

⑥カーボンニュートラル燃料の内燃機関搭載車への利用

環境研究部

※川原田 光典

1. はじめに

日本の最終エネルギー消費の約 20%を占める運輸部門の内、9 割近くを自動車が占めており、その大半はガソリンや軽油といった液体燃料利用によるものである。ゆえにカーボンニュートラル社会の実現には、自動車の省エネルギー化や燃料・エネルギーの脱炭素化が不可欠である。その 1 つとして自動車の電動化が進められており、新車販売台数に占める電動車の割合や販売台数自体について目標が設定されている。この中には電気自動車や燃料電池自動車だけでなく、内燃機関を搭載するハイブリッド車も含まれており、将来の自動車用パワートレインの選択肢の 1 つとして位置づけられている。

また既存の内燃機関搭載車においてもカーボンニュートラルに寄与することは可能である。その 1 つは大気中の CO₂ および再生可能エネルギーで生産された水素を原料として合成する液体燃料である e-fuel を利用することである。しかし e-fuel はまだ研究開発段階にあり大量生産には時間がかかる。そのほかには、植物油や廃食油などを利用するバイオ燃料が考えられる。バイオ燃料中の炭素は植物等原料の成長時に吸収した炭素であることから、燃焼時に大気放出される CO₂ は実質的にゼロである。

本稿ではこれらの燃料について、カーボンニュートラル燃料と呼称するための要件や、燃料使用時の車両影響の評価などに関する交通安全環境研究所の取り組みを紹介する。

2. カーボンニュートラル燃料

カーボンニュートラル燃料の定義として制度上確定したものではなく、どのような燃料をカーボンニュートラル燃料と呼称できるか検討する。図 1 に自動車を中心とする CO₂ 排出の概念図を示す。原油からのガソリンや軽油などの化石燃料の製造、また e-fuel やバイオ燃料の製造の際、製造工程でのエネルギー消費により CO₂ が大気中に排出される (A1、A2)。このとき

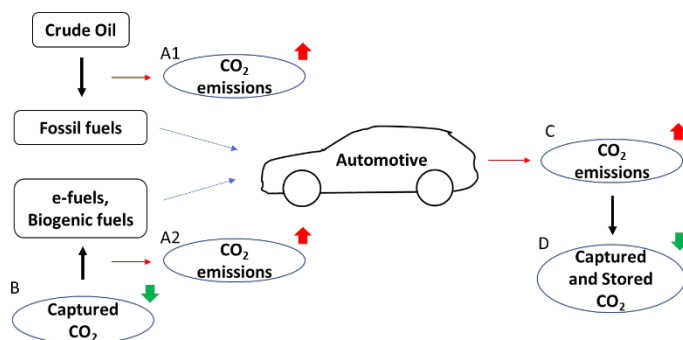


図 1 CO₂ 排出の概念図

再生可能エネルギー由来の電力を用いると A1 や A2 は限りなく小さくなる。e-fuel は大気中の CO₂ を回収 (B) して炭素源とする。バイオ燃料の場合、植物等の成長に伴って大気中の CO₂ を吸収 (B) する。任意の混合比の化石燃料と e-fuel やバイオ燃料の混合燃料を車両で使用すると CO₂ が排出される (C)。この一部を森林・海洋吸収や再生可能エネルギー由来の電力を用いる装置などにより回収および貯留する (D) ものとする。化石燃料と e-fuel を混合して用いる場合、排出分の A1+A2+C と回収分の B+D が同量になれば、CO₂ 排出は実質ゼロとなる。ライフサイクルで考える場合、さらに燃料の輸送や貯蔵、供給などで発生した CO₂ も考慮する必要がある、それらと同量を D に含めてようやく本当の意味でのカーボンニュートラルといえる。

この定義は最も厳格なものであり、実際には部分的な排出が認められている。欧州においてはカーボンニュートラル燃料に相当する燃料として、バイオ燃料は Hydrotreated vegetable oil (HVO) があり、欧州規格である EN15940 :2023 – Automotive fuels – Paraffinic diesel fuel from synthesis or hydrotreatment – Requirements and test methods に記載がある。すでに市場導入が進んでおり、スタンドにて購入が可能である。HVO の代表的なものとして NESTE 社のものがある。CO₂ 含めた温室効果ガス (Greenhouse gas : GHG) のライフサイクルでの削減

率は化石燃料比で約 75%であり、残りの GHG 排出は製造や輸送、設備保守等によるものである。また、HVO は食料との競合があることから、競合しない別の燃料として Renewable Energy DirectiveⅢに記載されている Renewable Fuels of Non-Biological Origin (RFNBO) がある。e-fuel がこれに該当し、輸送部門においては 2030 年に最低 1%の使用が義務づけられている。なお RFNBO と認定されるにはライフサイクルで化石燃料比 70%以上の GHG 削減が必要である。

一方、米国では Renewable Fuel Standard により燃料が定義されている。原料や製造方法により D3~7 まで 5 つのカテゴリがあり、最も削減率の低いトウモロコシ等由来のバイオエタノール (D6) でライフサイクルでの化石燃料比 20%以上の GHG 削減、HVO (D4) では 50%以上の削減が求められる。ワシントン州シアトル郊外の BP 社の製油所では、石油製品のアップグレード工程にバイオマス由来の原料を投入して共処理することにより GHG 排出を低減したバイオディーゼル燃料を生産している。このような共処理によって生産される燃料 (D5) は、GHG 削減率 50%以上で再生可能燃料と認定されるところ、GHG 排出 70%削減を達成している。

これらのことから、ライフサイクルでの GHG 排出が化石燃料比でおおむね 70%以上削減できる燃料をカーボンニュートラル燃料としてよいものとする。

3. 車両影響

排気量 3L の直列 4 気筒ディーゼルエンジンを搭載する小型トラックにて各種燃料を用いた排出ガス試験を実施した。走行したモードは Worldwide

Harmonized Vehicle Cycle (WHVC)であり、試験時間は 1800 秒である。なお、速度追従型の自動運転アクチュエータを用いて試験を行ったため、試験ごとの速度のばらつきはほぼない。燃料として性状の異なる HVO2 種、e-fuel はまとまった量の入手が困難であることから同様の合成プロセスで製造される Gas To Liquid (GTL) 燃料、脂肪酸メチルエステル (FAME) を軽油に 7%混合した欧州の B7 燃料、HVO を 51%軽油に混合した HVO51 燃料、基準となる JIS2 号軽油を用いて試験を行った。

図 2 にテールパイプ出口における成分濃度に排気流量を乗ずることで得られた単位時間当たりの CO₂ および NO_x 排出量の時間変化を示す。急加速を伴う 100 秒付近と 650 秒付近にて燃料による多少の差がみられるものの、それ以外ではほぼ一致した。これは入手した燃料が軽油の規格に近いものであること、燃焼による差異があったとしても排出ガス後処理システムの制御で対応できる範囲内であったことが考えられる。後処理システムへの負荷は燃料によって異なるものと考えられ、今後は後処理システムの耐久劣化についても検討していく必要がある。

4. まとめ

カーボンニュートラル燃料の要件やそれらを用いた車両影響試験の結果を紹介した。今回の試験で用いた燃料の範囲では、テールパイプでの排出ガスはおおむね同等であった。これは燃焼によって生じる排出ガスの差異を後処理システムの制御で吸収しているものと考えられ、今後は燃料種を増やしつつ後処理システムの耐久劣化についても検討していく。

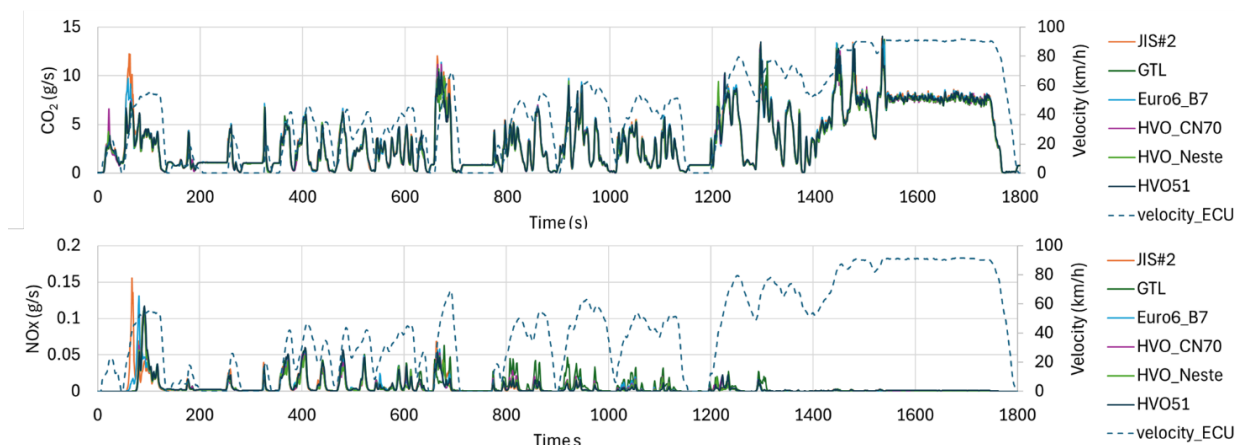


図 2 単位時間あたりの CO₂ および NO_x 排出量