

Ⅶ-58

下水処理場からの消化メタンガス有効利用のためのガス精製

長岡技術科学大学 正会員 大橋晶良, 原田秀樹, 珠坪一晃

長岡市 長部恵介, 木本二郎, 下水道新技術推進機構 田島研一, 王尾和寿

1. はじめに

新潟県長岡市の長岡中央浄化センターで発生する消化ガス量は平成8年度において150万 m^3 で、この内45%に当たる約70万 m^3 を消化タンク加温ボイラー用に有効利用しているものの、残りの消化ガスは安全で経費の安価な燃焼処理を行ってきた。しかしながら、平成7年7月にエコシティの指定を受けた長岡市としては、下水道の拡張整備による消化ガス発生量の増大が見込まれることも相まって、未利用消化ガスの有効利用を検討してきた。

消化ガスの有効利用方法としては、ガスの①発電、②隣接工場への供給、③加温・燃料利用、④都市ガス利用、⑤燃料電池などがあり、一部の自治体で実施されている。これら各種の有効利用方法のうち、長岡中央浄化センターで最適化する用途を選定するに当たり、利用方法に対する①技術的確立度、②省エネルギー性、③経済性・採算性、④維持管理性、⑤法的課題、⑥住民へのアピール性、⑦現処理場機能への影響を勘案して検討した結果、民間ガス会社への都市ガス原料供給での有効利用が最適であると判断された。

ただし、ガス会社への売却において、民間ガス会社の要望消化ガスメタン純度（95%程度）をクリアする必要がある、消化ガスを精製するプロセスを付加せねばならない。消化ガス中にはメタンの他に二酸化炭素が高濃度に含まれ、二酸化炭素の除去技術に①液吸収法、②膜分離法、③冷凍法、④吸着法等の方式がある。長岡市では、本処理場の既存脱硫装置が吸収式で、この維持管理に手慣れていること、吸収液として下水二次処理水が十分に利用できることから、湿式の脱硫塔を2基直列に配置した（1基は既存の脱硫塔、後段の新設脱硫塔は精製塔として）消化ガスのメタン精製の可能性について検討してきた。本報告では、湿式脱硫塔（精製塔）におけるメタン精製実験結果および二酸化炭素吸収のモデルシミュレーションについて述べ、湿式脱硫塔によるメタン精製の実現性について考察する。

2. 湿式脱硫塔内での二酸化炭素吸収

長岡中央浄化センターで発生する消化ガスのメタン、二酸化炭素等の成分は年間を通じて安定しており、年平均的には、メタン60.5%、二酸化炭素39%、酸素・窒素等0.5%、硫化水素23ppmである。この消化ガスが湿式脱硫塔（充填材5cmの2インチ塩化ビニール管、下部から消化ガス送入、下水二次処理水を吸収液として上部から注水）を通過すると、メタンは平均82%までに上昇し、二酸化炭素15%、硫化水素0.5ppmまでに低減する。すなわち、湿式脱硫塔は脱硫のみならず二酸化炭素を吸収する機能を有したメタン精製塔とも言える。湿式脱硫塔通過ガス（脱硫ガス）のメタン濃度は、脱硫塔吸収液（下水二次処理水）水温と正の密接な関係があり、また消化ガス流量（吸収液量は一定）とは強い負の相関があり、30~5%程度の範囲に及ぶ実測データが得られている（Fig. 1）。これらの実観測より、もし仮に湿式脱硫塔を2基設けることで消化ガスメタン精製が可能ではないかとの推察から、消化ガスの有効利用プロジェクトがスタートした。

3. ガス供給フロー

ガス会社へ供給するための消化ガス精製フローをFig. 2に示す。脱硫塔による粗製消化ガスは、精製塔で3%以下の二酸化炭素濃度に精製された後、圧送ブロワーで除湿器を経由してガス会社へ供給されるプロセスを想定しており、精製塔・圧送ブロワー・除湿器の設備が新たに必要となる。精製塔は湿式であるためガス中に多量の水分が含まれており、除湿器は凝縮水などによる導管の閉塞を防止するために設置される。ガスタンク内脱硫ガスの一部は今まで通り消化タンク加温用にボイラーへ供給され、またガス燃焼装置も安全予備として連結している。

4. 湿式ガス精製

4.1 ガス精製実験

二基の湿式脱硫装置で、都市ガス供給できる品質まで消化ガス中の二酸化炭素を吸収しメタンガス精製が可能かどうかを実証するために、実脱硫ガスの精製実験を行った。浄化センター内の既存の湿式脱硫装置の側にミニ

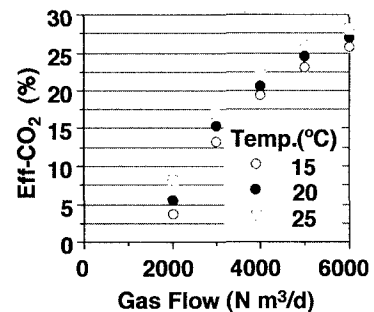


Fig. 1 Measured effluent CO_2 concentration from a real desulfurization reactor of digested gas, depending on gas flow and temperature, at a constant flow rate of trapping water of 2400 m^3/d .

キーワード：消化ガス、メタン、有効利用、下水道、エネルギー、ガス供給

長岡技術科学大学 環境システム工学 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町1603-1 TEL:0258-47-9637 FAX:47-9600

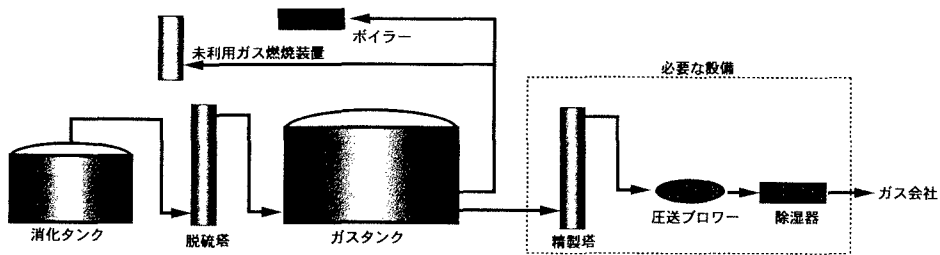


Fig. 2 Methane gas purification flow for supplying to gas company

パイロット湿式精製塔を設置して、実脱硫ガスを下部より注入し、上部からのその排出ガス成分を測定した。用いた湿式精製塔は、アクリル製の内径30cm、充填部の高さ4mのカラムで、下水二次処理水を吸収液として充填塔上部から注水して下部より排水する、いわゆる向流型の気液接触装置である。充填材には、既存の脱硫塔で用いている5cmの2インチ塩化ビニール管の他に、2.5cmの1インチ塩化ビニール管とテラレッド（日鉄化工機製）の3種類を用いた。また、脱硫ガス流量を数段階変えた条件下で行い、吸収液については水温、pH、アルカリ度、流量を測定した。

4.2 実験結果

実験期間中での供試脱硫ガスの二酸化炭素濃度は20.5～28.8%の範囲内にあり、平均25.0%であった。結果の一例として、充填材2インチ塩化ビニール管における精製ガス二酸化炭素濃度をFig.3に示す。吸収液流量が増加すると共に二酸化炭素濃度は減少し、また液流量を固定してガス流量を小さくすることでも二酸化炭素濃度を3%以下にまで低減された。従って、既存の湿式脱硫塔と同等の精製塔を付加することで、民間ガス会社が要求している純度95%のメタンガスの精製は可能であることが明らかになった。なお、他の充填材を用いても同等の結果が得られた。

4.3 精製メタンガス濃度のシミュレーション

メタンガス精製塔は二酸化炭素を吸収する気液接触装置の一種であり、塔高さ i での吸収液中の二酸化炭素濃度は、次の基礎式に従う。

$$\frac{Q}{A} \frac{\Delta C_i}{\Delta z} = K_{La} (C_{s,i} - [H_2CO_3^*]_i)$$

ここに、 Q ：液流量、 A ：塔断面積、 C ：液トータル CO_2 濃度、 Z ：塔高さ方向、 K_{La} ：総括酸素移動容量係数、 C_s ：飽和 $[H_2CO_3^*]$ 濃度である。また、高さ i と $i+1$ でのガス流量 G およびガス CO_2 濃度 p の関係は次式が成り立つ。

$$G_{i+1} = G_i + 22.4(\Delta C_i \cdot Q) \quad G_i - G_i \cdot p_i = G_{i+1} - G_{i+1} \cdot p_{i+1}$$

これらの式を用いて、数値計算により K_{La} や二酸化炭素濃度を評価することができる。

上述の方法で算定した実験精製塔の K_{La} は、充填材による差異は小さく20～40 hr^{-1} の範囲内であった。既存の脱硫塔と同じ性能の精製塔が仮に設置された場合のシミュレーションの一例をFig.4に示している。液ガス比 (Q/G) を増加させることで、ガス会社で要求される品質まで消化ガスを精製するのは実現可能であることが分かる。

5. まとめ

湿式脱硫塔と精製塔により消化ガスの高品質精製が明らかとなり、今後は最適な精製塔を設計し、平成10年度に必要な設備を建設して平成11年度からガス会社へ消化ガスの供給が開始されるスケジュールである。

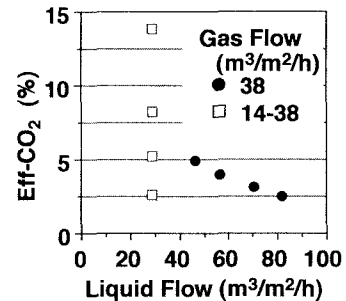


Fig. 3 Effluent CO_2 concentrations from the experimental gas-purification reactor treating desulfurized gas containing CO_2 of 20.5 to 28.8 % at different conditions of flow rate in gas and trapping water.

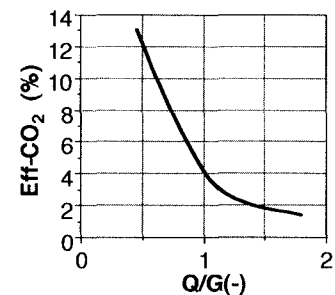


Fig. 4 Simulation of CO_2 in effluent gas from a gas-purification reactor, having a same size of the actual desulfurization reactor, versus flow ratio of liquid to gas (Q/G) under a condition of influent $CO_2 = 20\%$, gas flow = 2700 m^3/d , temperature = 20°C, pH = 7 at the top and alkalinity = 100 mg/l , assuming 30 hr^{-1} of K_{La} .