

## 樹皮に混入した石片及び金属片の除去（２）

- 風力分離装置の開発 -

戸田 治信 佐藤 真

### 6. 装置の改造

連続運転試験によって風力による分離技術の開発に一応成功したが、試験の際の観察により、塔内の風速が平均化される前に樹皮が塔頂に達するため、片寄った高速の気流により石片が飛ばされて分離能力を低下させている疑いを生じ、またスクリュウフィーダでは塔内の圧力が高いため樹皮が供給口から吹き返されて十分な試験ができなかったため、安定した運転ができるよう次のとおり改造した。

#### 6.1 塔高

有効塔高を改造前の1.45mから、内径の10倍に相当する2.50mに延長した。全高は2.27mから3.15mに増加した。

#### 6.2 気密供給排出装置

スクリュウフィーダ及び気密箱の代りにロータリーバルブにより供給及び排出を行うようにした。

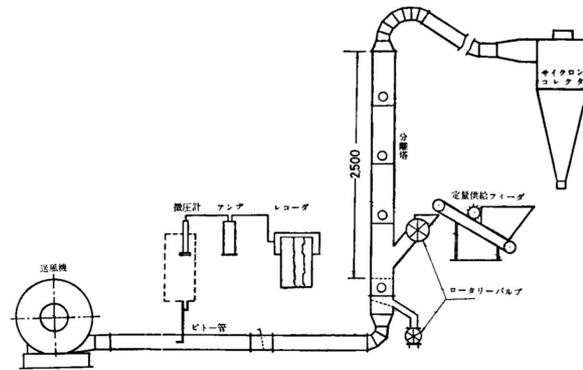
#### 6.3 定量供給装置

改造前はスクリュウフィーダが定量供給装置を兼ねていたが、別にベルトフィーダを製作して、定量供給されたものがロータリーバルブから塔内に供給されるようにした。

#### 6.4 その他

塔内の風速の片寄りを減らすため、塔の側面から吹きこんでいた風を、塔の底部から吹きこむようにした。

改造した風力分離装置は第4図のとおり、風は送風機から計測部及び制御用ダンパを通して分離塔に入り塔頂から風管を経てサイクロン集じん機から放出される。石片を含む樹皮は定量供給フィーダにより一定の供給速度に調節されたのち、ロータリーバルブを経て



第4図 連続分離試験装置（改良後）

分離塔の中に入り、石片を分離して塔頂からサイクロンに至り、風と分離して樹皮溜めに落下する。分離した石片及び樹皮の一部は排出口から気密用の排出口ロータリーバルブを経て外部に取り出される。

### 7. 風速の計測及び調整

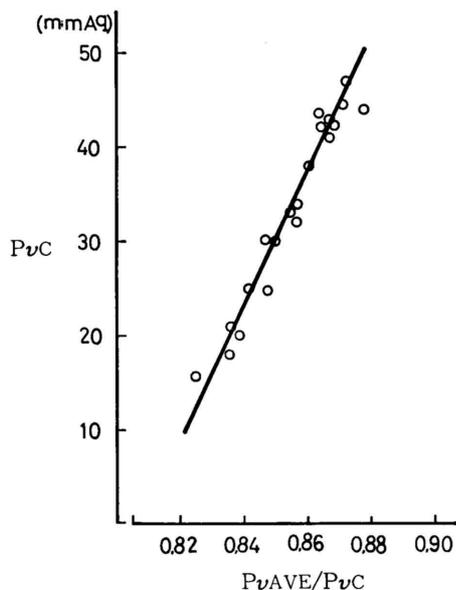
先の連続試験において分離中の風速を記録させたところ、意外に大きな変動を示したので、記録紙の巾が9cm、で狭い電磁オシログラフに替え、25cmと広巾のペン書き自記記録計で風速を記録させることにした。また風速の設定方法も、あらかじめ計測点における中心動圧とJIS B 8330による平均動圧との関係を求め（第5図）、中心動圧により塔内の風速を推定して調節する方法をとった。

### 8. 連続分離試験

装置の改造により安定した運転が期待できたので、より細かい計画を組んで試験を行った。試験条件及び結果は第3表のとおりである。

#### 8.1 試料樹皮

前と同じく製材原木剥皮屑で、樹種はエゾマツ及び



第5図 中心動圧と平均動圧の関係  
 Pvc: 中心動圧  
 PvcAVE: 平均動圧

トドマツの混合であり、振動篩で所定の粒度に篩分けした(第1表)。なお2.2~5mmについては当初の予定になく、5mm篩下を別の振動篩で篩分けしたので比率は測定しなかった。

8.2 含水率100%における試験

乾燥した樹皮は軽くて問題が少ないと考えられたので、かなり湿った状態である含水率100%の付近で試験を行った。

8.2.1 分離可能風速範囲

含水率約100%における石片の分離可能範囲は、樹皮の粒度の大きさ10~20mmでは7.9~9.6m/sで、設定値6m/sでは樹皮の沈降速度に達せず分離不可能であった。上限は計測器の制限のため測定できなかった。粒度5~10mmでは7.1~8.0m/sで、設定値6m/sでは不足で、実測値9.3m/sでは試料石片が樹皮とともに飛ばされた。粒度2.2~5mmでは5~6.5m/sで、4.5m/sでは不足であり、7m/sでは石片の飛び出しがみられた。

第3表 分離試験条件及び試験結果

樹皮 粒度 (mm)	分離風速 (m/s)			樹皮 含水率 (%)	供給速度 (乾重換算) (kg/hr)	石片と共 に排出さ れた樹皮 量 (%)	試料石片分離結果 (未回収数/混入数)				
	期 待 値	設 定 値	実 測 値				石片の大きさ (mm)				
							10	7	5	3	2
10~20	8	7.70	7.88	114	159	10.0	0/5	0/5	0/5	0/5	
	8	7.77	7.97	114	179	12.2	"	"	"		
	9	8.59	8.99	114	165	2.9	"	"	1/5		
	9	8.63	9.02	114	172	2.8	"	"	0/5		
	9.5	9.01	9.57	114	167	2.1	"	"	"		
	9.5	9.01	9.57	114	167	2.1	"	"	"		
5~10	8	7.88	7.88	233	109	10.0	0/5	0/5	0/5	0/5	
	9	8.95	8.95	210	159	10.8	"	"	0/15		
	9.5	9.44	9.44	233	162	7.0	"	"	0/13		
	7	7.01	7.12	98	238	9.9		0/5	0/5	0/5	
	8	7.82	80.3	98	237	2.0		"	"	"	
	9	8.83	9.32	96	214	0.5		"	"	5/15	
2.2~5	9.5	9.18	9.72	98	206	0.9		"	"	8/15	
	8	7.94	7.96	198	207	8.6		0/5	0/5	1/15	
	9	8.79	9.06	207	174	1.5		"	1/5	6/15	
	5	4.97	4.99	89	205	16.8				0/10	0/20
	5.5	5.43	5.43	93	245	8.2				"	"
	6	5.89	5.89	93	177	3.1				"	"
2.2~5	6.5	6.45	6.48	89	251	2.6				"	"
	5.5	5.49	5.44	130	196	8.2				0/10	0/20
	6	—	—	136	198	10.3				"	2/20
	6	6.00	5.95	115	238	4.5				1/10	1/20
	6.5	6.46	6.49	152	—	—				"	3/20
	6.5	6.52	6.58	115	262	2.0				0/10	"

### 8.2.2 樹皮含水率

試験に用いた樹皮の含水率は、粒度10~20mmでは114%、5~10mmは96~114%、2.2~5mmは89~93%であった。

### 8.2.3 供給速度

分離塔の分離能力にはまだまだ余裕はあったが、供給速度は気密用ロータリー・バルブの供給能力に制約された。樹皮は粗いほど絡み易いため供給速度が小さく、粒度10~20mmで乾重換算160~180kg/hr(含湿340~390kg/hr)、5~10mmでは206~238kg/hr(含湿408~471kg/hr)と増加したが、2.2~5mmでは177~251kg/hr(含湿342~474kg/hr)で5~10mmと大きな差は無かった。

### 8.3 高湿状態における試験

樹皮がずぶぬれの状態では石片の分離が困難になると予想し、含水率約200%を目標に試験を行った。

#### 8.3.1 分離可能風速範囲

粒度10~20mmでは7.9~9.4m/sの範囲で良く分離し、とくに問題は無かった。粒度5~10mmでは7m/sでは風速が足りず、8m/sでは3mmの石片が1箇飛び出し9m/sでは低湿のものと同様かなりの飛び出しがみられた。粒度2.2~5mmについては、含水率200%ではロータリーバルブ内で閉塞して処理不能のため含水率を110~150%に下げた試験したが、風速5.5~6.5m/sで試験した6例中、完全に分離できたのは5.5m/sの1例のみであった。

#### 8.3.2 樹皮含水率

試験に用いた樹皮の含水率は、粒度10~20mmのものが210~233%、5~10mmでは198~207%、2.2~5mmでは115~152%であり、2.2~5mmを除き目標値の200%に近い数値であった。

#### 8.3.3 供給速度

粒度10~20mmでは乾重量換算109~162kg/hr(湿重量363~539kg/hr)、5~10mmでは174~207kg/hr(湿重量567~617kg/hr)、2.2~5mmでは192~262kg/hr(湿重量451~563kg/hr)であった。

## 9. 考察

樹皮に混入する石片及び金属片を風力により分離する技術を開発したが、風力による方法は比較的簡単かつ常識的であり、技術開発上の要点として粒子の大きさによる沈降速度の一致を防ぐため、樹皮と石片が確実に分離可能で、できるだけ幅の広い粒度範囲を選択して篩分けること。石片と樹皮を確実に分離させて石片を分離塔の外に取り出す機構を考案し、開発すること。石片の分離に適した風速を知ること。含水率の影響等、実用化の際に必要なと考えられる知見をえておくこと……等が考えられる。

### 9.1 粒度範囲の限定

粒子の大きさの範囲については、樹皮と石片の比重から目開き1:2の2つの篩の間に納るよう篩分け、樹皮の空気抵抗が大きいことを利用することにより、ほぼ適当な粒度範囲を選択できたものとする。

### 9.2 分離排出機構

分離塔底部に金網の排出スクリーンを設けて落下する石片を受けて排出口に誘導し、石片と共に多量の樹皮が排出されることを防ぐため格子状の分散スクリーンを排出スクリーンの上に設けて樹皮の落下を制限することにより、石片と共に排出される樹皮量を2~10%程度にとどめることに成功した。なお格子間隔は処理する樹皮粒度の上限の1.5倍としたが、3倍では大きすぎて効果がなく、0.75倍では小さすぎて閉塞の恐れがあった。しかし0.75倍でも10~40mmの樹皮に30mmの格子を用いたところ特に障害がなかったことで、最適の格子間隔は粒子の形状及び粒度分布によって変わることが想像される。

排出スクリーンの傾斜は、粒子が風圧で半ば浮いた状態なので約10°にしたが、一部金網の凹部に石片が残ったので工作精度によってはさらに傾斜を大きくする必要があろう。また実用機では摩耗を考慮して太い素線の網を用いたり、孔隙率の大きい孔あき板等を使うことが望ましい。

### 9.3 分離に適した風速の選定

分離に適した風速は試験結果に示したとおり幅があり、上限は石片が樹皮と共に飛ばされない限度、下限は風が弱く樹皮が塔内に溜りはじめる周速で、この範

囲は樹皮含水率100%で1~1.5m/sであった。

実用化の際はこの範囲の中から分離の確実性と能率を考慮して風速を選択するが、一般的には操業の安定を考慮してこの範囲の中間か、又は上限に寄った風速を選択するケースが多いと考える。

#### 9.4 実用上の知見

##### 9.4.1 含水率

含水率の増加によって樹皮が重くなり、分離風速が増加する傾向は明確には認められなかった。しかしずぶぬれ状態では樹皮表面の水の粘性によって、とくに粒子が小さいほど分離が困難になった。また処理による水分の乾燥は、計算では湿量基準1%程度で、殆んど影響ないと考えられたが、試験の際もとくに目立った変化はみられなかった。

##### 9.4.2 風速の変化と制御

前述のとおり無負荷時の設定風速に対し分離中の風速はほぼ増加を示した。この変化は樹皮の大きさも影響するらしく、5~10mm、10~20mmでは平均0.27m/s 最大約0.5m/sの増加をみせたが、2.2~5mmでは平均0.05m/s、最大+0.06~-0.05m/sの増加で殆ど変化がなかった。

このように0.5m/sの変動があることは、含水率100%における分離可能風速範囲が1~1.5m/sであり、また電圧の変動等で風速が変化することを考えると、適正風速の設定を困難にし、また常時監視して調節しなければならないことを示す。この対策としては風速を自動制御する技術の開発が必要であろう。

##### 9.4.3 石片と共に分離される樹皮

この分離装置では構造的に樹皮の一部が石片と共に排出され、分散スクリーンで防いでも約5%が損失となる。しかしこれらの樹皮はコルク質の外皮部が多いので、再回収を考えるよりは廃棄するか石片を含んだまま燃料等に利用するほうが有利と考える。

##### 9.4.4 樹皮の大きさの影響

今回の試験に用いた樹皮の大きさは2.2~20mmの範囲であった。これ以上の大きな樹皮から石片を分離することも不可能ではないが、一般的には分離に適した風速がより高速となって所要動力が増大し、また口

一タリーバルブも大型にして、樹皮を噛み込んだ場合切断できるように丈夫で強力なものにする必要があり、コスト的に不利となる。しかし実用機はより大型になるので、カットパークを原料として40mm以上のものを除く場合にはそれほど問題にはならないことも考えられる。

2.2mm未満についても技術的に分離できると考えるが、細かすぎて試料石片の判別が容易でなく、そのまま堆肥原料にする考えもあったので試験しなかった。

#### 9.5 分離の確実性について

樹皮に含まれる石片の分離技術を開発することによって最初の段階で悩んだほどの程度の確実さで分離させるかであった。勿論100%完全に除去できれば理想的であるが、実際問題として不可能である。これは技術開発と併行して結論を要求される大きな課題であり、次のとおりまとめた。

前述のとおり樹皮はカットパークを対象としており剥皮時に樹皮に喰い込んだ石は衝撃で弾き出され、篩分け工程で細かい石は殆ど除去されるので、石片が樹皮に包み込まれている危険は稀にしかないと考えられるし、風力による方法は分離が確実なので、同じ程度の大きさの石片は確実に除去される。しかし樹皮の割れ目にはさまって、分離できずに樹皮に混入する石片が絶対無いとは言えないが、これについては分離処理しない樹皮を使用することを考えれば問題にならないくらい少なく、また篩分けもされている樹皮に含まれる大小の石片のうち機械を損傷させる恐れの高い大きな石片が分離されずに残る可能性はさらに少ないので、たとえ僅かの石片が樹皮中の残存して損害を与えたとしても致命的なものにはならず、通常の保守費用の範囲で処理できる程度に止まるものと判断し、このような前提で分離技術及び分離処理した樹皮の利用方法等の開発を図るべきであると考えられる。

## 10. むすび

当场において樹皮をボード原料として使用する研究を行ってきたが、実用上の問題として混入する石片を除くことが提起された。樹皮はチップのような木部に

比べ石片を含む量が非常に多く、複雑な形状をしているため木質物に比べ石片の除去が困難である。また分離処理された樹皮の利用方法がまだ研究のため確定していないので、用途側から分離技術に対し要求される仕様あるいは条件が決まらず、自ら要求条件を予想しつつ現実的な範囲を選択して、ひとつひとつ設計条件を決めていく必要があった。

幸いに風力分離は期待どおり技術的問題が少なく、開発が容易であったし、カットバークでは石片は切削時の衝撃で樹皮から叩き出され、大きなトラブルの原

因にならない見通しもえた。

今径の課題として、装置的には大きな問題はないと考えるが、より省力化を図るため風速の自動制御について研究する必要があると思われるほか、樹皮も樹種及び季節によって状態が異なると考えられるので、機会があればこれらについての知見もえておく必要があろう。

- 試験部 林産機械科 -

(原稿受理 昭和53.11.15)