

簡易炭焼き窯による杉材の活性炭製造方法

足利工業大学附属高等学校電気科 ○岩崎 眞理
東京大学大学院農学生命科学研究科 空閑 重則

1. はじめに

活性炭の製造^{1-5, 11-13)}は水(H₂O)と炭素との熱(800℃以上)を加えることで熱化学反応により生成される。一般の黒炭用の炭焼き窯では、内部温度が650℃以下のため不可能である。工業用のロータリー式炭化炉は高温でも使えるために活性炭の製造に多く使われている。活性炭は木炭を高温にして、それに高温水蒸気を入れることにより水と炭素が高温により熱化学反応を起こして水素と二酸化炭素が発生し、その時に炭素分子が木炭から抜けるので、そこがミクロの穴となる。この穴が多くなれば木炭の表面積が大きくなり活性炭が生まれる。活性炭の比表面積は他の製法では塩化亜鉛等を木炭に含浸してから高温で焼いて賦活して亜鉛を塩酸で洗い出し残留した塩酸を水で洗い流し乾燥させて作る。ただし飲料水用としては亜鉛が残ることもあり安全性に問題が残る。本方式はドラム缶式の簡易炭やき窯の内部に金属パイプを通し窯下部の廃熱と燃焼部の熱等で水蒸気を発生させ、全体で800℃以上の高温水蒸気を発生させる装置により、通常炭化終了後から8~9L/Hの水を自然滴下で入れて、内部温度を800℃以上に保ちながら杉炭を賦活させる活性炭製造炭焼き窯である。この炭焼き窯の特徴は木材と水があれば電気の無い場所でも活性炭の製造が可能である。特に活性炭は重金属を吸収する働きがあるために重金属を含んでいる東南アジアの井戸水の浄化⁶⁾や電波吸収体やコンデンサーなど各種電極材料などへの応用も考えられる。

2. 簡易ドラム缶窯の構造と活性炭製造窯との比較

今までの簡易炭焼き窯(図1)⁷⁾を1050℃/1Hまでの耐熱炭焼き窯にしたものに蒸気発生装置及び蒸気の800℃以上の高温度にさせる熱交換鉄パイプを配管し、パイプの長さやノズルの形状を変えて実験を行った。そして最終型として活性炭製造炭焼き窯(図4)に示すように炭化炉のロストル下部に煙突のある後面より鉄パイプを前部の燃焼部に配管し、燃焼部の下部から上部を通し、炭化路内部の前面上部から煙突の有る後部に配管して、後面で折り返して前部に戻す構造とした。そして前面に戻す炭化炉内部の所に下向きに3カ所と燃焼部上部に上向きに1ヶ所の4箇所高温水蒸気を拡散させるノズルを配置して活性炭炭焼き窯を完成させた。水を後面上部よりパイプに入れるとロストル下部の廃熱により水が蒸発し前面に来る、そして燃焼部に入り年勝負の高熱により高温の蒸気となり炭化炉内部でも燃焼部からの熱により過熱させられる。最終的にはノズルから800℃以上の高温水蒸気を木炭に噴射して賦活させる構造である。

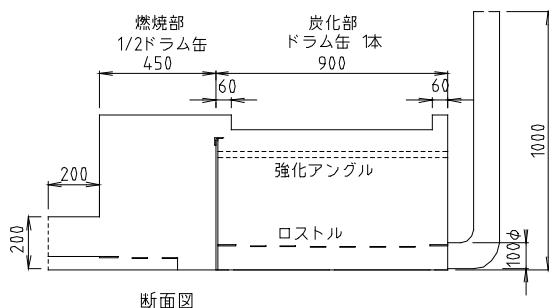


図1 基本型の高温炭焼き窯の構造

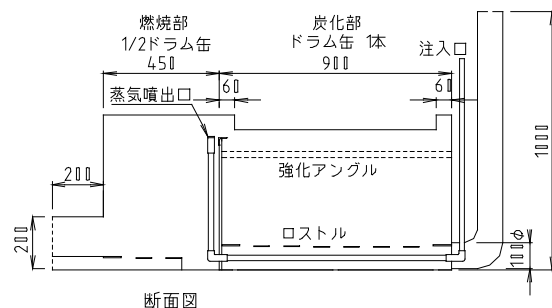


図2 パイプを通した初期型活性炭炉の構造

3. 初期型の問題点の検証と改良箇所

初期の実験は図1の基本型の燃焼部に水を噴霧して実験を行ったが、よい結果が得られなかった。ただし水蒸気を入れることにより炭と水との反応から内部温度は上昇した。活性炭窯の初期型は図2に示すようにロストル下部の廃熱に注目し、この熱による気化熱を利用して排気部の下部からロストルの下を燃焼部まで貫通させ燃焼部の熱を利用して蒸気を高温させ燃焼部上部で噴射する構造であったために熱の不足により40/Hの水しかは通すことしか出来なかった。このとき比表面積は窒素ガス吸着法で測定を行ったが400m²/gまでしか上がらなかった。次に図3に示すように水の量の増加を考え燃焼部上部から後面に炭化炉内部にパイプと通し、後面から炭化炉内部に戻す構造としノズルの形状も写真1に示すように製造した。このときの実験を数回繰り返しているときに木炭が大量に入っている燃焼部内のパイプが熔融する事故が起きてしまい。次の活性炭窯からパイプの厚み等を変更した結果、内部での熔融事故は無くなった。この時から水を8~10l/Hで入れることが可能となった。その結果、比表面積も増加し800m²/gを超えることが出来るようになった。ただし目標とする1000m²/gにはまだ届かない状態であった。そこで図4に示すように内部3カ所と燃焼部1カ所での噴射口を付けて実験を行った。この時の噴射口は写真2の構造であったために水蒸気の噴射の広がりが出なかったために一方向での圧力が強く缶の片側の木粉炭を飛ばしてしまった。拡散型の噴射ノズルを作るために各種の噴射ノズルの変更を行い、写真3の時に994.6m²/gの良好な結果になった。現在はノズルを新しく作り変えて実験を行い現在は写真5の様な構造となり噴射の広がりも良好になった。このノズルの改良型による実験を現在行っており水蒸気量と温度を変化させて1000m²/g以上の最良の結果を出せるよう実験を継続している。

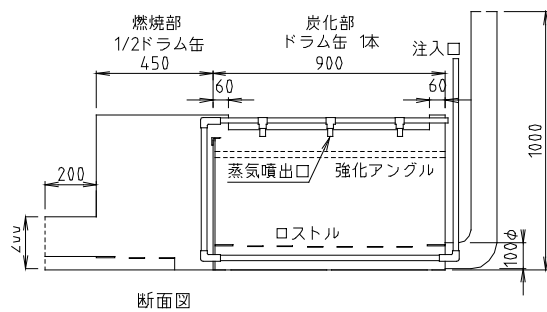


図3 中間型の活性炭窯の構造

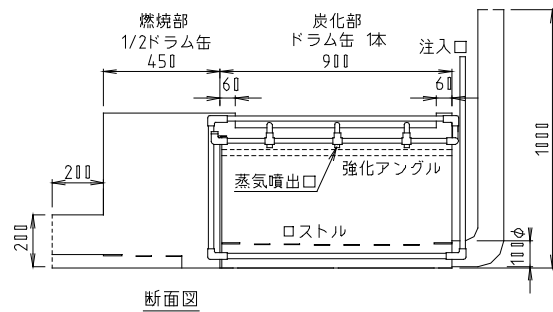


図4 最終型の活性炭窯の構造

表1. 炭化炉内部温度

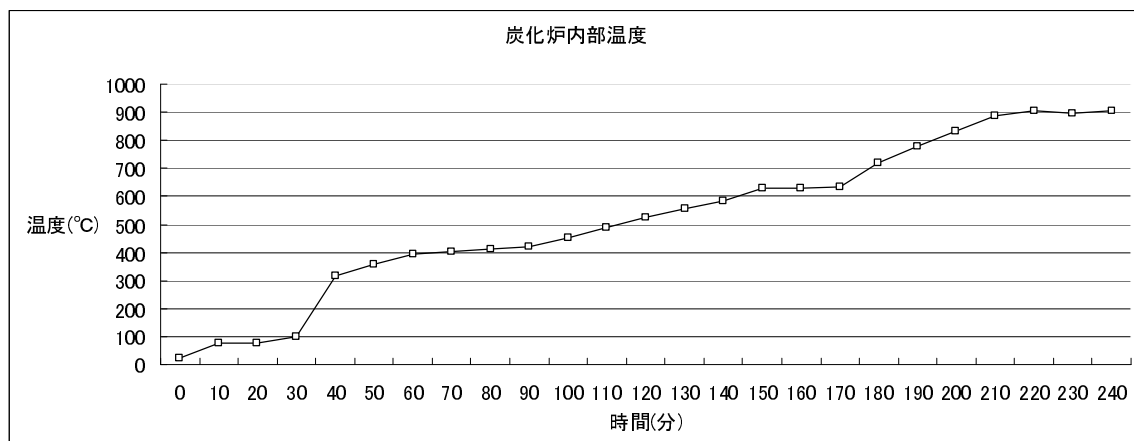


表1は杉の鉋材の温度上昇曲線である。180分が無煙となり、水はタンクより自然落下により供給を行ない水を入れ始め50分で9ℓの水を入れた。終了後10分間内部温度を $900 \pm 10^\circ\text{C}$ を保った後に窒息消火を行い、簡易活性炭窯が冷えるまで待ち、取り出してオン交換水に12時間浸して水溶性物質を溶出させ洗浄を行った。恒温機により乾燥させた後に窒素ガス吸着法で測定をおこなった。実験では空気は必要に応じて送風機を利用したが団扇などで送風することが可能である。



写真1. パイプのみのノズル



写真2. 1つノズルの可視化



写真3. 円筒付ノズル



写真4. 円筒付の可視化



写真5. 4穴ノズルの可視化



写真6. 4穴ノズルの可視化

4. 実験結果について

写真1のノズルでは400m²/gであった。写真2は写真1のノズルの可視化をバーナーを利用して実験したものである。写真2,3では広がりすぎると噴射方向に偏りがあり内部の木炭が多く飛散して収量が少なかった。4つ穴ノズル写真4,5のように拡散も良くなり90/Hの水添加により比表面積が994.6m²/gの結果であった。よって活性炭の実験は成功したと考えられるが実験の最終目標値の1000m²/gを越えるように現在は写真6の広角ノズルを改良したものでの実験を行っている。また水を120/H以上入れられるように炭化炉内部配管の設計を変更し新しい活性炭窯の製造を発注してあり今後の実験データに期待したい。

5. 考察

これは今までは大規模なロータリーキルンなどを使用した工業生産しか出来なかったが活性炭製造窯を簡易炭焼き窯を改良することにより、簡単にかつ電気の取れない場所やジャングルの中でも水と木材(チップ材)があれば容易に活性炭を製造することが可能となり水質環境改善材となる。活性炭は水のフィルターだけではなく電磁波吸収体^{1,9)}の電気的性質の向上などもあり、粉末化においてはコンデンサーや太陽電池の電極材料¹⁰⁾として多くの応用範囲に及び将来の有望な物質となりうると考えられる。

謝辞

活性炭の窒素ガス吸着法による測定に協力いただいた東京大学大学院農学生命科学研究科空閑研究室の成田廣枝氏に感謝いたします。

参考文献

- 1) 岸本定吉 (1998), 炭, 創森舎, pp265-274, pp323.
- 2) 柳沼力夫 (2003), 炭のかがく, 誠文堂新光社, pp80-90.
- 3) 大谷杉郎 (2005), 炭素・自問自答, デジタルパブリッシングサービス, pp17-18.
- 4) 浦木康光, 玉井 祐, 戸倉誠一 (2006), 第4回木質炭化学会発表会講演要旨集, pp59-62.
- 5) 谷田貝光克編, (2007), 炭の利用事典, 創森舎, pp235-239.
- 6) 岩崎眞理, 空閑重則 (2007), 第5回自然エネルギー利用総合セミナー, 講演要旨集(足利市), pp85-91.
- 7) 岩崎眞理 (2007), 木質炭化学会論文, 新形式炭焼き窯による炭化時間の短縮化, pp1-6.
- 8) 岩崎眞理 (2008), 第10回ケナフ等植物資源利用研究会, 講演要旨集(東京), pp26-27.
- 9) 登田克司, 岩崎眞理 (2004), 炭素系有機半導体の電磁波への適用(電波吸収体)について, 足利工業大学附属高等学校研究紀要第10号, pp1-18.
- 10) 岩崎眞理, 登田克司. IT ダイオードについて, 足利工業大学附属高等学校研究紀要第9号, pp7-23.
- 11) J. W ハスラー著, 織田 孝・江口良友訳(1967), 活性炭, 共立出版株式会社
- 12) 柳井 弘・石崎信男(1996), 活性炭読本, 日刊工業新聞社
- 13) 立本英機(1998), おもしろい活性炭の話, 日刊工業新聞社