

小規模下水処理場における混合メタン発酵の導入 Application of anaerobic co-digestion to the small-scale sewage treatment plants

○池本 良子
YAMAMOTO-IKEMOTO Ryoko

1. はじめに

下水処理で発生する汚泥は、高濃度の有機物と栄養塩を含むバイオマス資源であることから、メタン発酵によるバイオガス回収が再注目されている。しかし、全国に多く存在する小規模な下水処理場においては、汚泥発生量が少ないことに加え、汚泥の分解性が低いために、ほとんど導入されていない。小規模下水処理場にメタン発酵を導入するためには、汚泥の集約化に加えて、地域の様々なバイオマスを集約して、混合メタン発酵することによるバイオガス生成量の増加が有効である。さらに、地域バイオマスを集約し、メタン発酵残渣を地域に還元するという循環システムを構築することが重要である。ここでは、石川県において、小規模下水処理場へのメタン発酵導入事例を紹介するとともに、下水汚泥と稲わらの混合メタン発酵システムの開発について報告する。

2. 中能登町への高濃度中温混合メタン発酵の導入

中能登町は、石川県にある人口18,000人程度の小規模な町であるが、3町が合併された経緯から、当時5か所の下水処理場と、6箇所の集落排水処理施設を有しており、発生する汚泥の処分が処理費用の多くを占めていた。加えて、し尿処理場が老朽化しており、その更新の時期でもあった。そこで、図1に示すように、脱水状態の下水汚泥とし尿・浄化槽汚泥を1か所の下水処理場に集約し、さらに、近隣の食品廃棄物(油揚げ、かまぼこ)および生ごみを混合して、高濃度でメタン発酵を行い、残渣を肥料として再利用することを計画し、石川県、土木研究所、地元企業および金沢大学の共同研究として技術開発を行った。

それぞれのバイオマスのメタン生成ポテンシャルの測定、3L規模の消化槽を用いた室内実験および、1m³の消化槽を用いたパイロットプラント実験を行い、実機の導入に至った。現在、実機は、消化温度37℃、投入バイオマス濃度9%で、順調に稼働しており、回収したメタンガスはガスエンジンで発電を行い売電、消化残渣は乾燥した後、地域住民に無償で配布している(図2)。

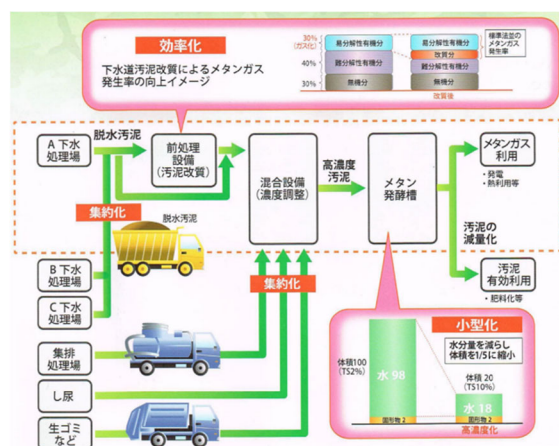


図1 バイオマスメタン発酵石川モデル



図2 中能登町のバイオマスメタン発酵施設

*金沢大学, Kanazawa university,

混合メタン発酵, 小規模下水処理場, 食品廃棄物, 稲わら

3. 下水汚泥と稲わらの高濃度高温メタン発酵による地域循環システム

前述の混合メタン発酵の導入にあたり、高温条件での基礎実験を行ったが、アンモニア阻害が生じるために、高濃度化することが困難であった。アンモニア阻害を軽減するために、セルロース系バイオマスを混合する試みが古くからなされているが、ここでは、地域で発生する稲わらに着目した。稲わらの多くは、シリカを多く含むことから農地にすきこみ処理がなされており、農地からの温暖化ガスの発生源となっていることが指摘されている。稲わら中のセルロースを下水処理場でメタンに転換し、シリカを多く含む発酵残渣を水田に戻すことにより、炭素と栄養塩およびシリカの循環が形成される(図3)。そこで、高温、高濃度条件での下水汚泥と稲わらの混合メタン発酵について、室内実験(3L)とパイロットプラント実験(1m³)を行うとともに、残渣の水田への施用試験および、農業者への聞き取り調査を行った。室内実験では、汚泥(6%)単独系と、稲わらをTSで稲わらの50%混合した試験系の2系列の連続試験を行った。その結果、下水汚泥単独では、メタン発酵が阻害され不安定になったのに対し、稲わら添加系では、安定したメタン発酵が継続できた。槽内のアンモニア濃度の差が小さいにも関わらず、大きな差が出たことから、菌叢解析を行ったところ、稲わら添加系において、*Clostridia*綱の細菌が優占化し、アンモニア耐性が高い古細菌*Methanosarcina*属が優占化していた(図4)。同様の条件でパイロット試験を行ったところ、ほぼ同じ微生物叢が得られたことから、稲わらの添加により、アンモニア耐性の高い古細菌が優占化したことが、メタン発酵の安定化につながったと考えられた。次に、パイロットプラントから採取した消化汚泥を用いて、室内実験を再度行い、稲わらの添加量を段階的に減らしていったが、微生物叢に大きな変化が認められず、メタン発酵が継続した。さらに汚泥濃度を増加したところ、アンモニア濃度が400mg/Lを超えても、メタン発酵が崩壊することはない。これらの結果は、稲わら添加条件でスタートアップをすれば、発生時期に季節性のある稲わらが枯渇しても、メタン発酵が継続できることを示すものである。発酵残渣の水稲栽培試験では、土壌改良剤としての有効性が示された。さらに、農業者からの聞き取り調査により有効なサイクルになることを示した。



図3 下水汚泥と稲わらの高濃度高温混合メタン発酵を核とした地域循環システム

発酵残渣の水稲栽培試験では、土壌改良剤としての有効性が示された。さらに、農業者からの聞き取り調査により有効なサイクルになることを示した。

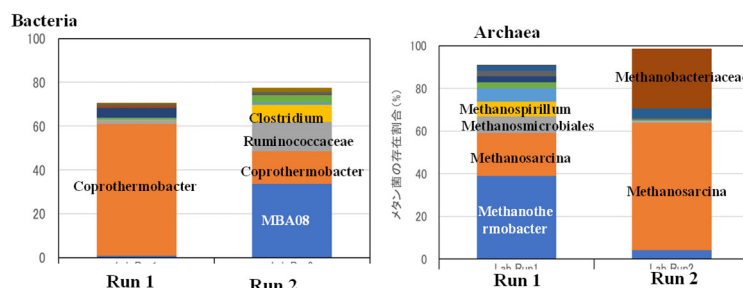


図4 下水汚泥単独系 (Run 1) と稲わら混合系 (Run 2) の微生物叢の比較 (3L 消化槽による連続実験)

4. 最後に

下水汚泥肥料は、そのイメージから適用が限られてきたが、近年の低炭素循環型社会の構築のためには、農業行政、下水道行政および廃棄物行政が連携し、下水汚泥や廃棄物を肥料として循環させていく仕組みは不可欠である。今後の展開を期待したい。