

氏名	笠倉忠夫 かさくらただお
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第1248号
学位授与の日付	昭和55年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	下水汚泥の熱分解プロセスに関する研究

論文調査委員 (主査) 教授 平岡正勝 教授 宗宮 功 教授 住友 恒

論文内容の要旨

本論文は下水汚泥の熱分解プロセスに関して、実験的、解析的に、そのプロセスが従来の焼却プロセスに代替し得る合理的かつ有効なプロセスであることを明らかにしたものである。

緒言において、本研究の背景および本研究の目的を述べている。

第1編は緒論で、下水汚泥熱分解研究の沿革、熱分解の定義および下水汚泥熱分解のプロセス・シンセシスについて述べている。

第2編は基礎研究編で、第1章では熱操作に伴なうクロムの挙動についての室内実験結果から、有害な6価クロムを生成する反応機構と6価クロムの生成抑止可能な熱操作法の検討を行っている。

第2章は下水汚泥脱水ケーキの熱分解に関する室内実験結果から、熱分解に影響を与える因子について述べている。さらに熱分解反応の反応速度について解析を行い、800℃における反応速度式を提出している。特に、反応が2段階にわかれ、後段の固定炭素のガス化反応が下水汚泥に特有な反応であることを明らかにしている。

第3章は下水汚泥熱分解プロセスの2つのプロセスである乾燥—熱分解プロセスと直接投入熱分解プロセスについて、それぞれフィールド実験によって室内実験結果が再現されることを述べている。

第3編はパイロットプラント研究編で、第1章では乾燥機に2連式パドルドライヤー、熱分解炉に一段炉を用いたパイロットプラント実験結果から、下水汚泥脱水ケーキの熱分解プロセスに関するパイロットスケールでの基礎的検討を行い、6価クロム生成を抑止しながら焼却と同程度の減量化、安定化を得るための熱分解操作条件および乾燥—熱分解プロセスからの排出物の挙動を明らかにしている。

第2章では、前章に述べたプラントを発展させたパイロットプラント(4連式パドルドライヤー、4段炉の組合)実験によっても前章の結論が再現されることを述べている。また、同一プラントを用いた直接投入熱分解プロセスおよび焼却プロセスのパイロットプラント実験結果より3つのプロセスの比較検討を行っている。さらに、これらのデータをもとに3つのプロセスについて実規模プロセスのモデルを設定し、シミュレーションによってプロセスのエネルギー効率を規定する排ガス発生量および補助燃料供給量

の比較検討を行っている。

第3章は熱分解炉ガスの再燃焼時に NO_x 生成を出来る限り抑止するための方法、多段燃焼方式について述べている。

第4編は実プラントにおける直接投入熱分解データの解析である。これによって、下水汚泥熱分解に関する一連の実験結果の妥当性が実証されている。

結言において、本研究の結論および今後の研究テーマについて述べている。

論文審査の結果の要旨

下水汚泥の熱分解プロセスは我が国において実用化され始めたが、これには本研究に負うところが大きい。本論文は下水汚泥の熱分解プロセスに関して、基礎的研究から実用化研究に至る諸研究をまとめ、そのプロセスが従来の焼却プロセスに代替し得る合理的かつ有効なプロセスであることを実験的、解析的に明らかにし、この分野の研究における問題点を明らかにしたものである。

著者の得た主な成果を要約すると以下の通りである。

(1) 下水汚泥脱水ケーキ熱分解時の反応は2段階にわかれて進行し、前段は主に有機物の熱分解反応、後段は主に固定炭素のガス化反応であり、それぞれの反応は一次反応式で近似し得る。後段のガス化反応は汚泥中に含まれる Ca および重金属等の含有量により著しい影響を受けることを定量的に示した。

(2) 下水汚泥脱水ケーキを多段炉で部分燃焼熱分解する時、適正な操作条件（空気比0.6前後、温度900℃程度、滞留時間60mm、負荷量 $25 \text{ kg}^{\text{D.S}}/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$ の下で焼却と同程度の可燃分分解率（90%以上）を得ることが可能であり、また、残渣中の熱灼減量のほとんどは炭素であり残渣は安定化されていることを明らかにした。

(3) ケーキ中に存在し、熱操作によって環境汚染物質に転換する可能性のある物質の挙動について以下の知見を得ている。

(i) クロムは酸化雰囲気熱操作によってカルシウム化合物と反応して6価クロム化合物を生成するが、これらの反応は還元性雰囲気熱操作のもとでは生起せず、その熱分解操作は6価クロム生成抑止に有効である。さらに、その熱分解操作ではケーキ中の6価クロムが還元されることが明らかにされた。

(ii) 熱操作によって揮散しやすい有害物質として水銀、カドミウム、鉛およびヒ素について検討し、揮散率は操作条件のうち、主として操作温度に依存することを定量的に示した。

(iii) ケーキ中の硫黄および塩素はカルシウム分の含有量によって残渣への残留率が影響され、消石灰を汙過助剤として使用したケーキでは75~90%の硫黄および塩素が残渣中に残留し、ガス相へ揮散したこれらの物質の形態は SO_x と HCl である。

(iv) ケーキ中に含まれる有機態窒素の約95%は NH_3 、 HCN 、 NO_x 、 N_2 としてガス相へ揮散する。熱分解操作によって NH_3 は 10^3 ppm、 HCN は 10^2 ppm 程度発生するが、これらは再燃焼によって完全に分解することが可能である。一方、熱分解炉内では NO_x の NH_3 等による還元反応が進行し、熱分解操作では NO_x の発生量は極めて少ない。また、排ガス再燃焼の多段燃焼方式によって、ここでの NO_x 生成を最小限に抑止することが可能である。

(4) 乾燥—熱分解プロセス，直接投入熱分解プロセスおよび焼却プロセスについて実規模プロセスのモデルを設定し，シミュレーションによってプロセスのエネルギー効率を規定する評価関数，排ガス発生量および補助燃料供給量について比較検討を行っている。設定したケーキ性状（ケーキ水分および発熱量）の範囲内で，いずれの評価関数についても，乾燥・熱分解プロセスが最も少ない値を示し，次いで直接投入熱分解プロセスが少なく，焼却プロセスが最も多い値を示している。

(5) 建設された実プラントの直接投入熱分解運転データを解析した結果，実験によって得られた熱分解に関する知見が実プラントによって実証されている。

以上の結論から，本論文は下水汚泥の新しい熱操作プロセスである熱分解プロセスについて，そのプロセスが焼却プロセスに代替し得る合理的かつ有効なプロセスであることを明らかにし，実用化への道を開いたものである。これらの成果は学術上，実用上，寄与するところが少なくない。

よって，本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。