

のこくずの連続炭化 (1)

- 炭化方式の検討 -

戸 田 治 信

はじめに

近年従来のすみがまによる製炭は、パルプ産業の広葉樹使用による原木の値上りと全国的な労務者の不足による生産コストの増大に加え、石油やプロパンガスなどの安価にして使用容易な液体及び気体燃料の進出により次第に衰退する傾向にある。

しかし需要面から見ると、木炭の特長である無煙無臭の固体燃料としての性質は家庭用としてなお捨て難いものがあり、一方、工業用炭素源としては、反応性高く、灰分の少ない性質と合せて今後一層の需要の増加が期待されている。そのためコスト高の従来の製炭に代り、林地廃材と工場廃材の炭化について研究が進められているが、当所においてはその一つの方向として工場廃材のうちパルプ原料として使用できない細粒状木材の炭化をとりあげ、昭和34年以来調査と研究を行っているので、結果の一部をとりまとめ報告する。

研究の目標

一口に連続炭化の研究といっても範囲は広く、あらかじめ研究の目標をどこにおくか決定しておく必要がある。

これについて考察した結果、単なる独想的なアイデアの試験を目的とせず、与えられた設計条件または企業化条件において、たとえ一般的によく知られている方式でもよいからもっと採算性のよい方式を選択し、これに考察を与え、この試験で得た結果をもとに、次の段階である企業規模の装置を設計できることを目標に試験を行うことにした。この目標に従い、炭化方式の選択及び装置の設計を行うための企業化条件及び設計条件として次の事項が考えられる。

原料粒度	5 mesh (スクリーン目 4 mm)
	以下
原料水分	0~50 % (Wet base)

原料処理量 1日 5~10 ton (乾物)
 原料価格 無料または乾物 1 ton 1,000 円位
 許容製品価格 乾物 1 ton 1~2 万円

過去に報告された炭化または乾溜装置について

1910年頃まではメチルアルコールや酢酸等の重要な化学工業原料を生産する手段として木材乾溜工業は非常に盛んであり、多くの乾溜装置が考案されている。現在までのこれらの乾溜装置を大きく分類すると第1表のとおりになる。

細粒状木材炭化方式の比較について

前節に述べた乾溜装置のうち、細粒状木材を連続的に炭化する方法について各々その概要を述べ、得失について比較考察する。

1. 内熱型

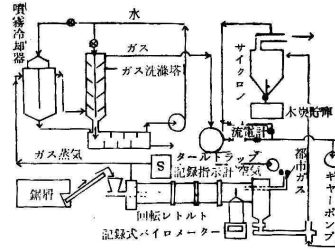
a. ロータリーキルン

回転する円筒の一端より原料を供給し、他端から排出されるまでに円筒内に吹きこまれた熱風により炭化されるもので、熱風の吹きこみ方には原料の進行方向に対し向流と併流の2つの方法がある。米国の Rieck 法は向流であり、この方法はセメントや石灰の焼成等に多く用いられており、大変熱効率の良いのが特長であるが、木材を炭化する場合、残留酸素の多い熱風を用いると着火のおそれがあり、キルン内のガス流速が大きいと粒子が吹き戻されるおそれがある。その点 Rieck 法では熱風に都市ガスを用いているので過剰空気が非常に少なく、熱風の量も少ないため成功したものと思われる。併流吹きこみ法は着火のおそれは少ないが、向流より熱効率悪く、末端へ行くほど温度が下るので炭化には使用が困難である。現在鋸屑からチップに至る木材粒子の小型乾燥機は殆んどこの方法で

ある。

得失

ロータリーキルン型の炭化炉は原料の送りを円筒の回転により行うので装置の磨耗が少なく、原料の加熱が平均に行なわれる。欠点としては原料充填率が回転円筒断面の5~10%程度に制限されるため装置が大型になり、回転部分と固定部分の接続点が多いためドラムの熱膨張その他による変型で密閉が難しく空気が侵入して木炭収率低下、爆発等の危険を伴う。



第1図 Rieck法乾溜装置

b. Stafford炉 (Stafford-Badger 炉)

この炉はフォード自動車工場より出る1日 400 ton の木質廃材を処理する目的で建設されたものである。構造は上下に蓋のある断熱された円筒の頂部に原料予熱用スクリュウコンペアーを取りつけたもので、原料は回転乾燥機で向流に吹きこまれる不活性熱風により全乾に近いまで乾燥されたのち、予熱用スクリュウコンペアーで 170 まで加熱され炭化室に装入される炭化室では原料自身の発熱分解による熱で乾溜され、木ガス、木酢、木タール等の揮発分は上方の新しく装入された原料を予熱したのち頂部から排出され、木炭は次第に下方へ移行して底部の蓋より取出される。

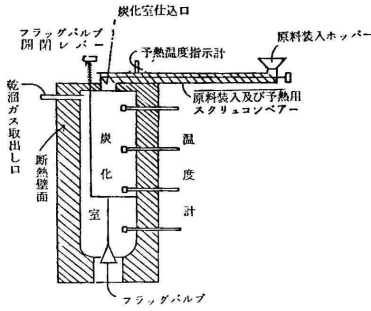
得失

この装置の特長は運転開始の時に空気を供給して加熱した後は全く外部からの加熱を必要とせず、発熱分解のみで炭化が進行することにある。問題点としては揮発分が移動床の原料の間を通過して頂部から排出されるため原料粒度の下限が制限されることで、実際にフォード工場では鋸屑の

第1表 木材炭化及び乾溜装置分類

木材	塊状	断続	内熱 { Reichert法 ¹⁾ 一般のすみか ²⁾
			外熱 { マイヤー車輛レトリート ³⁾ 松根乾溜装置 ⁴⁾ その他一般のレトリート乾溜装置
	細粒状	連続	内熱 { SIFIC 型 (Lambiotte 型) 連続炭化炉 ⁵⁾ Mellman Retort ⁶⁾ Cornell 型連続炭化炉 ⁷⁾ Vege Char. Kiln Strupp の連続炭化炉 ⁸⁾
			外熱 { 鋸屑かま (平炉) ロータリーキルン (Rieck法) Stafford 法 ⁹⁾ 流動乾溜 ¹⁰⁾
		断続	内熱 { Seaman 法 ¹⁰⁾ .St. Paul 法 ¹¹⁾ ロータリーキルン { 植木法 ¹²⁾ 薄層乾溜 ¹³⁾ (Cline Retort) スクリュウ送り型 { セーマン法 ¹⁴⁾ Thomsen (Conway) 法 ¹⁵⁾ 国産法 ¹⁶⁾ (設計者不明)

ように細かい廃材のために Seaman 炉 (後述) を併用していた。また熱収支から見てある程度大型炉でないとな操作が難しいと考えられる。



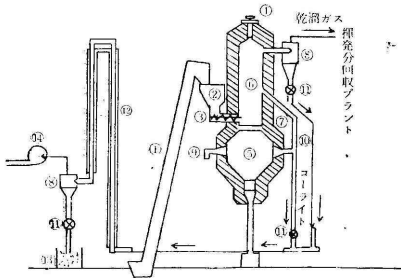
第2図 Stafford レトルト

C. 流動層乾溜炉

従来フラッシュドライヤーとして粉粒体を熱風で吹き上げながら乾燥する方法が知られていたが、その際、粒子がガス中を滑り落ちる速度が意外に大きいことが観察され、流動層の考えが生れた。新しい流動層の意味は粒子が下から吹き上げるガスに浮遊して外に飛び出さない状態を指し、濃厚流動層とも呼んでフラッシュドライヤーのように気体と共に装置外へ飛び出す方法 (稀薄流動層) と区別する。この粒子に木材質、ガスに高温の不活性熱風を用いれば木炭を生産することができる。

得失

流動層乾溜炉の特長としては熱交換効率が非常によいこと、装置内の反応温度が均一で部分ムラがないこと、運動部分がないので振動による装置破損の心配がないことなどがあり、木材炭化炉としての欠点は炉内の原料滞留時間が不均一なこと。木材が急に高温に曝されるため軽しような木炭になり収率も低いことがあげられる。



第3図 炭研式石炭流動乾溜炉

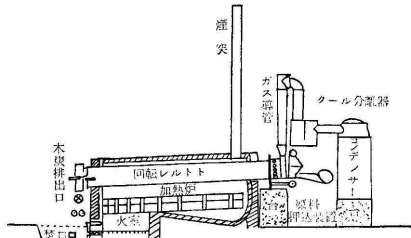
2. 外熱型

a. ロータリーキルン

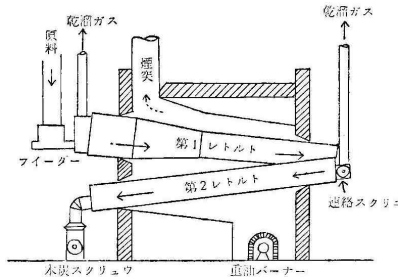
内熱型の円筒を煉瓦の加熱室で覆い、熱風を吹こまずに外から加熱する方法で、国内では近年2, 3ヶ所で操業した例があり、外国では Seaman 炉と St. Paul 炉が報告されている。

得失

内熱型ロータリーキルンと同様の外に、比較的良質の木炭がえられることとドラムの外側を加熱室で覆うため装置が一層大型になることが考えられる。



第4図 Seaman 炉



第5図 St. Paul 炉

b. 薄層乾溜炉

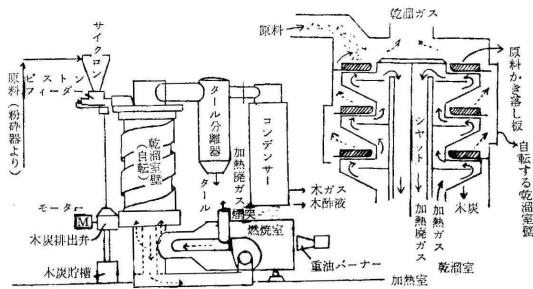
英国スコットランド地方で頁岩油の乾溜に使用されている方式を木材乾溜に応用したもので、類似のもので報告された装置に Cline Retort (米) がある、基本的な構造は内側に加熱室、外側に輪状のよしい型原料保持機をもつ乾溜室がある。原料は加熱室壁面とよしいの間隙を下に移行する間に炭化され炉底より排出される。乾溜ガスはよしいの間から外側に出て乾溜室壁との間を通り炉頂より排出される。Cline Retort は加熱室外壁が何段もの棚になっていてよしい型の保持器がなく、棚の上の原料は回転する乾溜室についた腕で順次下の段へかき落されていく。

得失

この方式は原料が薄層となり、よく攪拌され、熱風により向流に加熱されるので、熱交換効率がよく、良好な炭質を期待できることが特長として考えら

- ① 原料ホッパー
- ② 原料スクリュウ
- ③ 乾燥室
- ④ 乾燥室
- ⑤ 乾燥室
- ⑥ 乾燥室
- ⑦ 乾燥室
- ⑧ 乾燥室
- ⑨ 乾燥室
- ⑩ 乾燥室
- ⑪ 乾燥室

れ、欠点としては機構的に複雑すぎて小容量では建設費が高くつくことがあげられる。



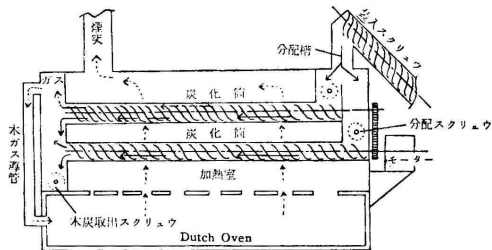
第6図 Cline Retort

c. スクリューコンベアー型

円筒型スクリューコンベアーを加熱炉で覆って外側から加熱し、原料が内部を通過する間に炭化されるもので、我国でも古く操業した例が報告されており、外国ではセーマン炉がこの型と言われ、最近では Forest Products Journal に米国で操業中の装置について紹介されている。

得失

この型は加熱室の充填率が30%前後まで許されるのでロータリーキルンに比べ小型で安価に建設できる。回転部分と固定部分との接続はスクリュー軸だけなので密閉が簡単で完全にできる。欠点としてはスクリュー軸の高温における湾曲、振動による加熱室の破損と、他の型に比べスクリューと壁面の磨耗が激しいことがあげられる。



第7図 Thomsen (Conway) 炉

3. 内熱型と外熱型の比較

内熱型は熱風と炭化原料が直接接触するので熱交換効率がよく、所要熱量が少なくて済むのでできれば内熱にするのが望ましいが、反面発生ガスの質が悪く、量が多くなるため全量を直接乾溜熱源として利用することは困難で、タールと木酢液の回収プラントを併置しても採算のとれる程度の大きな規模でなければ企業的に不利である。

外熱型は原料を加熱室の外側から加熱するため熱効率が低く、熱風温度と炭化温度の差を大きくする必要があるので装置過熱の危険があり、単位体積当りの伝熱面積が大きさに反比例して減少するので大規模の装置には向かないが、発生するガスの質が良く（発熱量が高く）、内熱と異り加熱室内の熱風の流速を制限されないで発生するガスを直接燃焼して炭化熱源に使用することができ、加熱廃ガスはタールなどを含まないでそのまま原料乾燥熱源として廃熱を有効に利用することができる。

4. 直接加熱と間接加熱

直接加熱は主に外熱式炭化炉で直接熱風で加熱する方法を意味し、それに対し熱風で加熱された熱媒体により間接的に炭化室を加熱する方法を間接加熱と呼ぶ。間接加熱が考案されたのは、外熱の場合熱風の温度を高くして運搬するため燃料供給量と燃焼状態の時間的変動により火焰が直接炭化室壁面に触れたり、熱風温度が上がりすぎて部分的に炭化室壁面を過熱し、焼損や変形を起して装置の寿命を短くする危険があるため、伝熱面の外側を熱容量が大きく、熱伝導度が高く、流動性があるで加熱の部分差を対流によって平均にする熱媒体で覆う間接加熱が注目されたものである。この方法の難点は木材の炭化温度に適した良い熱媒体が見当たらないことで、常温で液体の有機媒体は腐食性がなく好ましいが炭化に必要な 400 以上では分解して使用できず、又高価であり、安価な硝酸塩類は炭化温度附近の熱媒体として適当な性質をもっているが腐食性が強く高価な耐食材料を用いる必要があり、万一炭化室に穴が開いて侵入すると大爆発を起す恐れがある。

塩化物は爆発性はないが比較的融点が高くて使用が難しく、決定的な耐食材料が見当たらない。青化ソーダも良好な性質をもっているとされるが毒性が強すぎる。いずれにせよ間接加熱を採用するには安価ですぐれた熱媒体の発見が必要であり、今のところ製品の附加価値が高くないと使用が難しいようである。

炭化方式の選定

以上の諸形式について検討した結果、企業化条件から見て、製品が附加価値の低い木炭であり、原料入手面から石炭乾溜に比べ小規模の装置になることが考えられるので、要求される木炭品質の範囲でできるだけ安価に建設できるスクリュー送り直接加熱式を採用することに決定し、この方式の欠点を改善するために次の考案を行った。

1. 運転経費を節約するため、小型炉のため回収プラントを設置しても採算に疑問があるので乾溜ガスはそのまま燃やして熱源とし、熱収支のバランスをよくして補助燃料をごく少量又は不要にした。

2. 同じく熱収支改善のために装置内のガス流速の変化による影響の比較的少ない回転乾燥機（ロータリーキルン型）を組合せて炭化筒加熱後の高温ガスの廃熱を原料乾燥に利用した。

3. 装置の製作費を抑えるため製品木炭の品質を成型木炭として使用できる限界の揮発分25%以下とし、炭化温度を450 以下に抑えて炭化筒材料に安価な炭素鋼を使用できるようにした。

4. 設計炭化温度と炭素鋼使用限界が殆んど一致するため時間的部分的温度変化の大きい直接加熱型は危険が伴い、特に乾溜ガスの熱量が必要熱量より多くなる場合過熱され易いので炭化温度の自動制御装置を組合せた。

- 1) 芝本武夫・栗山旭；木材炭化，69（1952）
- 2) 小林久平；木材乾溜工業，210（1939）
- 3) 芝本武夫・栗山 旭；木材炭化，81（1952）
- 5) 岸本定吉 連続製炭；木材工業 Vol. 15. No. 3 P116（1960）
- 7) 芝本武夫，栗山 旭；木材炭化，72（1952）
- 9) 国井大蔵・秋山忠明，高木香住，流動化法，新化学工学講座 - 5. 丹野晴彦；石炭化学工業 P 52（化学工業．No. 3．1957 年別冊）
白井隆；流動層（1958）
- 10) 小林久平；木材乾溜工業，274（1939）
- 12) 岸本定吉 連続製炭；木材工業 Vol. 15 No. 3 P118（1960）
- 14) 内田憲；木炭と加工炭，138（1952）
小林久平；木材乾溜工業，278（1939）
- 15) 小林久平；木材乾溜工業，277（1939）

- 林指特産防腐研究室 -

参考文献