

①内燃機関搭載車のカーボンニュートラル化にむけた代替燃料の検討

環境研究部

※川原田 光典

1. はじめに

カーボンニュートラル社会の実現にむけ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について目標が設定されている。一方で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 CO_2 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ことから、導入初期には化石燃料やバイオ燃料などと混合して使用することが考えられる。本稿ではカーボンニュートラルの要件や代替燃料使用時の車両影響に関する交通研の取組みの一部を紹介する。

2. カーボンニュートラルの要件

図1に自動車を中心とする CO_2 排出の概念図を示す。原油からガソリンや軽油などの化石燃料を製造すると、製造工程で CO_2 が大気中に排出される (A)。e-fuel は大気中の CO_2 を回収 (B) して炭素源とし、再生可能エネルギー由来の電力を用いるため製造時に CO_2 は排出されない。任意の混合比の化石燃料と e-fuel の混合燃料を車両で使用すると CO_2 が排出される (C)。これを森林・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 A+C と回収分の B+D が同量になれば、カーボンニュートラルといえる。

排出分のうち A については、製造に要するエネルギーを再生可能エネルギーに転換することなどにより削減が可能である。しかし C は使用した燃料量に応じて排出されるため、燃費向上による削減は見込めるものの、極端な削減は見込めない。ここで e-fuel の主成分はガソリンもしくは軽油相当の炭素数の直鎖炭化水素であることから、芳香族を含まないことや炭素数分布の違いなど異なる点はあるものの、いずれも同等の燃料として考える。化石燃料と e-fuel の混合比を仮に 50:50 とした場合、排出される CO_2 には同等の比率で化石燃料由来および e-fuel 由来のものが含まれる。このうち e-fuel 分については B と同量であるため、A を極力削減したとしても、C に含まれる化石燃料の混合比分の CO_2 については回収 (D) しなければカーボンニュートラルにはならない。

なお、回収した CO_2 を合成燃料の炭素源として活用することも検討されている。この合成燃料は、カーボンリサイクル (CR) 燃料と呼ばれ、大気中から回収した CO_2 を炭素源とする狭義の e-fuel とは異なるものの、いずれも CO_2 を炭素源とするため製造プロセスや燃料性状は同等である。排出ガスから回収された CO_2 のみを炭素源とする場合、e-fuel の製造時に大気中から回収する CO_2 が無い (B=0) ため、大気中の CO_2 を増加させないためには $A+C=D$ となるだけの回収が必要である。なお CR 燃料については排出 (+回収) 者と CR 燃料の利用者のどちらの排出とすべきか議論が進められている。例えば CR 燃料である合成メタンを用いた際の排出に

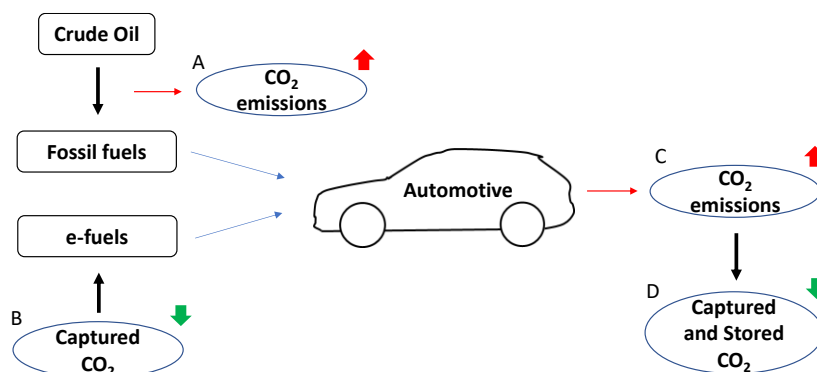


図1 内燃機関搭載車の CO_2 排出の概念図

については、排出者と利用者のどちらか一方の排出とする案や按分する案の他、どちらもゼロとする案についても検討が行われている¹⁾。

次にバイオ燃料（植物由来）を用いる場合を考える。バイオ燃料は製造時に排出（A）があるものの、燃焼時の排出ガスに含まれる CO_2 は植物の成長によって大気中から固定された CO_2 である。このため、e-fuel とバイオ燃料を用いる場合、燃料由来の CO_2 は元の大気中に戻るだけであり総量は増加しない。これらのことから、大気中の炭素分を増加させない方法としては、供給量の制約はあるものの e-fuel とバイオ燃料に切り替えを進め、化石燃料の使用量を削減していくことが考えられる。

3. 噴射試験

前章では CO_2 の回収を含めカーボンニュートラルにむけた燃料の要件などについて説明したが、同時に実車両への影響も検討しなければならない。そこで本章では、代替燃料を使用した際の車両への影響を確認すべく、実機のインジェクタを用いて噴射試験を実施した。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 GTL（Gas To Liquid）燃料を用いた。バイオ燃料としては植物油を水素化処理して製造する HVO（Hydrotreated Vegetable Oil）を用いた。まずは化学分析により違いを把握した。図2に GTL、HVO と比較対象の軽油（JIS #2）に含まれる直鎖飽和炭化水素の炭素数分布を示す。軽油が広い範囲でピークを持ち、多少狭まるものの GTL も広い範囲でピークを持つ。HVO は分布の範囲が狭いうえ、ピークが判別しづらい。これは直鎖飽和炭化水素以外にも多く含まれることを示す。軽油相当の GTL、HVO を選択したものの、このように燃料性状には差がある。続いて噴射試験を実施した結果を図3に示す。噴射圧は実機で用いる最高圧付近の 200MPa に設定した。噴射信号印加後 0.8ms（左）と 0.85ms（右）の画像を示す。なお図中の(a)から(c)は図2と同じである。(c)の軽油は他の燃料と比べてわずかに噴射の始まりが遅れているものの、それ以外には全体として極端な差は見られなかった。今後は、性状表だけで実機で使用可能か判断できることを1つの目標に、燃料種を増やしつつ車両や排出ガスへの影響について調査を続けていく。

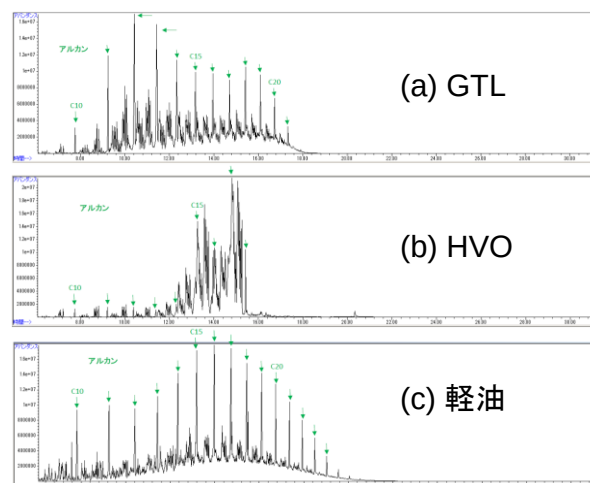


図2 直鎖飽和炭化水素の炭素数分布

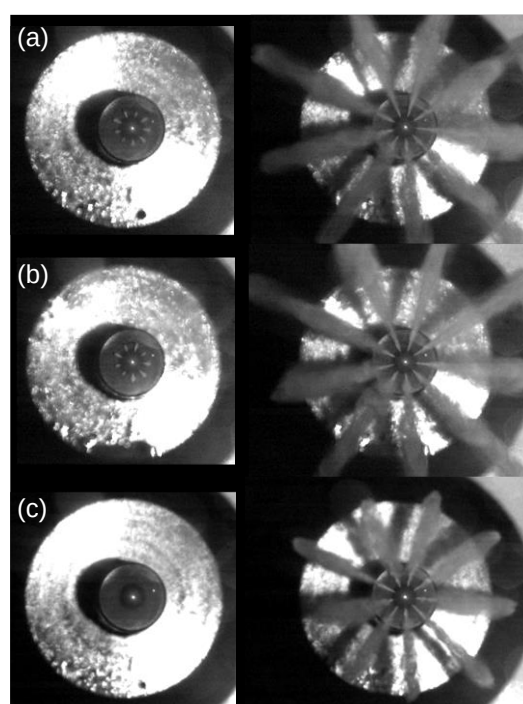


図3 噴射試験： $T=0.8\text{ms}$ （左）、 0.85ms （右）

4. まとめ

カーボンニュートラルの要件や代替燃料、それらに関する交通研の取組みの一部を紹介した。今回の実験の結果、燃料性状には差があるものの、燃料噴射には極端な差は見られなかった。今後は、性状表だけで実機で使用可能か判断できることを目標に、燃料種を増やしつつ車両や排出ガスへの影響について調査を続けていく。

参考文献

- 1) “CO2 カウンترلールの検討に係る論点”，資源エネルギー庁，(2023)