

N-2

地球環境の保全を目指して

ー消化ガスの吸着貯蔵法の開発ー

|            |       |       |
|------------|-------|-------|
| 建設省土木研究所   | 森田弘昭  | ○斎野秀幸 |
| 鶴岡市        | 工藤明   |       |
| 下水道新技術推進機構 | 新海幸男  |       |
| 上下水道設計(株)  | 川崎 達  |       |
| 月島機械(株)    | 澤原 大道 |       |

1. はじめに

平成10年度末で、我が国には1,192箇所の下水処理場があり、このうち301箇所の処理場で嫌気性消化が採用されている。年間のガス発生量は2億4,900万 $\text{m}^3$ で、このうち1億7,000万 $\text{m}^3$ は消化ガス発電や消化槽の加温などに有効利用されている。しかし、残りの約3割は有効利用されることなく焼却されているのが実状である。消化ガスの有効利用は極めて効率的な温暖化ガスの削減対策の一つと考えられているが、消化ガス発電や燃料電池などの有効利用技術の進展に比べ、貯蔵や輸送にかかる技術の開発が遅れており、このことが消化ガスの有効利用拡大の阻害要因となっていると考えられる。そこで、筆者らは消化ガスの効率的な貯蔵および輸送技術として吸着貯蔵法を考案し、本技術の実用化に向けた研究を行っているところである。なお、本研究は山形県鶴岡市浄化センターをフィールドとして実用化研究および性能評価を行っており、山形県鶴岡市・(財)下水道新技術推進機構・建設省土木研究所の共同研究として実施している。

2. 吸着貯蔵とは

従来のガス貯蔵法は、容器内にガスを圧縮することにより貯蔵量を増やそうとする技術であり、貯蔵量は圧力に比例して増加する。これに対し、吸着貯蔵法は容器内にガスを吸着する能力を有する吸着材(多孔質材料)を充填し、吸着材の細孔内にガス分子を高密度で吸着させる技術である。吸着剤を充填することによりガス貯蔵に利用できる容器内の容積は減少するが、一定の条件下では細孔内のガスの貯蔵密度が外部空間の貯蔵密度に比べて高いため、全体としての貯蔵量は圧縮貯蔵に比べて大幅に増加する。また、吸着貯蔵されたガスは減圧することによって取り出すことが可能である。

したがって、消化ガス貯蔵施設をコンパクト化し建設費や維持管理費の低減を図り、消化ガスの貯蔵能力を経済的に増加させることができると考えられる。最終的には、このことにより消化ガスを安定的に供給できるシステムを構築し、結果として消化ガスの全量有効利用を実現することを目指す。また、消化ガスの効率的な輸送手段としても活用できるようにしたいと考えている。

3. 基礎実験

3.1 目的

純ガスに対して吸着能力のある活性炭等を用いて、消化ガスの吸着特性を確認するとともに、パイロットプラントの設計諸元を明らかにするために実験室規模の基礎実験を行った。

3.2 実験方法

消化ガスを想定した混合ガス(メタン65%、二酸化炭素35%)を用いて3種類の吸着剤に任意の圧力下で吸脱着させ、それぞれの吸着容量および吸脱着速度を測定した。実験装置にはPCT特性測定装置(JISH7201「水素吸蔵合金の圧力組成等温線(PCT線)の測定方法」準拠)を用い、測定温度は25℃一定とし、吸着は1MPa、脱着は0.01MPaまで測定した。使用した吸着剤の性状を表-1に示す。

### 3.3 実験結果

図-1 に各種吸着剤に圧力を加えて混合ガスを吸着させた結果を示す。縦軸は吸着剤のかさ容積あたりの混合ガス吸着倍率を表している。横軸は混合ガスの吸着が平衡に達した時点での圧力である。活性炭 A、B は最大 1MPa の圧力を加えたが、混合ガスの吸着の進行により平衡時には 0.675 ～ 0.795MPa に圧力が低下した。この圧力下での吸着倍率としては、吸着剤 A が最も高く、吸着剤容積の約 30 倍程度となっている。吸着剤 B は比表面積や細孔容積が吸着剤 A より大きいものの、吸着倍率としては吸着剤 A より少し劣る結果となった。これは、メタンガスおよび二酸化炭素の吸着に直接寄与する細孔径分布が、吸着剤 A の方が吸着剤 B よりも適しているためと推測される。また、減圧して脱着させたとき、活性炭 A、B では脱着曲線が吸着曲線と重なり、脱着も円滑に進むことが確認された。

表-1 吸着剤の性状

| 分類                       | 吸着剤A        | 吸着剤B        | 吸着剤C  |
|--------------------------|-------------|-------------|-------|
| 主材質                      | 活性炭         | 活性炭         | 炭化汚泥  |
| 充填密度[g/cm <sup>3</sup> ] | 0.529       | 0.413       | 0.463 |
| 粒度[mm]                   | 0.590～0.350 | 0.840～0.297 | —     |
| 比表面積[m <sup>2</sup> /g]  | 1,056       | 1,641       | 7.7   |
| 細孔容積[cm <sup>3</sup> /g] | 0.465       | 0.752       | 0.009 |

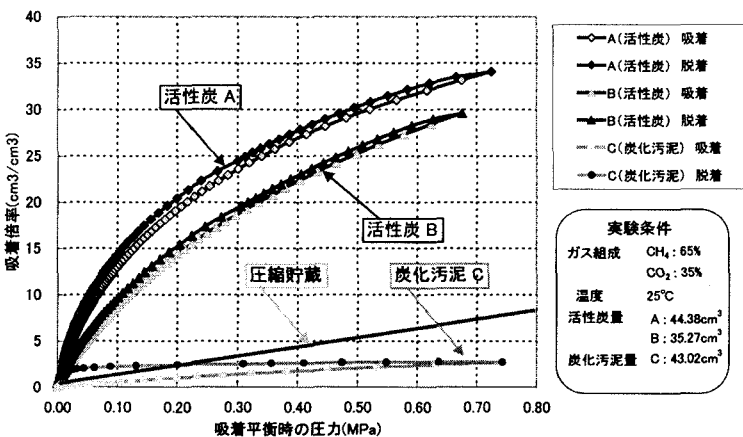


図-1 各吸着剤の吸着特性

### 4. パイロットプラント実験結果

#### 4.1 目的

実施設の設計諸元を明らかにすることが本研究の目的であるが、実施設での実験に先駆けて基本性能を把握するためにパイロットプラントによる実験を行った。

#### 4.2 実験方法

鶴岡市浄化センター内にパイロットプラントを設置し、吸脱着実験を行った。吸着剤には基礎実験で最も優れた吸着性能を示した吸着剤 A を用いた。消化ガスは、実際に鶴岡市浄化センターから発生する消化ガスから、吸着貯蔵の阻害因子となるものを前処理で極力除去したガスを用いた。加圧開始圧力は大気圧 (約 0.1MPa) とし、減圧も大気圧とした。パイロットプラント実験のフローを図-2 に、実験条件を表-2 に示す。

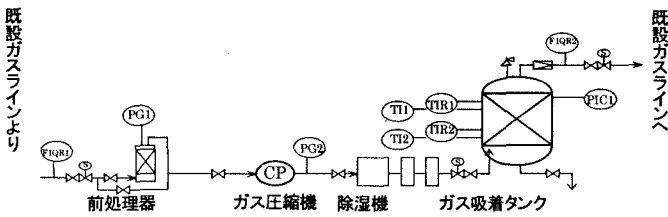


図-2 パイロットプラント実験フロー図

表-2 実験条件

| 項目     | PCT測定装置                                   | パイロットプラント                                   |            |
|--------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|
|        | 基礎実験                                      | 実験1                                         | 実験2        |
| ガス組成   | CH <sub>4</sub> :65%、CO <sub>2</sub> :35% | CH <sub>4</sub> :約63%、CO <sub>2</sub> :約35% |            |
| 吸着剤の種類 | 吸着剤A                                      | 吸着剤A                                        |            |
| 吸着剤の温度 | 25℃                                       | 8.6→22.4℃                                   | 14.6→16.2℃ |
| 活性炭容量  | 44.38cm <sup>3</sup>                      | 0.5m <sup>3</sup>                           |            |

### 4.3 実験結果

図-3 に実験結果を示す。縦軸ならびに横軸の指標は基礎実験と同様である。比較のために基礎実験における吸着貯蔵結果を併せて示す。

まず、吸着平衡時の圧力を大気圧(約 0.1MPa) から 0.3MPa へ増加させたところ、約 10 倍の吸着倍率が得られた。また、加圧吸着により吸着剤温度が上昇した (8.6℃→22.4℃)。そこでガスの充填を中断し、タンク内の温度を下げると圧力も下がり、さらに吸着倍率が増加することが確認された。

次に上記の実験の終了後、約半日放置したところ、吸着剤の温度がさらに低下し、温度は 14.6℃となり、容器内の吸着平衡圧力は約 0.04MPa 低下し 0.26MPa となった。その状態から再度加圧し、平衡圧力を 0.3MPa にしたところ、吸着剤の温度は 14.6℃ から 16.2℃に上昇したが、吸着剤率は 11.7 倍となった。

最後に、吸着平衡圧力を 0.3MPa に保った状態からガスを放出させたところ、下限圧に達するまではほぼ直線的に圧力が降下した。放出を停止した後は外気からの熱伝導により吸着剤の温度が上昇し、吸着平衡圧力が上昇した。

これらのことから実用規模の吸着貯蔵タンクにおいて吸着剤の温度が重要な操作因子となることがわかった。

### 5. まとめ

- (1) ガスの吸着量は必ずしも比表面積や細孔容積によらないことがわかった。
- (2) 吸着貯蔵のパイロットプラント実験施設では、0.3MPa の圧力時に約 10 倍の吸着倍率があることがわかった。
- (3) ガスの吸着時には吸着剤の温度が上昇し吸着容量を低下させ、ガスの脱着時には吸着剤の温度が低下し十分に脱着されないことから、吸着貯蔵タンクにおいて吸着剤の温度管理が重要であることがわかった。

### 6. おわりに

消化ガスの吸着貯蔵技術は、消化ガスの有効利用を飛躍的に推進させ下水処理システムのエネルギー効率の向上に大きな貢献を果たすとともに下水道以外の様々な分野への応用が期待される。今後は、パイロットプラントの連続運転実験に取り組み、実プラントの建設と運転に必要なデータを収集し、本技術の安全かつ安定的な実用化を早急に実現したいと考えている。

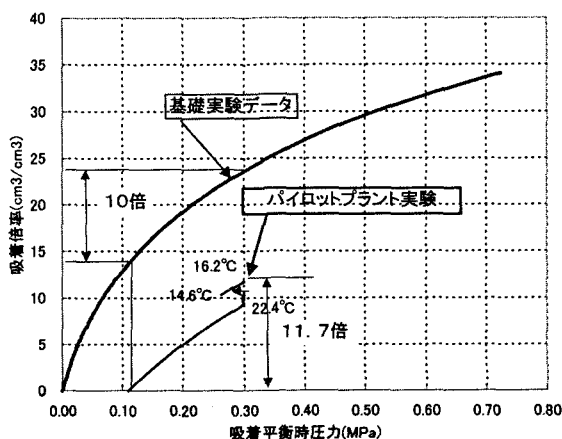


図-3 パイロットプラント実験結果