. The sound spectra of chipping had comparatively no high peaks over the frequency range, and so it resembled the white noise. This is because the cutting speed of a chipper is lower than that of other wood working machinery, and thus the cutting process of the former is not as smooth as that of the latter, and because the noise of a chipper includes the vibration noise of the materials hitting against a spout and striking noise of chips against a cover.