

汚泥処理プラントへの効率的廃熱回収制御システムと 蒸気発電設備の導入についての報告

○ 中村 功 岩本 日出雄 水上 啓

東京都下水道局 施設建設部 設備設計課
東京都新宿区西新宿2-8-1

概要

東京都では減量化を目的として、汚泥は焼却処理している。近年は汚泥脱水技術の向上等により、汚泥ケーキの自燃や大量の余剰熱の発生が見込まれている。

そこで、その有効的利用方法について種々検討した結果、廃熱発電が最適と判断し、効率的廃熱回収制御システムを導入した蒸気発電設備の建設に着手した。

本設備により、廃棄物の有効利用と省エネルギーが図られ、CO₂削減やヒートアイランドの抑制効果も大いに期待できる。

本報告では、①廃熱発電設備導入の背景と、そのメリット、②流動焼却炉からの効率的廃熱回収制御システム等について報告する。

キーワード

省エネルギー ヒートアイランド 廃熱回収 流動焼却炉 抽気復水タービン

1. はじめに

明治以来、約一世紀に渡って築き上げられてきた東京の下水道は、公共用水域の水質保全に大いに寄与してきたが、その一方で、処理施設の運転に、大量のエネルギーを消費し続けてきた。

地球規模での環境破壊が目に見える形で表れている今日、資源とエネルギーを大量に消費し続けている私たちの街をリサイクル型都市へと造り替え、環境への負荷を極力抑制することが強く求められている。エネルギーのリサイクルは、行政における重要な課題である。

2. 廃熱発電設備導入の背景

下水の処理過程で発生する汚泥は、その発生量が少ない時代には肥料として売却していた。現在、東京都では、減容化を目的として焼却処理をした後、特殊セメントと混練し、埋立て処分をしている。近年は汚泥の低位発熱量が増加しており、4000kcal/kg・DS(乾燥重量あたり)を超え、燃料的価値が高まってきている。また、脱水技術の向上により、定常的に75%以下の低水分の汚泥ケーキが得られるようになった。これらのことから汚泥ケーキの自燃が行えるようになり、重油、都市ガス等の補助燃料が不要になるだけでなく、大量の廃熱の発生が見込まれている。

廃熱は、燃焼用空気の予熱、煙突からの白煙防止などに、以前から有効利用されてきた。一部では、汚泥ケーキの乾燥にも用いられている。しかし、汚泥ケーキの自燃時はそれだけでは利用しきれない。

そこで、新規の汚泥処理プラントの建設にあたり、エネルギーリサイクルの方法について種々検討をした。

本来熱利用は、近隣への熱供給など、熱のまま利用するのが効率的で望ましい。しかし、現時点では適当な供給先が見出せないため、廃熱発電設備の導入により、系内で利用するのが最適との判断に至り、建設に踏み切った。

当局では、消化ガス発電設備や、汚泥燃料化施設に併設した蒸気発電設備の実績はあるが、流動焼却炉と廃熱発電設備の組合せは初めての試みである。

3. プラントの構成

(1) 汚泥焼却設備

脱水ケーキを焼却する設備であり、流動焼却炉（300t/日）と、その補機類から構成される。

(2) 廃熱回収設備

汚泥焼却設備から効率的に廃熱を蒸気として回収する設備で、廃熱ボイラーとその補機類から構成される。本設備は、効率的廃熱回収制御システムにより、焼却炉と共に制御される。

廃熱ボイラーには、ボイラー給水ポンプにより純水が送水され、 $350^{\circ}\text{C} \cdot 30\text{kgf}/\text{cm}^2$ の過熱蒸気を発生する。蒸気発生量は通常時で一基あたり6.8t/hだが、汚泥性状により変動する。

蒸気タービンの点検時等は、蒸気を高圧蒸気溜めから高圧蒸気復水器へ流入させ、二次処理水で冷却し、復水することで、タービンを停止したままでの焼却設備の運転が可能である。

今回は1号焼却炉のみの建設であるが、順次増設をし、4号炉までの廃熱を回収する予定である。

(3) 蒸気発電設備

廃熱回収設備で効率的に回収された過熱蒸気によりタービンを回転させ、発電を行う設備で、蒸気タービンとその補機類から構成される。焼却炉3炉分の蒸気により、2500kWの出力を予定しているが、今回は1炉分の蒸気しか得られないため、800kWの出力となる。

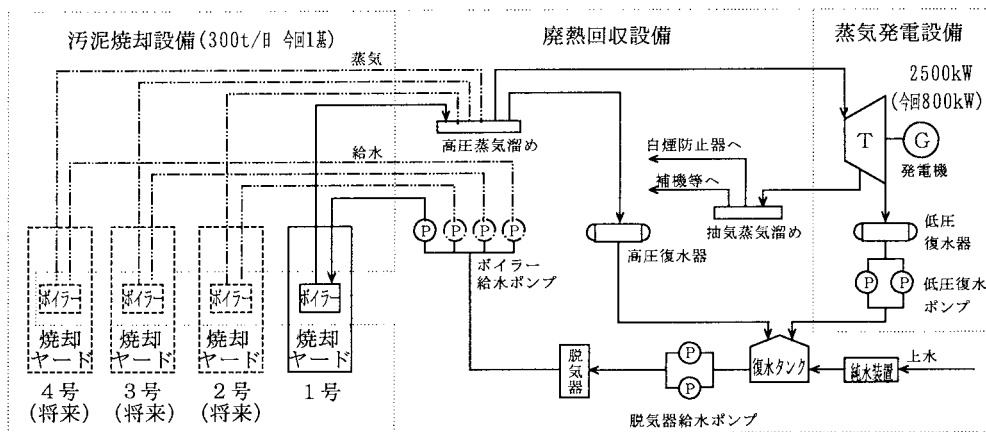


図1 設備フロー

タービンには、抽気復水タービンを採用し、プラント全体としての効率を高めることに努めた。抽気蒸気は蒸気加熱型の白煙防止器に供給するほか、事務室の空調用にも使用する予定である。

4. 効率的廃熱回収制御システムの特徴

汚泥焼却炉の排ガスの温度は約 830℃であり、排煙処理工程に導入するためには、これを 250℃程度まで冷却する必要がある。ここに廃熱が生じ、空気予熱器と廃熱ボイラーで回収される。

排ガスの冷却と廃熱回収は表裏一体であり、また炉内温度制御も密接な関係にあるので、これらは総合して考えなくてはならない。

流動焼却炉まわりの機器配置は、図-2・1のように、空気予熱器と廃熱ボイラー（または白煙防止器等の熱交換器）を直列に配置するのが一般的である。この場合、炉の安定運転を図るため、燃焼用空気の温度制御を行う空気冷却器を設ける必要があり、熱の損失は避けられない。

そこで、図-2・2のように、空気予熱器と廃熱ボイラーを並列に配置した、効率的廃熱回収制御システムを導入し、次の制御を行うことにした。

(1) 制御1 TIC-1

目的：燃焼用空気の予熱に必要な量の排ガスを空気予熱器に流し、残りの排ガスのすべてを廃熱ボイラーに流す。

方法：空気予熱器排ガス出口と廃熱ボイラーの出口に設けたダンパ(DV-1, DV-2)の開度を調節することで、空気予熱器排ガス出口温度一定制御(約 250℃)を行う。

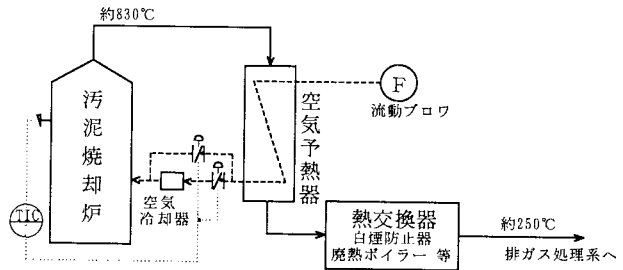


図-2・1 一般の廃熱回収フロー

(2) 制御2 TIC-2

目的：焼却炉内の温度制御に必要な、燃焼用空気の温度を制御する。

方法：空気予熱器空気入口ダンパ(DV-3, DV-4)の開度を調節し、焼却炉入口流動空気温度の制御を行う。助燃時は温度一定制御(約 650℃)とし、自然時は後述の制御3により演算される温度(650~250℃)を目標値として制御を行う。

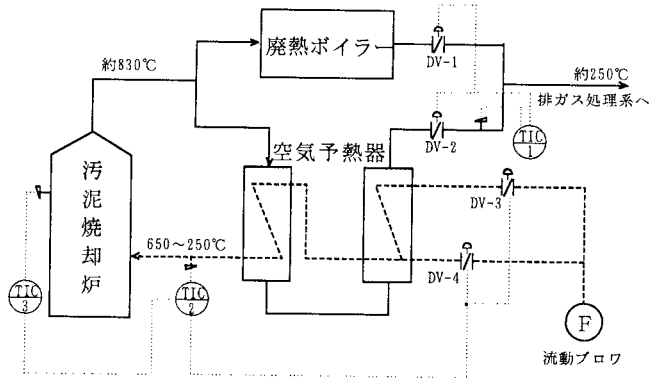


図-2・2 効率的廃熱回収システム

(3) 制御3 TIC-3

目的：焼却炉内の燃焼を制御する。

方法：助燃時は、燃焼用都市ガス流量の調節により炉内温度を制御する。

自然に至った場合は都市ガスを止め、流動用空気の温度を制御することで炉内温度を制御する。流動用空気の温度制御は制御2(TIC-2)にて行うが、その目標値をこの制御部にて演算する。

5. 廃熱回収蒸気発電設備の導入によるメリットと将来への課題

1) 廃熱回収蒸気発電設備の導入によるメリット

(1) 所内動力の自給

焼却炉は、その付帯設備を含めて、1基当たり約850~1000kWの電力消費を見込んでいる。本設備によって、その約80~95%を自給することができ、電力費を大幅に削減できる。

(2) ヒートアイランドの抑制効果

効率的に廃熱を回収し、電力に変換することで、大気に放出する廃熱が減少し、ヒートアイランドの抑制効果が期待できる。

(3) CO₂削減効果

廃熱の有効利用により、電力会社の発電所の負担が低減される。廃熱発電を広く行うことにより、CO₂の削減効果が期待できる。

また、本設備では、汚泥ケーキの自然により、炉の立上げ時以外は補助燃料が不要になることから、従来の汚泥焼却炉よりCO₂の発生量が減少することが予想されている。

2) 将来への課題

廃熱ボイラーにより回収した廃熱のうち、蒸気タービン/発電機により電力に変換されるエネルギーは18%程度でしかない。白煙防止器や補機類での消費、損失等の他、約60%は低圧復水器の冷却水として捨てられてしまう。

また、汚泥焼却設備内での電力自給率は約80~95%程度と見込んでいるが、脱水設備や水処理施設等、汚泥焼却設備以外への電力供給には至らない。

今後は、低圧復水器の冷却排水、汚泥焼却設備の洗煙排水などの熱エネルギーを回収し、利用していく方法を見出すことで、プラント全体としてのエネルギーリサイクル率を向上させていくことになる。

5. おわりに

下水汚泥は住民から預かった貴重なエネルギー資源であると位置づければ、汚泥処理だけでなく、その処理過程から生じるエネルギーを効率的に回収し、有効利用をすることも、それと同様に重要な業務である。

この考えの下、汚泥処理プラントでのエネルギー消費を最小限に抑え、将来はエネルギーを地域に還元するまでに育てあげていきたいと考えている。