

# 下水汚泥のエネルギー化 技術の現状と展望

京都大学大学院  
教授 津野 洋



55回目を迎えた下水道新技術セミナーは、「下水汚泥のエネルギー化技術」をテーマに開催し、基調講演では、京都大学大学院の津野洋教授から表記の題名でご講演をいただきました。前半では、下水汚泥が国内のバイオマス発生量の約3割を占める年間7500万t発生しているにもかかわらず、エネルギー回収が進んでいない現状を解説いただきました。ここでは後半からのお話を編集しまとめました。

### 3割以上が無効焼却

下水汚泥は、カーボンニュートラルな資源であり、質・量ともに安定した集約型のバイオマスとして都市のすぐ近くに存在しています。原油換算で95万kLのポテンシャルを持ち、固形燃料化された汚泥は石炭（輸入一般炭）の約半分の発熱量があります。

その燃料化の普及には二つの壁があり、一つはエネルギー回収の際のエネルギーバランスです。一般的な汚泥の処理・処分にかかるエネルギーよりも、つくり出す正味のエネルギー量が多くなればなりません。もう一つは費用の問題で、燃料化施設の建設費や維持費よりも資源化によって得られる対価、つまり燃料の販売代金や汚泥の処理費用、生ゴミなど他のバイオマスの受け入れ費用の合計が大きくなればなりません。これらの条件が整えば、燃料化はどんどん進むでしょう。さらに最近では、社会的重要性の面から低炭素化やエネルギーの安定化など、政策的に進めていかなければならない要素もあります。これをどうやって社会に認知させていくかが今後の大きな課題です。

エネルギー化には嫌気性消化から発生するバイオガスの利用と汚泥そのものの固形燃料化のほか、最近ではガス化炉などの技術もあります。メタン発酵を行っているのは、全国1600カ所の処理場のうち約300カ所で、そこから約2億5000万 $m^3$ の消化ガスが発生して

います。そして発生したガスで発電を行っているのは28カ所ほどで、ほとんどが消化タンクの加温用として使われており、無効焼却で燃やされてしまっている消化ガスが全体の3割以上もあるのです。

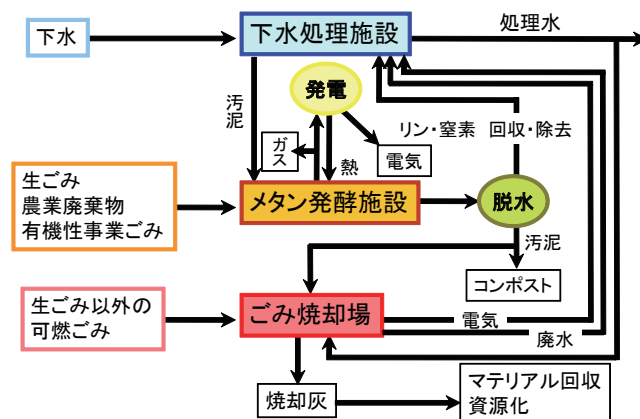
メタン発酵技術にも近年様々な技術開発が進められ、前処理（分解・可溶化）では亜臨界水処理や高温・加圧処理、高温アルカリ処理、超高温酸発酵、超音波処理、オゾン処理などが、発酵の効率化では高温発酵や可溶化液のUASB発酵のほか、担体や膜を使用した技術が開発されています。これに加えて、生ゴミやディスポーザー排水、食品産業廃棄物、木質バイオマスとの混合発酵も研究されています。

### 広がるエネルギー化の施策

国レベルのプロジェクトとしては、下水道機構のLOTUSプロジェクトと経済産業省の導管注入モデル事業、国土交通省のB-DASHプロジェクトがあります。LOTUSでは、汚泥の乾燥造粒やさらに活性炭化する技術、前処理の超音波可溶化やオゾン処理、生ゴミなどとの混合発酵技術が開発されています。経済産業省のモデル事業では、神戸市のバイオガスを精製して都市ガスとして供給する大規模実証事業と、食品残渣を発酵させたバイオガスを都市ガスとして使う小規模実証事業が行われています。

またB-DASHでは、昨年から大阪市・JS・メタウ

## 新たな都市基盤環境施設



したものを製紙工場に供給しています。

## 新たな都市の総合インフラ

ぜひとも皆さんには、下水処理場とメタン発酵施設とごみ焼却場を連携させた新たな都市の統合インフラを考えていただきたいと思います。メタン発酵施設は、都市から出てくるあらゆる有機性廃棄物を取り込んでメタン発酵し、そこでエネルギーを生み出します。ただ、下水中の有機物や生ごみだけではなく、農業廃棄物や有機性の事業ごみなど事業系の廃棄物もここに集める必要があります。そして廃水は下水処理場で処理します。メタン発酵施設は、単独の場合、メタン発酵はうまくいくと思いますが、廃水処理は大変です。とくに日本では液肥が使えませんから。

そして出てきた脱水汚泥はコンポストにしてもいいですし、固形燃料として生ごみ以外の可燃ごみと一緒に焼却場で燃やせば発電効率も上がります。焼却場から出る灰は、マテリアル回収して資源化がやりやすくなりますし、発電された電気は処理場で使えます。メタン発酵施設からももちろん電気や熱が回収できます。このようなスキームでやると、処理場の負荷が増えるという意見もありますが、そんなことはありません。リンや窒素を回収できますし、アナモックスという新たな技術を使う手もあります。

このように、技術開発社と製品製造者（利用者）、技術採用者（下水道部局）が一体となって新たな社会システムを確立すること、そして国の政策として後押しすることが持続的発展につながっていくと考えています。

オーターによる実証事業が進行中です。これは、ろ過による徹底的な固液分離で初沈汚泥の量を増やし、生ごみなどと混合して高温消化させるもので、電力のピークカットを行うスマート発電システムと組み合わせた高効率なシステムです。さらに都市ガスを混ぜて無効焼却もなくすという取り組みも行われる予定です。そしてもう一つが神戸市と神鋼環境ソリューションが行っている実証事業で、市内の菓子製造で出てきた残渣や公園の緑の剪定で出てきた木質バイオマスを高機能鋼板製消化槽で混合消化するというものです。木質バイオはあまり発酵には貢献しませんが、後の脱水工程で脱水効率を向上させます。そして、バイオガスを高効率に精製して都市ガスとして供給します。

こうした国主導のプロジェクトに加えて、昨年8月には官民連携による下水道資源有効利用促進制度検討委員会が発足され、有効利用に向けた提言がなされました。私もこの中にいましたが、オブザーバーとして関係する各省やエネルギー関係の民間団体なども加わり、9項目の提言をまとめました。主な内容としては、下水汚泥を固形燃料として使いやすくするため、JIS規格化して、きちんとした製品として認めてもらおうとか、バイオガスはガス製造法や建築基準法によって準工業地帯での製造が規制されていますが、それを緩和しようとか、エネルギーの他施設とのやりとりを推進するとか、下水熱利用を民間事業者でもできるようにしようといったことが謳われています。

全国での取り組み事例ですが、まず、石川県珠洲市では下水汚泥とし尿、浄化槽・農集排汚泥を混合消化させて出てきたバイオガスを消化槽の加温に使い、残った汚泥は乾燥させて肥料としています。東京都ではPFI事業で森が崎水再生センターのバイオガスをつかった発電が行われています。また、先ほどの提言の中にもありますが、他施設とのエネルギーのやりとりの事例として、神戸市ではゴミ焼却施設で発電された電気を東灘処理場に供給しています。金沢市ではバイオガスを精製して、炭酸ガス濃度を4%以下にして都市ガスとして利用しています。また、北広島市では下水汚泥と浄化槽汚泥、生ごみを混合消化させてバイオガスを消化槽の加温に使用し、残った汚泥も乾燥肥料にしています。固形燃料化については、東京都が中温炭化で発電所の代替燃料として、同じように広島市が低温炭化した汚泥を火力発電所に、宮城県では乾燥造粒