

アスファルト混合物製造におけるCO₂排出量削減技術

守 安 弘 周

アスファルト舗装の総延長は、日本全国で100万kmにも及んでおり、この舗装ストックを今後も持続的に利用しなければならない。このような状況下、我が国は2050年までにカーボンニュートラルの達成を目指すことを宣言し、舗装業界においてもアスファルト混合物のカーボンニュートラルの達成は重大な課題となった。ここでは、アスファルト混合物製造におけるCO₂排出量削減技術として再生エネルギーの利用と燃料使用量削減技術について紹介する。

キーワード：バイオマス燃料、二流体バーナ、中温化アスファルト混合物

1. はじめに

我が国は、脱炭素社会にむけて2050年までにCO₂をはじめとする温室効果ガスの排出量を実質ゼロにする「カーボンニュートラル」を目指すことを宣言した。カーボンニュートラルとは温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させることで、温室効果ガスの排出量を実質的にゼロにすることを意味し、その達成には排出量の削減および吸収量の増加が必要である。

舗装業界においては、アスファルトプラントでアスファルト混合物を製造する際に大量のCO₂が発生するが、これは骨材乾燥加熱に用いる化石燃料（一般的にはA重油を使用）の燃焼に起因するところが大きい。一般的なアスファルト混合物のCO₂原単位は図-1に示す¹⁾ように混合物の製造にかかわるものが全体の約60%を占めており、そのうちの約90%（全体の約50%）が骨材の加熱・乾燥に使用している燃料が占めている。そのため、混合物製造に伴って使用する燃料から発生するCO₂を抑制することが最も効果的な対策の1つであると言える。CO₂を抑制する方

法には様々なものがあるが、ここでは使用する燃料を従来のA重油から再生可能エネルギーに変更する技術およびアスファルト混合物製造時の燃料使用量を削減する技術について紹介する。

2. 再生可能エネルギーの利用

再生可能エネルギーは、化石燃料と異なり資源が枯渇することなく安定的に供給され、CO₂を排出しないもしくは増加させないエネルギーである。再生可能エネルギーには太陽光発電、風力発電、水力発電、地熱発電などがあるが、アスファルト混合物製造においては骨材の加熱・乾燥に用いる燃料としてバイオマス燃料を使用する。

(1) バイオマス燃料

バイオマス燃料は動植物由来の有機系資源利用した燃料であり、燃焼時には化石燃料と同様にCO₂を排出するものの、主な原料となる植物がその成長過程で大気中のCO₂を吸収するため、実質的な排出量がゼロとなる。

ここではバイオマス燃料のうち木屑のガス化炉から発生する燃焼ガスの副産物として生成される「木質タール」と廃食用油からエステル交換反応でバイオディーゼル燃料を生成する過程で生成される「廃グリセリン」をA重油に置き換えてアスファルト混合物を製造する技術について紹介する。木質タールおよび廃グリセリンの代表的な物理性状は表-1に示す通りであり、2つの燃料ともにA重油に比べ粘度が高

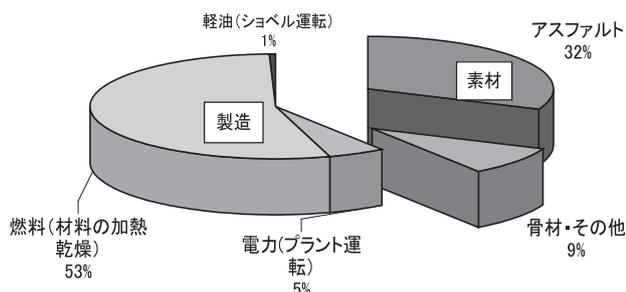


図-1 アスファルト混合物製造に必要なエネルギーの内訳 (原単位換算)

表一 各燃料とA重油の物理性状

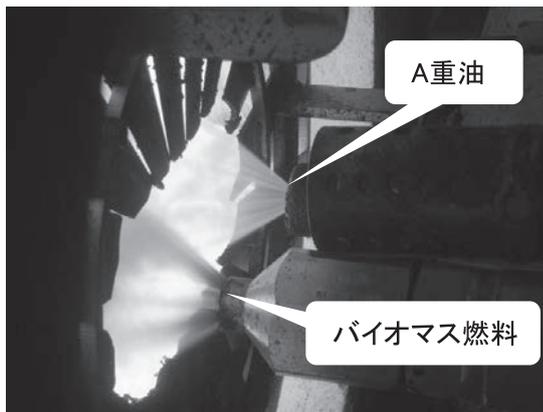
	密度 15℃ (g/cm ³)	動粘度 50℃ (mm ² /s)	水分 (%)	総発熱量 (MJ/ℓ)	新発熱量 (MJ/ℓ)
木質タール	1.127	36.4	7.05	-	31.13
廃グリセリン	1.006	33.9	1.12	28.12	24.95
A重油	0.842	2.12	0.0	38.44	36.04

く、発熱量は木質タールが約90%、廃グリセリンは約70%である。

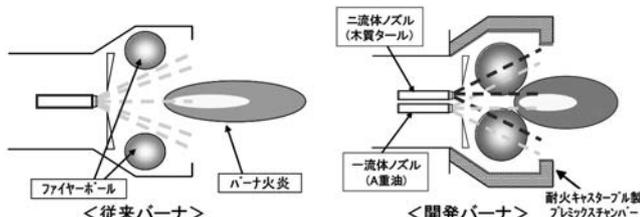
(2) バイオマス専用バーナ

木質タールおよびグリセリンはA重油に比べ粘度が高く、製造設備や材料などの影響で性状が大きく変動する燃料である。そのため、従来のバーナではポンプでの安定的な燃料供給が困難であり、燃焼が不安定になるため、写真一 および図二 に示すようなバーナを開発した。

開発バーナは燃料の気化を促進するため、火種であるファイアーボールを大きく高温にし、さらに図より分かるように従来バーナが1つの噴射ノズルに対して開発バーナは2つのノズルを設けた。そのノズルの1つは従来バーナと同じA重油を供給する一流体ノズルであり、もう1つはバイオマス燃料の供給状態や品質に合わせて安定した供給ができるように、圧縮空気



写真一 バイオマス燃料専用バーナ



図二 開発したドライヤバーナ

のエネルギーで液体燃料を気化する二流体ノズルとした。このように配管回路を含めたノズルを独立させることにより、A重油とバイオマス燃料の混合による凝集現象を回避するとともに、不安定なバイオマス燃料側の配管回路でトラブルが生じていても、A重油のみでも運用を可能とした。なお、運転方法はバイオマス燃料100%での燃焼も可能であるが、A重油をカロリー比で10%以上燃焼させることで、バイオマス燃料を安定的に燃焼することができる。

(3) CO₂削減効果

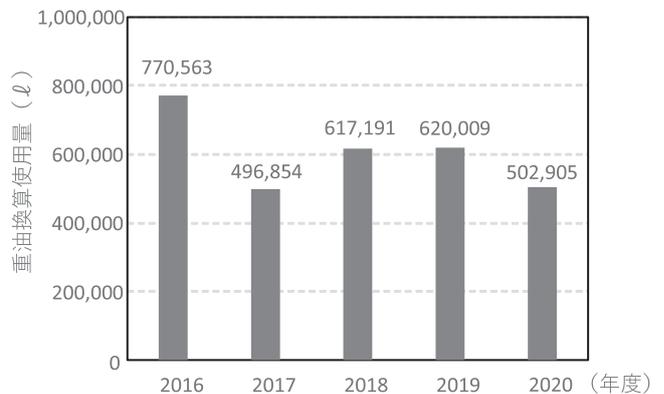
表二は、燃料として木質タールとA重油を90:10の割合、廃グリセリンとA重油を30:70の割合で使用して混合物を製造した場合のCO₂排出量を示したものである²⁾。A重油の代替燃料としてバイオマス燃料を用いることでCO₂排出量を大幅に削減することができる。

(4) バイオマス燃料の使用量

図三にバイオマス燃料の使用量の推移を示す。近年さまざまな理由により安定的な廃グリセリンの入手が困難になっており、そのような地域では使用済の天ぷら油などのSVO油 (Straight Vegetable Oil) の使用にも取り組んでいる。

表二 A重油代替燃料のCO₂排出量削減効果

燃料の種類	CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /t)	CO ₂ 排出量 削減率 (%)
A重油100%	25.91	-
木質タール90%+A重油10%	4.61	82.2
廃グリセリン30%+A重油70%	19.46	24.9



注) 使用燃料: グリセリン, 木質タール, SVO

図三 バイオマス燃料素養量の推移

3. 燃料使用量削減技術

アスファルト混合物の製造時の燃料使用量を削減させる技術には、製造温度を低下させる中温化技術がある。中温化には、発泡剤、粘弾性調整剤、滑剤などの添加剤を混入し製造する技術とアスファルトを機械的に泡状化させ製造するフォームドアスファルト（以下、FAs）技術がある。ここでは、導入が容易で、アスファルトの性状を変化させない FAs 技術について紹介する。

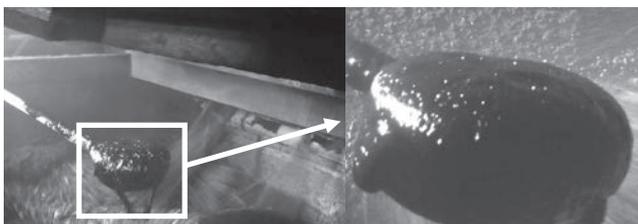
(1) FAs 技術概要

FAs 技術とは、液体状のアスファルトに少量の水を添加することでアスファルトを泡状化して混合物を製造するものである。泡状化したアスファルトの大半が混合物製造時に消滅するが、混合物中に残存する微細泡のベアリング効果によって締固め特性が向上し、製造・施工温度が低減可能となる。施工後温度が低下すれば、泡の影響はなくなり、供用時の品質が確保される。

(2) 性能の向上

FAs 技術は一般的に新規混合物への適用に限るものであった。これは、新アスファルトの添加量の少ない再生混合物へ適用した場合、温度低減効果が低くなるためである。しかしながら現在再生混合物の出荷量は全混合物の約 75%にも及んでおり、再生混合物への適用は不可欠である。そのため再生混合物への適用を目指し、技術の改良を図った。専用装置および発泡補助剤により FAs の性能向上を図った³⁾。従来 FAs は発泡・膨張した後、比較的径の大きな泡同士が結合・肥大化することにより消滅し、施工時における微細泡の残存量が減少していたが、技術改良により FAs は微細泡化し（写真—2 参照）混合物内の残る微細泡の量が増加したため、ベアリング効果が高まり混合物の締固め特性が向上した。

また、更なる温度低減効果の向上を図るため、再生用添加剤に FAs 技術を適用した。これにより FAs 旧アスファルトと再生用添加剤の均一な分散・混合が図



写真—2 改良フォームドアスファルト

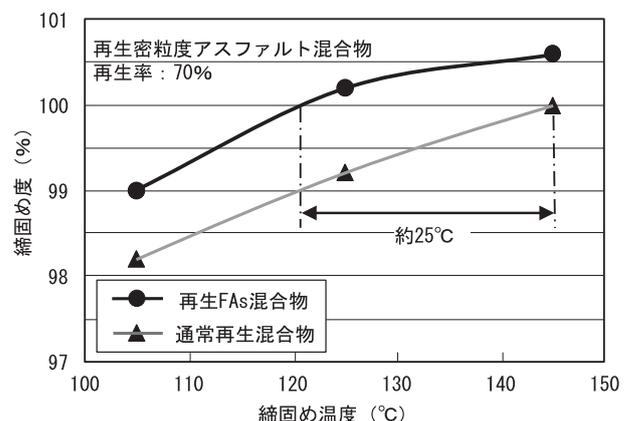
れるとともに、旧アスファルト内への微細泡の混入も期待できる。

室内試験により図—4 に示すような通常の再生混合物と技術改良した FAs を用いた再生 FAs 混合物の締固め温度と締固め度の関係が得られた。この結果より再生率 70% の高再生率であるにも関わらず再生 FAs 混合物は締固め温度を 25℃ 低減可能であり、高い締固め特性を有していることが分かる。また、混合物の代表性状は表—3 に示す通りであり、再生 FAs 混合物は通常の再生混合物より締固め締固め温度を 25℃ 低下させても混合物性状の大幅な低下は見られなかった。

(3) CO₂ 排出量の低減効果

表—3 はアスファルト混合物の製造温度と燃料使用量の関係を示した⁴⁾ 一例である。表より骨材の含水比が 4.4% の場合、製造温度を 30℃ 低下すると燃料使用量が約 20% 低減することが分かる。アスファルト混合物製造に必要なエネルギーのうち燃料によるものが約 53% であることを考慮すると、骨材の含水比などの製造条件により異なるものの混合物の製造温度を 25~30℃ 低減することで CO₂ 排出量の 10% 前後の削減が期待できる。

骨材の乾燥・加熱に用いる燃料をバイオマス燃料に 100% 置き換えることで実質的な CO₂ 排出量ゼロになるが、実際燃料を燃焼すれば CO₂ は排出される。その



図—4 温度と締固め度の関係図

表—3 混合物の代表性状

試験項目	通常再生混合物	再生 FAs 混合物
再生率 (%)	70	70
供試体作製温度 (°C)	145	120
マーシャル安定度 (kN)	12.6	10.2
残留安定度 (%)	96.8	95.1
動的安定度 (回/mm)	1,800	1,410
動的はく離率 (%)	1.3	2.1

表一4 重油使用量およびCO₂排出量の削減率

条件	製造温度(°C)	製造数量(t)	重油使用量(ℓ/t)	CO ₂ 排出量(kg-C/t)	CO ₂ 削減率(%)	備考
1	160	443	7.5	5.52	-	通常加熱混合物
2	130	243	6.0	4.41	20.1	中温化混合物
3	110	63	5.1	3.75	32.0	

注) 骨材含水比:4.4%, 重油CO₂排出原単位:0.7357 (kg-C/ℓ)

ため、再生可能エネルギーであっても使用量の削減は必要であり、ここで紹介したFAa技術は燃料使用量を低減できるため、CO₂排出量削減には有効的である(表一4)。

4. その他の技術

(1) プラント運転用電力

混合物製造に必要なエネルギーのうちプラントの運転に必要な電力は全体の約5%である。この電力を太陽光、風力、水力発電などの再生可能エネルギーを用いることで、更なるCO₂排出量の削減が見込める。東京電力が供給する電力のCO₂の原単位は0.457 kg-CO₂/kWh(令和2年環境省ホームページより)であるが、再生可能エネルギー原単位は0.01~0.03 kg-CO₂/kWh程度であるため、電力使用によるCO₂排出量を90%以上(全体の4~5%)削減することが可能となる。

(2) 材料の検討

混合物製造に必要なエネルギーのうち素材によるものが約40%であり、そのうちの約80%(全体の約32%)がアスファルトによるものである。現在全体の約75%出荷されている再生合材の再生率は全国平均で50%を超えており、新たに加えるアスファルト(新アスファルト)はアスファルト全体の約半分である。この新アスファルトを植物由来の材料に置き換えることでCO₂排出量の十数%の削減が期待できる。しかしながらアスファルト代替材料については、現在様々な取組みが行われているものの、実用化に至った事例はほとんどない状況であり、今後積極的に行うべき取組みの1つである。

5. 今後の課題と取組み

現在、木質タールおよび廃グリセリンはさまざまな理由で安定的な入手が困難な状況である。そのため、新たにバイオ重油の使用についての検討を行っている。バイオ重油は油滓、廃グリセリン、食品加工工場

油脂、廃棄牛乳、排水処理施設回収油などの非食用物を原料とし製造されており、使用できる材料の種類が多く、他のバイオマス燃料と異なるものが原料となる。これにより食品・食品加工業界から発生する多くの廃棄物が調達先となり得るため、賦存量が多いと推測され、材料コストも廃食油より安価になることが予想される。これらよりバイオ重油は比較的安価で安定供給が期待できる。

また、FAa技術については、既に確立された技術であり、CO₂排出量低減に期待が持てる。しかしながら、中温化混合物の出荷量は全体の1%にも至っていない状況(2021年度弊社出荷実績より算出)であり、本技術の普及が今後の課題であると言える。その対策の1つに事前審査などの機関による認定制度が挙げられる。この認定を取得することにより中温化混合物の取り扱いが容易となり、今後アスファルト混合物の主流となることを見込まれるため、現在認定に向けた取組みを行っている。

6. おわりに

アスファルト混合物は製造時に大量のCO₂を排出し、原材料のCO₂原単位も高いため、環境に与える影響は小さくない。しかしながら、99%以上がリサイクルされており、資源利用の面からは非常に有効的であるため、今後も持続的な利用が求められている。

本報で紹介したようにアスファルト混合物製造におけるCO₂排出量削減に関する取組みは多岐に渡っており、様々な技術を組み合わせることで、2050年までにアスファルト混合物のカーボンニュートラルの達成を目指したいと考える。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 守安 弘周ほか アスファルト混合物製造におけるCO₂削減 建設機械施工(2011.10)
- 2) 吉村 啓之ほか 加熱アスファルト混合物の製造における低炭素化技術の導入に関する提案 道路建設(2012.3)
- 3) 江向 俊文ほか 微細泡改良したフォームドアスファルトによる再生アスファルト混合物の検討, 道路建設 No.740(2013.9)
- 4) (一社)日本道路建設業協会 中温化(低炭素)アスファルト舗装の手引き(2012.4)

【筆者紹介】

守安 弘周(もりやす ひろちか)
前田道路㈱
執行役員, 技術担当兼 CSR・環境担当

