

温室効果ガス排出を抑制したトンネル施工の工夫について

戸田建設(株) 正会員 ○杉谷 悠行
 ニシオティアーアンドエム(株) 西尾 英一
 戸田建設(株) 正会員 生島 直輝
 戸田建設(株) 正会員 三上 英明

1. 概要

山岳トンネル工事は、重機稼働による温室効果ガス排出に加え、トンネル坑内の換気設備や照明設備に用いる電力など、他の工種よりも排出される温室効果ガスが多い。最新技術を駆使し長期耐久性を向上させるトンネル施工を行うと同時に、次世代の地球環境を守るため省エネルギーで環境にやさしい施工も求められている。本稿ではトンネル工事現場から排出される温室効果ガスを抑制する工夫の一例として、軽油の代替燃料である「BDF100」導入の取組みについて報告する。

表-1 工事概要

工事名	宇治田原トンネル東工事
施工者	戸田建設株式会社 大阪支店
工事場所	京都府綴喜郡宇治田原町禅定寺～荒木
工期	2018年5月～2022年11月
工事内容	掘削断面積149㎡(D I)(内空断面積124㎡)
	トンネル掘削 上り線1162m・下り線932m
	盛土工 322,000㎡・橋台 2基

2. BDF100 について

2-1. BDF100 の特徴について

BDF100(Bio Diesel Fuel)とは使用済みの天ぷら油を回収し、軽油と同等に精製した植物由来 100%の再生燃料である。植物は成長する過程で光合成によって大気中の CO₂ を吸収する。燃焼すると CO₂ を排出し、光合成の過程で再び吸収する。BDF100 は、一度天ぷら油として家庭や工場に使われた廃油を集め、燃料として再生処理したものである。燃料としては、2度の使用に対し CO₂ 発生は1回であり環境にやさしい。カーボンニュートラルの観点からは、CO₂ 排出量は正味ゼロで温室効果ガスの総量は増加しない。使用におけるメリットは、①化石燃料を消費しないため CO₂ 排出が無い、②軽油と同等の扱いで簡単である、③軽油に含まれる硫黄分がない、④ディーゼルエンジンをそのまま使える、⑤植物由来であるため、万が一流出したとしても生分解性を有しており安全である。デメリットは、①水と結合しやすく劣化が早い、②冬期間では軽油より始動性が劣る、③天然ゴムに浸潤しやすく、ゴムホースの劣化を早める、④燃焼した際に「揚げ物臭」が発生することである。

2-2. 導入前の事前試験について

本工事では、温室効果ガス排出を抑制するため年間で CO₂ 排出量を 50%以上削減する目標を立てた。試算の結果、トンネル主要機械であるズリ出し用の 5.0 m³級タイヤショベル、30t 級重ダンプ×5 台、トラックミキサー車×3 台、8t 支保工台車に適用することとした。しかし、一般的に BDF100 を使用することでエンジンが壊れる、排気浄化装置(DPF)が閉塞する、「揚げ物臭」が強くトンネル坑内での使用は不向きだと言われてきた。導入によって機械トラブルが頻繁に発生すると適用の是非が問われる。



写真-1 燃焼実験の様子

これらを検証するため事前に試験を行い、性能を確認することとした。試験では、排ガス成分や燃焼温度など多岐にわたり行った。試験結果から、排ガス中にアクロレインが微量に含まれることが分かった。この物質は「揚げ物臭」の原因となる物質で坑内環境が悪化するため、坑内で使用できないことを示している。メーカー技術と検討を行った結果、燃料が水分と結合することで燃焼効率が低下したものと推定した。燃焼効率を

キーワード 温室効果ガス抑制, BDF, カーボンニュートラル, 排ガス成分, エンジンオイル

連絡先 〒550-0005 大阪府大阪市西区西本町 1-13-47 戸田建設(株)大阪支店 TEL06-6531-6095

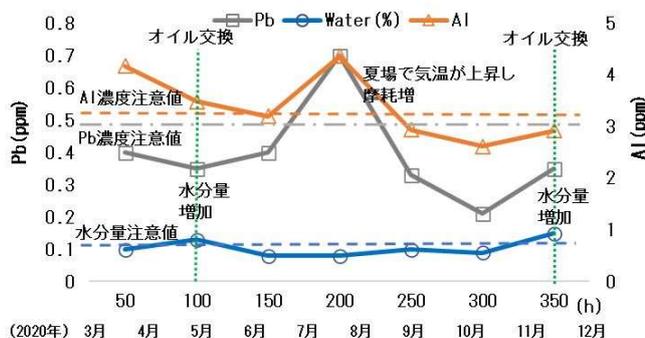
高めるべく、①ピストンリングのシーリングなどを向上させるためオイル添加剤を入れる、②燃料中の水分を除去するため水抜き剤を入れる、③燃料自体を改善するため燃料改質剤を添加することとし、試験を行った。燃料改質剤を添加することで、排ガス温度は83°Cから99°Cに上昇した。軽油の101°Cには及ばないもののほぼ同等と言える。排ガス成分では、アクロレインは発生せず、その他のデータについても著しく改善された(表-2)。DPFについては、軽油を使用する時と比べ変化が見られなかったため、実稼働の有負荷状態で確認していくこととした。

表-2 排ガス成分の測定状況

排ガス成分	BDF100	燃料改質剤 添加後	削減率	軽油(参考)
CO ₂ (ppm)	29,384	22,287	▲24%	28,176
CO(ppm)	208	68	▲67%	153
NOx(ppm)	527	405	▲23%	432
アクロレイン(ppm)	15	0	▲100%	0
排ガス温度(°C)	83	99	△19%	101

2-3. 実稼働における確認

2007年1月に開催されたパリ・ダカールラリーにてBDF100燃料を用いた車両で完走を果たした。レースでは、軽油を使用した車両と比べエンジンオイルの交換頻度を高めたという情報を得た。これまでの試験結果を踏まえBDF100を使用することで、何らかの原因でオイル上がりを生じ、エンジンオイルの粘性が低下すると推測した。毎日のオイル量の点検に加え、原因をおさえるべく使用したエンジンオイルの成分分析試験で検証していくこととした。エンジンの部品はパーツごとに使用される金属が異なる。摩耗や破損するとエンジンオイルに取り込まれるため、エンジンを分解せずに影響を与える箇所を推定できると考えた。成分分析試験の結果を以下に示す(図-1)、(表-3)。AlやPb成分の濃度上昇が見られることから、ピストンリングやカムシャフトなどが影響を受けていると考えられる。稼働250hでエンジンオイルの水分量が上昇し始めることから、性能低下をしていると判断し、交換サイクルと定めた。軽油使用時は一般的に500h程度であり、BDF100燃料に際して約2倍の頻度である。今後、成分試験から金属濃度の傾向に注目し、他のエンジンパーツへ影響が出ないかなど、BDF100使用によるオイルとエンジンへの影響をさらに調査する予定である。



(コマツ HD285:30t 級重ダンプ)

図-1 エンジンオイルの金属濃度と水分量の推移

表-3 エンジン部品の主な金属の関係

エンジン部品	Fe	Cu	Cr	Al	Si	Pb	Na	...
シリンダライナ	○		○					
ピストンリング	○		○	●				
アルミピストン	○		○	●				
メインメタル	○	○	○			●		
カムシャフト	○	○	○	●	○	●		
ガスケット		○					○	

○ : 注意値以下

● : 注意値を検出

5. おわりに

本稿でBDF100について報告している他に、CO₂排出量削減として液化天然ガスを原料とするGTL(Gas to liquid)の使用、国際ビジネスイニシアティブのRE100に基づき、非化石燃料で発電された電力のトンネルへの使用も併用している。無対策ではCO₂排出予測量が66(t-CO₂/億円)であったが、以上の取組みの結果、23.88(t-CO₂/億円)と削減率は64%で、目標であった削減率50%を大きく下回った。山岳トンネル工事では他の工種に比べ排出する温室効果ガスは多い。しかし、その分多くの温室効果ガスを削減するための工夫の余地があると言える。今後、山岳トンネル工事で発生する温室効果ガスの排出を抑制するだけでなくゼロとするため、さらに取組みを工夫していく。