

バイオガスからのメタン分離技術の開発

Development of Methane Separation from Biogas

足立 貴義*

ADACHI Takayoshi

関 哲也**

SEKI Tetsuya

水野 全***

MIZUNO Masashi

1. はじめに

バイオガスとは、下水汚泥、食品廃棄物、畜産排泄物などのバイオマス（有機資源）を嫌気性発酵することにより得られるガスである。このガスは再生可能エネルギーの有効利用促進の面から、マイクロガスタービンや燃料発電や、都市ガス・天然ガス自動車燃料として期待され、周辺技術を含めた応用開発が国内外で盛んに行われている¹⁾。

バイオガスは、約60%のメタンと約35%の二酸化炭素および飽和水分が主成分であり、硫化水素・シロキサン類・アンモニア・メチルメルカプタンなどの不純物成分も微量に含まれている。このため、バイオガスを発電設備などに利用するためには、有害成分である硫化水素やシロキサン類を除去する必要がある。また、天然ガス自動車燃料や都市ガス燃料として利用するためには、二酸化炭素を分離してメタンを濃縮する必要がある。

当社は2002年度より、株式会社荏原製作所と共同開発を行い、図1に示したバイオガスの利用プロセスフローに基づいて、バイオガスの精製・濃縮・貯留に関する技術開発を実施してきた。

今回、60m³/hのバイオガス処理能力を有するバイオガス分離精製装置を製作し、実際に下水処理場から発生する実ガスを用い実証試験を行った。

2. メタン PSA 装置

開発したバイオガス分離精製装置は、二酸化炭素を吸着除去してメタンを高純度化するPSA (Pressure Swing Adsorption) と、下水処理場の発酵槽から不純物として多く発生するシロキサンを除去するTSA (Thermal Swing Adsorption) から構成されている。図2にメタン PSA 装置の外観写真を示す。



図2 メタン PSA 装置の外観

メタン PSA は、吸着剤として分子篩活性炭を使用し、メタンと二酸化炭素の吸着速度の違いを利用して分離する方法であり、窒素 PSA と同様の原理を利用している。すなわち、吸着速度の速い二酸化炭素を吸着し、遅いメタンは吸着されず製品ガスとして回収される。その特徴は、100kPaG 以下の低い圧力で二酸化炭素を吸着し、減圧下(-90kPaG)で再生する消費電力を抑えたシステムである。この装置を用い、低い動力で製品メタンガス純度が90%以上、回収率が90%以上となることを確認した。試験結果の一例として、メタン回収率とメタン濃度の関係を図3に示す。

製品メタンの濃度と回収率は相反する傾向があり、ユーザーのニーズに合わせた設計が必要である。

3. シロキサン除去 TSA 装置

下水処理場の発酵槽から発生するバイオガスは、他のバイオガスと異なりシロキサン類を多く含んでおり、その不純物量は年々増加傾向にある。シロキサンが発生する根源は、シャンプーや化粧品中に含まれるシリコンオイルであり、バイオガス中に特に多い成分は、環状4重合体の $[(CH_3)_2SiO]_4$ (D4) と、環状5重合体の $[(CH_3)_2SiO]_5$ (D5) である。シロキサン類は、主骨格が Si-O- で側鎖に炭化水素基を有するため可燃

* 開発・エンジニアリング本部山梨研究所吸着技術研究室

** 開発・エンジニアリング本部つくば研究所分析技術センター

*** 開発・エンジニアリング本部ガスエンジニアリング統括部ガス利用技術部

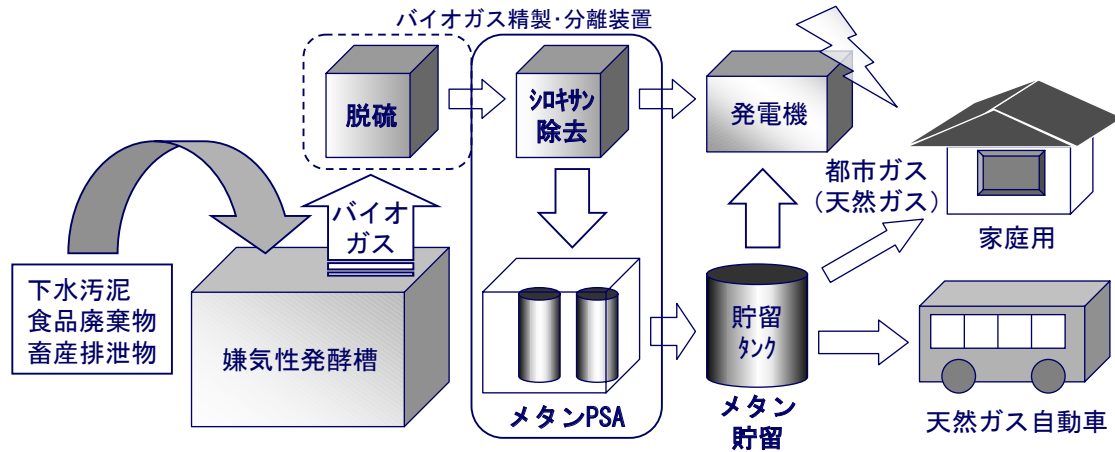


図1 バイオガスの利用プロセスフロー

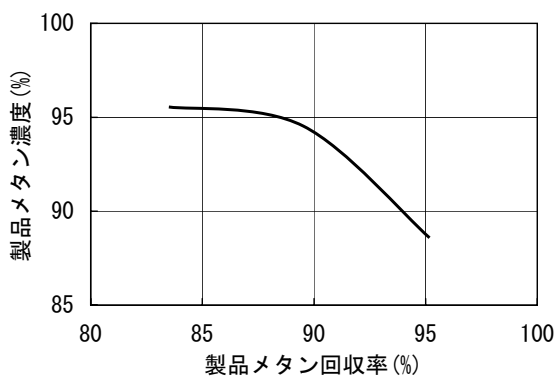


図3 メタン PSA 装置の試験結果

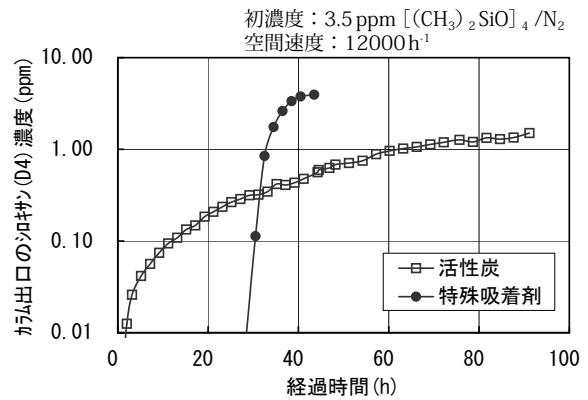


図4 シロキサン (D4) の破過曲線

性であり、燃焼すると酸化ケイ素 (SiO_2) を発生する。この酸化ケイ素が発電機やボイラーの排気管内に蓄積し、発電停止や燃焼トラブルの原因となっている²⁾。

シロキサンは、高分子量・高沸点化合物であるが、疎水性で表面張力が低く、20～30℃でも高い蒸気圧を有する。このため、シロキサンが水分と共存する場合は、活性炭等の吸着剤ではその吸着量が少なく、シロキサンを除去するためには巨大な吸着塔が必要である。

そこで、我々は最適な吸着剤を選定するために、0.5～4.0ppm のシロキサン (D4, D5) を含む加湿窒素ガス (25℃, 相対湿度80%) を各種吸着剤の充填カラムに通気し、カラム出口でのシロキサン濃度を測定した。

図4に、活性炭および今回選定した特殊吸着剤によるシロキサンの破過曲線を示す。活性炭を用いた場合は、ガス通気直後からシロキサンが検出し破過時間が非常に短いのにに対し、特殊吸着剤は、活性炭に比べ破過時間が長く低濃度までシロキサンを除去できることを確認した。さらに、活性炭等の一般的な吸着剤は、

吸着したシロキサンを脱離させるのが困難であったが、特殊吸着剤は50～120℃の低温でシロキサンを脱離できることが分かった。その結果、特殊吸着剤および TSA 方式を採用することにより、小型の吸着塔でも低濃度レベル (0.01 ppm 以下) までシロキサンを除去することが可能になった。

4. まとめ

バイオガス中のメタンガスを低動力・高回収率で分離するとともに、これまで除去が困難であったシロキサンをコンパクトなシステムで除去できることを確認した。これにより、低コストでバイオガスからメタンを回収することができた。

今後は、効率的なバイオガス発電に必要な、メタンガスの吸着貯留技術の開発も行う計画である。

参考文献

- 1) 竹田信治, 佐藤博司, 天野雅己. *OHM*. 84 (10), 32-36 (1997).
- 2) 山田昭捷, 竹尾義久, 柴田康平. *下水道協会誌*. 32 (389), 76-88 (1995).