

バイオディーゼル燃料 100% (B100) の工事車両への適用

建設工事における CO₂ 排出量削減活動

カーボンゼロモデル

一 柳 成 幸・東 間 敬 造・林 ま ゆ

建設工事において最も多く使用するエネルギーである軽油代替燃料として、バイオディーゼル燃料 100% を工事車両に適用する為、その製造・品質管理方法を確立し、実際の建設工事においてその適用性を検証した。また建設工事における環境活動の一つの形として、バイオディーゼル燃料 100% の適用による CO₂ 排出量削減を含む工事における取り組みと、オフセットクレジットの組み合わせにより、建設工事における CO₂ 排出量をゼロとする「カーボンゼロモデル」を示し、これを実現した。

キーワード：CO₂ 排出量削減、バイオディーゼル燃料 100% (B100)、カーボンニュートラル、オフセットクレジット、カーボンゼロモデル

1. はじめに

近年、地球温暖化防止に対する二酸化炭素（以下 CO₂ と表記する）排出削減の取り組みは、国レベルから企業や個人レベルに至るまで広く行われるようになってきている。不動産・建設業においても、これらのニーズに対応すべく多くの環境配慮型の建物が建設され、建設業各社はその施工プロセスにおいても積極的な CO₂ 排出量削減に取り組んでいる。

図-1 に建設工事におけるエネルギー別使用比率¹⁾を示す。建設工事中に使用されるエネルギーの約 7 割（重機、トラック、ダンプの使用軽油量の合算値）は軽油が占めている。よってこの軽油を CO₂ 削減効果のある燃料に代替することは、建設工事における CO₂ 排出量削減活動において、最も効果的な取り組みと言える。そこで今回は工事現場における軽油代替燃料としてバイオディーゼル燃料の適用を検討することとした。バイオディーゼル燃料は植物由来の廃食油などが

原料であり、植物は成長過程において CO₂ を吸収することから、大気中の CO₂ 総量は増えないというカーボンニュートラルな材料である。つまり軽油の場合、2.62 kg-CO₂/L（軽油の CO₂ 排出原単位）の CO₂ 排出量になるのに対し、バイオディーゼル燃料 100%（以下、B100 とする。）を使用した場合、CO₂ 排出量を 0.00 kg-CO₂/L（BDF の CO₂ 排出原単位）にすることが可能である²⁾。その為、京都市をはじめとする自治体でも、ごみ収集車や市バスの燃料として廃食油を精製した B100 を活用する例が増えている³⁾。また、全国油脂事業協同組合連合会が推計した平成 24 年度版の廃食油発生量と有効利用量の資料によれば、全国の廃食油の発生量は事業系、一般家庭を合わせて年間 42～46 万 t である。そのうち利用されずに廃棄されている量は 15～18 万 t とされており⁴⁾、これらを B100 として再生することは資源循環の観点からも大変有効な取り組みと言える。

ところが過去の適用事例において、廃食油の精製が十分でないケースや、保管状態に起因する燃料の劣化等がトラブル事例として報告されており、原料中の酸化劣化や異物が燃料の製造や品質に影響を与えることが指摘されている。B100 を工事車両に安全かつ安定的に適用する為には、製造方法や品質管理手法の確立及びディーゼル機器の燃焼や排ガス特性への影響を検証することが不可欠である。今回はこれらの製造と燃料品質についての技術的検証と、B100 適用車両を実際の大規模建設工事に導入し、実務レベルでの適用性と環境負荷についての確認を行った。

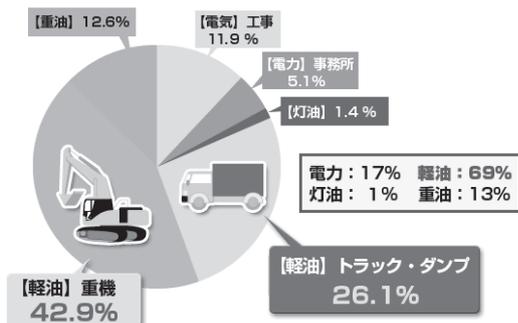


図-1 建設工事におけるエネルギー別使用比率¹⁾

写真—1にB100適用車両を導入した飯田橋駅西口地区第一種市街地再開発事業／業務・商業棟および住宅棟新築工事の完成写真を示す。本工事ではB100を適用してCO₂排出量を削減するだけでなく、建設工事のCO₂排出量をトータルでゼロにするという考えの下、オフセットクレジットを活用した「カーボンゼロモデル」の実現を目指した。

表—1に「カーボンゼロモデル」の計画値を示す。本工事において発生するCO₂排出量は1990年原単位で約10,400 t-CO₂と試算された。これに対し実際の工事におけるCO₂排出量をB100車両の導入効果を含めて1990年比で約半分(カーボンハーフ)を目標とし、残りの半分はオフセットクレジットを活用してカーボンゼロを達成する計画とした。



写真—1 B100適用車両導入工事の完成写真

表—1 カーボンゼロモデルの計画内訳

	削減内容	CO ₂ 削減量 (t-CO ₂)
1	1990年原単位によるCO ₂ 排出量	10,400 t
2	工事による削減量 (B100の適用その他)	▲ 5,200 t
3	オフセット・クレジット購入 (B100, グリーン電力)	▲ 5,200 t
	合計	0 t

2. B100の製造と品質管理

(1) バイオディーゼル燃料の品質規格

バイオディーゼル燃料の品質規格は、軽油への混合を前提として2006年に(社)自動車技術会によって任意規格として「JASO規格」JASO-M360 (FAME)が定められた。また、2008年に混合軽油の一般車への流通を念頭に、「揮発油等の品質の確保等に関する法律」(以下、品確法と表記する)の軽油強制規格が改正された。その後JASO規格を元に「JIS規格」JIS

K 2390が策定されるとともに、バイオディーゼル燃料を混合するものに対し、品質確認義務を課し不適切な混合の未然防止や義務違反の再発防止などの規制の実効性を担保するため、登録制の仕組みが設けられるなど改正も行われた。しかしながら、これらの規格はバイオディーゼル燃料の混合軽油の一般車への利用を規定したものであり、B100を車両等の燃料として利用するには車両等のトラブル等を起こすリスクが高くなることを十分に理解した上で、自己責任において利用することとされている。尚、B100の利用のための基準としては、全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会が定めた「協議会暫定規格」(以下、協議会規格と表記する)が定められている⁵⁾。

一方、東京都、埼玉県、千葉県、神奈川県における一都三県の環境確保条例には、不正軽油の取り締まりに関連する燃料の規制があり、「10%残油の残留炭素分が0.1質量%以下」のものを使用することが義務付けられている。例えば、東京都環境確保条例第57条、規則第21条に規定した燃料の性状はJIS規格(JIS K 2390)が定めた「10%残油の残留炭素分が0.3質量%以下」よりも厳しい規制といえる。

(2) B100の製造・品質管理

B100製造工場の写真を写真—2, 3に示す。



写真—2 製造工場全景



写真—3 蒸留装置

今回製造する B100 は使用済みの廃食油を原料とするもので、原料油が異なることから、製造時の品質管理が大変重要となる。よって製造する B100 が、JIS 規格、協議会規格、一都三県の環境確保条例の燃料規制値を全てクリアする品質を確保するため、アルカリ触媒法と蒸留法にて製造・精製する体制を確立した。アルカリ触媒法は現在最も汎用性のある製造方法であり、EU 諸国や米国で標準的に利用されている。

この方法にて製造した燃料の成分分析結果を表一 2 に示す。製造燃料の品質管理では、まず原料の廃食油の品質管理として定期的に酸化値を分析し、自社基準をクリアした原料を用いて B100 の製造を行うと共に、製造後の B100 に対して協議会規格 26 項目の公定成分分析を 4 回/年程度実施するという品質管理体制とした。また、協議会モニタリング規格は、水分、

表一 2 B100 分析結果と JIS 規格の比較

項目	単位	製造燃料*	JIS 規格**
酸値	mgKOH/g	0.18	0.5 以下
硫酸灰分	質量%	0.005 未満	0.02 以下
目詰まり点	℃	-5	当事者間合意
引火点	℃	172.5	120 以上
流動点	℃	-10	当事者間合意
硫黄分	質量%	0.0005 未満	10 以下
密度	g/cm ³	0.8816	0.86-0.90
動粘度	mm ² /s	4.218	3.5-5.0
セタン価	-	52.0	51 以上
固形不純物	mg/kg	11	24 以下
ヨウ素価	gl/100g	110.7	120 以下
脂肪酸メチルエステル	質量%	99.2	96.5 以上
リノレン酸メチルエステル	質量%	6.8	12.0 以下
リン	mg/kg	1 未満	10 以下
酸化安定度	時間	1.6	当事者間合意
銅板腐食	-	1	1 以下
モノグリセライド	質量%	0.17	0.8 以下
ジグリセライド	質量%	0.00	0.20 以下
トリグリセライド	質量%	0.00	0.20 以下
遊離グリセリン	質量%	0.00	0.02 以下
全グリセリン	質量%	0.04	0.25 以下
10%残油の残留炭素	質量%	0.03	0.3 以下
金属 [Na]	mg/kg	1.0 未満	5 以下
金属 [K]	mg/kg	1.0 未満	5 以下
金属 [Ca]	mg/kg	1.0 未満	5 以下
金属 [Mg]	mg/kg	1.0 未満	5 以下
メタノール	質量%	0.00	0.20 以下
水分	ppm	227	500 以下

* 製造元 (株)アドバン本社プラント LOT No.230518B

** JIS K 2390

動粘度、メタノール、遊離グリセリン、トリグリセリンの 5 項目が定められており、水分・動粘度に関しては、自主管理方法で製造ロットごとに日常管理を行った。残るメタノール、遊離グリセリン、トリグリセライドに関しては、2 ヶ月に 1 度以上の頻度で公定分析を実施した。これらの取組みにより、高品質で安定した B100 の供給が可能となった。

3. 工事車両 (10t ダンプ) への適用検証

2010 年に国土交通省からバイオディーゼル燃料に関する通達が出され、「高濃度バイオディーゼル燃料等の仕様による車両不具合等防止のためのガイドライン」が策定された。これは B100 利用による多くの車両不具合事例が報告されたことを受けての措置と考えられ、不具合防止のためには適切な燃料品質の確保、適切な点検整備が必要とされている。そこで今回は現場へ導入を予定している大型ディーゼル車 (10t ダンプ) を対象とした性能試験による適用性の検証と、点検整備に関する検討を行った。

(1) 排ガス規制値についての検証試験

B100 適用の検証試験として、大型ディーゼル車の排ガス規制値の測定試験方法に採用されているディーゼル 13 モード試験 (以下、D13 モードと表記する) を行った。本試験は公道走行に見合った単位時間及び単位仕事率当たりの粒子状物質の質量 (g/km) を測定、算出する方法である。排ガス分析は東京都環境科学研究所に依頼した (写真一 4)。使用車両 (10t ダンプ) は総排量 21,200 cc、車両総重量 10,070 kg、H17 適合車、八都県市指定粒子状物質減少装置装着済のもので、使用した燃料はアルカリ触媒法で製造した B100 (JIS 2390 規格に適合) を使用した。

表一 3 に D13 モード試験を行った結果を示す。全



写真一 4 D13 モード運転試験写真

表—3 D13モード試験の結果

	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NOx [g/kWh]	PM [g/kWh]
規制値*	3.46	1.47	4.22	0.35
測定値	1.72	0.382	3.599	0.129

※環境省の自動車 NOx・PM 法

項目が規制値以下となり、今回製造した B100 が 10 t ダンプの軽油代替燃料として適用可能であることが確認された。

(2) 実走行試験

10 t ダンプへの B100 適用性を検証することを目的として、(1) で使用した 10 t ダンプに同じ B100 を供し、3 ヶ月半の実走行試験を実施した。その際、稼働に対する簡易評価と環境負荷への影響を確認するため、軽油使用時と B100 使用時における簡易排ガス濃度分析を行った。簡易排ガス濃度分析は、走行状態にある車両に対して実施できないため、車両停止のエンジン回転数をパラメータとして行った。アイドリング状態 (750 rpm)、通常走行状態 (1,300 rpm)、過負荷運転状態 (2,300 rpm) にてエンジン回転数を一定に保持し簡易排ガス分析を行った。さらに、国土交通省の道路運送車両安全基準に定める告示の別紙 46 に準じ、無負荷急加速運転に規定するエンジン回転数における各種排ガスの濃度測定を合わせて行った。なお、PM (粒子状物質) の測定に関しては、ポンプ式の排気煙採取装置を用いてろ紙を通して排ガスを 0.33 L 吸引した後、汚染度を反射光にて測定する。ただ、この方法では汚染度が低く検出の下限値付近のため比較が困難であった。そこで、10 回の吸引を 1 枚のろ紙で吸引した結果を測定値とした。この方法では、ろ紙に捕捉される PM の濃度が高くなるため比較が可能となる。

測定は、軽油を燃料とした場合の運行時、「B100 へ燃料を入れ替えた直後」「B100 を使用してから 3 週間後」「B100 を使用してから 3 週間以上経過し、エレメントやエンジンオイル交換を実施した後」の各時期にて行った。簡易排ガス測定の結果より、排ガス濃度は軽油と同等もしくは、それ以下の値を 3 ヶ月半の間維持できることが確認された。その他の成分 (CO, SOx, CO₂) についても同様に軽油と比べ遜色ない結果となった。簡易排ガス濃度分析の結果により、当社内において簡易測定を用いた B100 利用における現場管理方法の適用性を確認することができた。なお、デジタルタコメーターによる計測の結果、

B100 を燃料とした期間の総走行距離は約 8,500 km であり、運行日は約 50 日であった。これらのデータを元に、実際の工事へ適用するにあたっての車両整備マニュアルを作成した。

4. 大規模建設工事への適用

一連の適用性試験を通じて得た知見等を元に、大規模建設工事の掘削土運搬車両 (10 t ダンプ) に適用することとした。適用に当たり 36 台の 10 t ダンプの燃料を軽油から B100 に入れ替えて稼働させることとした (写真—5)。



写真—5 B100 への燃料入れ替え状況

まず、燃料を軽油から B100 へ切替える前に、長期適用試験を元に策定した車両整備マニュアルに基づいた車両の整備点検を行い、できるだけ B100 の影響のみが観察できるようにした。また、4 台のモニタリング車両を選定し、「B100 切替え前 (軽油)」「切替え 1 ヶ月後」「切替え 3 ヶ月半後」に簡易排ガス濃度分析を行うことで、長期使用可における環境負荷の影響の把握を行った。モニタリング車両は 36 台の中で最も台数の多い車種を選定した。

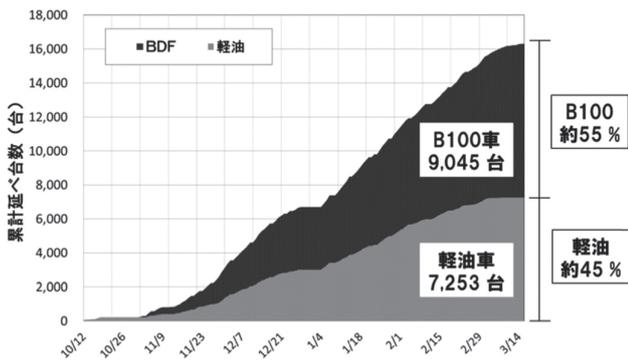
尚、建設工事の性質上 B100 適用車両 36 台を全て同一工事で稼働させることは難しいため、工事については現実的な対応として B100 適用車両と軽油車両の併用とし、掘削工事の発生土を運搬する 10 t ダンプのうち、延べ台数の半数以上を B100 適用車両とすることを最終的な目標として車両管理を行った。

工事中の B100 適用車両の稼働状況を写真—6、発生土運搬車両の稼働記録を図—2 に示す。延べ台数 16,298 台のうち、B100 適用車両は延べ 9,045 台 (55%) となり目標を達成することができた。また本工事において使用した B100 燃料数量は 201,780 L であった。

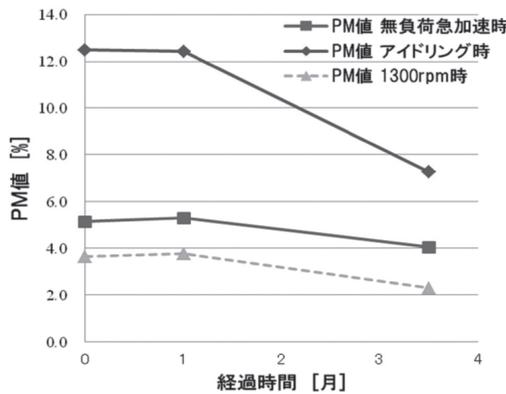
図—3, 4 に代表車の簡易排ガス濃度分析の結果を



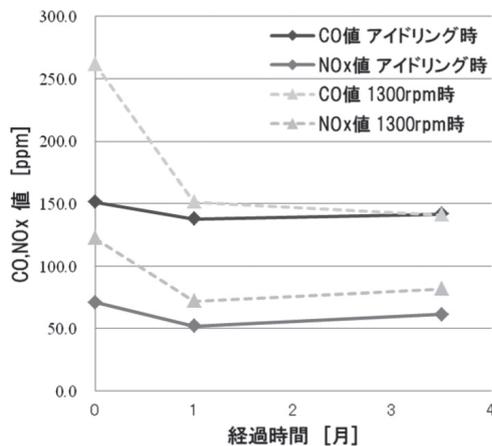
写真一六 B100 適用車両稼働状況



図一三 B100 適用車両稼働実績



図一四 PM 測定結果



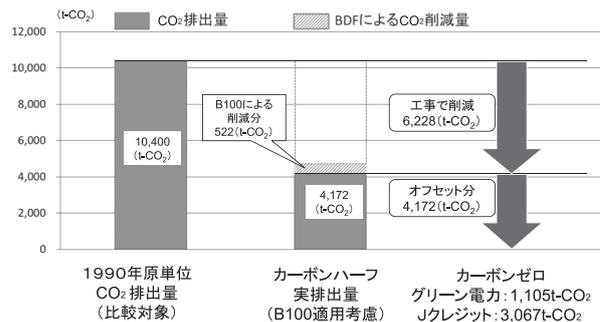
図一五 CO NO_x 測定結果

示す。PM, CO, NO_x とともに軽油使用時 (図一三, 四 図中の経過0の値) と比較して低い値となり, 他のモニタリング車両も同様の結果となった。これにより今回製造したB100は工事中のCO₂排出量の削減に加え, 大気汚染防止にも寄与できることが明らかとなった。

5. オフセットクレジットの活用による「カーボンゼロモデル」の実現

今回計画した「カーボンゼロモデル」は, B100の適用を中心とした工事中の環境活動で削減した実際の排出量を, オフセットクレジットによりトータルでゼロにする取り組みであるが, 今回は活用するオフセットクレジットについても, 「B100の製造とその活用によるCO₂排出量削減活動」をプロジェクトとしたJ-クレジット制度の認証を取得し, B100製造工場の発行するJ-クレジットとグリーン電力の購入により, 必要なオフセット量を確保することとした。

図一五に本工事における「カーボンゼロモデル」達成の内訳を示す。B100の適用によるCO₂排出量削減量は522 (t-CO₂) となり, これを考慮すると工事における実際のCO₂排出量を計画通り1990年比で半分以下の4,172 (t-CO₂) とすることができた。CO₂排出量は工事における実際のエネルギー使用量を集計し, 環境省公表の排出量原単位を用いて算出した。この4,172



図一六 カーボンゼロモデル達成の内訳

(t-CO₂) を J-クレジットとグリーン電力購入によりオフセットすることにより「カーボンゼロモデル」を達成することができた。

尚、B100 製造時に発生する副産物である廃グリセリンは、本工事で使用するアスファルト混合物製造工場の重油代替燃料としての有効利用を図るといふ、B100 を中心とした総合的な環境活動の流れを作り上げることができたのも大きな成果と考えている (図-6)。

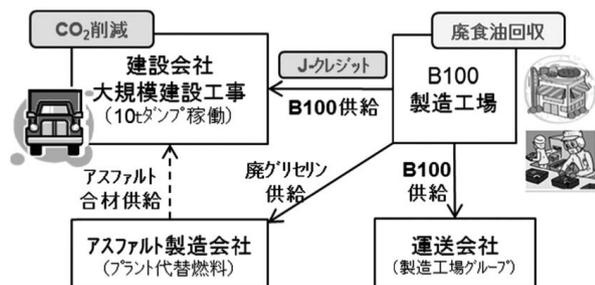


図-6 B100 を中心とした環境活動の流れ

6. おわりに

B100 を工事車両に適用する為の製造・品質管理体制を確立し、実際の大規模建設工事に B100 適用車両を導入することで、B100 の軽油代替燃料としての適用性を確認することができた。また、B100 を中心とした環境活動の流れを確立し、建設工事におけるオフセットクレジットを活用した環境活動の一つの形として「カーボンゼロモデル」を示し、これを実現した。

JCMA

《参考文献》

- 1) 社団法人日本建設業連合会 HP：2008 年度建築施工現場のエネルギー別使用比率
- 2) 北海道：バイオディーゼル燃料導入マニュアル
- 3) 中村一夫：“バイオマスの技術と活用 京都市におけるバイオディーゼル燃料化事業の取り組み”，環境技術，Vol.33 No.7 (2004)
- 4) 全国油脂事業協同組合連合会 HP より
- 5) “バイオディーゼル燃料の製造・利用に関わるガイドライン”，全国バイオディーゼル燃料利用推進協議会 (2011)
- 6) 林まゆ他：“建設工事におけるバイオディーゼル燃料の適用性について～10t ダンプトラックでの実証～”，土木学会第 66 回年次学術講演会 (2011.9)

【筆者紹介】



一柳 成幸 (いちやなぎ しげゆき)
前田建設工業(株) 東京建築支店
飯田橋再開発作業所
副所長



東間 敬造 (とうま けいぞう)
前田建設工業(株) 建築事業本部
建築部技術支援 G
マネージャー



林 まゆ (はやし まゆ)
前田建設工業(株)
技術研究所
研究員