

低温下における建設施工の環境負荷低減に関する検討

ーガーベジ・バイオガスの道路パトロールカーへの 適応性調査についてー

(独) 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○国島 英樹
道央支所 長瀬 禎
道南支所 光野 昭宏

中空知衛生施設組合が管理する広域ごみ処理施設（リサイクルクリーン）において、ガーベジ（生ごみ）をメタン発酵させることにより生成されるバイオガスを道路パトロールカーの燃料として使用するうえで、積雪寒冷地における適応性を評価し、課題や改善策を整理することにより、北海道における適応モデルを作成し、提案する。バイオガスは、化石燃料を使用せず「カーボンニュートラル」であるとされることから、CO₂削減に寄与できる。

キーワード：バイオガス、道路パトロールカー、生ごみ、カーボンニュートラル、CO₂

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CO₂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CO₂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. スキーム

本調査を進める上でのスキームは、図-1に示すとおり、3機関における協力体制にて実施している。

なお、調査期間は平成20年7月より平成21年

3月を予定している。

バイオガスの提供は、中空知衛生施設組合（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、リサイクルクリーン）より無償で受けている。北海道開発局は、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ている。

また、日々の充填装置の保守管理は、リサイクルクリーン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)に協力をお願いしている。

寒地土木研究所は、これらの稼働データを踏まえ、経済性等を把握すると共に、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。

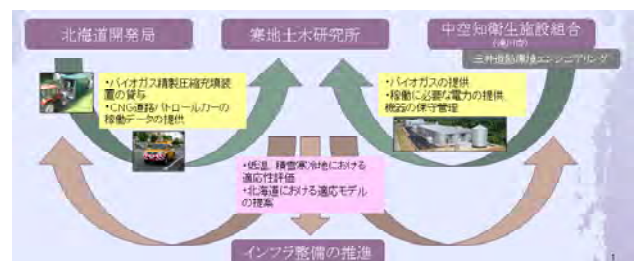


図-1 スキーム図

3. バイオガスの活用

滝川市に位置するリサイクリーンは、前記した3市2町にて組織される中空知衛生施設組合¹⁾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、発電機の燃料として利用し、得られる電力は施設内利用と余剰は売電している。

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83,000m³/月（H18年度実績）に対し、余剰量が10,000~27,000m³程度発生しており、通常は焼却処分させているが、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ることにした。



図-2 高速メタン発酵処理施設（滝川市、リサイクリーン）

4. 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

ートテナ内に搭載し、車輦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。

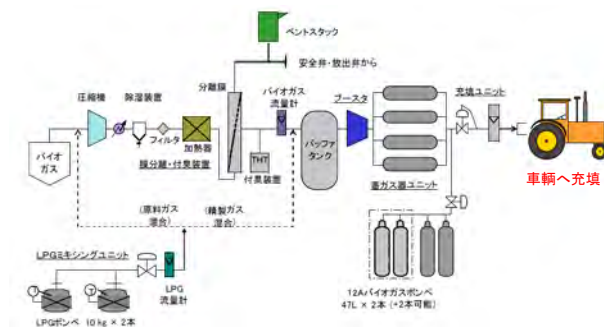


図-3 バイオガス精製圧縮充填装置の処理フロー（エアー・ウォーター(株)）

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℃
		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 ³	
精製量	96Nm ³ /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℃)
		有効蓄ガス量	50Nm ³
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

この装置により、リサイクリー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車仕様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。この車輦は、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することとした。また、必要に応じ、リサイクルにてガスの充填を行い、通常の道路巡回業務にて使用する。精製圧縮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 バイオガス圧縮精製充填装置設置状況



写真-2 バイオガス充填状況
(滝川市、リサイクル)

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 ³
CNG充填圧力	20MPa

5. 積雪寒冷地における適応性調査

バイオガスは、生ゴミなどの有機物が原料であり、食物連鎖を考えると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 CO₂ が排出さ

れても、再び植物が吸収して循環されるとの考えから、カーボンニュートラルであるとされている。しかしながら本研究では、バイオガスを燃焼使用した際の CO₂ 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輛の始動性や動力性能などの課題を抽出し、対応策を検討することとする。

(1) エンジン始動性調査

北海道開発局に導入されている各種メーカー、各規格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。よって、10月と12月の午前中において、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。

なお、計測は手動におけるストップウォッチ計測であり、若干の誤差は想定される。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行った。結果を表-3に示す。両日とも気温に対し、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、まだ気温まで上昇していないためである。

セル動作時間は、両日とも1回目に最も時間が掛かり、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。1回目始動までの時間は4～5秒であり、通常乗車している運転員の聞き取り結果である5秒程度と同様である。また、運転員よりCNG使用の場合も同様な始動時間であると聞いている。

表-3 エンジン始動調査

月日	10月28日	12月25日
測定時間	AM10:30頃	AM10:30頃
気温	8.3℃	4.3℃
湿度	68%	67%
エンジン表面温度	5.3℃	-2.0℃
セル動作時間		
1回目	5.4sec	3.6sec
2回目	2.8sec	3.0sec
3回目	2.7sec	3.2sec
4回目	2.7sec	3.0sec
5回目	3.1sec	3.1sec
6回目(ガソリン)	0.8sec	0.9sec

(2) 馬力、トルク計測試験

一般的に CNG 車の馬力(出力)は、ガソリン車

に比べて落ちる。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(C₈H₁₈)と比較すると、天然ガス主成分であるメタン(CH₄)のオクタン価は130程度²⁾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、エンジン馬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、実際のガソリン燃料使用時との比較をシャーシダイナモを使用し、馬力及びトルク測定を実施した。なお、測定は後輪駆動のみとし、ガソリン使用時とバイオガス使用時で比較測定した。計測状況を写真-3に、測定結果を図-4に示す。



写真-3 シャーシダイナモ測定状況

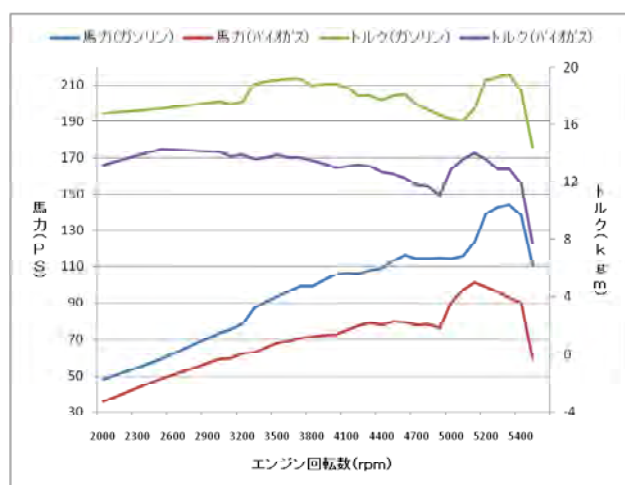


図-4 馬力・トルク曲線 (シャーシダイナモによる)

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)であった。よって、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、特に影響はないと考えられる。また、実運用時におけるエンジン回転数は、50km/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聞き取り結果からも、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。

(3) 加速試験

馬力・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、実際の走行時の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。写真-4に装着状況を示す。



写真-4 「VBOX」(GPS式速度距離測定装置) 装着状況

加速性能試験は、車輛停止からアクセルを全開にし、直線で70m走行するまでにかかった時間を比較する。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。

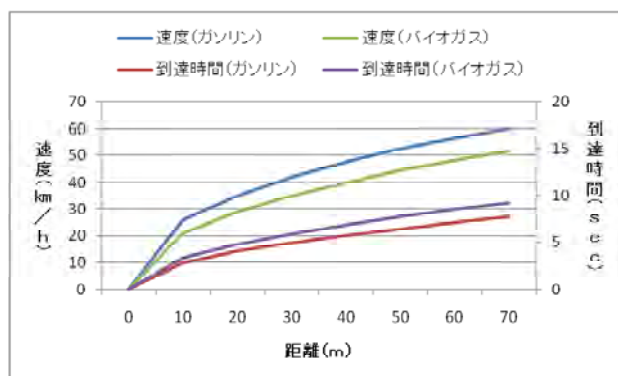


図-5 加速試験結果

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、70m地点で走行速度が約50km/hに達しており、高速道路に進入する際に必要な加速度は十分であることが解る。加速試験状況を写真-5に示す。



写真-5 加速試験状況（寒地土研構内）

(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、CO₂、CO、O₂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-6に、測定結果を図-6に示す。



写真-6 「Auto5.1」(自動車排ガス分析計)による測定状況

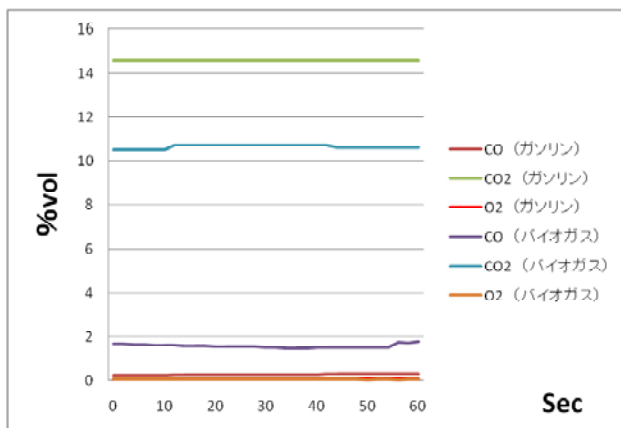


図-6 排出ガス成分測定結果 (アイドリング時、エンジン回転数約650rpm)

図-6より、アイドリング時には大きな成分の変動は見られない。O₂、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。CO₂は、Hideki Kunishima, Tadashi Nagase, Akihiro Kouno

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2.7%程度少ない値となっている。

6. 現在までの稼働状況

平成20年12月末までのバイオガス使用分の道路パトロールカー稼働状況を表-4に示す。

表-4 バイオガス使用実績

月	走行距離km	使用量m ³	備考
6月	697	60.7	20日～
7月	1,231	216.3	
8月	1,238	179.5	
9月	1,285	185.0	
10月	1,161	217.3	
11月	968	200.6	
12月	1,123	193.5	
累計	7,703	1,252.9	

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。12月までの燃料消費率は、6.1 km/m³である。これをガソリンに換算すると、同車両における過去の実績より1リットル当たりの燃料消費率がほぼ同等であることから、単純な経済効果を算出すると下記の通りとなる。

$$1,252.9\text{L} \times 6.1\text{ km/L} \times 110\text{円/L} \approx 84\text{万円}$$

(ガソリン単価は、H21年1月)

また、この距離をガソリンで走行した場合に比較するとCO₂削減量は、5-(4)排出ガス成分測定結果及び一般的にガソリン1リットル当たりのCO₂排出量が2.3 kgであることから、下記の通りとなる。

$$1,252.9\text{ L} \times 2.3\text{ kg/L} = 2,881.7\text{ kg}$$

$$2,881.7\text{ kg} \times 0.27\text{ (CO}_2\text{削減率)} = 778\text{ kg}$$

高さ4～5mの松ノ木が年間に吸収するCO₂量は、約190 kg³⁾とされていることから、これだけで松ノ木約4本分に相当する。

バイオガス圧縮精製充填装置については、12月現在までは順調に稼働している。冬期間において、リサイクル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ている。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にて簡易的に囲いを設置したが、装置への影響や使用上の課題などを今後調査する予定である。凍結対策状況を写真-7、8に、防寒囲い状況を写真-9に示す。

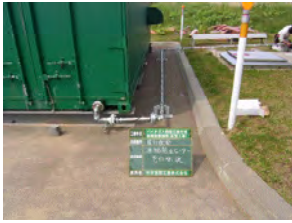


写真-7 ヒーター巻付状況 写真-8 保温材巻付状況



写真-9 防寒囲い状況

7. あとがき

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初冬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。今後は、更なる低温における車輛の始動性などの課題の把握やバイオガス精製圧縮充填装置に対する凍結や積雪対策の有効性などの調査を行うとともに、シーズン通しでのCO₂削減率や経済性などを把握する予定である。

最終的には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CO₂削減や未利用エネルギー導入モデルを作成し、提案していく。

これにより、北海道など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
- 2) 日本ガス協会ホームページ
- 3) NPO法人 住環境改善センターホームページ