



Title	高圧水吸収法による消化ガスの精製と天然ガス自動車燃料としての活用
Author(s)	豊久, 志朗; 宮本, 博司; 小山, 忠志 他
Description	第13回衛生工学シンポジウム (平成17年11月17日 (木) -18日 (金) 北海道大学クラーク会館) . 一般セッション . 4 建築 都市エネルギー利用 . 4-3
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 13, 123-126
Issue Date	2005-11-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/1347
Type	departmental bulletin paper
File Information	4-3_p123-126.pdf



4-3 高圧水吸収法による消化ガスの精製と天然ガス自動車燃料としての活用

豊久志朗、○宮本博司、小山忠志（神鋼環境ソリューション）

木山秀一（神戸市建設局下水道河川部）

1. はじめに

下水処理の過程で発生する消化ガスは、メタンを主成分とする可燃性ガスであるとともに、カーボンニュートラルという特性を有する。しかし、都市ガスに比べて発熱量が低く、また不純物の除去が不十分な場合、利用機器の損傷・劣化を引き起こすことから、¹⁾ 多くの処理場では消化タンク加温用燃料としての利用にとどまっております、その全量が有効に活用されている事例は少ない。そこで、消化ガスの有効利用用途の拡大によるCO₂ 排出量削減を図ることを目的に、消化ガスを天然ガス並みの高品位ガスに精製するとともに、得られた精製ガスの天然ガス自動車燃料としての適用性を調査した。

2. 消化ガス精製装置実証運転

2.1 実証設備

神戸市東水環境センターに設置した実証設備の全景を写真 1 に、フローシートを図 1 に示す。消化ガスの精製方法は高圧水吸収法であり、メタンの水への溶解度が二酸化炭素や硫化水素に比べてはるかに小さく、圧力が高くなるほどその差が拡大する性質を利用して、高圧下で二酸化炭素と硫化水素を水に吸収させて分離するもので、吸収水には下水処理場で豊富に利用可能な処理水（砂ろ過水）を利用している。既設の消化ガス配管から分岐した脱硫前の消化ガスは、2 段の消化ガス圧縮機によって 0.9MPa（ゲージ圧、以下同様）まで昇圧後、下部から吸収塔に供給される。一方、吸収塔の上部からは給水ポンプで昇圧された処理水（砂ろ過水）が供給される。吸収塔内部には高い気液接触効率を確保するために充填材が詰められており、消化ガスが吸収塔内を上昇する間に、二酸化炭素および硫化水素が水に吸収されて分離され、吸収塔頂部からはメタン濃度 98% に濃縮されたガスが取り出される。この精製ガスは、圧縮天然ガス自動車の燃料容器の充填圧力である 19.6MPa においても結露しないように、大気圧における露点が -70℃ 程度以下となるよう除湿された後、天然ガス自動車への充填設備に送られている。また、吸収塔底部から抜き出された二酸化炭素等を吸収した水は、減圧タンクにて 0.3MPa 程度まで減圧し、水にわずかに溶けて



写真 1 実証設備全景

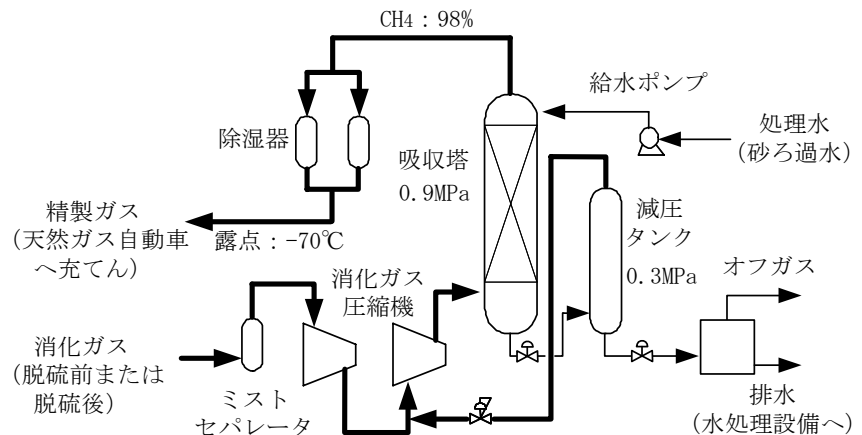


図 1 消化ガス精製装置実証設備フロー

いるメタンを回収して消化ガス圧縮機の間段に戻した後、水処理設備に返流している。なお、本実証設備の消化ガス定格処理能力は 80Nm³/h であり、吸収塔の内径は 400mm、高さは 14m である。

2.2 運転結果

実証設備は 2004 年 11 月に運転を開始し、当初は湿式脱硫後の消化ガスを供給して運転を行った。2005 年 1 月下旬以降は、脱硫前のガスに切り替えて運転を継続している。

(1) メタン濃縮性能

脱硫前のガスで実証設備を定格運転した場合の、消化ガスおよび精製ガスの分析結果を表 1 に示す。この表に示されているとおり、脱硫前の消化ガスについて、メタンが 98% と高濃度に濃縮できていると同時に、硫化水素も 0.1ppm 未満まで除去できている。また、精製ガスの組成から算出した高位発熱量は 39.2MJ/Nm³、ウォッペ指数は 52.1、燃焼速度 (MCP) は 35.7 であり、ガスグループで 12A に分類される高品位なガスであることがわかる。

連続分析計で測定した精製ガス成分の経時変化を図 2 に示す。この図から、精製ガスの性状は長時間にわたって安定していることがわかる。なお、除湿器が 2 塔式の PSA のため、運転側と再生側が切り替わる時間帯に、グラフの中央部に見られるような若干の変動はあるものの、全般的には緩やかに変動するだけで、メタン濃度の変動幅は 1% 程度以内に収まっている。

この分析を行った際の水温は 21°C で、水使用量は吸収塔への供給量が 17m³/h、冷却水が 3m³/h で、合計 20m³/h であった。吸収塔を 0.9MPa という高压で運転することにより、比較的少ない水量で精製が可能になっている。また、吸収塔への給水量が少ないため、処理水中の溶存ガスの精製ガスへの移行量が少なく、このことも 98% という高いメタン純度を達成できている要因の一つと考えられる。

(2) シロキサン除去性能

下水汚泥由来の消化ガスは微量不純物としてシロキサンを含んでおり、そのほとんどが重合度 3(D3) から重合度 6(D6) の環状ジメチルシロキサンであることが知られている。²⁾ これらのシロキサンは図 3 に示すとおりに比較的高い蒸気圧を有するため、³⁾ シャンプー等に由来して下水に流入したものの一部が、消化処理の過程で揮散し消化ガス中に移行したものと考えられている。水に難溶性であり、スクラバーで水に吸収させて除去するのは従来困難とされてきたため、²⁾ 高压でシロキサンを凝縮分離することを目的に、吸収塔の圧力を変化させてシロキサンの挙動を調査した。

表 1 ガス分析結果

		消化ガス (脱硫前)	精製ガス
CH ₄	%	59.9	98.2
CO ₂	%	37.0	0.6
O ₂	%	0.4	0.2
N ₂	%	0.8	1.0
H ₂ S	ppm	330	<0.1
高位発熱量 (計算値)	MJ/Nm ³	23.9	39.2
	kcal/Nm ³	5,720	9,370

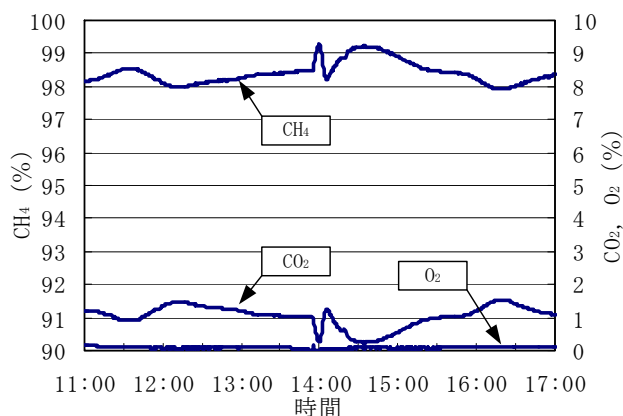


図 2 連続分析計による精製ガス性状

D3～D6 の総量での濃度 12.6～14.5mg/Nm³の場合における、各物質ごとおよびD3～D6 総量の吸収塔におけるシロキサン除去率を図 4 に示す。この図から、吸収塔圧力 0.9MPaにおけるシロキサン総量での除去率は 98%であり、同じ圧力では重合度が大きい物質ほど、また、同一物質では圧力が高いほど、高い除去率が得られていることがわかる。すなわち、蒸気圧が低く、また、圧力が高いという凝縮しやすい条件ほど除去率が高く、このことから、水への吸収ではなく、凝縮し液滴となったシロキサンが塔内を流下する水と衝突して落下することによって、吸収塔下部から排出されていると考えられる。なお、吸収塔出口においてごくわずかに残存しているシロキサンについては除湿器で吸着除去されており、精製装置出口においては、D3～D6 の 4 種類とも今回の分析の定量下限値である 5 μg/Nm³未満となっている。

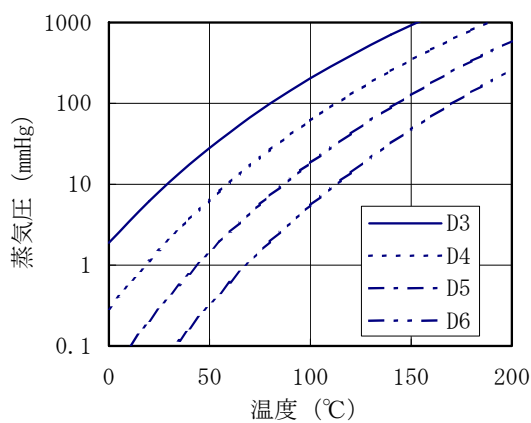


図 3 シロキサン蒸気圧

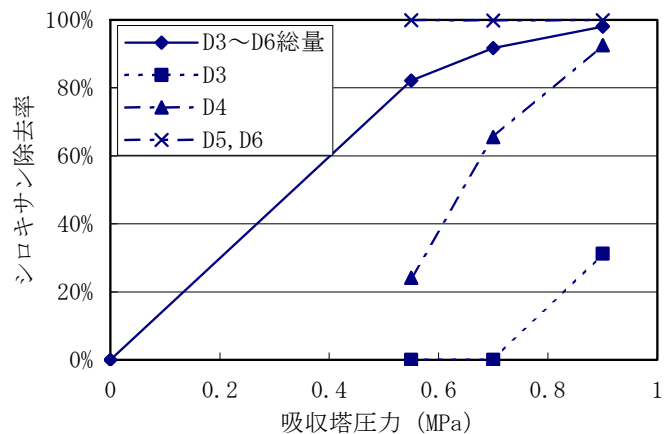


図 4 吸収塔におけるシロキサン除去率

3. 天然ガス自動車燃料への適用

3.1 天然ガス自動車

圧縮天然ガス自動車 (CNG車) はメタンを主成分とするガスである天然ガスを燃料とする低公害車であり、2005 年 3 月末現在、国内で約 2 万 4 千台が普及している。⁴⁾ 燃料である天然ガスは、小型充填装置を用いて、あるいは全国約 280 箇所の天然ガススタンドにおいて、気体のまま 20MPa に圧縮して自動車搭載容器に充填することができる。国内における CNG 車は、都市ガス 13A 向けの仕様となっているため、本実証実験で得られた都市ガス 12A 相当の精製ガスの、既存の CNG 車用燃料としての適用性を調査した。

3.2 試験結果

試験に使用した車両は総排気量 12.088L の日産ディーゼル製大型バスであり、排出ガスの適合レベルは平成 7 年技術指針値である。燃料供給方式はミキサー方式であり、燃焼空気流量に応じて絞り (ベンチュリ) で発生する負圧によって燃料ガスが引き出される、シンプルな構造である。供試燃料は 4 種類とし、精製ガス、精製ガス 75%+都市ガス 25%の混合ガス、精製ガス 50%+都市ガス 50%の混合ガス、および都市ガスであり、都市ガスには大阪ガス 13A を使用した。各燃料の切替を確実にを行うため、CNG 車に搭載されている燃料容器は使用せず、各供試ガスを充填した容器からエンジンまで直接配管で接続し、燃料の切替をバルブで行った。なお、試験車両の精製ガス向けの調整は一切行っていない。

(1) 排出ガス

図 5 に示すとおり、技術指針で規定された試験方法である G13 モードにおける排出ガスは、精

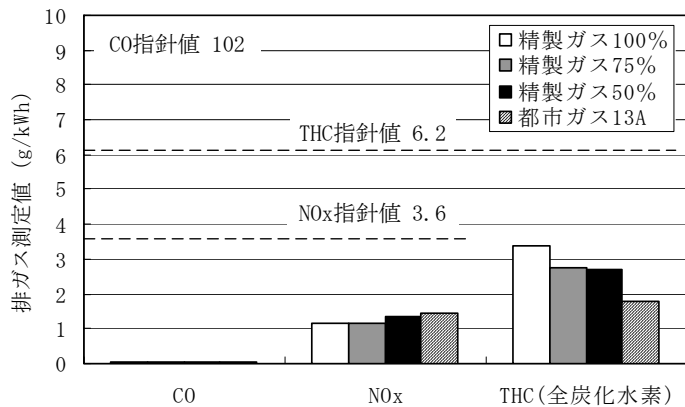


図5 排出ガス試験結果

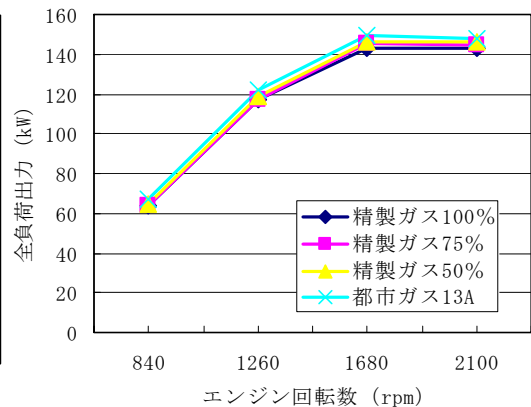


図6 出力試験結果

製ガスと都市ガスのいずれについても試験車両に対応した平成7年技術指針値を下回る良好な値であった。

(2) 燃料消費率

G13モードにおける二酸化炭素排出値から燃料消費率を算出した。発熱量あたりの燃料消費率は4種類の燃料とも0.065~0.068kWh/Nm³の範囲内であり、有意差はみられなかった。

(3) 出力

精製ガスは都市ガス13Aに比べて発熱量が15%程度低いにもかかわらず、図6に示すとおり、出力の差は最大でも5%程度であった。これは、排ガスO₂センサーによって、空燃比が一定となるようにエンジンへの燃料供給量が良好に制御できた、すなわち、発熱量の低下分を供給量の増加によって補うことができたことを示している。燃料性状が都市ガス13Aとは大きく異なる場合、制御可能範囲から外れて異常燃焼が生じることが考えられた。にもかかわらず、良好な燃料制御性を維持することができたのは、精製ガスが天然ガス並みの高いメタン濃度まで濃縮されており、都市ガス13Aとの性状の差が小さかったためと考えられる。このことから、メタン濃度98%程度であれば、既存のCNG車において熱量調整をしなくても都市ガス13Aと同等の走行性能が得られることが確認できた。

4. まとめ

消化ガスを高圧水吸収法を用いて精製することにより、メタン濃度98%への濃縮と、微量不純物である硫化水素およびシロキサン除去が同時に可能であり、天然ガス並みの高品位なガスが得られることを実証した。また、得られた精製ガスの天然ガス自動車燃料としての適用性を試験した結果、走行性能は都市ガスと同等であることを確認した。

参考文献

- 1) G. R. Herdin et al.: ASME 2000 Spring technical conference, Solutions for Siloxane Problems in Gas Engines Utilizing Landfill and Sewage Gas (2000).
- 2) 山田昭捷ほか：下水道協会誌, Vol.32, No.389 (1995), pp.76-88.
- 3) D. F. Wilcock: Vapor Pressure-Viscosity Relations in Methylpolysiloxanes, J. Am. Chem. Soc., Vol.68 (1946), pp.691-696.
- 4) (社)日本ガス協会ウェブサイト, <http://www.gas.or.jp/default.html>