

## 1 2. ガーベージ・バイオガスの道路パトロールカーへの適応性調査研究

～ CO<sub>2</sub>排出量削減への取り組み ～

(独) 土木研究所寒地土木研究所技術開発調整監付寒地機械技術チーム ○ 国島 英樹  
 (独) 土木研究所寒地土木研究所技術開発調整監付寒地機械技術チーム 山崎 貴志  
 (独) 土木研究所寒地土木研究所技術開発調整監付寒地技術推進室道央支所 平 伴斉

### 1. はじめに

1997年12月に京都市にて開催された第3回気候変動枠組条約締約国会議(COP3)にて議決されたCO<sub>2</sub>など温室効果ガス6種の削減目標は、締約国全体で1990年比で2008～2012年の5カ年間に於いて-5%となっている。また、我が国に課せられた義務は、同条件で-6%となっている。なお、これらの削減枠を遵守できなければ、超過分を3割増にて次期削減義務値に上乗せされる他、他国と温室効果ガス排出分を取引するうえで、売却が出来ない等の罰則規定が設けられている。何よりも地球規模の温暖化を防ぐには、各国が目標値を遵守することが重要であり、この削減目標を達成するには、国をあげての取り組みや国民一人一人の常日頃からの努力が必要不可欠である。

本調査では、実質的なCO<sub>2</sub>削減と未利用エネルギーを有効活用する際の積雪寒冷地における適応性調査を進めており、その中のガーベージ(生ごみ)・バイオガスを車輛の燃料として使用する際の課題や改善策について調査検討を行った。

### 2. 調査概要

本調査のスキームは、図-1に示すとおり、3機関の協力体制にて、調査期間は平成20年7月から平成21年3月にて実施した。

バイオガスの提供は、中空知衛生施設組合<sup>1)</sup>(滝川市、芦別市、赤平市、新十津川町、雨竜町)が管理運営する広域ごみ処理施設(以下、リサイクル)より無償で受けている。北海道開発局からは、バイオガス精製圧縮充填装置の貸与及び充填対象車輛であるCNG(圧縮天然ガス)燃料タイプ(以下、CNG車)の道路パトロールカーを運行させ稼働データを提供して頂いた。

また、日々の充填装置の保守管理は、リサイクルの維持管理を担当している三井造船環境エンジニアリング(株)に協力をお願いした。

寒地土木研究所は、これらの稼働データを踏まえ、経済性等を調査すると共に、積雪や凍結など積雪寒冷地ならではの課題や車輛の始動性、動力性能などの課題を抽出し、対応策を検討する。

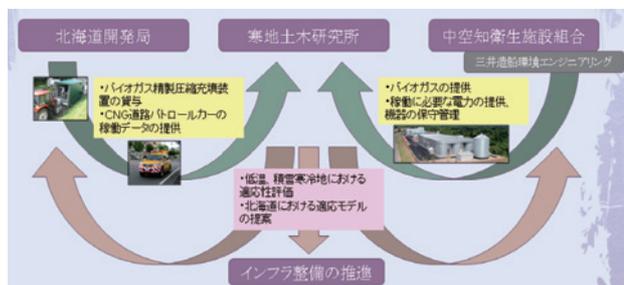


図-1 スキーム図

### 3. バイオガスの活用

#### 3.1 メタン発酵

滝川市に位置するリサイクルは、前記した3市2町にて組織される中空知衛生施設組合にて、ごみ処理広域化計画に基づき、ごみを資源として再利用するとともに、エネルギーを有効活用し、埋立量やダイオキシン類の発生をできるだけ抑える循環型社会を目指し、平成15年度より稼働している。受け入れごみの処理能力は、生ごみが55t/日、資源・粗大・不燃・その他ごみは選別を行っており18t/日、可燃ごみは58t/日を圧縮処理できる。平成18年度の実績としては、3市2町(人口約9万人)で約62t/日となっており、内訳としては、可燃ごみが約50%、生ごみは約33%である。

生ごみから得られるバイオガスは、図-2に示す高速メタン発酵処理施設にて生成後、オンサイト利用として発電機の燃料に使用し、得られる電力は施設内利用と余剰分は売電している。

また、施設内のボイラー燃料としても利用し、温水は発酵槽の加温、冷暖房や冬期間の敷地内ロードヒーティングにも利用している。更に発酵後

の汚泥は、堆肥として加工し農地還元している。ここで、バイオガスの生成量 83,000m<sup>3</sup>/月 (H18 年度実績) に対し、余剰量が 10,000~27,000m<sup>3</sup> 程度発生しており、通常は焼却処分させているが、オフサイト利用として、この余剰ガスを更に精製圧縮充填装置により、圧縮調整することでCNG車の燃料として有効活用を試みた。



図-2 高速メタン発酵処理施設  
(滝川市, リサイクルン)

### 3.2 CNG車への充填

バイオガスをCNG車へ充填する際には、精製圧縮充填装置を使用するが、これは、北海道開発局において、「バイオマス・ニッポン総合戦略」の目標を達成すべく、バイオガス多角的利用に関する地産地消モデル構築調査の一環として、エアー・ウォーター(株)との協力により開発された装置である。

特徴としては、すべての機器・配管類を20フィートコンテナ内に搭載し、車輻での移動を可能としており、メタン濃度が50~60%の原料バイオガスを膜分離装置にて93%程度まで精製することにより、熱量を都市ガスの12A相当に調整可能である。更にCNG車などのボンベに充填するために約20MPaまで昇圧可能である。処理フロー及び主要諸元を図-3及び表-1に示す。

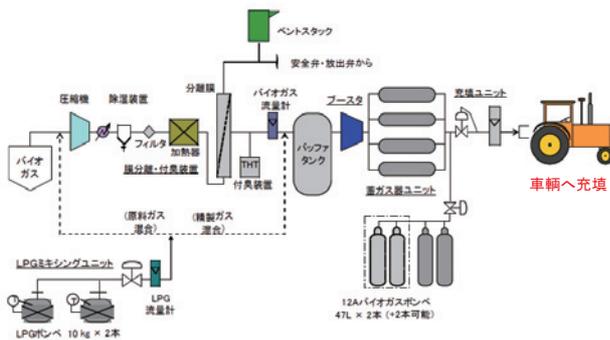


図-3 バイオガス精製圧縮充填装置の処理フロー  
(エアー・ウォーター(株)提供資料)

この装置により、リサイクルンより発生し精製したガーベージ・バイオガスを北海道開発局札

幌開発建設部滝川道路事務所のCNG車の道路パトロールカー(以下、CNG道路パトロールカー)燃料として使用する。

表-1 バイオガス精製圧縮充填装置主要諸元

大気条件		温度	-20~40°C
		湿度	30~80%RH
原料バイオガス条件			
組成	メタン	50~60%	
	二酸化炭素	35~45%	
	窒素	5%	
	硫化水素	5ppm以下(脱硫処理後)	
精製ガス(想定値)			
組成	メタン	93.0%	
	二酸化炭素	0.5%	
	窒素	5.5%	
	硫化水素	1ppm以下	
	付臭剤	微量(THT)	
発熱量	12A相当	約38MJ/Nm <sup>3</sup>	
精製量	96Nm <sup>3</sup> /日程度		
精製方式	膜分離方式		
充填能力			
		上限充填圧力	24.5MPa(35°C)
		有効蓄ガス量	50Nm <sup>3</sup>
使用条件			
		運転期間	通年
		設置場所	屋外
使用電力			
		200V	三相
コンテナ			
		長さ	5,919mm
		幅	2,340mm
		高さ	2,380mm

この車輻は、ガソリンとCNGを切り替えて使用することが可能なバイフューエルタイプであり、基本的にバイオガスを使用した。また、必要に応じ、リサイクルンにてガスの充填を行い、通常道路巡回業務にて使用した。一般的に道路パトロールカーは、通常時に巡回する時間帯やコースの予定が決められており、バイオガスの生産量や充填タイミングの計画が立てやすいことから選定した。精製圧縮充填装置設置状況を写真-1に、CNG道路パトロールカーへのガス充填状況を写真-2に、CNG道路パトロールカーの主要諸元を表-2に示す。



写真-1 バイオガス精製圧縮充填装置設置状況



写真-2 バイオガス充填状況  
(滝川市, リサイクルーン)



表-2 CNG道路パトロールカーの主要諸元

項目	仕様
ベース車種	トヨタ ハイラックスサーフ
全長	4,770mm
全幅	1,875mm
全高	2,120mm
車両総重量	2,325kg
乗車定員	5名
機関	形式:ガソリン機関、CNG切替使用可 最高出力(ガソリン):120kW 最大トルク(ガソリン):246Nm
排気量	2,700cc
クラッチ形式	トルクコンバータ式
駆動方式	前2駆動(切替式)、後2駆動
タンク容量	ガソリン 87L CNG 27Nm <sup>3</sup>
CNG充填圧力	20MPa

#### 4. 積雪寒冷地における適応性調査

バイオガスは、生ごみなどの有機物が原料であり、食物連鎖を考えると、大気中のCO<sub>2</sub>を取込んで光合成を行う植物が起源となることから、最終的にガスが燃焼されCO<sub>2</sub>が大気中に排出されても、大気中のCO<sub>2</sub>量に変化がないとの考えから、カーボンニュートラルであるとされている。しかしながら本調査では、バイオガスを燃焼使用した際のCO<sub>2</sub>排出量を把握し、ガソリン使用時と比較することで、実質的な排出量や、経済性比較を行うとともに、年間を通して使用することで、積雪や凍結など寒冷地ならではの課題やバイオガス使用時の車両の始動性や動力性能などの課題を抽出し、対応策を検討する。

##### 4.1 エンジン始動性調査

CNG車のエンジン始動には、ガソリンと比較し時間がかかる場合がある。バイオガスの場合もエンジン始動性には難があり、特に気温が下がり着火性が悪くなる冬期間においては懸念がある。そこで、秋から冬にかけて、その日の最初にエン

ジン始動させた場合のセル動作時間を計測した。

セル動作は、エンジンが掛かった段階ですぐに止めて2回目以降を繰り返して行った。結果を表-3に示す。いずれの日も気温に対し、エンジン表面温度が低いのは、ボンネットの中にあるエンジンが前夜に冷え込んだまま、午前中は、まだ外気温と同程度までに上昇していないためである。

セル動作時間は、いずれの日も1回目始動までの時間が4~5秒であり、燃料をガソリンとした場合の約1秒に対し、掛かりにくさ感はあるが運用上は問題無いと判断できる。2回目以降は3秒程度で安定している。特に気温、湿度、エンジン温度による影響は無いことが解る。

表-3 エンジン始動調査

月日	10月28日	12月25日	2月12日
測定時間	AM10:30頃	AM10:30頃	AM11:00頃
気温	8.3℃	4.3℃	2.1℃
湿度	68%	67%	57%
エンジン表面温度	5.3℃	-2.0℃	-2.9℃
セル動作時間			
1回目	5.4sec	3.6sec	5.4sec
2~5回目平均	2.8sec	3.1sec	3.4sec
6回目(ガソリン)	0.8sec	0.9sec	1.1sec

##### 4.2 馬力、トルク計測試験

一般的にCNG車の出力(馬力)は、ガソリン車に比べて劣る。ガソリンの主成分でオクタン価(ノッキングの起こりにくさ)の指標値を100としているイソオクタン(C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>)と比較すると、天然ガスの主成分であるメタン(CH<sub>4</sub>)のオクタン価は130程度<sup>2)</sup>であり、燃焼効率からいうと向上するが、天然ガスは気体であり、単位容積における発熱量が少ないため、エンジン出力については低下する。バイオガスの主成分もメタンであり同様の結果になると考えられるため、バイオガス使用時とガソリン燃料使用時における出力及びトルクの比較を、シャーシダイナモメータを用いて実施した。なお、測定は後輪駆動時にて実施した。計測状況を写真-3に、測定結果を図-4に示す。



(モニタ画面)



写真-3 シャーシダイナモメータ測定状況  
(後輪軸をシャーシダイナモに設置)

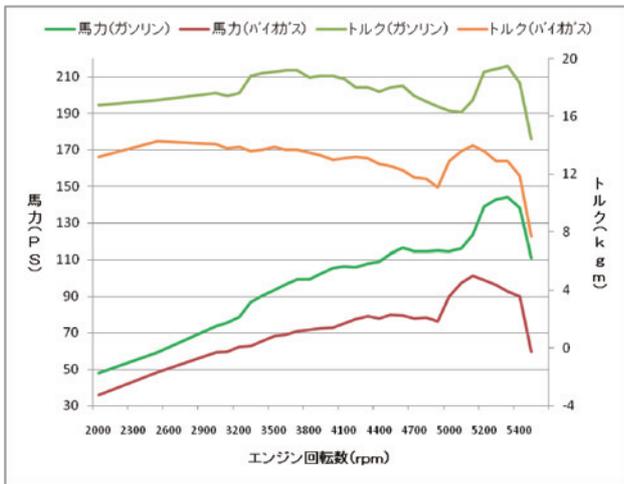


図-4 出力（馬力）・トルク曲線  
（シャーシダイナモによる）

測定結果より、最大出力の比較はガソリン使用時は、143.9PS (105.8kW) で、バイオガス使用時は 101.2PS (74.4kW) であり、約 30%ほどバイオガス使用時の出力が落ちていることが解った。図-4 よりトルクについてもほぼ同様な傾向が見られる。一般的に市販されているガソリン車の出力で 100PS 程度の車輛は、排気量が 1,500cc クラスであり、道路パトロールカーとしての使用上は特に影響ないと考えられる。また、実運用時におけるエンジン回転数は、50 km/h 走行時で約 2,000rpm であり、その場合における出力の落ち込みは 20%程度であり影響は少ない。通常乗車している運転員のヒアリング結果からも、登坂時に力の無さを感じるが、通常では特に問題無いとのフィードバックを得ている。

#### 4.3 加速試験

出力・トルク計測試験において、バイオガス使用時はガソリン使用時に比較し 20~30%低下することが判明したが、実際の走行時における影響を検証するために、当研究所構内にて加速試験を行った。計測機器は、GPS による位相から速度、移動距離、移動時間などを計測可能な「VBOX」を車輛に搭載し実施した。加速試験状況を写真-4 に示す。



(VBOX)

写真-4 加速試験状況

加速試験は、車輛停止からアクセルを全開にし、

直線で走行距離が 70m に到達するまでにかかった時間を比較した。ガソリン、バイオガスそれぞれ 5 回走行しての平均値での比較を図-5 に示す。

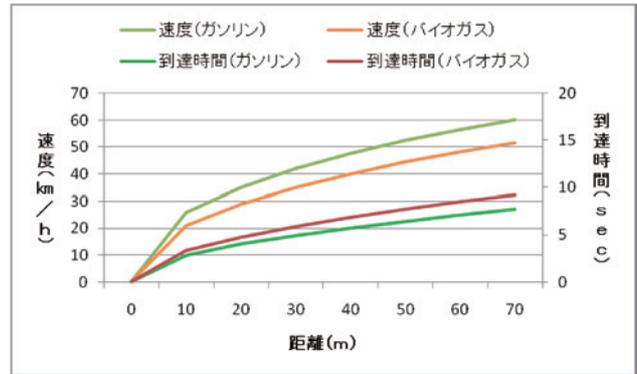


図-5 加速試験結果

測定結果より、走行距離 70m 到達地点で速度が約 15%、時間で 18%程度バイオガスが劣っているが、40 km/h から 50 km/h 到達点における追い越し加速度から計算すると、高速道路に進入する際に必要な 70 km/h までには、約 90m の走行距離で到達可能と想定される。よって、加速性能は十分であることが解る。

#### 4.4 排出ガス成分測定

排出ガス成分測定は、ハンディ型で車載しながらの測定も可能な「Auto5.1」を使用し、CO<sub>2</sub>、CO、O<sub>2</sub>をガソリン、バイオガスにて計測した。なお、測定はアイドリング状態で 5 分程度行い、安定した 1 分間を比較することとした。測定状況を写真-5、測定結果を図-6 に示す。



写真-5 「Auto5.1」(自動車排ガス分析計)による測定状況

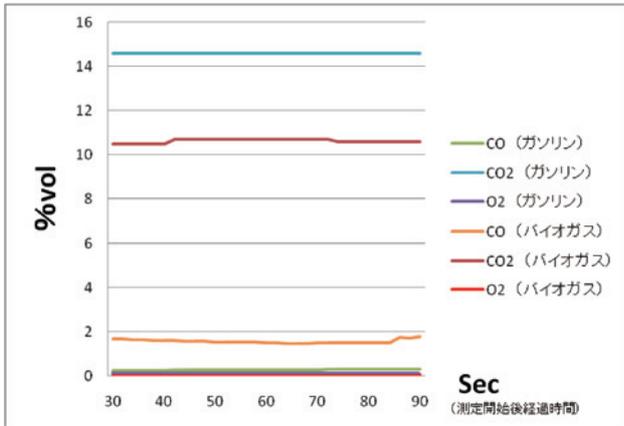


図-6 排出ガス成分測定結果  
(アイドリング時, エンジン回転数約 650 r p m)

図-6より, アイドリング時においては大きな成分の変動は見られない。O<sub>2</sub> (ガソリン及びバイオガス) 及びCO (ガソリン) は, 1%未満で推移している。CO (バイオガス) は2%弱であり, ガソリンよりは高めである。CO<sub>2</sub> は, ガソリンが約14.6%, バイオガスが約10.6%であり, バイオガスの方が27%程度少ない値となっている。

## 5. 調査結果

### 5.1 CO<sub>2</sub>削減効果

平成21年3月末までのバイオガス使用分のCNG道路パトロールカー稼働状況を表-4に示す。

CNG道路パトロールカーは, 週に3回の定期的な通常道路巡回及び緊急時点検, 異常時点検などに使用している。この間における燃料消費率は, 9.0 km/m<sup>3</sup>である。これをガソリン使用した場合を想定し, コストを算出すると下記の通りとなる。

表-4 バイオガス使用実績

月	走行距離km	使用量m <sup>3</sup>	備考
6月	697	72.7	20日~
7月	1,231	152.9	
8月	1,238	138.0	
9月	1,285	127.6	
10月	1,161	149.8	
11月	968	127.3	
12月	1,123	108.9	
1月	772	107.7	
2月	1,134	125.4	
3月	1,109	82.8	
累計	10,718	1,193.1	

10,718 km ÷ 6.1 km/L × 116 円/L ≒ 20 万円  
(ガソリンの燃料消費率は過去の実績, 単価は,

H21年8月)

また, 本来バイオガスはカーボンニュートラルであるとされているので, CO<sub>2</sub> 排出量はゼロカウントであるが, 更に実質的な CO<sub>2</sub> 削減効果を期待するうえで, この距離をガソリンで走行した場合と比較すると, CO<sub>2</sub> 削減量は, 4.4 排出ガス成分測定結果 (-27%), 及び一般的にガソリン1リットル当たりの CO<sub>2</sub> 排出量が 2.3 kg であることから, 下記の通りとなる。

$$10,718 \text{ km} \div 6.1 \text{ km/L} \times 2.3 \text{ kg/L} = 4,041.2 \text{ kg}$$

$$4,041.2 \text{ kg} \times 0.27 \text{ (CO}_2 \text{ 削減率)} = 1,091 \text{ kg}$$

この削減量は, 北海道民1人当りの1年間に排出するCO<sub>2</sub>量が約3t<sup>3)</sup>とされていることから, その4ヶ月分に相当する。

### 5.2 バイオガス精製圧縮充填装置の適応性

冬期間において, リサイクリン製のバイオガスホルダーと装置間のガス配管内凍結を防止するために, リボンヒーターと防寒材を巻いた。また, CNG道路パトロールカーへ充填の際に, 装置開閉扉周辺への積雪が支障となるため, 防寒シートと単管足場で簡易的に防寒囲いを設置した。しかし, ガス配管内の水抜きが不完全なための凍結による破損やコンプレッサーの損耗による圧力不足などシーズンを通して運用するうえでの課題が発生した。凍結防止対策状況を写真-6, 7に, 防寒囲い状況を写真-8に示す。



写真-6 ヒータ巻付状況



写真-7 保温材巻付状況



写真-8 防寒囲い状況

## 6. まとめ

今回の試験結果より, バイオガスを燃料とした

場合の車輛動力性能や冬期における始動性などについて、特に問題点が無いことが解った。また、排出ガス成分より CO<sub>2</sub> 排出量については、カーボンニュートラルであることは勿論であるが、更にガソリン車と比較し実質的な削減効果があることが確認された。今後は、更に長期的にデータを取得し、バイオガス燃料の適応性と CO<sub>2</sub> 削減効果の検証を行う。

バイオガス精製圧縮充填装置については、長期的に使用するうえでの信頼性や冬期間の凍結に対応すべく改良を行うと共に、今後の普及を考えた場合のイニシャルコスト削減のための改良も併せて実施する。更に、これらの改良の有効性などの調査を行う予定である。

最終的にこれらの調査試験を通して、運用面や技術的な課題を抽出し、改善策を検討することにより、北海道など低温、積雪寒冷地において比較

的コンパクトで地域導入しやすい CO<sub>2</sub> 削減や未利用エネルギー導入モデルを作成し、提案する。

これにより、地域に潜在する環境負荷の少ないエネルギーや未利用エネルギーの利用促進、エネルギー供給施設などインフラの整備促進に繋がっていくことで、結果として世界的な温室効果ガスの削減に寄与できると考えている。

#### 参考文献

- 1) 中空知衛生施設組合ホームページ  
<http://www15.ocn.ne.jp/~recycle/>
- 2) 日本ガス協会ホームページ  
<http://www.gas.or.jp/default.html>
- 3) 環境省新地方公共団体実行計画策定マニュアル等改訂第2回検討会、室田委員資料、p13