

樹皮に混入した石片及び金属片の除去(6)

- 円盤分離装置による粗大石片の除去 -

戸田 治 信 佐藤 真
白川 真也

はじめに

既報のとおり、樹皮に混入する石片を分別するために、傾斜して回転する円盤の上に樹皮を投下したところ意外に良い分離を示したため、円盤の直径を大きくしながらより有利な分離条件と処理能力を求めて実用できる見通しをえた。

これに伴いフィーダ容量の不足と多少の石片が残ってもよいゆるい条件での試験などいくつかの課題が残された。今回はこれらについて一応の試験を終えたので、一括して取りまとめ報告するものである。

1. 粗粒樹皮の処理能力

前報¹⁾の試験に用いた定量供給フィーダは、布ベルトの幅が14cmと狭いため、20~40mmに篩分けした大きな樹皮の供給が困難であり十分な試験ができなかったため、幅35cmのコンベヤベルトを用いた大型フィーダ(第1図)を製作して追試を行った。

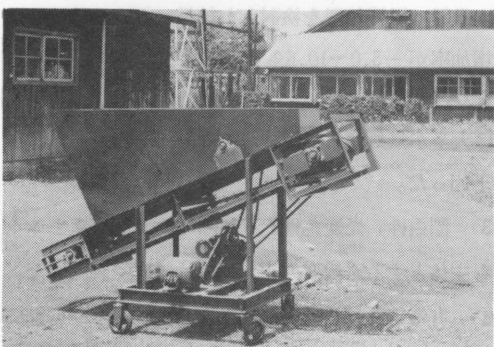
試験装置は前報¹⁾と同様に定量供給フィーダ、ベルトコンベヤ、シュート、円盤分離装置(直径1.5m, 試験用テーブルつき)の組み合わせで、試験方法は樹皮をフィーダでコンベヤにのせ、コンベヤ上で15mmと20mmの試料石片各10個、計20個を樹皮に混入し、シュートで回転する円盤上の予定した落下点に投下

し、反発運動又は遠心力で円盤から飛び出した樹皮を、仕切板で区切ったテーブルに受けて、石片の分離状況及び石片とともに除かれて損失となる樹皮量を調べた。

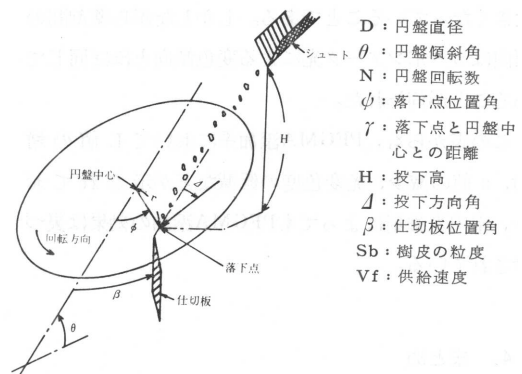
使用した樹皮はアカエゾマツの樹皮を目開き20mmと40mmの角目篩で篩分けした20~40mmのもので、水分52~60%の多湿のもの及び13~16%の気乾のものを用いた。試験条件は円盤直径1.5m, 円盤回転数 $N = 150 \sim 180 \text{rpm}$, 落下位置を決める ψ と r は落下点位置角 $\psi = 59^\circ$ 及び 45° , 中心からの距離 $r = 40 \text{cm}$, シュートの向きを示す投下方向角 $\Delta = 45^\circ$, 落下点とシュートの下端との高さ $H = 60 \text{cm}$, 仕切板位置角 $\beta = 34^\circ$ である(第2図参照)。

試験の結果、多湿の樹皮を用いた場合、 $N = 150 \text{rpm}$, $\psi = 59^\circ$ で絶乾換算 400kg/hr の処理能力を示した(第3図)。しかし、 $N = 180 \text{rpm}$, $\psi = 45^\circ$ では 400kg/hr 以下で石が飛び出したので、実用上の処理能力の限界は 350kg/hr 程度と考えられる。

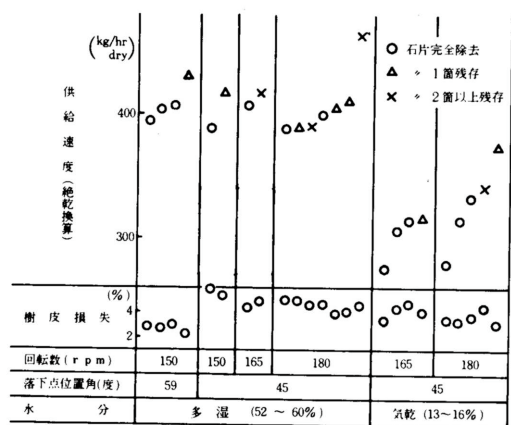
樹皮を気乾状態にしたものは $N = 180 \text{rpm}$, $\psi = 45^\circ$ で 330kg/hr を示したが、 $N = 165 \text{rpm}$ の状態からみて 300kg/hr 程度が実用的であろう。なお、気乾状態



第1図 大型定量供給フィーダ



第2図 円盤分離試験に用いた表現と内容



その他の条件 D: 1.5m, θ : 15°, r: 40cm, H: 60cm
 d : 45°, β : 34°, Sb: 20~40mm

第3図 粗放樹皮の処理能力

での処理能力が小さくなったのは、樹皮が円盤表面を滑り落ちる挙動をみせ、石片との分離が困難になったためであるが、樹種による差がみられる。

2. 粗大石片の分別除去

石片及び金属片の除去に関する研究は、処理された樹皮の中に1個の異物の残存も認めないというきびしい目標のもとに行ってきた。しかし、実用の状態において、ごくわずかであれば石片の混入は認めるのがむしろ一般的であろう。また樹皮に混入した石片を除去する必要から、他に適当な方法が見当たらないためベルトコンベヤ上で人手で除いている例もあるが見落しが多く、かなりの石片が残ったまま加工されているのが実情とのことである。円盤による分離は平面的に行われ、粒子同士が衝突する機会が多いので、むしろこうしたゆるい条件に用いる方が有効と考えて試験を行った。

2.1 試験方法

試験装置は、1の粗粒樹皮の処理能力試験に用いたものと同じである。

樹皮は剥皮屑を篩分けしないでそのまま使用し、1回の樹皮量は嵩で40 l、石片は15mm及び20mmのものを各々10個、計20個をベルトコンベヤ上で樹皮に混入し、このうち17個(85%)以上回収できることを目標とした。

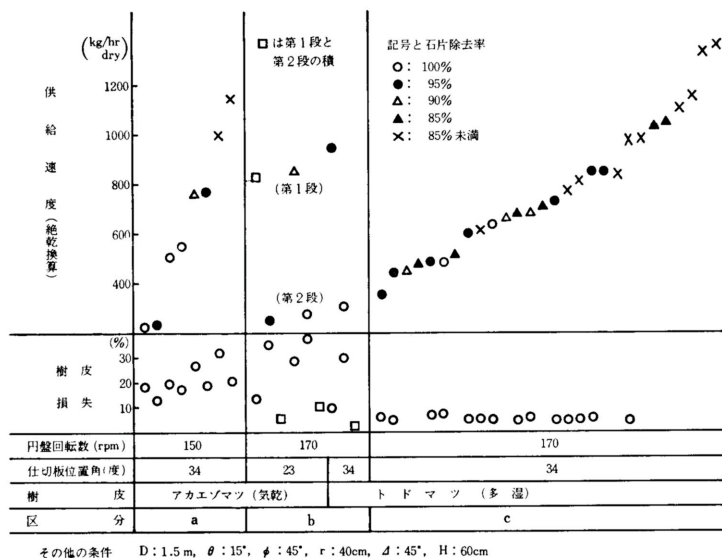
2.2.1 アカエゾマツ樹皮の試験

アカエゾマツの気乾樹皮を用いた試験では800kg/hr(絶乾換算、以下同じ)の処理能力を示した。しかし、樹種による特性のためか樹皮が円盤上を滑落しやすいため、石片とともに損失となる樹皮量が多く、目標の10%以内に対し20%以上、中には30%を超える場合があった(第4図中のa)。

2.2.2 二段処理試験

樹皮の損失量を減らすため、石片と共に分離した樹皮を同じ条件で再処理を行った。供給量ははじめの処理で損失となる樹皮量が適当と考え、フィーダの最小供給量に設定して試験した。この時の供給速度は1段目のおよそ3分の1であった。

試験の結果、石片とともに除去された樹皮は転動しやすいものが多いため、2段目の損失量(比率)は1段目より多くなるが、1段目の3分の2以上を回収できるので、2段処理によりアカエゾマツでも全体の損失量を、目標の10%以内に抑えることができた。また



その他の条件 D: 1.5m, θ : 15°, ϕ : 45°, r: 40cm, d : 45°, H: 60cm

第4図 粗大石片の除去 (1) (円盤傾斜15°)

トドマツの多湿樹皮では3%まで減らすことができた。(第4図中のb)。

2.2.3 トドマツ樹皮の試験

北海道の主要樹種であるトドマツ樹皮(多湿)を用いて試験を行った。

1) 傾斜15°, 170rpmにおける処理能力

28回の試験を供給速度別に並べた結果, 600~700 kg/hrの処理能力を示した(第4図中のc)。この時のその他の条件は $\theta = 45^\circ$, $r = 40\text{cm}$, $H = 60\text{cm}$, $\alpha = 34^\circ$ である。

2) 傾斜20°, 240rpmにおける処理能力

円盤の傾斜を20°に強めるとともに, 回転数を240rpmに上げ, 落下位置と仕切板位置を変えながら処理能力の上限を求めた。その他共通した条件は $\theta = 20^\circ$, $\alpha = 45^\circ$, $H = 60\text{cm}$ である。

$r = 50\text{cm}$, $\beta = 68^\circ$, $\gamma = 56^\circ$ の試験

落下点を傾斜の上方で, 円盤の縁に近い位置に設定し, それに伴い仕切板も上方にずらした位置で試験したところ800kg/hrの処理能力を示した(第5図中のa)。

$r = 40\text{cm}$, $\beta = 37^\circ$ の試験

落下点を円盤の中心に10cm寄せ, 仕切板も37°に

したところ, 分離が悪くなり400kg/hrに処理能力が減少した(第5図中のb)。

$\beta = 45^\circ$, $r = 40\text{cm}$, $\gamma = 23^\circ$ の試験

落下点を傾斜下方に移したところ1000kg/hrと最大の処理権力を示した(第5図中のc)。

$r = 30\text{cm}$ の試験

落下点をさらに中心に10cm寄せた場合でも, ほぼ同じ処理能力を示した(第5図中のd)。

3. 石片の大きさ別分離試験

ゆるい条件での円盤分離について比較的簡単な試験によって実用化の目途がついたので, 実用性を確認するため当場の堆肥生産設備に組み込み, 粉碎機の防護に用いることにした。このため円盤分離装置を改造し石片の分別についてさらに詳しく調べた。

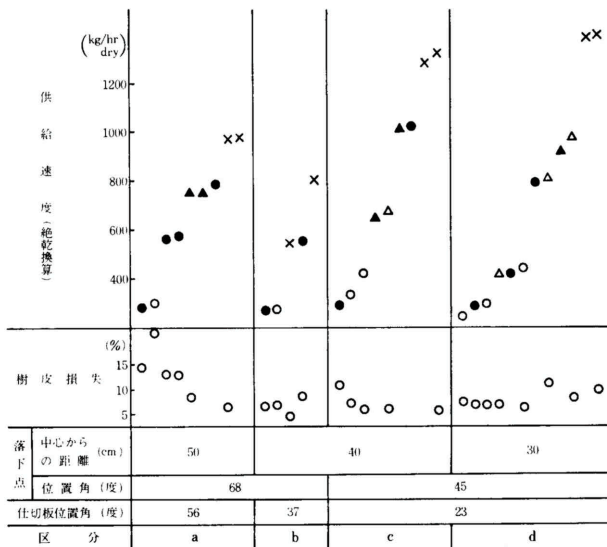
3.1 円盤分離装置の改造

円盤と回転軸の結合を強固にするとともに, 架台を小型で剛性の高いものに取り替え, 円盤から飛び出した樹皮を集める小型のベルトコンベヤを付加したもので円盤を除いて全くの新製となった(第6図)。

3.2 試験装置及び試験方法

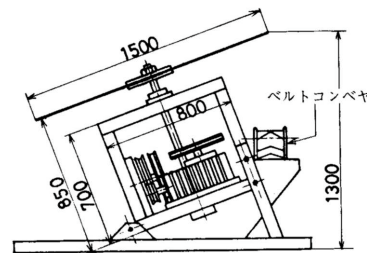
石片の分別については, 石片の大きさ別の分離状態を知る必要があると考えて試験を行った。

試験装置は, 定量供給フィーダ, ベルトコンベヤ, シュート, 円盤分離装置, ベルトコンベヤで, 円盤分離装置から試験用テーブルを取り除き, 樹皮の排出のためコンベヤを追加したのがこれまでの試験と異なるところである。

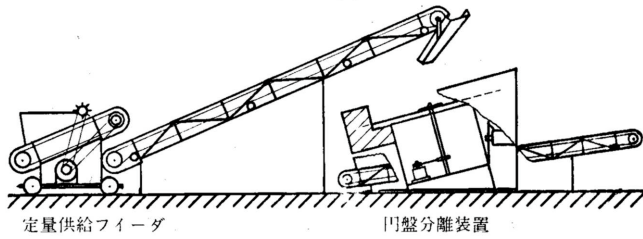


D: 1.5m, θ : 20°, N: 240rpm, α : 45°, H: 60cm

第5図 粗大石片の除去(2) (円盤傾斜20°)



第6図 円盤分離装置 (改造後)



第7図 石片分離試験装置

試験方法は、あらかじめ長尺分離装置で大きな樹皮片を除いた樹皮(剥皮屑)を定量供給フィーダでベルトコンベヤにのせ、試料石片を混入してシュートから円盤に落下させ、石片を除いた樹皮は排出コンベヤから容器に受けて重量及び水分を測定し、石片及び石片と共に除去された樹皮も箱で受けて、石片の回収数を調べたあと樹皮の重量等を測定した(第7図)。

試料石片は、川砂利を集め、長さ、幅、厚さのうち幅の大きさを区分した。重量は同じ大きさでも最少1に対し最大10と差が大きいので、極端なものは除いた。

石片の大きさは5, 7, 10, 15, 20, 30 (mm) の6種類とし、各10個、計60個を1回の試験に用いた。除去できなかった石片は回収せず、試料石片を数多く用意し補充した。

1回の試験に用いた樹皮量は含湿重量で11~23kg、

大体15kg前後(高量約60l)である。樹種はエゾマツ及びトドマツの混合である。

3.3 試験条件

試験条件は、円盤直径D=1.5m, 傾斜 = 20°, 落下点位置角 45°, 投下方向角 45°, 投下高 H 60cmで、落下点の中心からの距離

r = 30及び40cmについて各々回転数N及び供給速度Vfを変えながら試験を行った。仕切板位置角 ははじめのみ23°であったがあとは34°に固定した。

3.4 試験結果

1) r = 30cmについて

当初仕切板位置角 = 23°で試験した8例について、30mmの石片を除いた樹皮のほうへ飛び出すなど分離が不安定なので(第1表の中a), = 34°に変えて試験したところ、回転数N = 180~300rpm, 供給速度Vf = 201~322kg/hr(絶乾換算)の範囲で行った15例について15mm以上の石片の除去率99%の好成績をえた。石片とともに除去される樹皮の損失量も2.6~13.2%, 平均8.4%で10%以内の目標を満たしていた(第1表中のb)。

供給速度を400kg/hrに大きくすると分離性能の低下がみられ(第1表中のc), とくに小さい石片の回

第1表 石片大きさ別分離試験(1) 落下点位置中心より30cmの場合

No.	仕切板位置角 β (°)	試験回数	円盤回転数 N rpm	供給速度			樹皮損失 %	石片除去数(各10箇より)					
				湿重量 kg/hr	水分 %	絶乾換算 kg/hr		石片の大きさ (mm)					
								30	20	15	10	7	5
a	23	8	160	585	58.5	192	1.3	8	7	7	4	4	0
			271	674	68.8	280	2.7	10	10	9	9	6	4
			—	(636)	(65.4)	(220)	(1.7)	(9.1)	(9.1)	(8.4)	(6.5)	(5.7)	(2.4)
b	34	15	180	581	63.8	201	2.6	10	9	9	5	1	3
			300	921	66.5	322	13.2	10	10	10	10	8	6
			—	(742)	(64.6)	(256)	(8.4)	(10.0)	(9.9)	(9.8)	(7.8)	(6.2)	(4.5)
c	34	2	240	1,240	68.3	393	5.3	10	9	7	8	5	2
			270	1,188	63.1	438	8.9	10	9	9	3	3	4
			—	(1,214)	(65.8)	(416)	(7.1)	(10.0)	(9.0)	(8.0)	(5.5)	(4.0)	(3.0)
d	34	1	350	631	60.0	253	13.6	—	10	10	9	8	5

注) 固定条件: D: 1.5m, θ : 20°, ϕ : 45°, λ : 45°, H: 60cm, 樹種: エゾマツ, トドマツ混合 () は平均値

第2表 石片大きさ別分離試験(2)落下点位置中心より40cmの場合

No.	仕切板 位置角 β (°)	試 験 回 数	円 盤 回転数 N rpm	供 給 速 度			樹 皮 損 失 %	石 片 除 去 数 (各10箇より)					
				湿重量 kg/hr	水 分 %	絶乾換算 kg/hr		石 片 の 大 き さ (mm)					
								30	20	15	10	7	5
a	34	19	200	560	61.9	199	2.1	9	8	5	5	1	1
			{	{	{	{	{	{	{	{	{	{	
			300	1,040	70.8	364	9.1	10	10	10	10	7	7
			—	(769)	(65.3)	(267)	(6.0)	(9.8)	(9.5)	(8.8)	(7.6)	(4.6)	(3.4)
b	34	2	240	1,270	64.6	450	4.7	9	10	10	5	5	2
			{	{	{	{	{	{	{	{	{	{	
			—	1,443	66.4	485	5.9	10	9	7	6	4	3
			—	(1,357)	(65.5)	(468)	(5.3)	(9.5)	(9.5)	(8.5)	(5.5)	(4.5)	(2.5)
c	34	2	240	1,732	63.8	627	6.0	9	8	6	3	4	0
			{	{	{	{	{	{	{	{	{	{	
			—	2,390	65.5	824	7.8	8	9	4	4	4	2
			—	(2,061)	(64.7)	(726)	(6.9)	(8.5)	(8.5)	(5.0)	(3.5)	(4.0)	(1.0)
d	34	1	350	640	62.4	241	9.8	—	9	9	9	7	5

注) 固定条件: 第1表に同じ, () は平均値

収率が悪くなる。回転数を30rpmにすると樹皮が風に乗って流れ落ちるような挙動をみせ、樹皮の損失量も大きくなるので分離には適さないと考えられる(第1表中のd)。

2) r = 40cmについて

落下点を10cm円盤の中心からさらに遠ざけ、回転数 N = 200 ~ 300rpm, 供給速度199 ~ 364kg / hrで試験した19例について、15mm以上の石片の除去率94%, 15mmのみについても88%と目標の85%を上回ったが、先のr = 30cmの99%には及ばなかった(第2表中のa)。

供給速度が増大すると、とくに小さい石片から回収率が減少するのはr = 30cmの場合と同じで、供給速度450 ~ 824kg / hrの4例についてその傾向がみられた(第2表中のb及びc)。

円盤回転数 N = 350rpmで樹皮が流れ落ちるような挙動をみせることについては本条件でも同じで、樹皮の損失量も他の回転数より多くなっている(第2表中のd)。

4. 考 察

1) 20 ~ 40mmの粒度についての追試は、アカエゾマツしか入手できなかったが、一応多湿の樹皮の場合、絶乾換算で350kg / hr以上の処理能力を確保でき

るものとする。気乾樹皮が滑り落ちる傾向は、外の樹皮では目立たず、アカエゾマツで発生しやすい薄片状の微粉が乾燥すると滑りやすくなるように思える。

2) 新たな用途を目的とするゆるい条件での石片の分別除去については1.5mの円盤で予想以上の1t / hrの処理能力を示し、実用性を一層高めることができた。付帯的に行った2段処理は、樹皮の回収率を高める方法として考えていたが、予想どおりかなりの樹皮を回収できることが示されたが、反面、石片とともに除去された樹皮は転落しやすい性質のものが多いため、2段目の回収率は1段目より劣っていた。

3) ゆるい条件での大小の石片の分別状況を知る試験で、200 ~ 300kg / hrであれば15mm以上の石片の回収率99%という好成绩をえた。また回転数についても円盤傾斜20°の場合200 ~ 300rpmが適当と考えられることも示された。

なお、ゆるい条件では1t / hrの処理能力が示されているが、この試験の時点では試験結果を解析中であり、また堆肥の生産に必要な処理量も小さい見込みのため大きな供給速度における分離状態についてはとくに試験を行わなかった。

むすび

樹皮に含まれる石片の分離方法として、風力による

分離技術を開発したが、より簡易な分別方法を求めて皿型造粒機の分級作用に着目して試験をはじめた結果、粒子の反発力の差と円盤の回転を組み合わせたユニークな分離装置ができ上がった。

円盤による分離は風力に比べ確実性で多少劣ると考えられるが、簡易なだけに中小規模の企業では風力より使いやすいので、粉碎機の保護に、あるいは堆肥の中の石片の除去等に役立てて頂ければ幸いである。現場での経験によればコンベヤ上で石を手で除く方法に比べると作業ははるかに楽であるし、重い石片は円盤と大きな衝突音を生ずるので、万一除去できなかった場合でも作業員がコンベヤ上で容易に取り除くことができた。

円盤分離はチップ、削片板原料等の異物除去にも応用できそうであるし、木材以外では都市ごみの分別等にも応用できると考えられるが、一応当面の目標であ

る「コンベヤから連続して投下したものを処理できるだけの性能があること」を達成できる見通しがついたので円盤分離については研究をひと区切りしたいと考えている。

なお、前回の「長皮分離装置の開発」及び今回の「円盤分離装置による粗大石片の除去」は、第30回日本木材学会大会（昭和55年4月、京都市）において発表したものである。

文 献

- 1) 戸田，佐藤：樹皮に混入した石片及び金属片の除去（4）；
林産試月報．324，1（1979）

- 試験部 林産機械科 -
（原稿受理 昭56.1.12）