

下水汚泥の燃料化技術の開発

岡 喜秋, 上出 光志, 渡辺 秀明*, 大原 啓*

Development of Technology for Converting Sewage Sludge to Fuel

Yoshiaki OKA, Mitsushi KAMIDE, Hideaki WATANABE*, Hajime OHARA*

キーワード：屋外作業，下水汚泥，炭化，燃料化，ペレット燃料

1. はじめに

我が国では年々下水道の普及が進み，平成18年度末においての全国の下水道普及率は70.5%になる。札幌市は全国的にも下水道の普及率が高く，19年度末で99.6%にもものぼる。下水処理場から発生するスラッジは膨大な量で，このほとんどは含水率65～75%ほどに脱水され，脱水ケーキとして処理され，さらに含水率40%ほどに乾燥してから焼却される。この焼却設備からの発生蒸気のほとんどは脱水ケーキの乾燥に使用され，残りは下水汚泥処理施設の給湯，冬季は暖房，ロードヒーティングなどに使用されている。札幌市の下水汚泥焼却施設は西部スラッジセンターと東部スラッジセンターの2箇所，平成20年度は年間181,000トンの脱水ケーキを処理している。脱水ケーキのうち年間16,000トンほどはコンポストとして市内で販売され，農業用，一般市民用，緑地用の肥料として再利用されている。¹⁾

下水汚泥は燃料として利用できれば，バイオマス燃料として扱われるため，下水汚泥を燃料として利用する試みが，最近全国で盛んに行なわれている。この一つが下水汚泥から炭化燃料を製造する方法である。このプラントが東京都東部スラッジプラント内に建設され，平成19年度より稼働している。また，下水汚泥に水分調整用の廃紙などを混合して，押し造粒装置，ペレタイザーにより一定形状に成形し，さらに乾燥して固形燃料として利用することも試みられている。

札幌市下水道資源公社から，炭化，固形燃料化についての可能性調査の依頼があり，脱水ケーキの炭化および固形燃料化について検討を行った。

* (財)札幌市下水道資源公社

事業名：技術指導

課題名：下水汚泥等の燃料化調査

2. 炭化処理の検討

2.1 実験装置および実験方法

炭化に関する実験は，図1に示す装置を試作して炭化実験を行なった。炭化の加熱には横型管状電気炉を使用した。温度制御は，電気炉内部にK型熱電対を挿入し，炉内温度を用いて温度コントローラにより制御した。温度調節計は(株)チノー製プログラム式調節計DZ3000を使用した。

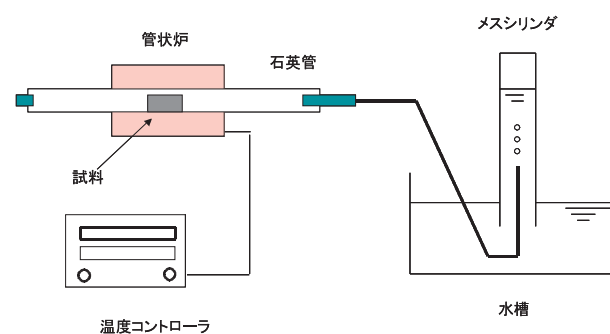


図1 実験装置



図2 管状電気炉、温度コントローラ

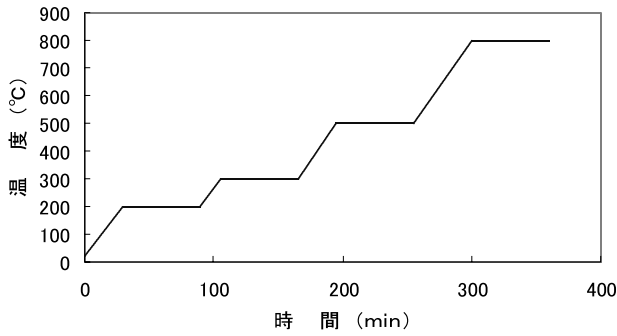


図3 温度経過

使用した横型管状電気炉，および温度コントローラを図2示す。管状電気炉内に外形50mm，長さ400mm肉厚2mmの石英管を挿入して，石英管内部に試験体を設置した。試験体として脱水ケーキ（含水率約75%）10～30gほどを天秤にて計量し，石英容器に入れて実験に用いた。図2のように，試料挿入後，石英管内部の空気を除くため，窒素にて置換した後，石英管両端を耐熱シリコンゴム栓により閉じた。炭化時の生成ガスを採取するため，石英管の一端のゴム栓に，外形10mmのガラス管を差し込み，炭化時に発生するガスを水槽内の1リットル計量用メスシリンダ内に導入した。ガス生成量はメスシリンダ内の水を置換することにより計測した。さらに採取したガスをテドラーバッグにとりガス組成を調査するためガス分析を行った。汚泥の炭化温度は300°C，400°C，500°C，800°Cとし，図3の炭化温度800°Cの例のように，所定の炉内温度経過になるよう温度コントローラにて制御を行った。

2.2 炭化物の性状

炭化物の性状としての高位発熱量の結果を図4に，炭化物収率割合を図5示す。乾燥汚泥の高位発熱量は18MJ/kg（乾燥物）ほどで，300°Cの炭化物では発熱量の差はほとんどない。しかし，500°Cの炭化物では，図6の工業分析の結果からわかるように揮発分が減少するため，灰分が相対的に増加することにより，発熱量が14.5MJ/kgと20%ほど減少する。800°Cの炭化物についても同様な傾向で，高位発熱量は12.5MJ/kgに減少する。

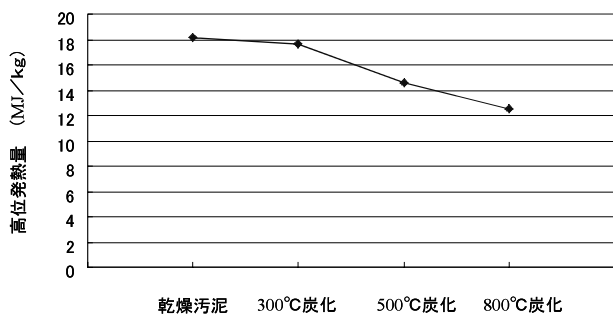


図4 炭化物の高位発熱量

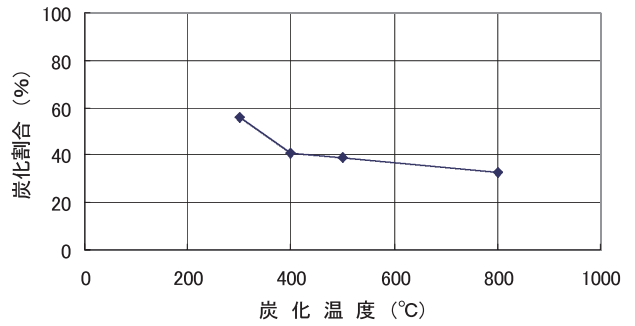


図5 炭化物収率割合

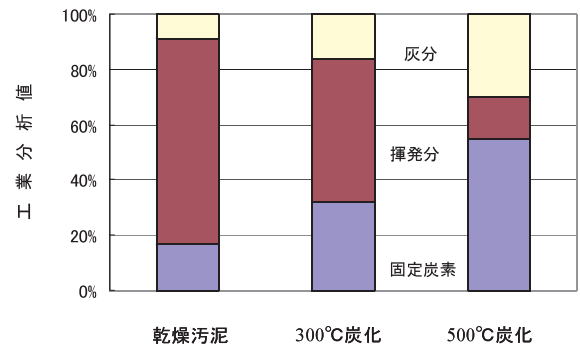


図6 工業分析値



図7 500°C炭化物

図5の各温度における炭化物の収率割合から，炭化温度300°Cの時の炭化物の収率は60%ほどであるが，400°Cになると急減し収率は40%ほどになる。さらに高温の800°Cになると30%ほどになる。

図6の工業分析値より炭化物の揮発分割合は，炭化温度の上昇と共に減少することが判る。そのため，相対的に灰分，固定炭素が増加し，灰分は500°Cの炭化物では30%ほどになり，乾燥汚泥の10%に比較すると3倍ほどに増加する。図7に炭化物の形状を示す。炭化物は石英容器内で炭化したため石英容器の形状であるが，多孔質で，容易に粉碎可能である。かさ比重は0.25程度である。

2.3 炭化生成ガスの性状

500℃、800℃での炭化時のガス生成量を図8に、性状を図9に示す。生成ガス量は500℃の時は乾燥汚泥1kgあたり13～19Lであるが、800℃になると177～184Lとなり格段に多くなる。また図8より、室温～炭化温度までのガス生成量と炉温度200℃～炭化温度までのガス生成量は、ほぼ同量である。図9に示すように、生成ガスの可燃成分は主に水素、メタン、一酸化炭素、エタン、エチレン、プロパン、プロピレン等であるが、水素、メタン、一酸化炭素の3種のガスが可燃性ガス量の90%以上を占める。炭化温度500℃では、この3種の可燃性ガスはガス生成量の20%ほどで、他はほとんどが不燃性の二酸化炭素である。また、800℃でも可燃性ガスの組成は500℃と同様であるが、可燃成分割合は75%ほどになる。他は二酸化炭素で、可燃性ガスが75%あるため自燃が可能である。500℃のガスは可燃ガスが20%ほどのため自燃できず、助燃用の燃料が必要となる。図10に生成ガスの高位発熱量を示す。500℃炭化温度では、1m³あたりの発熱量は5MJであるが、800℃炭化温度になると20MJとなり、燃料としての使用が可能である。

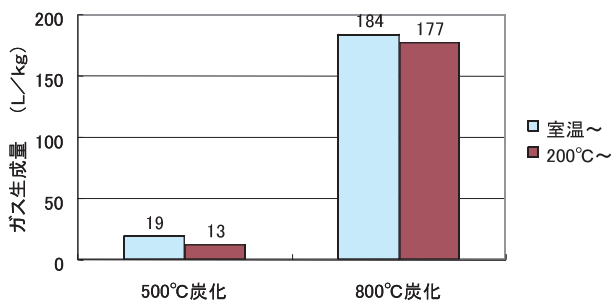


図8 炭化によるガス生成量

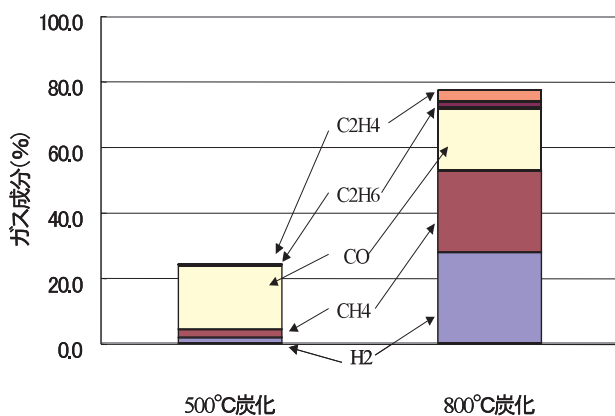


図9 炭化生成ガスの可燃成分割合

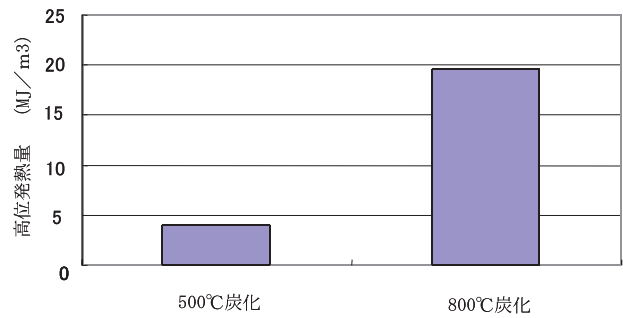


図10 生成ガスの高位発熱量

3. 固形燃料化の検討

3.1 廃紙との混合

下水汚泥の固形燃料について検討するため、水分調整と熱量調整のため、廃紙を混合することを検討した。廃紙は10～30%ほどの割合で、綿状に粉碎したものと、5mmほどの大きさに裁断したものについて行なった。



図11 混練機

混合は図11に示す混練機を使用した。混練機は(株)小平製作所製2軸強制混練機で混練時間は30秒から1分程度である。

3.2 燃料成形

固形燃料として使用するためには、燃料粒度をある程度一定に揃える必要があり、成形機として、押し出し成形機、ペレット成形機の2種類を使用した。図12に不二パウダ(株)製ディスクペレッターを示す。5mmほどの孔が多数空いたダイス上をローラーが回転して試料を押し出し、ペレット状に成形する方式である。成形した燃料は水分が多いため、水分を10%以下になるまで温度100℃の電気炉で乾燥した。



図12 ディスクペレットター

乾燥後の廃紙を混合した下水汚泥ペレット燃料を図13に示す。ペレット燃料の長さは均一とならないが、直径は5mmほどで均一に成形されている。最近バイオマス燃料として盛んに製造されている木質ペレット燃料は、図13の形状である。



図13 ペレット燃料

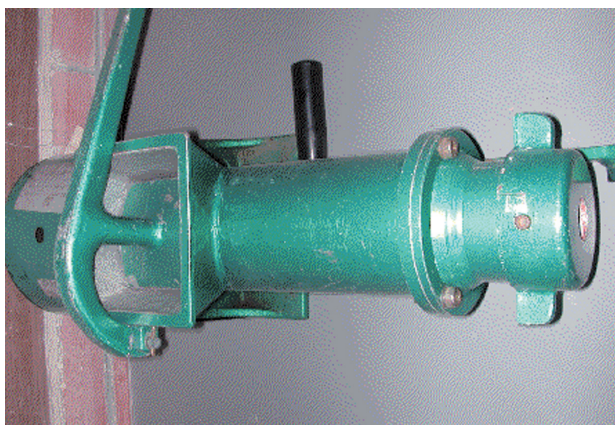


図14 押し成形機

図14の押し成形機により製造された下水汚泥燃料の形状を図15に示す。外形10mmほどの円筒上で、ペレットと同様に水分10%以下に乾燥したものである。



図15 押し成形燃料

4. おわりに

下水汚泥の燃料化について検討を行なった結果以下の結論を得た。

- 炭化実験については、300、400、500、800℃の温度での炭の発熱量は、乾燥汚泥の発熱量との比較では、300℃ではあまり差はない。しかし、炭化温度が上がるにつれて、発熱量は減少する。800℃では30%ほど減少する。炭化温度が上がることにより、揮発分が減るためである。
- 炭化により生成したガスの成分は、水素、メタン、一酸化炭素が主であるが、エタン、エチレン、プロパン、プロピレンなどもある。1 m³の発熱量は、500℃で5MJ、800℃で20MJあり、ガス燃料として十分使用可能である。
- 固形燃料については、ディスクペレットターで燃料成形した結果、発熱量は18MJ/kgで木質ペレット燃料とほぼ同じで、取り扱いも遜色ない。しかし、臭気が多く、今後の検討課題である。
- 押し成形では直径10mmほどの円筒状となり、この形状でも燃料としては十分である。しかし、形状が大きいため、乾燥は不利となる。
- 下水汚泥の燃料化は、脱水ケーキの段階で水分が75%もあると、水分を蒸発するのに多量の熱エネルギーが必要となる。機械脱水による脱水ケーキ製造の段階で、できるだけ水分を減らす必要がある。また、廃熱、自然エネルギーを乾燥に使用することも有利となる。

引用文献

- 1) 札幌市下水道資源公社：札幌市下水道資源公社の概要－平成20年度版－，(2008)