

樹皮に混入した石片及び金属片の除去（3）

- 円盤分離装置の開発 -

戸 田 治 信 佐 藤 真

1. はじめに

樹皮を工業的に利用するためには、大量に混入する石片及び金属片を除去する必要がある。このため風力による分離技術の開発を行い、前2報¹⁾²⁾に報告したとおり石片除去についての要求がよほど過酷な場合を除き、実用上はまず問題がない程度まで装置を完成した。しかし風力分離装置は装置工学的にごくありふれたものとはいえ、送風機、分離塔、サイクロン分離機とそれらを結ぶ風管、さらに樹皮及び石片の供給排出機構を加えた構成は独立のプラントとして扱うこともできるほどの複雑さをもち、風力制御に常時注意を払う必要があるので、より簡単で操作の容易な分離方法の開発が望まれた。

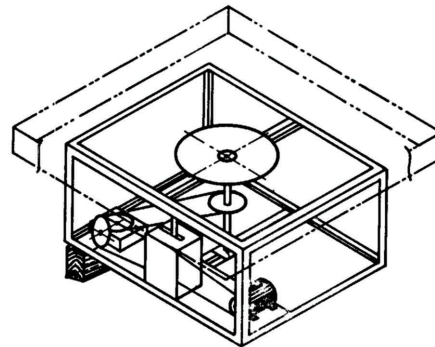
これに関し、皿型造粒機にヒントをえて回転円盤で石片を分離することに着想した。全くのアイデアから出発したので、小型の試験機を製作して試験をはじめたところ意外に分離性能がよく、次第に大型化して一応実用に供しうると考えられる成果を得たので、この円盤分離装置の開発経過について報告する。

なお、本報告は第28回日本木材学会大会で発表したものの詳細である。

2. 円盤分離試験装置（基礎試験用）

試作した試験装置は第1図のとおり山形鋼で長さ1.5m、幅1.2m、高さ0.7mの架台をつくり、ほぼ中央に垂直軸を取り付け、この軸に円盤を取り付けたもので、円盤は架台の中に取り付けられた1.5KW電動機からベルト形無段変速機、減速機を経てVベルトにより回転させている。

円盤は廃棄した円のこの刃を落したもので、直径0.6m（580mm）、厚さ2.3mm、材質は炭素工具鋼SK5である。円盤の回転数は60～240rpmとし、円



第1図 円盤分離試験装置（基礎試験用）

盤の傾斜は架台の下に枕木を当てて一端を持ち上げ、予定値に設定した。

円盤に投下された樹皮及び石片の散乱状態を知るため、架台の上面に長さ1.8m、幅1.8mのテーブルを設け、樹皮等が飛び出さないように回りに高さ約20cmの囲いをつけた。

3. 予備試験

はじめ円盤を水平にしたまま石片のみ、及び樹皮に石片を混入したものを、円盤中心からの距離を遠ざけながら円盤上に投下したが、同じ投下位置では石片、樹皮ともほぼ同様の散乱傾向を示し分離効果は認められなかった。

次に円盤傾斜を約90にしたところ、投下位置によっては樹皮と石片が分離したので本格的に試験を進めることにした。

4. 基礎試験

4.1 試験方法及び試験条件等

4.1.1 試験方法

円盤の傾斜と回転数をセットしたのち、樹皮嵩量0.5lに石片を混入したものを口幅4cm、長さ25cm

の樋に入れて左手に持ち、円盤上の予定した位置と高さから右手でかき落した。樹皮をかき落すのに要した時間は5～6秒である。

落下した樹皮及び石片は円盤から飛び出し、テーブル上に散乱するので、その状態を記録して次の試験をくり返した。

4.1.2 試験条件

ア 円盤の性状

基礎試験で使用した円盤は、前述のとおり直径0.6mで古い円のを利用したため腰入れが残っており、周辺部が10mm垂れ下る傘形で使用した。

イ 円盤傾斜

試験の性質上細かい調整は必要ないと考えたので、10～25°の間を5°刻みで設定した。傾斜は床面を水平面と考え、架台の片側の下に枕木をあて、計算した高さを持ち上げて所定の傾斜角とした。

ウ 円盤回転数

設計回転数は60～240rpm(毎秒1～4回転)とした。この根拠はとくにないが、回転数の範囲は試験の結果によりブリーの交換で容易に変えられるのでそれほど気を使わなかった。試験に用いる回転数は等比級数的に60, 120, 240各rpmを選定した。

エ 落下位置(落下点)

落下位置は、傾斜した円盤の中心を通る最大傾斜線の下側を0°とし、反時計回りに回転させた位置角と、中心からの距離で規定した。位置角は22.50刻み(16方位)、中心からの距離は10, 15, 20(cm)で、試験で用いた位置角はほとんど0～90°の間であった。

オ 投下高

容器(樋)の落し口から円盤上の落下位置までの高さを投下高とした。投下高は2～30cmの範囲で試験したが、経験的に15cmがもっとも適しているように感じたので、ほとんどこの高さで試験した。

カ 樹皮の供給量及び供給速度等

各回とも嵩体積0.5l、湿重量約170gの樹皮に試料石片を混入し、容器から手でかき落したが、かき落しに要した時間は5～6秒で、供給速度は湿重量で約110kg/hr(乾燥重量換算40kg/hr)と考えられる。

キ 樹皮の性状

樹皮はエゾマツ及びトドマツの製材原木を、回転カッタヘッドによる切削型剥皮機で処理、剥皮くずを目開き5, 10mm(4.8mm及び9.8mm)の平織り角目篩で篩分けして粒度を揃えたものである。含水率は冬季間屋外に放置してあったので非常に高く、174%であった。なお同じものを反復して使用したのでかなり乾燥したが、とくに影響があると考えられる場合は無視した。このほか粒度10～22mm(9.8～22.2mm)の樹皮も用意して補足的に使用した。

ク 石片の性状

大きさ3, 5, 7, 10, 15, 20(mm)のものを用意した。大きさの選別は、予定した大きさと同じ目開きの篩を用意して砂を篩分け、下に落ちるものと篩上を容易に転動するものを除き、網目にはまりこんでいる石片のうち小さいものを選んで予定の大きさの石片とした。なお川砂から採取したので角が多少丸身を帯びており、石の種類は当地の地質からみて安山岩質のものが主体と考えられる。

基礎試験に用いた石片は主として3mm及び10mmのもので、他は補足的に使用した。

4.1.3 試験の記録

新しい方法のため参考になる記録方法が見当らず写真では枚数が多くなるうえ、樹皮と石片の区別が困難であると考えたので、テーブル上に22.50刻みに線を引き、野帖にも予じめ円盤の形と線を記入しておいて、樹皮の散乱範囲と、大きさ別に記号を変えた石片の停止位置を記録した。

記号、単位及び用語等は第2図・第1表に示す。

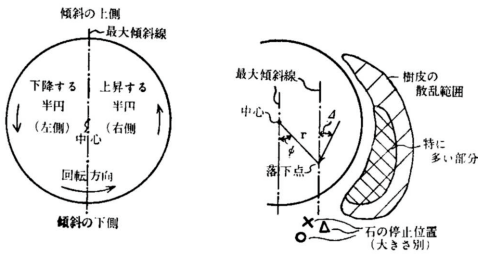
4.2 基礎試験結果

基礎的な知見をえるため、予備試験も含めて140回の試験の結果を解析して次のとおりいくつかの傾向を知ることができた。

4.2.1 投下高

円盤面からの容器の高さは、2cmから高くするにつれて分離がよくなるが、30cmになると逆に分離が悪くなりこの装置では15cmが最も分離が良かった。

この原因は高くなるほど落下のエネルギーが大きく



第2図 円盤分離試験における用語と記号

第1表 文中に用いている記号及び単位

D	(円盤直径)	m
θ	(円盤傾斜)	度
N	(円盤回転数)	rpm
ϕ	(円盤点位置角)	度
r	(円盤中心からの距離)	cm
H	(投下高)	cm
Δ	(投下方向角)	度
S _b	(樹皮粒度)	mm
V _f	(供給速度)	kg/hr(絶乾換算)

なり、粒子が大きく散らばるので、粒子同志の衝突が少なくなって分離をよくするが、30cmでは高過ぎて円盤の傾斜に添って落下するよりも、分離を悪くする方向、たとえば円盤の回転と同一方向へ跳ねる力が強くなるためと考えられる。

4.2.2 円盤傾斜

円盤の傾斜角を大きくするにつれて、石片が先に円盤から飛び出すようになり分離が良くなるが、更に大きくすると樹皮も石片と共に落下して分離が悪くなる。他の条件を一定にして傾斜のみ変えた場合、10°では石片が良く分離するが、20°から分離が悪くなり25°では樹皮が石片と共に落下してほとんど分離しない。

4.2.2 円盤回転数

回転数が小さく60rpmの場合は樹皮の円盤からの飛び出しが遅く、散乱する範囲も広い。これは遠心力が小さく、落下による樹皮の散乱エネルギーが円盤の回転による影響に比べてかなり強く働いたためと考えられる。回転数を120rpmに大きくすると樹皮の飛び出す範囲が小さくなり、石片の飛び出す範囲と離れて分離が良くなる。しかし240rpmでは回転数が大きすぎて石片も円盤の回転力を強く受けて回転方向に飛ばされるため分離が悪くなる。

4.2.4 位置角

落下位置のうち、円盤中心からの距離を一定にして位置角を0°(円盤中心の真下)から回転方向に22.50刻みに進めていくと、はじめは樹皮と石片がほとんど同じ位置に落下して分離しないが、角度を大きくするにつれて樹皮が右片より遅れて飛び出すようになり分離できる。しかし位置角が90°をすぎると円盤の下降する半円のほうへ樹皮の飛び出し範囲が広がって、遂には円盤の下側まで樹皮の一部が回ってくるようになるうえ、石片の分離も悪くなる。このように樹皮が落下点の反対側へ回る傾向は、円盤の傾斜が急なほど大きい。

4.2.5 円盤中心からの距離

円盤の中心から近い10cmのところ投下された樹皮は広い範囲に飛び出し、とくに円盤左側の下降する半円側へ飛び出す量が多くなるのが注目される。これはその位置における円盤の速度(用達)が小さいため、落下エネルギーによる多方向への散乱の影響が相対的に大きくなるためと考えられる。石片は回転力より重力の作用を強くうけるので、ほとんど最大傾斜線の方へ落下する。

落下点为中心から離れるに従い、周速の増加によって樹皮の飛び出す範囲は狭くなり、石片も回転方向に進んだ位置に飛び出し分離がよくなる。しかし、更に離れ20cmになると逆に円盤の外周との距離が10cmに減少するので、分離作用を受ける時間が短くなり分離が悪くなる。

4.2.6 基礎試験結果の総合的な考察

ア 要因の性質の類似

以上の因子のうち、回転数と落下位置は同じような性質を有し、回転数は小さいほど、位置角は大きいほど、中心からの距離は小さいほど円盤からの樹皮の飛び出しが遅れて広範囲に散乱し、逆の場合は飛び出しが早く、散乱する範囲が狭くなる。実用化の際はこれらの性質を良くつかんで最適条件を見出す必要がある。

イ 投下高と円盤の大きさ

投下高を大きくすると分離が不安定になる原因は、

落下エネルギーの増大により分離を悪くする方向へ跳ねる力が強くなるためと推定されるので、円盤直径の増加によって許容される散乱範囲も広がり、したがって投下高の最適値もより大きくなると考えられる。

ウ 回転数の上限

回転数が大きすぎると石片が回転方向に飛ばされて分離を悪くする問題は、傾斜を大きくすることにより解決できる見通しであるが、微細な角度調整を行ないながらそれぞれの傾斜における回転数の上限を求めることはこの試験段階では困難なため、小さな傾斜角ではこのような問題があることを記録するに止めた。

エ 最適条件の選定について

これまでに得られた知見に基づき、最適な分離条件をえる指針を考えると次のとおりである。

まず装置の強度と経済性が許すかぎり回転数を大きくし、その回転数で石片も回転方向にはとばされない程度に傾斜を強め、それに適した範囲で投下高を高目に設定することが望ましい。

落下位置については、石片が確実に分離し、多少位置がずれても分離性能が余り変わらず、また樹皮の円盤外に飛び出す範囲が石片の飛び出す方向から離れて、かつ下降する半円まで達しないか、少し入る程度に納まるように選定する必要がある。

5. シュートによる投下試験

基礎試験によって、供給速度(単位時間当りの供給量)が小さく、円盤上の粒子の密度が小さくて粒子間の衝突がごく少ないと考えられる条件においては、樹皮と石片を完全に分離できることが示されたので、より実用される状態に近づけた試験を行うことにした。

5.1 試験方法

この試験では、樹皮をある程度一定した供給速度で連続的に円盤上に供給したいと考えた。また実用の際にはコンベヤ等からシュートによって円盤上に投下されるので水平方向の速度成分が加わり、樹皮の散乱状態も変化するはずである。これらの理由から樹皮をシュートにより供給することを考えた。

使用したシュートは出口幅5cm、奥幅16.5cm、

長さ46cmで、重い台(約40kg)の上に立てたスタンドで固定した。

試験方法は、石片を混入した樹皮を樋に入れて手に持ち、予定の条件に設定したシュートの上端部分に供給し、シュートを滑らせて円盤上に投下した。

5.2 試験条件

シュートの傾斜角は45°で一定にした。投下高は樹皮の落下点からシュート下端までの高さとし、予じめシュートから樹皮を落下させて、落下点と投下高が予定した条件になるよう設定した。試験した投下高の範囲は10~70cmで、50~70cmの間が多かった。

投下方向は、円盤の最大傾斜線の下方に向う状態を0°とし、時計回りに22.5°刻み(16方向)に設定した。

その他の試験方法及び試験条件は基礎試験と同じである。

5.3 試験結果

試験因子に新たに投下方向が加わり、条件の組み合わせが多くなるので、基礎試験の経験をもとに好結果を期待できそうな条件を選択し、約60回の試験を行って以下の知見をえた。

投下方向は、円盤傾斜の上方に向うもの、中心を通る半径方向に向うもの、及び円盤の回転方向に一致するか近いものは分離が悪く、位置角0~90°(円盤の上昇側半円の下半分)の落下点に円盤の回転方向に対向して投下したものが良い分離性能を示した。

試験例のうち中心からの距離を一定にし、投下方向が常に回転方向に対向するよう落下点の位置角も変えながら、投下方向角を22.5°刻みで反時計回りに変えた場合、投下方向角90°(位置角0°)では分離しないが、次第に樹皮の飛び出しが石片より遅れるようになり分離する。しかし投下方向角が45°(位置角も45°)を過ぎると樹皮の一部が下降する半円側まで飛ぶようになり、円盤上を滑り落ちる樹皮も多くなるので分離は悪くなる。

なおこれらの試験例でも示されているが分離状態が今ひとつ不安定である。この原因は供給時間が手でかき落した時の5~6秒に対し、2秒程度で同じ量を円

盤に投下するため供給速度が2~3倍になり、過負荷になったことが考えられる。

6. 円盤の大型化

シュートを用いた試験で、供給速度の過大に原因すると考えられる分離不良が観察されたので、これに対応するため円盤を大型にした試験を行った。

6.1 円盤の大きさ及び構造

円盤は簡易な製作方法をとることにし、厚さ6mm、直径91cmのシナ合板製円盤の上に、厚さ1mm、直径1mのアルミニウム製円盤をリベット止めした。

6.2 試験方法

円盤の大型化に伴い、樹皮は10~22mmの大きなものに替え、1回の供給量も2倍の1lとした。またシュートは出口幅を8cmに広げた。試料石片は20, 15, 10, 7 (mm)の4種類とした。

その他の試験方法はとくに変わらない。

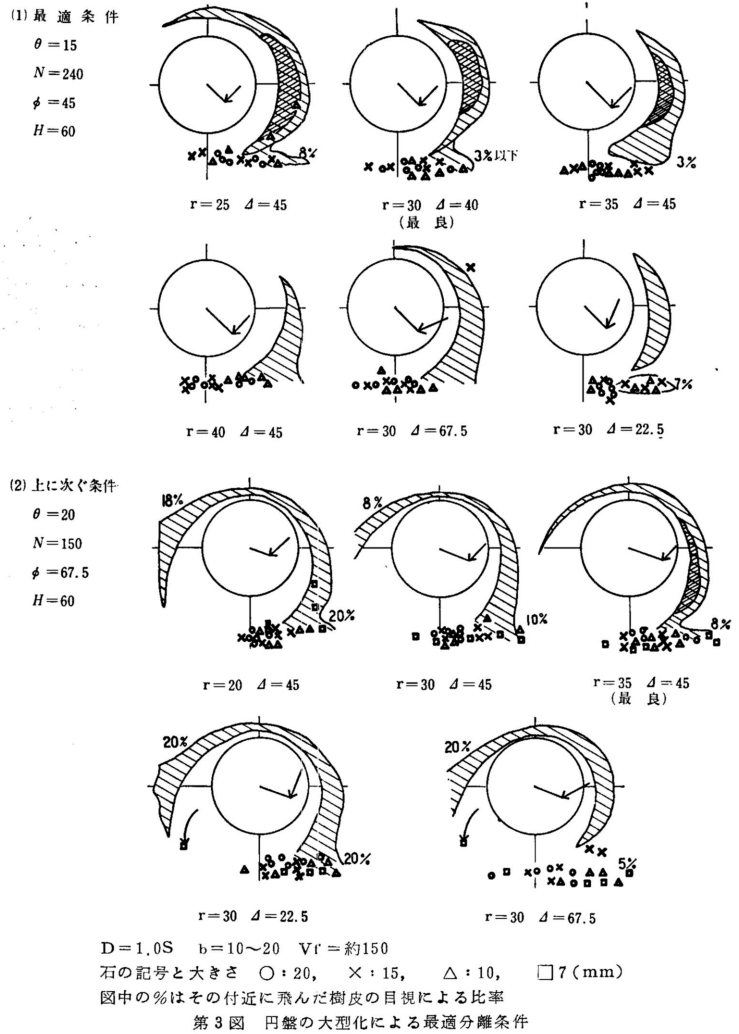
6.3 試験条件

円盤傾斜、回転数、投下位置及び投下方向の因子を組み合わせ、経験的に有望と考えられる202条件の試験を行った。投下高は52~69cmの範囲であるが、途中よりほとんど60cm付近に固定した。

6.4 試験結果

6.4.1 傾斜15°の場合

N(円盤回転数)=240rpmでは(位置角)が45°, (投下方向角)が45°, r(中心からの距離)が30~35cmで良好な分離結果を得た〔第3図(1)参照〕。



=22.5°及び67.50では余り良くなかった。同様にを変えても良い結果がえられなかった。また回転を上げて380rpmにすると石片が円盤の回転の影響を強く受けて円盤の回転方向に飛ばされ、分離を悪くする傾向が感じられた。

6.4.2 傾斜20°の場合

100rpmでは石と共にかなりの樹皮が傾斜によって石片と共に落ちてしまい、また遠心力不足で樹皮の多くが下降する半円側に回ってしまうなど分離不良であった。150rpmでは =67.5°, =45°で使えそうな結果を得た(第3図(2))。240rpmでは使えそう

な結果が出ても、少し投下点がずれると分離不良になり不安定であった。

6.4.3 傾斜250の場合

380rpmのみ試験したが、一般的にみて多量の樹皮が石片と共に滑落し、これを防ぐために投下位置を中

心に寄せると大量に下降半円側に回ってしまうなど分離不良であった。(以下次号)

- 試験部 林産機械科 -
(原稿受理：昭和53.1.12)