

# フォームドアスファルト発生装置の開発

## Development of Foamed Asphalt Device

堀口 諒 ・ 浜辺 拓真 ・ 喜多 勇介 ・ 山本 健児 ・ 田中 翔太

HORIGUCHI Ryo, HAMABE Takuma, KITA Yusuke, YAMAMOTO Kenji, TANAKA Syota

日工株式会社

### 概要

我が国は、2013年を基準として温室効果ガスを2030年までに26%削減する中期目標を挙げている。各業界で温室効果ガス削減への取り組みが行われている中、道路舗装業界では中温化アスファルト混合物製造に向けた取り組みが広まっており、様々な技術が開発・実用化されている。その中で、製造コストの低減や、大量製造が比較的容易であるということから、フォームドアスファルトを適用する機会が多くなっている。当社では、中温化アスファルト混合物製造を通じて温室効果ガス削減に貢献できる、フォームドアスファルト発生装置(以下、フォームド装置)の開発に着手した。装置開発に向けて試験機を製作し、フォームドアスファルトの特徴を把握した上で当社独自の方式を開発した。

### 1. 緒言

我が国は、2013年を基準として2030年までに温室効果ガスを26%削減、そして2020年12月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」が示され、2050年には実質ゼロにすることを目標としている。またアメリカは2025年までに2005年基準26～28%削減、EUは2030年までに1990年基準40%削減、中国は2030年までに2005年基準60～65%削減を目標値として定めており、温室効果ガス削減へ向けた取り組みは、世界各国でより一層重要となっている<sup>1)</sup>。

我が国の道路舗装業界では、温室効果ガス削減へ向けた対策として加熱アスファルト混合物の製造・施工温度を、通常の約160℃より30℃程低減する、中温化アスファルト混合物製造の技術が開発・実用化されている。中温化アスファルト混合物を採用することで、骨材や再生材の加熱時における燃料消費量の削減に伴い、温室効果ガス排出量を減少させることができる。また、道路補修工事における早期交通開放も期待でき、さらに高い締固め性を発揮することから、施工時の作業性改善にも効果があるとされる。

我が国では再生アスファルト混合物が主流であり、近年では加熱アスファルト混合物の全出荷量に占める割合は約75%にも達し、現在最も多く使用される混合物となっており、再利用率が非常に高い。しかし、再生骨材の繰り返し使用に伴う品質の低下が懸念されており、今後は再生アスファル

ト混合物の良好な品質を確保することが重要な課題になると考えている。その品質確保における方法の一つとして、上述した中温化技術の適用が挙げられる。

中温化技術の普及率が高い米国では、製造コストの低減や大量製造を比較的容易に行うことが可能な機械式フォームドアスファルトを多く採用しており、中温化技術の約85%を占めている。現在、我が国も幾つかの中温化技術が開発されているが、米国と同様に合材製造工場へ機械式フォームド装置の設置が進みつつある。

既に流通しているフォームド装置はあるが、バッチ式プラントに装備可能なシステムにするべく、当社では独自にフォームド装置の開発を行った。

### 2. フォームド装置

#### 2.1 フォームドアスファルト

フォームドアスファルトとは、高温のアスファルトに少量の水を添加し、水が蒸気となり発泡することで生成される。この時アスファルトの容積が増加し、見掛けの粘度が低下するため、製造時には混合性が向上する。また、施工時には残存する泡のベアリング効果によって締固め性が向上し、さらに施工後に温度が低くなれば泡の影響はなくなり、混合物の品質は維持できるとされる。

### 2.2 機器フロー

現在、国内外で多く流通しているフォームド装置の機器フローを図1に示す。これは、アスファルト計量器からミキサへアスファルトを送液する際に、水を高圧で噴射する方式である。この方式は機器点数が少ないという利点はあるが、送液中のアスファルトへ均一に水を噴射することが困難であるため、当社はこの点を改善すべく、図2に示すフォームドアスファルトを循環させる機能を有する装置を考案した。

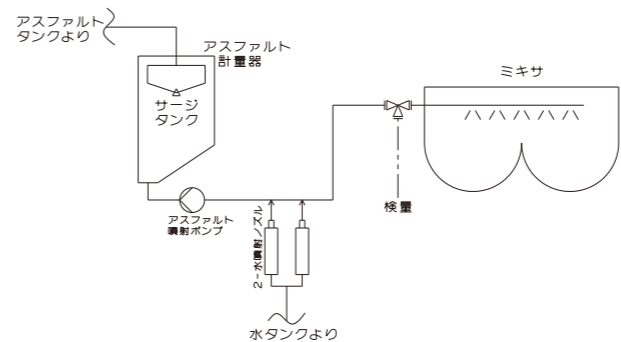


図-1 一般的なフォームド装置機器フロー

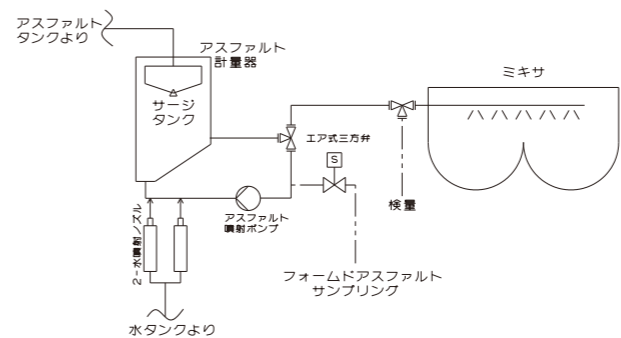


図-2 循環式フォームド装置機器フロー<sup>2)</sup>

アスファルト配管に新しくエア式三方弁を追加することで、循環経路を構築した。アスファルトが計量器から放出される際にエア式三方弁が循環経路に切り替わり、アスファルトは発泡しながら一定時間配管内を循環し、その後ミキサへ送液される。この循環方式にすることで、以下の利点がある。

- (1) アスファルト循環中における、水噴射開始のタイマ調整が容易となる。
- (2) ギアポンプを経由することで、施工性改善に寄与するとされる微細泡をより多く残存させることが可能である。

上述した方式の違いでどのような発泡挙動を示すか把握するため、社内試験を行った。

### 3. 傾向確認試験

#### 3.1 試験目的

本試験では以下の項目を確認する。なお後述する半減期とは、最大発泡倍率から、その1/2の倍率となるまでに要する時間を示し、泡の持続性評価に使用する。

- (1) 循環させない場合の最大発泡倍率、半減期
- (2) 循環させた場合の最大発泡倍率、半減期
- (3) 使用上の安全確認

#### 3.2 試験機

試験機全体図を図3に、試験機写真を写真1から写真4に、また試験機の仕様を表1に示す。この試験機は図1、図2に示す機器フロー共に選択・使用できる構造としている。また、納入時の仕様決定まで行えるよう、アスファルト供給ポンプや噴射ポンプはアスファルトプラント実機相当の能力を有する機器を設置している。

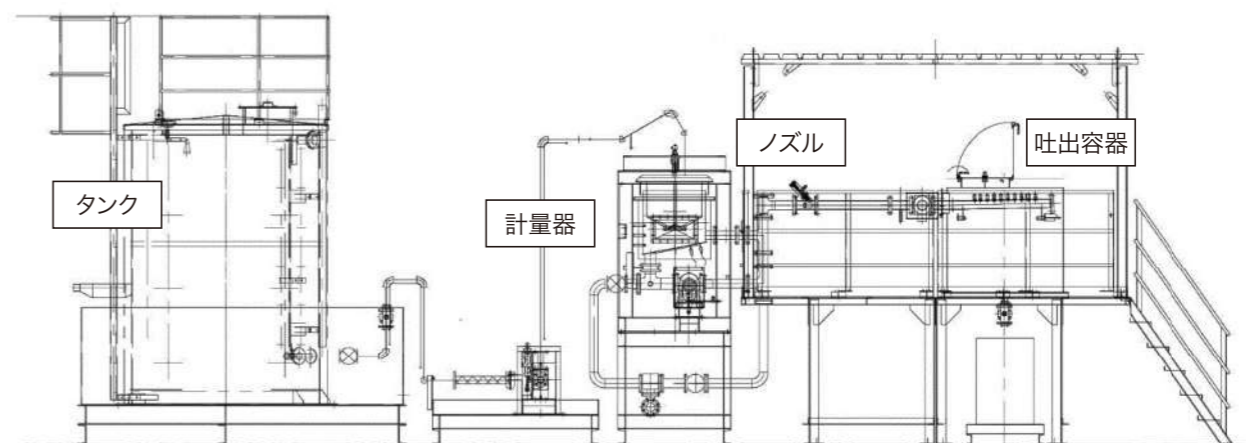


図3 試験機全体図



写真1 アスファルトタンク

**表1 テスト機仕様**

機器名	仕様
アスファルトタンク	5000L
アスファルト計量器	最大 160kg 計量
アスファルト供給ポンプ	T-14M 5.5kWx6P
アスファルト噴射ポンプ	T-30M 11kWx6P
水噴射ポンプ	TR-709KVR 5.5kWx4P
水噴射ノズル	日工製



写真2 アスファルト供給装置



写真3 水ポンプユニット



写真4 水噴射ノズル

**3.3 発泡倍率測定方法**

本試験ではフォームドアスファルトを吐出してから約24時間後の、アスファルトが冷え固まった状態を基準値とし、吐出直後からアスファルト容積の経過を確認した。図4に発泡倍率測定の様式図、及び発泡倍率の算出式を(1)に示す。また液面高さの測定には写真5に示すKEYENCE製レーザーセンサ(型式:LR-TB5000)を用い、アスファルトを吐出する容器は写真6に示す3Lペール缶を使用した。

なお、今回使用したアスファルトは針入度60/80のストレートアスファルト(設定温度150℃±1℃)である。

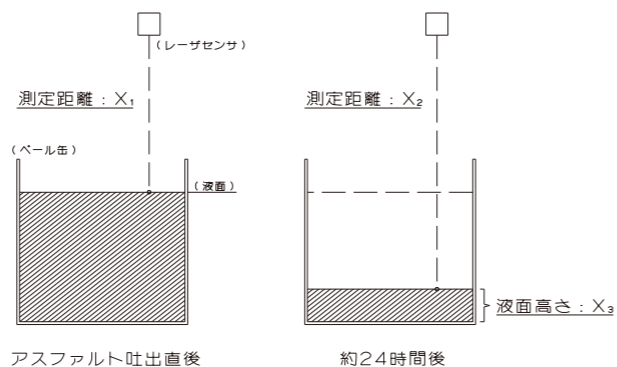


図4 発泡倍率算出様式図

$$E = \frac{X3+X2-X1}{X3} \dots (1)$$

ここで、Eは発泡倍率(-)、X1はアスファルト吐出直後の測定距離(mm)、X2は約24時間後の測定距離(mm)、X3は約24時間後の液面高さ(mm)を表している。



写真5 KEYENCE製レーザーセンサ



写真6 吐出容器

**4. 傾向確認試験結果、考察**

**4.1 水噴射量確認**

水ノズル噴射口オリフィス径を1mmとし、圧力と水噴射量との関係を測定した結果を図5に示す。ばらつきはあるが、流量が圧力の平方根に比例していることを確認した。

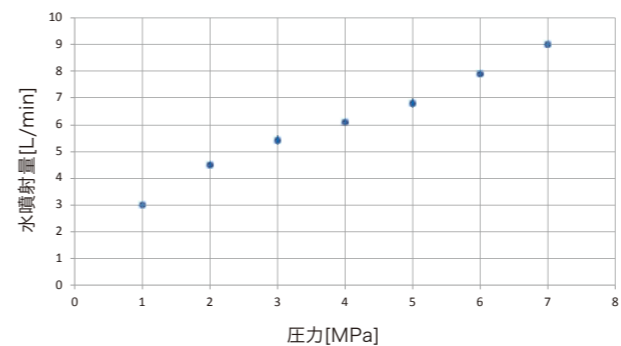


図5 圧力、水噴射量の関係

**4.2 循環無し、発泡挙動確認試験**

試験機の機器フローを図1とし、アスファルトを循環させない場合の発泡倍率、及び半減期を確認する。また、基準値を水の膨張率1240倍として、どの程度発泡したかを示す有効発泡率も確認する。

アスファルト計量値を20kg、また水噴射圧を7MPaとし、水噴射量を0.2L(添加率1%)、及び0.4L(添加率2%)とした場合の発泡挙動を、図6、図7に示す。

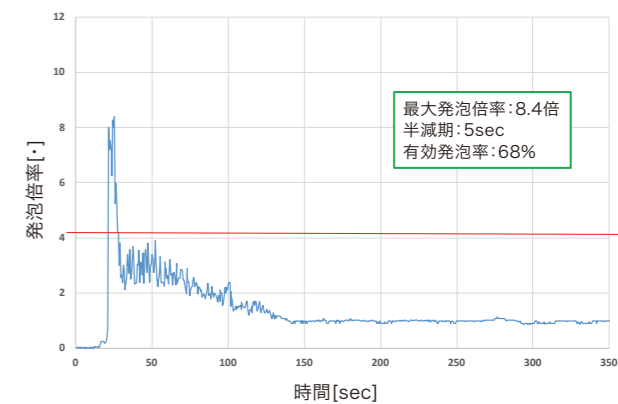


図6 水添加1%試験

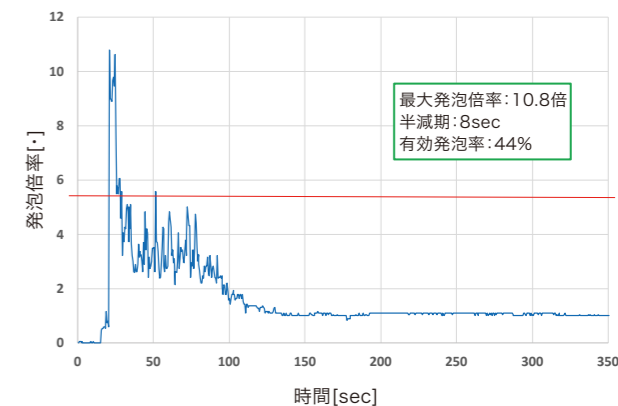


図7 水添加2%試験<sup>2)</sup>

水の添加率1%における最大発泡倍率は8.4倍、半減期は5秒、有効発泡率は68%となった。また、水の添加率2%における最大発泡倍率は10.8倍、半減期は8秒、有効発泡率は44%となり、この結果から添加量が多いほど発泡することが分かった。しかし、その後の試験で水の添加率を3%としても顕著な倍率変化は見られなかった。

水は気化するためアスファルトから熱を奪い、水1%添加時にアスファルト温度が12℃、2%添加時に24℃低下する。1%添加時に比べ、2%添加時の方が発泡を持続できる要因は、温度低下に伴いアスファルトの動粘度が高くなることで、気泡が残存しやすくなるためであると考えられる。また、添加率を3%としても挙動に変化が見られない要因は、添加率2%を超える水量をアスファルト中に残存させることが出来ないためであると考えられる。

4.3 循環有り、発泡挙動確認試験

試験機の機器フローを図2とし、アスファルトを循環させた場合の発泡倍率、半減期、及び有効発泡率を確認する。アスファルト計量値を20kg、また水噴射圧を7MPaとし、水噴射量を0.2L(添加率1%)、及び0.4L(添加率2%)とした場合の発泡挙動を、図8、図9に示す。

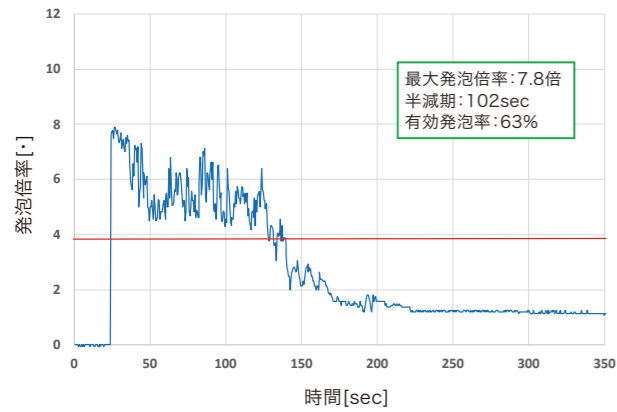


図8 水添加1%試験

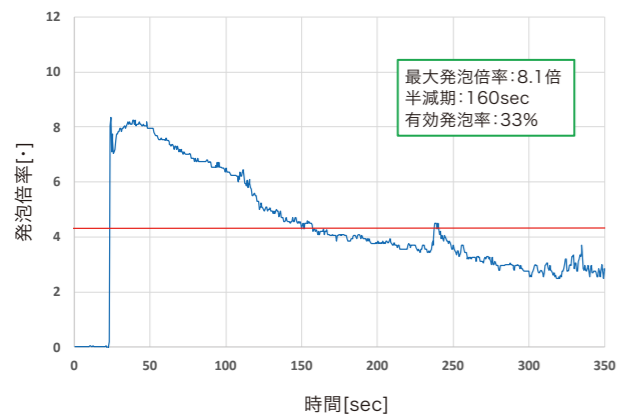


図9 水添加2%試験<sup>2)</sup>

水の添加率1%における最大発泡倍率は7.8倍、半減期は102秒、有効発泡率は63%となった。また、水の添加率2%における最大発泡倍率は8.1倍、半減期は160秒、有効発泡率は33%となった。4.2試験結果と比較し、有効発泡率は低くなるが、発泡をより長く維持することが出来た。

この要因は、発生した気泡がエアポンプで細かくされることで、アスファルト中に消失しにくい微細泡が多く残存しているためであると考えられる。また、半減期に差が生じた要因は、4.2と同様2%添加時にアスファルトの動粘度が比較的高くなり、気泡が残存しやすくなったためであると考えられる。

これらの結果から、施工性改善に寄与するとされる微細泡を製造できる循環方式を採用し、実機仕様決定を見据えた試験を行う。

5. 実機仕様確認試験、結果

5.1 試験内容

循環方式を試験する上で、循環時に増加したアスファルトの容積に対応出来るタンク等の設置が必要である。また、アスファルト計量値やタンク容量に許容上限値があり、その確認試験も行うため、試験機の改造が必要となった。

改造後の機器フローを図10に示す。ここではアスファルト最大計量値やタンク容量を決定するため、図11に示すバッファタンクを設置し、循環中のフォームドアスファルト液面高さを測定することで、最大発泡倍率を確認する。

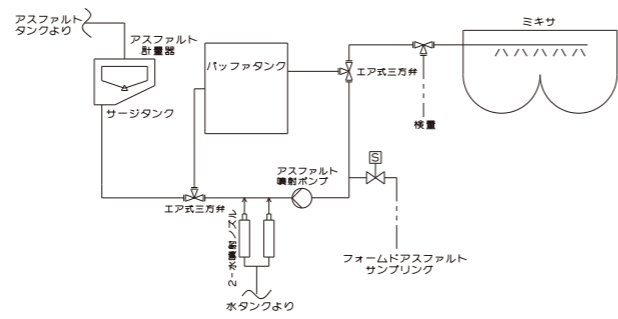


図10 改造後フロー<sup>2)</sup>

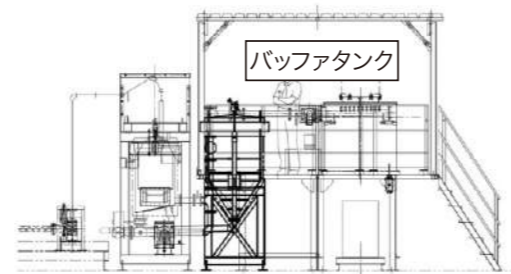


図11 改造全体図

5.2 試験結果

各条件の試験結果を表2に示す。この結果から、水吐出圧が高いほどアスファルトへ水をより多く添加でき、また水添加率が高いほどアスファルト動粘度の上昇が要因となり、より気泡を残存させることが出来る。

循環中の発泡倍率と、アスファルトプラントにバッファタンクを増設した場合における動線確保の観点から、フォームド装置使用時はアスファルト最大計量値100kg、また設置するバッファタンクの容量は600L以上とする

表2 試験結果

AS計量値 [kg]	水吐出圧 [MPa]	水添加率 [%]	発泡倍率 [-]
50	5.0	1	4.2
50	5.0	2	3.3
50	7.0	1	4.6
50	7.0	2	5.5
100	5.0	1	4.3
100	5.0	2	4.1
100	7.0	1	5.1
100	7.0	2	5.6

5.3 実機仕様

これまでに行った試験の結果から、当社フォームド装置 TOMBO BLUEの仕様は表3となる。TOMBO BLUEを新設されるアスファルトプラントへ納入する場合や、または増設する場合といった配置上の違いに対応するため、機器フローは図2、図10に示す2つの方式で対応する。

またTOMBO BLUEには上記以外、以下の機能も実装している。

- (1)アスファルト計量器、またはバッファタンク上面にレベルセンサを追加し、過剰に発泡した場合にタンクから溢れないよう、レベル計検知時はアスファルトをミキサへ放出する。
- (2)フォームドアスファルトを安全にサンプリング出来るよう、ペンダントスイッチを追加。
- (3)配管からノズルを安全に取り外せるよう、アスファルトの供給や放出を停止するメンテナンスキースイッチを追加。
- (4)旧工操作盤との連動。
- (5)操作盤上で循環の有無を選択できる。

表3 TOMBO BLUE仕様

項目	使用条件
水添加率	AS計量値に対し1~2%(変更可)
水吐出圧	5.0~7.0MPa(変更可)
AS計量値	上限100kg(水添加のみ)
水吐出量	約9.0L/min(at7.0MPa)
バッファ容量	600L以上

6. まとめ

施工性改善に寄与するとされる、微細泡をより多く製造できる循環方式を採用したフォームド装置、TOMBO BLUEを完成することができた。また社内試験では様々な条件毎のデータを取得したため、実機における発泡挙動の予測を立てることができるようになる。しかし、フォームドアスファルトの送液には時間を要するため、バッチサイクルは通常の配合より長くなる。そのためバッチサイクルを優先する場合もあると勘案し、循環させずに利用することも可能となっている。

2019年度版の東京都土木材料共通仕様書に、温度管理は通常の混合物と同じ温度で製造・施工ではあるが、混合物の製造方法としてフォームド装置が対象となったことから、事前審査においても東京都工事の東京都仕様混合物に適用可能となった<sup>3)</sup>。今後さらにフォームド装置が設置され、TOMBO BLUEの普及により中温化混合物の普及が高まり、温室効果ガス削減に貢献できると期待している。

References

1. 経済産業省資材エネルギー庁コンテンツ  
(<https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/energy2018/html/003/>)
2. 一般社団法人 日本アスファルト合材協会  
アスファルト合材No.135,P26-P31,2020/07  
アスファルト合材プラント リフォーメーション
3. 一般社団法人 日本道路建設業協会  
道路建設No.779,P86-P89,2020/03  
「中温化アスファルト混合物」の紹介

## 筆者紹介



HORIGUCHI Ryo  
堀口 諒  
2011年入社  
開発部



HAMABE Takuma  
浜辺 拓真  
2015年入社  
開発部



KITA Yusuke  
喜多 勇介  
2011年入社  
設計部



YAMAMOTO Kenji  
山本 健児  
2009年入社  
エンジニアリング部



TANAKA Syota  
田中 翔太  
2015年入社  
設計部