

# 道路維持管理用車両における 圧縮天然ガス自動車の開発

宇田 康久

国土交通省で従来導入していた圧縮天然ガス（CNG）自動車は圧縮天然ガス自動車燃料装置（CNGV）用容器の搭載容量が少ないことや、エンジンが急激な負荷変動に対応できないなどの面で導入地域や対象機種が限られていた。

近年、軽量のCNGV用容器が開発されたことにより、より多くの燃料の搭載が可能となり、走行距離や作業時間が増加しCNG自動車の導入地域が拡大した。また、急激な負荷変動への対応を可能とするため、エンジン回転数を一定に保つ調速機能を装備したエンジンが開発されたことにより、導入対象機種も増えた。さらに一つのエンジンでCNGとガソリンのどちらでも走行可能なバイフューエル車が開発され、CNG自動車の導入地域や対象機種がさらに拡大できることとなった。

本報文では、国土交通省の道路維持管理用車両におけるCNG自動車の開発について現況を報告する。

キーワード：圧縮天然ガス自動車燃料装置（CNGV）用容器、調速機能付きエンジン、バイフューエルエンジン、道路維持管理、圧縮天然ガス（CNG）

## 1. はじめに

現在、二酸化炭素排出による地球温暖化や大気汚染による酸性雨など地球規模での環境問題が懸念されており、環境汚染物質低減の社会的要請が高まっている。このような状況を踏まえ、国土交通省では道路維持管理用車両を対象として環境にやさしい圧縮天然ガス（Compressed Natural Gas; CNG）自動車を従来のディーゼル車やガソリン車に替えて導入している。

CNG自動車の導入は、平成9年度に現在の近畿地方整備局大阪国道工事事務所に排水管清掃車（写真—1参照）を初めて導入したが、CNG燃料



写真—1 平成9年導入の排水管清掃車

の供給施設が少ないことや搭載できる圧縮天然ガス自動車燃料装置（Compressed Natural Gas Vehicle; CNGV）用容器の容量が少ないため、稼働範囲が限られた状況であった。また、道路維持管理用車両の作業時におけるエンジン特性においては、エンジンの急激な負荷変動への対応ができずエンジンが停止する可能性があるという課題を残していた。

よって、国土交通省ではこれらの課題について改善検討を行い、今後さらに積極的に、率先的に導入を図り、沿道環境や地球環境の保全に努めるものとした。

また、CNGエンジンについては車両の作業装置の稼働時などエンジンに急激に負荷がかかった場合には、エンジンの回転数が下がり停止する可能性があったため、導入対象車種としてはエンジンに急激に負荷のかからない排水管清掃車や散水車（写真—2参照）、標識車（写真—3参照）などであった。

国土交通省では、CNG自動車を実用上に導入するには、1日の作業時間や走行距離が1充填で十分補えるように向上させることと、エンジンを急激な負荷に対応できるようにすることが不可欠と考えた。



写真—2 散水車



写真—3 標識車

その結果、新型の軽量で大容量のCNGV用容器の採用や急激な負荷に対応できる調速機能付きのエンジンが開発され、導入対象地域や対象機種が増やせることとなった。

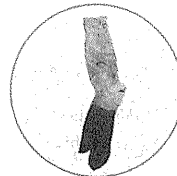
## 2. CNG 自動車の概要

CNG自動車の構造は、基本的に従来のガソリン車やディーゼル車と同じであり、異なるのは燃料と燃料供給系統である。燃料である天然ガスは、高圧(19.6MPa)に圧縮され、CNG自動車に搭載されたCNGV用容器に充填される。圧縮された天然ガスは、CNGV用容器から燃料配管を通り減圧弁で圧力を調整され、その後、空気と混合し常圧でエンジンに供給している。

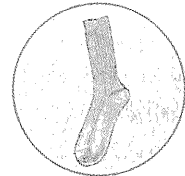
排気ガスについては、二酸化炭素や窒素酸化物



排気管に白いソックスを取付け走行



ディーゼル車



天然ガス自動車

写真—4 黒煙の排出状況

が削減され、硫黄酸化物や黒煙は全く排出されない(写真—4参照)。

## 3. CNGV 用容器の軽量化, 増量化

走行距離の延長化対策としては、CNGV用容器容量の増量と容器の軽量化および燃料効率の改善が考えられるが、燃料効率の改善については、エンジン本体や駆動系、補機の効率向上および車両全体の軽量化等に関する技術開発状況を踏まえると、短期的効果の期待が出来ないため、CNGV用容器の増量と容器の軽量化を課題として技術検討を進めた。

従来から使用している銅製のCNGV用容器には、高圧ガス保安法で容器の材料選定から製造方法まで告示により具体的に規定されているなかで作られたものであり、容量が小さく質量が大きいためCNGV用容器自体の大きさの割に燃料であるCNGの搭載量が少ないものであった。そのためCNG自動車の運転員は絶えず残燃料に注意しながら作業を行っていた。また、CNG自動車の導入地域はCNG燃料の供給施設が整備されている地域に限られていた。

しかし、平成10年度に高圧ガス保安関連規則が改正となり、高圧ガス容器に使用される材料に

必要な機能のみが規定され、新たにCNGV用容器の技術基準が国際的な基準レベルで規定されたためCNGV用容器の種類が多様化された。

アメリカでCNGV用容器にオールコンポジット容器が開発され、その材質はプラスチックとカーボン繊維を組合せたものであり、従来に比べて大幅な軽量化が可能となり、半分以下の質量を実現した。そのため車両総質量を変えずに軽量化された質量分をCNGの搭載量として拡大することができた。

このことにより、オールコンポジットのCNGV用容器を採用することで、1充填での1日の回送距離を含めた作業量が大幅に拡大し、運転員の燃料に対する不安要素も解消できた。

以下、大阪国道工事事務所に導入した排水管清掃車についてCNGV用容器の性能比較を検討する(表一1、図一1、図一2参照)。

CNGV用容器の総容量は、従来車が360Lに対し改善対策車は660Lであり、1.83倍と大きく

表一1 CNG 排水管清掃車のCNGV用容器の仕様比較

		改善対策車	従来車
材 質	質	プラスチック・カーボンガラス	鋼製
	量	165 L	45 L
質 量	質	970 N	510 N
	量	4本	8本
車 載	本 数	4本	8本
	質 量	3,880 N	4,080 N
総 容 量	質 量	660 L	360 L
	大きさ(長さ×外径)	1,903×399 mm	1,515×216 mm

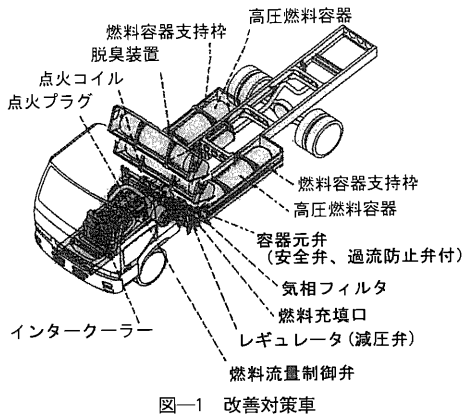


写真一5 排水管清掃車 (平成12年度導入)

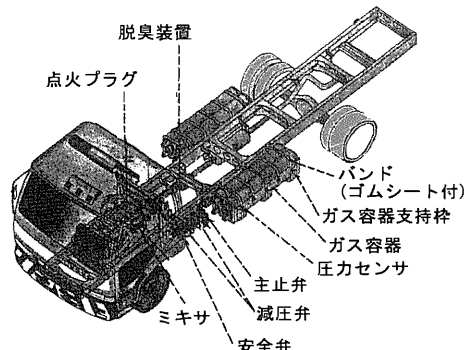
なっている。しかし総質量は0.95倍に軽量・増量化された。このことにより同じ車両総質量のCNG自動車では走行距離および作業時間の合計が改善対策車は従来車の1.83倍以上になっている(写真一5参照)。

#### 4. 調速機能付きエンジンの開発

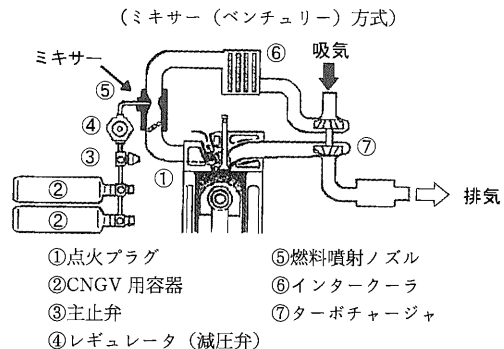
従来から採用されてきたCNGエンジンはミキサ(ベンチュリー)方式(図一3参照)で、機構はCNGV用容器内の19.6 MPaの圧縮天然ガスが減圧弁で順次減圧され、ミキサで空気と混合しエンジンのシリンダ内に送り込まれ点火プラグで着



図一1 改善対策車



図一2 従来車



図一3 ミキサ方式のエンジン構造

火し、エンジンが駆動される方式である。

この方式に採用されているミキサの機能は、エンジンに吸入される空気の流込む風圧と空気より少し高い天然ガスの圧力で空気と天然ガスが混合され、天然ガスと空気の混合比を一定に保つものであり、エンジンに吸入される空気の量が多ければ多いほど空気の流込む風速が大きくなりその結果、合流部の空気圧が負圧となるため天然ガスが多く流込む機構となっている。

しかし、このエンジンでは、エンジンに急激に負荷がかかった場合にはエンジンの回転が下がりピストンの速度が遅くなることによって、空気の流込む量が減るとともに天然ガスの流入量も減るため、駆動トルクが低下しエンジンを停止に導くおそれのある機構となっている。よって、この方式では側溝清掃車などの車両の作業装置の稼働時に急激に負荷のかかる自動車には適さないものである（図-4 参照）。

（ミキサの駆動トルク比較）

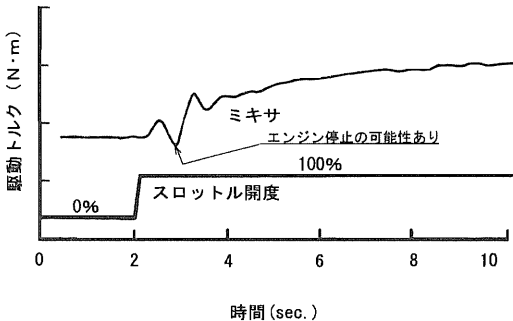
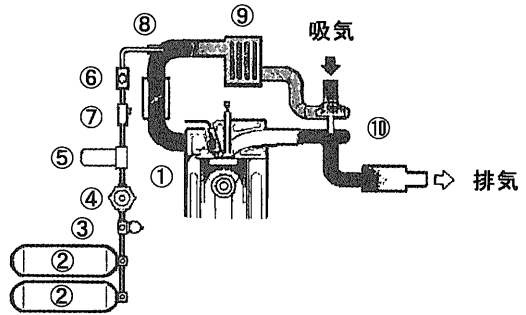


図-4 ミキサ方式のエンジンのトルク

このようなエンジンへの負荷変動の対応を改善した調速機能付きのCNGエンジン（図-5 参照）は、シングル・ポイント・インジェクション（SPI）方式でエンジンに急激に負荷がかかった場合でもエンジンは停止することのないように開発されたものである。

SPI方式のエンジンの機構は、CNGV用容器内の19.6 MPaのCNGが減圧弁で順次減圧され、燃料流量制御装置でエンジンの負荷を検知し最適な燃料供給量にコントロールされスロットルバルブの直前で噴射し空気と混合し、エンジンのシリンダ内に送込まれ点火プラグで着火させ、エンジンが駆動される方式である。

（シングル・ポイント・インジェクション（SPI）方式）



- ①点火プラグ
- ②CNGV 用容器
- ③主止弁
- ④レギュレータ（減圧弁）
- ⑤気相フィルタ
- ⑥低圧燃料遮断弁
- ⑦燃料流量制御弁
- ⑧燃料噴射ノズル
- ⑨インタークーラ
- ⑩ターボチャージャ

図-5 SPI方式のエンジン構造

SPI方式のエンジンとミキサ方式エンジンの大きな違いはエンジンに急激に負荷がかかった場合に、燃料流量制御弁で天然ガスの噴射量を強制的に増すことにより駆動トルクが大きくなり、エンジンの停止には至らないことである（図-6 参照）。

（SPIの駆動トルク比較）

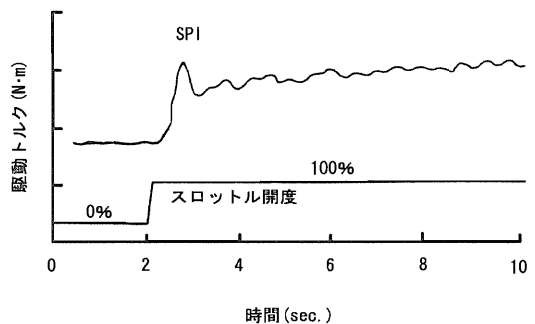


図-6 SPI方式のエンジンのトルク図

次に大阪国道工事事務所に導入された排水管清掃車について、改善対策車のSPI方式のエンジンと従来車のミキサ方式のエンジンの出力とトルクを比較すると同じ排気量で最高出力が約17%上昇し、最大トルクも約24%上昇している（表-2

表-2 SPI方式とミキサ方式のエンジン出力とトルクの比較

	SPI方式エンジン	ミキサ方式エンジン
排気量	6,925 cc	6,925 cc
最高出力	154 kW (210 PS)/2,800 rpm	132 kW (180 PS)/2,800 rpm
最大トルク	666 N(68 kg·m)/1,600 rpm	539 N(55 kg·m)/1,600 rpm

参照)。

また、環境面でも SPI 方式のエンジンは、ミキサ方式のエンジンよりも効率よい天然ガスの燃焼ができるため、さらなる環境改善が得られた(表—3参照)。

表—3 排ガス性能

	SPI方式のエンジン	ミキサ方式のエンジン	次期短期排気ガス規制値
NO <sub>2</sub> 排出量	1.61 g/kW・h	1.97 g/kW・h	3.38 g/kW・h
HC排出量	2.04 g/kW・h	3.40 g/kW・h	0.87 g/kW・h
CO排出量	ほぼ排出せず	ほぼ排出せず	25%減
PM排出量	排出せず	排出せず	0.18 g/kW・h



写真—6 バイフューエル車

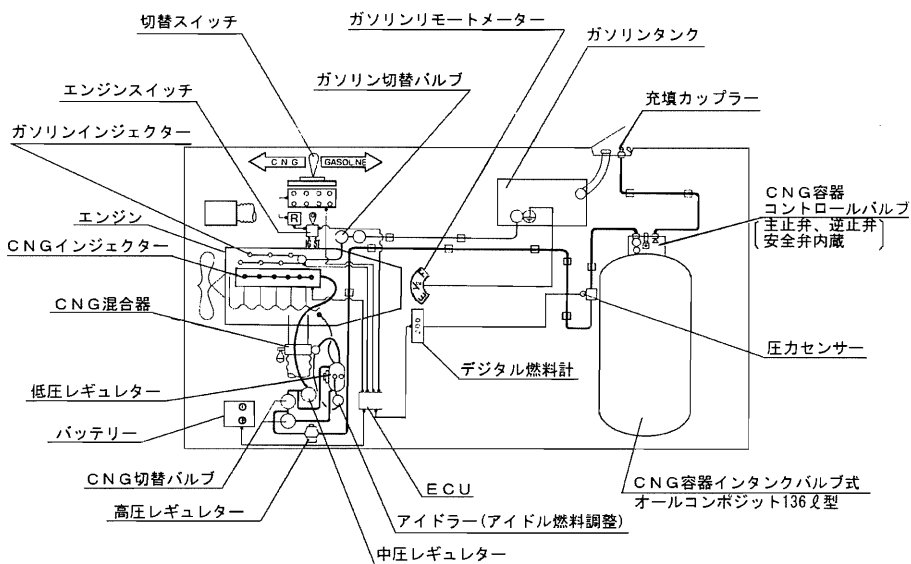
### 5. バイフューエル車の開発

道路維持管理用車両に使用する車両で CNG 化が難しい車両として緊急自動車であるパトロールカーが挙げられる。パトロールカーは一定の経路をパトロール走行し定型的な業務を行う反面緊急時は、昼夜を問わず現場に急行し、その現場にて様々な作業を長時間行うこともある。

このような車両は CNG 化した場合、CNG の燃料供給施設が少ないうえ夜間における燃料調達がほとんどできないため、現場で燃料切れを起こすことも考えられる。対策としてはガソリンまたは軽油でも走行できる CNG 車が必要である。そこで燃料供給システムを 2 系列とした CNG とガソ

リンのどちらでも走行できるバイフューエル車がガソリンエンジンからの改造で開発された(写真—6参照)。

バイフューエルエンジンの機構(図—7、図—8参照)は、CNG で走行する場合、運転席にある CNG とガソリンの燃料切替スイッチ(写真—7参照)を CNG 側にすることで、ガソリンの切替バルブが閉じるとともに、CNG 切替バルブが開き CNG 系統の燃料供給システムが作動する。また、ガソリンで走行する場合、運転席にある CNG とガソリンの燃料切替スイッチをガソリン側にすることでガソリン系統の燃料供給システムが作動する。



図—7 燃料システム図

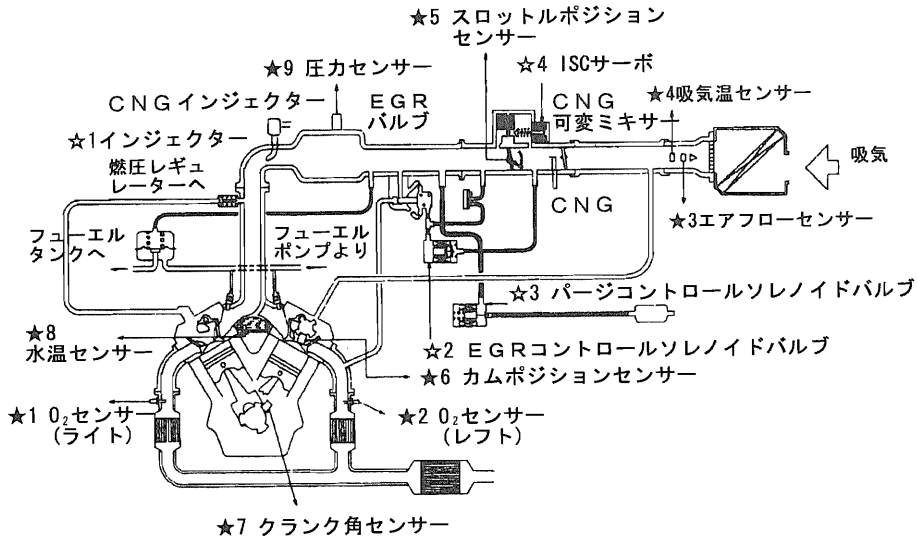


図-8 エンジン構造図



写真-7 燃料切替スイッチ

境に優しいCNG自動車のさらなる導入を進めていくために燃料供給施設の整備ならびに適応機種拡大のためエンジンの開発と車体の開発等を関係者と協力しあい推進していく必要がある。また、燃料電池や低公害エンジンの開発が急速に進んでいる現状も注視し、時代にあった技術を導入することも今後心がけてゆきたいと考えています。

J C M A

[筆者紹介]

宇田 康久 (うだ やすひさ)  
 国土交通省  
 近畿地方整備局  
 道路部  
 機械課



6. おわりに

国土交通省では道路維持管理用車両において環