

④ バイオ水素製造過程の生成ガスを燃料とする 水素内燃エンジンハイブリッドトラックの検討

ー生成ガスの性状と燃焼・排出ガステ性、航続距離についてー

環境研究領域
東京都市大学
東京理科大学

※佐藤 由雄 山本 敏朗 川野 大輔
高木 靖雄
堂脇 清志

1. まえがき

地表生態系のエネルギー循環の中で社会的生活（資源の採取、流通、消費、廃棄のサイクル）を営むためには、資源の大量消費を止め、バイオマスなどの再生可能エネルギーを利用していく必要がある。

前報¹⁾では、間伐材などの木質系バイオマスを熱分解・ガス化して高純度水素（ H_2 と称す）を製造するプラントにおいて、高純度化工程を経ないガス（生成ガスと称す）を内燃エンジン搭載のハイブリッドトラックに使用することを提案し、Well to Wheel ベースの CO_2 排出量を軽油トラックの半分以下に削減できる可能性を示した。

本報では、前報に続く可能性調査の一環として、これまでに国内のプラントで製造された生成ガスの性状と内燃エンジン適用時の燃焼・排出ガステ性について調査した。その結果をもとに、生成ガスを既存の H_2 内燃エンジン搭載のハイブリッドトラックに適用した場合の航続距離等を試算し、同トラックを実用する際の運用条件について検討した。

2. 調査研究方法

本調査研究は、東京都市大学、東京理科大学及び交通安全環境研究所による共同研究として行われた。プラントと生成ガスの性状については、東京理科大学と共同で公表資料と聴き取りにより調査した。生成ガスの燃焼・排出ガステ性は東京都市大学で実施したエンジン試験結果をもとに検討した。また、既存の H_2 内燃エンジン搭載ハイブリッドトラック（東京都市大学が開発）の公道走行試験の公表データ²⁾をもとに航続距離等を試算した。

3. 調査結果及び考察

3. 1. 生成ガスの成分と発熱量

国内で開発、実証運転された木質系バイオマスを原料とし熱分解・ガス化により電気、熱、水素等のエネルギーを製造するプラントを網羅的に調査³⁾し、その

中の生成ガスの成分、発熱量等の一例を表1に示す。生成ガス中には可燃成分として H_2 （11～45%）以外に CO （11～26%）と少量の CH_4 （3～7%）が含まれている。 CO_2 も20%程度含まれているが、発熱量としては H_2 （10.8MJ/Nm³）に近いケース3や4の例もある。

3. 2. エンジン適用時の燃焼・排出ガステ性

H_2 を主成分とする生成ガスによる内燃エンジンの運転可能性を調べた。現時点では生成ガスの入手が難しいため、今回は表1の「ケース3」と「ケース4」の例を参考に成分調整したガス[H_2 :50%、 CO :20%]に、実験の都合上、 CO_2 に代えて N_2 （比熱比 κ は8%程高い）を30%添加して生成ガスの可燃成分割合と発熱量をおおまかに模擬したガス（低位発熱量：11.3MJ/Nm³、水素リッチガスと称す）を試験用のSIエンジン（4気筒、総排気量2.4L、圧縮比14:1）に供給し、燃焼・排出ガス基本特性について H_2 と比較した。

回転速度2500rpmで点火時期を適正化（MBT運転）した結果を図1に示す。水素リッチガスでは点火時期を H_2 よりやや早めに設定すれば空気過剰率 λ :1～3の幅広い運転範囲で H_2 運転時と同等の熱効率が得られる。また、 NO_x は λ :2以上の希薄燃焼運転領域で

表1 プラントと生成ガスの性状の一例

バイオマスエネルギー製造プラント		ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	(参考) 燃料電池自動車用 水素燃料規格(抜粋)
設置目的		発電実証	発電実証	熱供給、 水素製造	発電実証	—
原料		木質チップ	木屑	木質チップ	木質チップ	化石燃料、 副生ガス、 バイオマスなど
含水率	wt%	15以下	13.3以下	10以下	50以下	—
原料処理量 (設計値または実証値)	kg/時 トン/日	200 3	255 —	35.3 0.48～0.72	60 1	—
ガス化炉形式		ダウンドラフト	外熱式多筒型 キルン	浮遊外熱式	熱媒体加熱改質	—
生成ガス成分(平均値)						
H ₂	Vol%	11.0	30.1	33	45	99.97%
CO	Vol%	23.9	26.0	25	11	0.2 ppm
CH ₄	Vol%	3.4	2.5	7	7	全炭化水素 2 ppm
CO ₂	Vol%	—	17.9	17	24	2 ppm
N ₂	Vol%	—	17.9	—	—	100 ppm
H ₂ O	Vol%	—	—	—	—	5 ppm
その他	Vol%	—	5.6	—	13	—
生成ガス発熱量(低位)	MJ／Nm ³	6.2	7.5	11.6	11	(10.8)
生成ガス発生量	Nm ³ ／kg	—	—	0.66	1.4	—
備考		—	—	—	—	ISO14687-2、 2012年、GradeD

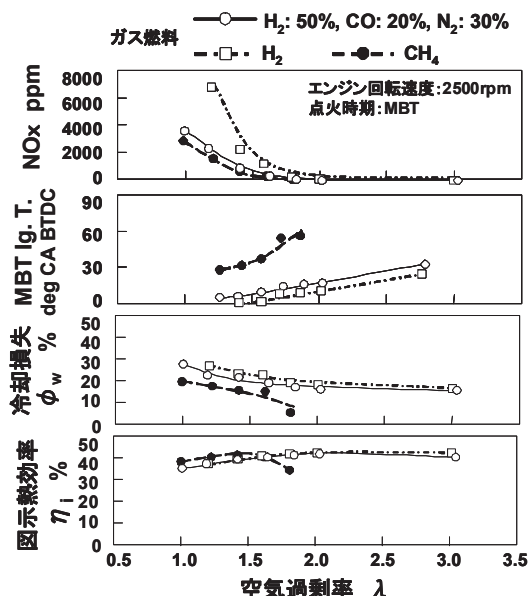


図1 各ガス燃料の燃焼・排出ガスの基本特性

はH₂と同じほぼゼロ、λ:2以下ではH₂の50%程度まで低減する水素リッチガスの特性が示された。参考として高純度CH₄の試験結果も示したが、λ:1.7近傍で熱効率が悪化した。

3. 3. 生成ガスを燃料とするトラックの運用条件

既存のH₂内燃エンジン搭載ハイブリッドトラック(2トン積)を、登別市及び室蘭市内で食料品の宅配便(1日あたり21~33ヶ所に配送)として公道走行試験を実施した時のデータ²⁾から走行燃費を算出し、それをもとに生成ガスを模擬した水素リッチガスを同トラックに適用した場合の運用条件を検討した。

3. 3. 1. 航続距離

3.2.節の結果から水素リッチガスの熱効率はH₂と同等とし航続距離(残量が5%時点の走行距離と定義)を算出した。結果は図2に示すように80~120kmと試算され、上記のトラックの1日の走行距離の最大値

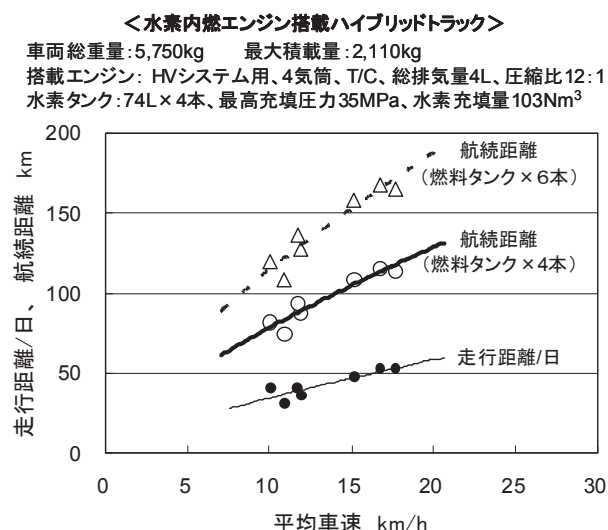


図2 生成ガス適用時の航続距離の試算結果

53km²⁾を十分にカバーできる。燃料タンクを4本から6本に増やした場合(燃費低下を3%と仮定)は120~170kmまで延長できる。

3. 3. 2. 充填頻度と充填台数

表2に充填頻度の試算結果を示す。現状では2日に1回充填する必要がある。燃料タンクが6本の場合は3日に1回で済む。また、表1のプラント「ケース4」では原料1トン/日から生成ガスが1,400Nm³製造でき、1日にトラック14台に充填できると試算された。

表2 宅配用トラックの充填頻度と充填台数の試算例

水素内燃エンジン 搭載ハイブリッド トラック(2トン積み) ²⁾		本	合成ガス 充 填 量 (タンク残 量5%時)	走行試験データ ²⁾ (最大値)		一充填で 走行可能 な日数(最 大値)	プラント 生成ガス 発生量 (原料ト ンあたり)	充填可能 なトラック 台数 (最大値)
				走行 距離	燃料 消費量			
				Nm ³	km/日			
燃料タンク 搭載数	既存	4	98	53.0	45.0	2.2	1,400	14.3
	増加	6	147			3.3		9.5

4. まとめ

木質系バイオマスの熱分解・ガス化により製造される(高純度化工程を削減した)生成ガスの性状と発熱量をおおまかに模擬した水素リッチガスを既存のH₂内燃エンジン搭載ハイブリッドトラック(2トン積)に適用した場合の運用条件について検討した。

- (1) 航続距離は120km、燃料充填は2日に1回と試算され、都市内の宅配用トラックとして運用するには十分といえる。
- (2) 木質系バイオマスの処理量が1トン/日規模のプラントの場合、1日あたり14台に充填できる。

なお、一般的にプラント規模を拡大すればガス化効率が向上しそれに伴う充填台数の増加が期待できる。

今後の検討課題は、ガス化工程におけるタールや微量成分等の調査、生成ガス中のCOの水素化等である。

参考文献

- 1) 山本敏朗他4名、バイオ水素製造過程の生成ガスを燃料とする水素内燃エンジン搭載ハイブリッドトラックの検討、平成25年度交通安全環境研究所「フォーラム2013」講演概要集、pp.115-116(2013.12.5)
- 2) 東京都市大学・室蘭工業大学、遠隔に立地する大学の教育・研究活動の連携—水素エネルギー研究協力を契機に—、平成22年度戦略的大学連携支援事業活動報告書、pp.46-49、pp.179-183、pp.269-270(アクセス日2014.8.5)、<http://www.tnrenkei.jp/report/22/index.html#page=1>
- 3) 例えば、NEDO、バイオマスエネルギー導入ガイドブック(第3版)、pp.35-38、p.65、p.73、pp.90-91、pp.132-146(アクセス日2014.8.7)、<http://www.nedo.go.jp/content/100079692.pdf>