

フルオロケミカル

# FORANE<sup>®</sup> FBA 1233zd 発泡剤 技術資料



## はじめに

エネルギー問題は世界経済および私たちの生活と密接に関わる極めて重要な課題です。近年、エネルギーコストは増大しており、経済性のみならず、快適な生活と地球環境の保全を両立し、将来にわたって持続可能な社会を実現するために、省エネルギーに対する要求はますます高まっています。

現在、私たちが消費しているエネルギーの相当量は断熱不足による熱損失のために失われています。ポリウレタン(PUR)、ポリイソシアヌレート(PIR)などのウレタン樹脂中に微細な気泡を分散した硬質ポリウレタンフォームは、断熱材として電化製品や住居・商業ビルなどに広く使用されており、エネルギー利用効率の向上に役立てられています。発泡剤は硬質ポリウレタンフォームに必須の構成要素であり、また熱伝導率の小さな気体が封入された微細な気泡を形成することによって、硬質フォームに優れた断熱性能を与えます。

FORANE® FBA 1233zd(トランス-1-クロロ-3,3,3-トリフルオロプロペン)は不燃性の液体発泡剤であり、室温に近い沸点を有します。地球温暖化係数(GWP)が低く環境性能に優れたFORANE® FBA 1233zdは、保温保冷材、住宅・建築物用断熱材などの成形品、冷蔵倉庫、船舶、プラントなど断熱施工現場での注入発泡やスプレー発泡、ポリイソシアヌレート硬質ボードといった、ほとんどすべての硬質ポリウレタン製品に適用するよう設計されています。フォーム用途の製造に使用するFORANE® FBA 1233zd発泡剤の特許を取得しています。

## 特性

硬質ポリウレタンフォーム用に設計された、この新しい発泡剤は、低い熱伝導率を有し、これを用いた断熱材の断熱性能向上が期待できます。また、引火点および燃焼範囲をもち、不燃性です。さらに、その分子構造に基づき大気寿命が短く、地球温暖化への影響が非常に小さい物質です。表1に示す、その優れた特性から、FORANE® FBA 1233zd を第4世代の低GWP発泡剤として商業化しました。

表1 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤の特性

化学名	トランス-1-クロロ-3,3,3-トリフルオロプロペン
CAS番号	102687-65-0
化学式	CF <sub>3</sub> CH=CHCl (E)
分子量	130.5
沸点(°C)	18.6
20°Cでの気体の熱伝導率 <sup>1</sup> (mW/m·K)	9.94
20°Cでの液体の熱伝導率 <sup>1</sup> (mW/m·K)	88.35
20°Cでの蒸気密度 <sup>1</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	6.10
20°Cでの液体密度 <sup>1</sup> (g/cm <sup>3</sup> )	1.27
20°Cでの蒸気圧 <sup>1</sup> (MPa)	0.108
20°Cでの気体の粘性 <sup>1</sup> (mPa·s)	0.010
20°Cでの液体の粘性 <sup>1</sup> (mPa·s)	0.319
20°Cでの表面張力 <sup>1</sup> (mN/m)	14.039
20°Cでの蒸発潜熱 <sup>1</sup> (kJ/kg)	193.3
大気寿命 <sup>2</sup> (日間)	26
地球温暖化係数 <sup>2</sup> GWP	1
オゾン層破壊係数 <sup>3</sup> ODP	~0
引火点 <sup>4</sup> (°C)	なし
燃焼範囲 <sup>5</sup> (vol. %) 爆発下限 (LFL) / 爆発上限 (UFL)	なし / なし
カウリプタノール値 <sup>6</sup> (KB値)	27

表2 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤の関連法規情報

フロン排出抑制法	該当せず
改正オゾン層保護法	該当せず
日本化審法の新規公示化学物質登録情報	官報公示整理番号:2-4156
米国EPAによるSNAPのステータス	承認済み
米国TSCAの既存化学物質登録状況	登録済み

## 輸送

FORANE® FBA 1233zd発泡剤の特性に基づき、以下の輸送ガイドラインを制定しました(表3)。

表3 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤の輸送情報

UN番号	3163
正式品名	その他の液化ガス
化学名	トランス-1-クロロ-3,3,3-トリフルオロプロペン
クラス	2.2
海洋汚染物質	該当せず

## 環境

国際的な環境問題として、オゾン層保護、地球温暖化に対する取り組みが行われている中、これまで用いられてきた硬質ポリウレタンフォーム用の第3世代発泡剤(HFC-245fa、HFC-365mfc)はオゾン破壊係数(ODP)がゼロであるものの、地球温暖化係数(GWP)が高い問題を抱えていました。FORANE® FBA 1233zd 発泡剤は、それらを代替する第4世代の低GWP製品の要件を満たすように設計されており、そのGWPは1です。FORANE® FBA 1233zd 発泡剤は、オゾン層保護・地球温暖化対策の国際的枠組みおよび日本国内の法規制に対応しています。

## 毒性

Ames試験および染色体異常試験において陰性であることが示されています。フォームの調製や製造工程でFORANE® FBA 1233zd 発泡剤を取り扱う際の作業環境曝露限度(OEL)が設定されています。使用前に必ずラベルを確認し、安全データシートを参照してください。

## 安定性

FORANE® FBA 1233zd発泡剤は100°Cで15日間保持しても化学反応や劣化は全く観察されませんでした。したがって、保管や使用において十分な安定性を有していると考えられます。

## 金属との適合性

FORANE® FBA 1233zd 発泡剤と多種多様な金属との適合性を評価しました。重量の変化や、どの程度金属片が溶解するかを測定することでFORANE® FBA 1233zd 発泡剤の腐食性がわかります。試験はASTM G31-72「金属浸漬腐食性試験の標準的方法」によって行いました。洗浄された各種金属片をそれぞれ3つ用意し、1つはFORANE® FBA 1233zd 発泡剤に完全に浸漬し、1つは半分浸漬し、もう1つは気相にのみ暴露させました。FORANE® FBA 1233zd 発泡剤を168時間還流したのち、金属片の腐食性を分析しました。その結果は、FORANE® FBA 1233zd 発泡剤はポリウレタンフォーム製造装置や保管容器によく使用されるステンレス鋼、炭素鋼、銅、真ちゅう、アルミニウムなどの金属に対して、非反応性、非腐食性であることを示しました(表4)。

表4 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤の金属との適合性	
金属	適合性
銅	✓
ステンレス鋼	✓
マグネシウム	✓
アルミニウム	✓
亜鉛	✓
銀	✓
銅	✓
リン青銅	✓
真ちゅう	✓
錫	✓
はんだ	✓
ブリキ	✓
カドミウムメッキ	✓
ニッケルメッキ	✓

## プラスチックおよびエラストマーとの適合性

FORANE® FBA 1233zd発泡剤のプラスチックおよびエラストマーとの適合性評価を以下の方法で行いました。表5、表6に示した各材料について、試験片を各3つ用意しました。試験片の典型的な寸法は75 mm x 4 mm x 2 mm(長さx幅x厚さ)です。それぞれの試験片をFORANE® FBA 1233zd発泡剤で満たした試験管に密封し、FORANE® FBA 1233zd発泡剤の沸点よりも若干高い温度で5分間、24時間、100時間保持したのち、試験片の寸法と重量を測定しました。次に、クロスヘッド速度50 mm/分、グリップ間の距離30mmの条件で引張試験を行いました。試験した4種類のプラスチックすべてがFORANE® FBA 1233zd発泡剤との適合性を示しました。

表5 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤のプラスチックとの適合性	
プラスチック	適合性
PBT(ポリブチレンテレフタレート)	✓
PTFE(ポリテトラフルオロエチレン)	✓
PVC(ポリ塩化ビニル)	✓
ザイテル®(ポリアミド6)	✓

表6 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤のエラストマーとの適合性	
エラストマー	適合性
ネオプレン	✓
アクリルゴム	
バイトン®(フッ素ゴム)	
EPDM(エチレンプロピレンジエンモノマー(M-クラス)ゴム)	✓
ハイパロン®(クロスリン化ポリエチレン)	✓
天然ゴム	
シリコンゴム	
SBR(スチレン・ブタジエン)	✓
NBR(ニトリルブタジエン)	✓

FORANE® FBA 1233zd発泡剤はネオプレン、EPDM、ハイパロン®、SBR、NBRと適合性があります。アクリルゴム、バイトン®、天然ゴムおよびシリコンゴムとの接触はお勧めできません。適合性のあるエラストマーの中でも、EPDMはFORANE® FBA 1233zd発泡剤に100時間浸漬させた後の重量減少が最も少ないため、望ましいと考えられます。

## 貯蔵と取り扱い

FORANE® FBA 1233zd発泡剤は、冷暗所で保管してください。また、容器は所定の要件を満たしたシリンダーでのみ保管してください。FORANE® FBA 1233zd発泡剤を、最初の発送時の容器とは異なる容器に移し替える必要がある場合は、あらかじめ製造販売元のテクニカルサービスに連絡して、新しい容器が全ての要件を満たしていることを確認してください。容器およびその付属品が物理的損傷から保護されるようにし、火気や高熱、直射日光を避けてください。

また、容器を使用していないときは、容器の弁を閉じてください。FORANE® FBA 1233zd発泡剤は空気や酸素の存在下で加圧しないでください。

加圧が必要な場合は、乾燥窒素を使用することを推奨します。詳細は、製造販売元のテクニカルサービスへお問い合わせください。

温度(°C)	蒸気圧(MPa)
-15	0.023
-10	0.030
-5	0.038
0	0.048
5	0.059
10	0.073
15	0.089
20	0.108
25	0.130
30	0.155
35	0.183
40	0.216
45	0.253
50	0.294
55	0.340
60	0.392
65	0.450
70	0.513

温度(°C)	密度(g/cm³)
-15	1.35
-10	1.34
-5	1.33
0	1.32
5	1.31
10	1.30
15	1.28
20	1.27
25	1.26
30	1.25
35	1.24
40	1.22
45	1.21
50	1.20
55	1.18
60	1.17
65	1.16
70	1.14

図1 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤の蒸気圧

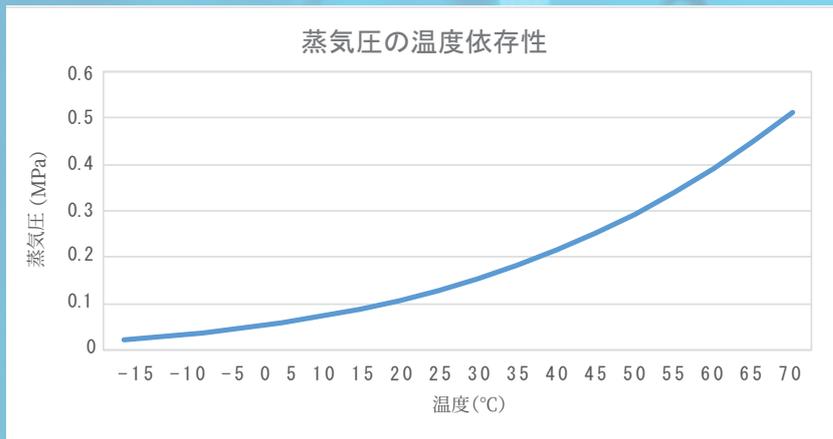
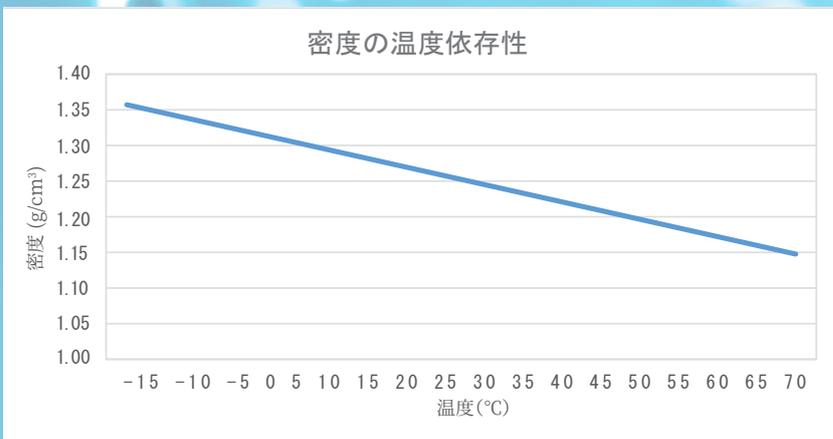


図2 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤の密度



### 適用範囲

FORANE® FBA 1233zd発泡剤は費用対効果に優れ、環境への影響が少なく、より厳しい省エネルギー基準を満たすことで、総合的なソリューションを提供します。電化製品、現場注入発泡フォーム、パネル、スプレー式フォームといった様々な利用形態で試験が行われており、既存の装置や工具をそのまま利用して、従来の硬質ウレタンフォームと同じプロセスで使用することができます。FORANE® FBA 1233zd発泡剤で形成した硬質ウレタンフォームは非常に優れた断熱性能をもち、従来の硬質ウレタンフォームと同等以上の機械的特性を有します。

### 混和性

表9はFORANE® FBA 1233zd発泡剤と各種ポリオールやイソシアネートとの混和性を評価した結果の一覧です。所定量のポリオール等を、125mlの透明ねじ口瓶に加え、次にFORANE® FBA 1233zd発泡剤を重量百分率5、10、15、20、25、30の割合で添加して密閉しました。両成分の重量は各ボトルの空間容量が同じになるように調整しました。完全に混和するまでローラーミキサーに数分間かけたのち24時間静置し、発泡剤の損失がないことを確認するために再度重量を測定しました。混合状態は、均一性を保っているか、または分離しているかを目視で評価し、さらに室温で1週間保持したのち、再度混合状態を評価しました。

表9 FORANE® FBA 1233zd 発泡剤と各種ポリオールおよびイソシアネートとの混和性

	OH価*	粘性**	最大値 wt%***
<b>グリセリンベースのポリエーテルポリオール</b>			
GP-700 Glycerine/Propylene Oxide 700 MW	230-250	250	30
GP-725 Glycerine/PO 700 MW with 25% Ethylene Oxide (or EO) cap	230-250	250	30
GP-4000 Glycerine/PO 4000 MW	39-42	700	30
GP-4520 Glycerine/PO 4500 MW with 20% EO cap	34-38	890	30
<b>アミンベースのポリエーテルポリオール</b>			
TEAP-265 Triethanol Amine/PO 265 MW	625-645	470	30
EDAP-770 Ethylene Diamine/PO 290 MW	757-783	56,000	30
AD-310 Aromatic Amine/DEG 580 MW	310	2,400	30
<b>スクロースベースのポリエーテルポリオール</b>			
SG-360 Sucrose/Glycerine 730 MW	360	3,500	30
SD-361 Sucrose/DEG 690 MW	360	2,500	30
SG-522 Sucrose/Glycerine 539 MW	520	27,000	30
490 Sucrose/Glycerine 460 MW	490	5,500	30
SPA-357 Sucrose/Diethanol Amine/PO 880 MW	335-365	2,500	30
<b>マンニヒベースのポリエーテルポリオール</b>			
R-425X 422 MW	425	4,500	30
R-470X 394 MW	470	8,200	30
<b>ソルビトールベースのポリエーテルポリオール</b>			
S-490 Sorbitol/PO 700 MW	490	9,000	30
<b>芳香族ポリエーテルポリオール</b>			
5100 Functionality 2.2	295	6,000	20
2541 Functionality 2.0	240	3,200	30
3510 Functionality 2.0	240	6,000	30
PS-2352 Functionality 2.0	240	3,000	20
TR-925 Functionality 2.4	295-315	11,000	30
<b>ポリメリック MDI</b>			
150 - 200 cps polymeric MDI	31.2	190	30
700 cps polymeric MDI	30.8	700	30

\*メーカーカタログ値による

\*\*メーカーカタログ値による (25°C、mPa·s)

\*\*\*試験を行った発泡剤の混和した最大値

## 参考文献:

- 1 アルケマ社内試験
- 2 参考文献: Phys. Chem. Chem. Phys., 2012, 14, 1735-1748, Atmospheric chemistry of t-CF<sub>3</sub>CHQCHCl: products and mechanisms of the gas-phase reactions with chlorine atoms and hydroxyl radicals; M. P. Sulbaek Andersen, O. J. Nielsen, M. D. Hurley and T. J. Wallington
- 3 Atmospheric Lifetime Determination for the Hydrochlorofluoroolefin<sup>†</sup> Research work by National Institute of Science and Technology (NIST), Gaithersburg, Maryland under CRADA CN-5094 in 2008

- 4 アルケマ社内試験 (ASTM D 3278-96により判定)
- 5 アルケマ社内試験 (ASTM E681により判定)
- 6 アルケマ社内試験 (ASTM D1133 KBにより判定)

## 商標の説明文:

ハイバロン® はデュボンの登録商標です。  
 ザイテル® はデュボンの登録商標です。  
 バイトン® はケマーズの登録商標です。

本資料中の記述内容、技術情報および推奨事項は本資料作成時点のものです。本資料に記載の製品や情報をお客様がどのような条件や方法でご使用になるかは当社の管理範囲を超えていますので、当社は製品ご使用の結果や当該情報の信頼性について、いかなる法的責任も負いません。当社は、本資料に記載した製品や情報について、特定目的への適合性に関する保証や商品性に関する保証は明示・黙示を問わず一切行いません。本資料中の情報は記載した特定製品のみに関するものであり、他の材料と併用される場合や、お使いになる工程によっては適用できない可能性があります。本製品を商業目的にご使用になるときは、お客様ご自身の責任で十分な試験を事前実施してください。本資料中には、特許に基づく実施権を許諾すると解釈し得る記述や、特許権の侵害に誘導していると解釈し得る記述は一切含まれていません。本製品をお使いになる際には、適切な調査等をご実施の上、ご使用の形態によって特許権侵害が発生しないことをお客様ご自身の責任でご確認ください。安全衛生面の注意事項については安全性データシート(SDS)をご参照ください。アルケマ製品を人間の身体や体液に接触する医療機器にご使用になる際には、当社所定の医療関連方針をご参照ください。

<http://www.arkema.com/en/social-responsibility/responsible-product-management/medical-device-policy/index.html>

当社は、身体や体液に接触する医療機器に使用可能な医療用グレードを設定しています。医療用グレードに指定されていない製品を身体や体液に接触する医療機器にご使用になることを当社は認めていません。また、当社はアルケマ製品を体内植込型医療機器や体液や組織と30日間以上接触する医療機器に使用することを固く禁じています。お客様の医療機器(一時植込・永久植込型インプラント製品を含みますが、これらに限られません)と併せてアルケマの商標と名称を使用することはできません。お客様は、アルケマ製品をこれらの医療機器に使用することを当社が承認、承認または許可したとの表明を第三者に行うことは一切できません。医療機器製造会社の方は、全てご自身の責任で、全ての原材料、製品および構成部品(アルケマの医療用グレード製品を含みます)の適合性(生体適合性を含みます)を判断し、最終使用製品がその最終用途に適しており安全に使用できること、意図された通りに動作し機能すること、適用される全ての法令・規制(米国FDAや各国の薬事当局の規制を含みます)の要求事項に適合していることを確認しなければなりません。医療機器製造会社の方は、全てご自身の責任で、必要な全ての試験と点検を実施し、医療機器を実際の最終使用条件に基づいて評価し、購入者、ユーザー、および/または学識経験のある仲介者(医師等)に、関連リスクに関する助言と警告を十分に行い、市販後調査の義務を果たさなければなりません。特定のアルケマ製品が特定の医療機器に適するかどうかは、医療機器製造会社・販売会社、所轄官庁および治療医師のご判断のもとにお客様ご自身の責任で決定してください。

FORANE® はアルケマの登録商標です。  
© 2018アルケマ 無断複写・複製・転載を禁ず。

## 【お問い合わせ先】

 **セントラル硝子株式会社**

化成品営業部  
〒101-0054東京都千代田区神田錦町3-7-1  
興和一橋ビル  
Tel:03-3259-7315 Fax:03-3259-7488

**ARKEMA**  
INNOVATIVE CHEMISTRY

化学品本部  
〒100-0011東京都千代田区内幸町2-2-2  
富国生命ビル15F  
Tel:03-5251-9900 Fax:03-5251-9930