

# 汚泥をエネルギーに転換→ $\frac{1}{5}$ の量に

## 亜臨界水を利用した汚泥処理システム 三菱長崎機工・鹿島建設・下水道新技術推進機構



汚泥のエネルギー転換・減容化が行われている亜臨界水処理実証プラント

### 研究開発進む汚泥の処理技術

下水処理の過程で発生する汚泥の処理・処分方法はこれまで、コンポスト化や炭化など様々な技術が開発されてきました。また、最近では、新たな処理方法としてバイオマス燃料化がにわかに脚光を浴びてきています。しかし、これまで開発されてきたこれらのシステムには、製品の製造コストの問題やエネルギー収支の問題、地球温暖化防止対策など解決しなければならない課題も多く残されていました。

このような中、三菱長崎機工と鹿島建設、下水道機構の3者は、これらの課題をクリアする画期的な汚泥処理技術の共同研究を昨年度から進めており、現在、長崎市の西部処理場内にパイロットプラントを建設し、10カ月連続運転の実証試験を行っています。

そこで、今回のトピックスは、この「亜臨界水処理

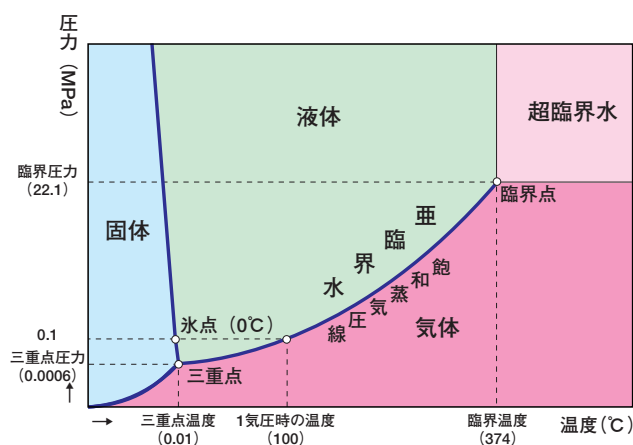
を用いた下水汚泥のエネルギー転換と減量化に関する共同研究」の実証プラントを取材し、施設の概要と汚泥処理の仕組みなどについて読者の皆様に紹介いたします。

### 亜臨界水処理とは

水は、温度を374℃以上、圧力を22.1MPa以上に上げると臨界点に達し、液体でも気体でもない極めて流動性の高い超臨界流体（水）となります。この超臨界水は金属もボロボロにしてしまうほどの強力な加水分解力を持っており、ダイオキシンなど有害化学物質の分解などに使われていますが、高温・高压のため、設備の運転方法や維持管理について極めて厳しい制限が設けられています。

この臨界点より温度・圧力の低い熱水を亜臨界水といい、優れた成分抽出作用と加水分解作用がある一方で、この亜臨界水を使った処理設備は、超臨界水を使った設備に比べて運転がやすく安全性も高いとされています。この亜臨界水の加水分解作用によって汚泥を低分子化し減容化するとともに、メタン発酵しやすく改質するのが今回実証試験を実施している亜臨界水処理システムなのです。

「亜臨界水処理装置の開発を始めたのは6年前のことです。当時、BSEによって牛肉の肉骨粉や危険部位の処理・処分が全国的な問題になっており、これらを焼却せずに無害化する技術が求められていました。そこで、亜臨界水に着目し、処理システムの開発を進め





初沈汚泥と終沈汚泥を1:1の割合で混合し、デカンタで含水率93%に濃縮



タンクヤード。手前が処理場からの濃縮汚泥、奥の左が濃縮スラリー、右がメタン発酵の原料汚泥



このプラントの心臓部である亜臨界水処理反応器



55℃の高温発酵を特徴とする高速・高効率のメタン発酵装置

てきました。その後、連続運転技術の開発を行った際に、このシステムなら下水汚泥も減量化できるのではないかと考えたのが共同研究を始めることになったきっかけです」(三菱長崎機工・環境技術推進室)

## 汚泥を $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{5}$ に減量化

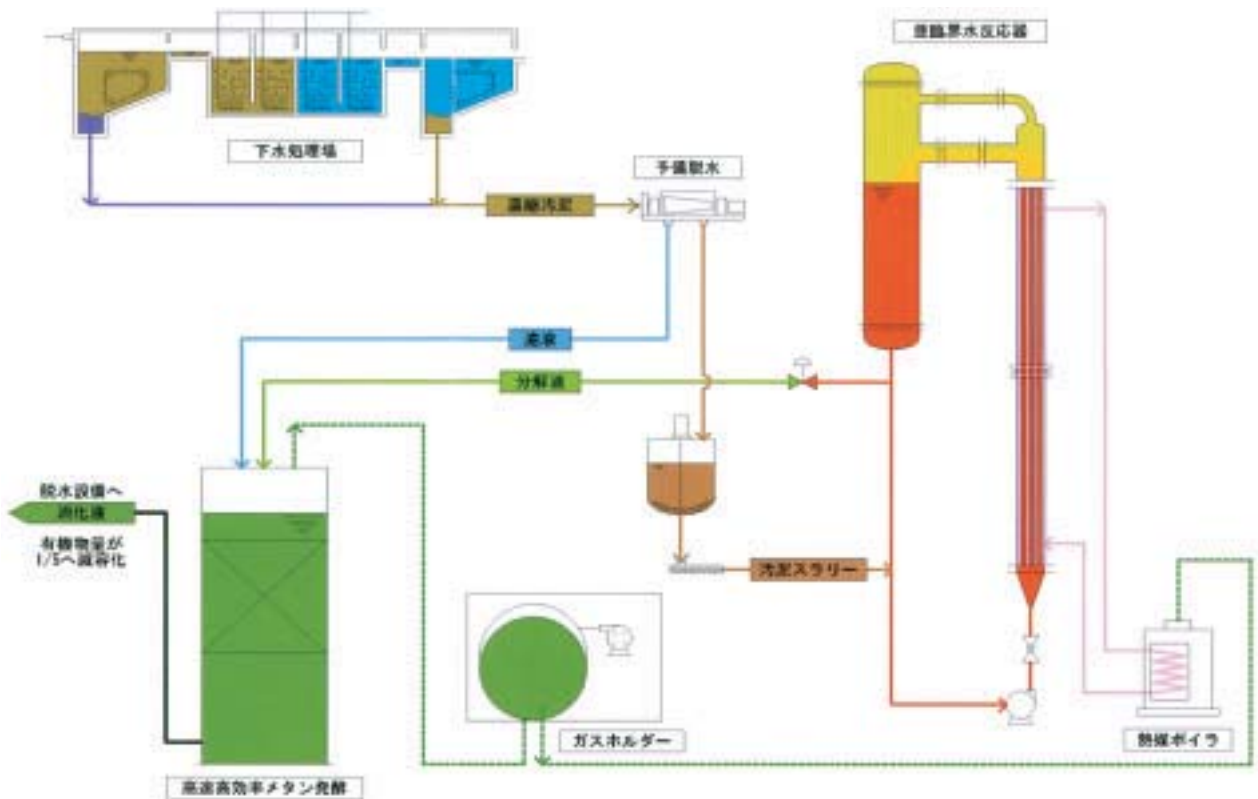
実証プラントは、濃縮汚泥ベースで10m<sup>3</sup>/日の処理能力を持つもので、濃縮汚泥の含水率を調整する予備脱水工程と亜臨界水を用いて加水分解を行う反応工程、低分子化された汚泥をメタン発酵させてバイオガスを回収する発酵工程で構成されています。

西部処理場の汚泥処理設備から送られてきた濃縮汚泥(含水率98%)は、スクリュエデカンタ式遠心分離器で含水率を93%にまで搾られ、濃縮スラリーとして亜臨界水処理反応器に送り込まれます。密閉されたパイプ状の反応器内を180℃に加熱しながら1MPaの圧力をかけることで亜臨界水をつくり出し、その中で汚泥を高速で循環させながら加水分解する仕組みです。

「当初は、濃縮スラリーの含水率を90%に設定して

いましたが、西部処理場の汚泥には紙の繊維分のようなものが多く含まれていたため、流動性をよくするために水分量を増やしました。反応器内では汚泥を高速で循環させることで、亜臨界水処理で発生しやすい焦げ付きや閉塞を回避しています。1時間ほどで汚泥分は加水分解され、水溶化した汚泥と紙の繊維分が溶け合った状態になります」(同)

次に、低分子化された汚泥とデカンタからのろ液を混ぜ合わせて高速・高効率で発酵処理を行う固定床式



下水汚泥の垂臨界水処理実証プラントシステムフロー図

のメタン発酵装置に投入します。

メタン発酵装置は、55℃という高温でメタン発酵を行うもので、鹿島建設のシステムを応用しました。通常の嫌気性消化が30～60日かけて発酵するのに対し、約5日間という早さで発酵が行われます。また、メタンガスの回収率も高く、通常なら滞留時間5日であれば、汚泥中の有機物の50～60%程度しか回収できませんが、この装置では80～90%をメタンガスとして回収することが可能とのことです。

こうして汚泥中の有機物のほとんどをメタンガスというエネルギーに転換し、最終的に排出される脱水汚泥の量を従来の3分の1から5分の1に減量化する計画です。

## 処理費は12,000円 / t

発酵過程から回収されたメタンガスは、脱硫塔を通してガスホルダーに貯留され、熱媒ボイラで熱エネルギーに転換されます。この熱エネルギーを垂臨界水処理の熱源として反応器に供給しています。こうした汚泥処理の際に必要な熱エネルギーをはじめ、このプラントで使用する熱エネルギーの大半を発生するメ



二層構造になっているバ  
ルーン型のガスホルダー



熱媒ボイラでメタンガスを燃やし、  
反応器に熱エネルギーを供給する

タンガスでまかなうため、汚泥処分費用の削減に加え、省エネによるコスト縮減や地球温暖化防止にも寄与するシステムと言えます。

流入汚水量 4 万～ 4 万 5,000m<sup>3</sup>/日の下水処理場を想定した試算では、汚泥 1 t あたりの処理費用が脱水汚泥ベースで約 1 万 2,000 円と、「ロータスプロジェクト」の目標値である 1 万 6,000 円を大きく下回りました。また、メタン発酵を行った後の消化液は、今のところそのまま処理場の汚泥処理施設に戻していますが、脱水性が非常によく、窒素やリンが凝集して含まれていることから、肥料としての再利用のほかリン回収なども期待されるとのことでした。

## 注目される 10 カ月連続運転

今年の 5 月からスタートした 10 カ月連続運転の実証試験は、現在すでに試験過程の半分以上を過ぎていま



廃熱を回収し再利用している



すべての行程を監視・制御するコントロールパネル



連続運転時間を示すモニター。当日は 1、4 8 5 時間が経過していた

「運転しやすいプラントづくりが基本姿勢」と語る三菱長崎機工環境技術推進室の篠原信之主査



す。

「24時間無休の運転を行ってきて、たった 1 度だけ連続運転がストップしましたが、その後はまた順調に稼働してきています。シンプルで運転しやすく、維持管理が簡単で、1 年間 1 度もシャットダウンしないということが私達のプラントづくりの基本姿勢です。現在、12 名がこの施設の運転管理をしています。実は全員が設計担当のメンバーで、プラント運転の素人ばかりです。それほどこのシステムは運転しやすいということでもあります」(同)

実証プラントの連続運転時間は、7 月の再計測開始からすでに 2,500 時間を突破し、順調な運転が続いているとのこと。来年の 2 月に終了するこの実証試験によって、目標とする汚泥の 5 分の 1 減量化などが可能となれば、汚泥の処理・処分問題の解決につながる画期的な技術として全国に普及することが見込まれており、今後の展開に関係者の熱い視線が注がれています。

最後になりましたが、取材の際にご協力いただいた三菱長崎機工の皆様にご挨拶を兼ねて誌面をお借りして御礼申し上げます。