

■ 展望・解説 ■

有機熱媒体の特徴と熱物性

A Brief Review on Organic Heat Carriers

朝比奈 正*・小坂 岑雄**

Tadashi Asahina Mineo Kosaka



1. はじめに

熱の輸送は、エネルギーの効果的な利用に不可欠な要因であり、均一加熱ができ、精密な温度調節が可能な高温伝熱媒体は、極めて重要なものとなっている。

伝熱媒体としての水は、0℃～150℃程度の温度域では、極めて重要な伝熱媒体である。しかし、水の蒸気圧は200℃を越えると非常に高いものとなる上、鉄系金属に対して安定であるとは言い難い。このため200℃～400℃程度の温度域では、低蒸気圧で熱安定性のよい有機系熱媒体が利用される場合が多い。また0℃以下の低温利用においても、有機系熱媒体は単独で、あるいは水と混合されて使用される。有機系熱媒体については、これまでもいくつかの解説^{1)~5)}がなされているが、近年その種類も豊富になり、使用範囲も拡大されてきている。

最近、熱アトラス第四版⁶⁾が出版され、工業用伝熱媒体の詳細な物性値が集録されている。しかし、同書では、欧州で入手が容易な熱媒体が中心であって、本邦で入手が容易な工業用伝熱媒体とは若干の相違がある。このため、国内で入手の容易な有機系熱媒体の物性値を各社カタログから抄録し、表1～3に示すと共に、簡単な解説を加えた。なお、フロン系冷媒及び低温槽用冷却液体については、流体の熱物性集⁷⁾にも詳細なデータが集録されているため、表中では省略した。

2. 有機系熱媒体の使用条件

有機系熱媒体は、通常液相で使用するものが多いが、蒸気相が熱的に安定な、化合物単体、あるいは蒸気圧がほぼ等しい複数の化合物からなる混合系では、蒸気相も使用できる。蒸気相使用の利点は、

- (1) 蒸発潜熱を利用でき、使用熱媒体が少量ですむ。
- (2) 沸点による均一な伝熱温度が得やすい。
- (3) 複雑形状の伝熱面であっても熱輸送が行える。

等である一方、液相利用の利点は、

- (1) 複数カ所において異なる温度での利用、あるいは温度可変に対する対応が容易。
- (2) 小型装置では設備費が安くつく。

等が挙げられる。

有機系熱媒体は、加熱使用すると徐々に、また局部加熱が起こると急激に、熱分解を起し劣化する。熱分解で生じた低沸点化合物は、循環ポンプ中でキャピテーションを起こし、更に局部加熱を誘発する上、炭化物となった分解生成物は、伝熱面に付着し熱伝導を阻害する。有機系熱媒体は、一般には密閉系あるいは不活性ガスでカバーして使用すべきものであるが、空気の混入あるいは膨張タンク内が高温となった場合など、高温酸化による劣化も発生する。酸化劣化が進展すると、化合物が重合して粘度が増大し、さらには重く粘稠なタール状物質となり、最終的には運転不能に至ってしまう。有機系熱媒体の使用においては、その劣化程度の進行に注意することが重要である。

有機系熱媒体は、一般に低腐食性であって、金属材料に対する腐食は、ほとんど問題がなく、鉱油系熱媒体においても硫黄分は極めて低く抑えられており、通常問題となるような腐食を起さない。

3. 有機系熱媒体の種類

有機系熱媒体は次のように大別される。

- (1) 鉱油系
- (2) 芳香族系合成油
 - (2.1) アルキルベンゼン系
 - (2.2) ジフェニル系
 - (2.3) トリフェニル系
 - (2.4) アルキルナフタレン系
 - (2.5) ベンジル系

* 工業技術院名古屋工業技術試験所金属部主任研究官

** " " 首席研究官

〒462 名古屋市北区平手町1-1

表1 主な鉱油系熱媒体の熱物性値

| No | 品名 | 製造業者 | 流動点 引火点 沸点 ℃ | 代表熱物性値 | | | | | | 中和点値 mg KOH/g 残留炭素 % | 色 ASTM 比重 15/4℃ | 同製品シ リーズの 他の粘度 40℃ |
|----|-------------------------|-----------------|-----------------------|---------|---------------|-------------------------|-------------|-----------|-------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | | | 温度 ℃ | 熱伝導度 W/m·K | 密度 kg/m ³ | 比熱 J/g·K | 粘度 cSt | 蒸気圧 mmHg | | | |
| 1 | エッソサーム 500 | エッソ 石油 | -15 210 | 40 | | | | 28.9 | | 0.02 | L 0.5 | |
| | | | | 100 | 0.129 | 808 | 2.18 | 5.2 | | | | |
| | | | | 200 | 0.121 | 743 | 2.54 | 1.4 | 0.38 | | | |
| | | | | 300 | 0.114 | 678 | 2.91 | 0.68 | 25 | | | |
| 2 | コスモサーモ 32 | コスモ 石油 | -15 230 450 | 40 | | | | 32.89 | | 0.08 | 0.5 | 46.68 cSt |
| | | | | 100 | | | | 5.67 | (260 | | | |
| | | | | 150 | 0.125 | | 2.36 | | ℃) | | | |
| | | | | 200 | 0.122 | | 2.55 | | 8 | | | |
| 3 | サームオイル 32H | 昭和 シェル 石油 | -20 218 | 40 | 0.131 | 850 | 1.92 | 31.9 | | | L 0.5 | 22cSt |
| | | | | 100 | 0.127 | 814 | 2.15 | 5.5 | 0.001 | | | |
| | | | | 200 | 0.120 | 750 | 2.50 | | 0.54 | | | |
| | | | | 300 | 0.113 | 685 | 2.86 | | 30 | | | |
| 4 | サームオイル 32A | 松村 石油 | -12.5 212 360 | 40 | 0.132 | 851 | 1.96 | 32 | | 0.01 | L 0.5 | 20, 78, 90, 160, 500cSt |
| | | | | 100 | 0.128 | 815 | 2.17 | 5.4 | | | | |
| | | | | 200 | 0.120 | 756 | 2.53 | 1.4 | 7.6 | | | |
| | | | | 300 | 0.114 | 697 | 2.89 | 0.67 | 210 | | | |
| 5 | サーモール 32 | ゼネ ラル 石油 | -17.5 210 | 40 | | | | 29.9 | | 0.01 | 0.5 | |
| | | | | 100 | 0.128 | 809 | 2.18 | 5.22 | | | | |
| | | | | 200 | 0.121 | 745 | 2.54 | | | | | |
| | | | | 300 | 0.114 | 681 | 2.90 | | | | | |
| 6 | ダイヤモン ドサーモ オイル 68 | 三菱 石油 | -12.5 250 | 40 | 0.132 | 864 | 1.94 | 67.5 | | 0.0 | L 0.5 | 100cSt |
| | | | | 100 | 0.126 | 824 | 2.16 | 8.7 | 0.006 | | | |
| | | | | 200 | 0.118 | 760 | 2.52 | 1.89 | 0.4 | | | |
| | | | | 300 | 0.110 | 700 | 2.88 | 0.91 | 28 | | | |
| 7 | ダフニ サーミック オイル 68 | 出光 興産 | -15 240 460 | 40 | 0.128 | 850 | 2.00 | 68.1 | | 0.06 | L 1.0 | |
| | | | | 100 | 0.124 | 810 | 2.22 | 9.42 | | | | |
| | | | | 200 | 0.117 | 746 | 2.61 | 1.74 | 0.18 | | | |
| | | | | 300 | 0.110 | 681 | 3.01 | 0.49 | 18 | | | |
| 8 | NeoSK- OIL L400 | 綜研 化学 | <-10 220 440 | 40 | 0.133 | 843 | 2.05 | 24.9 | | | 0.859 | |
| | | | | 100 | 0.129 | 805 | 2.27 | 5.2 | | | | |
| | | | | 200 | 0.122 | 742 | 2.63 | 1.56 | 0.18 | | | |
| | | | | 300 | 0.114 | 679 | 2.99 | 0.81 | 19.1 | | | |
| 9 | ハイサーム 32 | 日本 石油 | -12.5 234 431 | 40 | 0.131 | 857 | 1.95 | 30.2 | | 0.04 | L 1.0 | 68, 100 cSt |
| | | | | 100 | 0.126 | 823 | 2.17 | 5.26 | | | | |
| | | | | 200 | 0.119 | 767 | 2.53 | 1.82 | | | | |
| | | | | 300 | 0.113 | 710 | 2.90 | 0.88 | | | | |
| 10 | モビル サーム 603 | モビル 石油 | <-7 >190 407 | 40 | 0.132 | 855 | 1.95 | 20 | | | | |
| | | | | 100 | 0.127 | 816 | 2.17 | 4.2 | | | | |
| | | | | 200 | 0.121 | 753 | 2.53 | 1.3 | 11 | | | |
| | | | | 300 | 0.114 | 688 | 2.89 | 0.7 | 220 | | | |

(3)シリコン油系

(3.1)ジメチルシリコン系

(3.2)メチルフェニルシリコン系

(4)パーフルオロ系

(4.1)パーフルオロポリエーテル系

(4.2)フルオロカーボン不活性液系

(5)フロン系等の冷媒

(6)低温槽用冷却液体

以下、これらの概略を示すこととする。

3.1 鉱油系熱媒体

鉱油系熱媒体は、ナフサ油あるいはパラフィンを精製し低沸点物の除去、粘度調節、酸化安定剤等の添加をおこなった熱媒体で、多成分の炭化水素化合物の混

合物からなり、常圧あるいは加圧下での液体状態で使用する熱媒体であって、各石油メーカーから耐熱性鉱油として市販されている。

3.2 芳香族系合成熱媒体

芳香族系合成熱媒体は、フェニル基を1ないし複数個もつ熱安定性の高い化合物で形成される熱媒体で、分子鎖が短いと流動点が低く、低温特性が優れたものとなり、分子鎖が長いと沸点が高く、高温での使用が容易になる。

アルキルベンゼン系熱媒体は、通常ベンゼン環に数個のアルキル基が付いた化合物の混合系であって、常圧下の液相での使用が原則であるが、精製度を高とした低分子系では、蒸気相の使用が可能なものもある。

表 2-1 主な合成熱媒体の熱物性値

| No | 品名 | 物質構成 分子量 | 製造業者 | 流動点 引火点 沸点 ℃ | 使用範囲 ℃ (境界) 使用状態 | 代 表 熱 物 性 値 | | | | | | 蒸発潜熱 J/g 比重 25/4℃ |
|----|------------------|--------------------------|-------|-----------------------|---------------------------|-------------|---------------|-------------------------|-------------|-----------|-------------|----------------------------|
| | | | | | | 温度 ℃ | 熱伝導度 W/m·K | 密度 kg/m ³ | 比熱 J/g·K | 粘度 cSt | 蒸気圧 mmHg | |
| 1 | NeoSK-OIL 170 | アルキルナフタレン (135) | 綜研化学 | <-80 | -80 | -70 | 0.140 | 933 | 1.49 | 58 | | 291 |
| | | | | 62 | ~ 250 | 0 | 0.135 | 877 | 1.75 | 1.53 | | |
| | | | | 176 | | 100 | 0.128 | 796 | 2.10 | 0.54 | 46 | 0.857 |
| | | | | | 気・液相 | 200 | 0.121 | 709 | 2.46 | 0.44 | 1390 | |
| 2 | パレール サー-A PA | アルキルナフタレン (134) | 松村石油 | <-70 | -70 | -60 | 0.140 | 927 | 1.6 | 7.4 | | |
| | | | | 64 | ~ 260 | 0 | 0.136 | 876 | 1.8 | 1.5 | | |
| | | | | 176 | (360) | 100 | 0.128 | 795 | 2.2 | 0.49 | | 0.855 |
| | | | | | 気・液相 | 200 | 0.121 | 723 | 2.6 | 0.31 | | |
| 3 | パレール サー-A 1H | アルキルナフタレン (210) | 松村石油 | <-70 | -50 | -40 | 0.148 | 844 | 1.7 | 41 | | |
| | | | | 92 | ~ 200 | 0 | 0.145 | 817 | 1.9 | 7.2 | | |
| | | | | 215 | (320) | 100 | 0.137 | 750 | 2.3 | 1.1 | | 0.801 |
| | | | | | 液相 | 200 | 0.129 | 683 | 2.6 | 0.52 | | |
| 4 | パレール サー-A 2H | アルキルナフタレン (246) | 松村石油 | -70 | -30 | 0 | 0.136 | 872 | 1.8 | 16 | | |
| | | | | 140 | ~ 280 | 100 | 0.128 | 807 | 2.2 | 1.5 | | |
| | | | | 294 | (320) | 200 | 0.121 | 743 | 2.6 | 0.58 | | 0.856 |
| | | | | | 液相 | 280 | 0.115 | 692 | 2.8 | 0.39 | | |
| 5 | パレール サー-A200 | アルキルナフタレン (380) | 松村石油 | <-20 | -10 | 0 | 0.131 | 899 | 1.8 | 360 | | |
| | | | | 206 | ~ 290 | 100 | 0.124 | 841 | 2.1 | 5.0 | | |
| | | | | 382 | (320) | 200 | 0.117 | 784 | 2.2 | 1.2 | 9.0 | 0.884 |
| | | | | | 液相 | 300 | 0.110 | 727 | 2.8 | 0.61 | 210 | |
| 6 | サー-A1S 300 | ジフェニル・ジフェニルエーテル (166) | 新日鐵化学 | 12 | 12 | 20 | 0.143 | 1065 | 1.62 | 4.17 | | 291 |
| | | | | 115 | ~ | 200 | 0.125 | 911 | 2.09 | 0.37 | 177 | |
| | | | | 257 | (400) | 300 | 0.115 | 818 | 2.35 | 0.27 | 1810 | 1.061 |
| | | | | | 気・液相 | 400 | 0.106 | 700 | 2.61 | 0.26 | 8490 | |
| 7 | パレール サー-A330 | ジフェニル・ジフェニルエーテル (166) | 松村石油 | 12 | 12 | 20 | 0.142 | 1064 | 1.6 | 3.9 | | |
| | | | | 124 | ~ 370 | 200 | 0.124 | 898 | 2.1 | 0.45 | | |
| | | | | 257 | (400) | 300 | 0.114 | 804 | 2.4 | 0.29 | | 1.060 |
| | | | | | 気・液相 | 380 | 0.107 | 732 | 2.6 | 0.23 | | |
| 8 | サー-A1S 600 | モノエチルジフェニル (182) | 新日鐵化学 | <-30 | -30 | 0 | 0.148 | 1020 | 1.52 | 8.0 | | 286 |
| | | | | 130 | ~ | 200 | 0.116 | 863 | 2.22 | 0.54 | 88 | |
| | | | | 286 | (380) | 300 | 0.101 | 783 | 2.57 | 0.42 | 1010 | 1.003 |
| | | | | | 気・液相 | 380 | 0.088 | 701 | 2.84 | 0.43 | 3810 | |
| 9 | サー-A1S 700 | ジエチルジフェニル (210) | 新日鐵化学 | <-30 | -30 | 0 | 0.140 | 1006 | 1.72 | 21 | | 254 |
| | | | | 150 | ~ | 200 | 0.111 | 839 | 2.41 | 0.86 | 29 | |
| | | | | 315 | (360) | 300 | 0.097 | 735 | 2.76 | 0.70 | 540 | 0.986 |
| | | | | | 気・液相 | 360 | 0.088 | 691 | 2.97 | 0.69 | 1870 | |
| 10 | サー-A1S 800 | モノエチルジフェニル (238) | 新日鐵化学 | <-30 | -30 | 0 | 0.137 | 1003 | 1.87 | 53 | | 231 |
| | | | | 170 | ~ | 100 | 0.122 | 920 | 2.22 | 2.5 | | |
| | | | | 340 | (340) | 200 | 0.108 | 834 | 2.57 | 1.2 | 15 | 0.983 |
| | | | | | 液相 | 300 | 0.094 | 749 | 2.91 | 1.1 | 350 | |
| 11 | NeoSK-OIL 330 | イソプロピルナフタレン (238) | 綜研化学 | <-40 | -40 | 0 | 0.121 | 974 | 1.65 | 84 | | 231 |
| | | | | 164 | ~ 340 | 100 | 0.115 | 919 | 1.97 | 2.12 | | |
| | | | | 336 | | 200 | 0.108 | 864 | 2.29 | 0.73 | 15 | 0.960 |
| | | | | | 液相 | 300 | 0.101 | 807 | 2.61 | 0.38 | 340 | |

ジフェニル26.5%-ジフェニルエーテル73.5%の共晶混合物系は、熱的安定性が極めて優れており、世界的に最もよく使用される有機熱媒体であるが、この系の欠点は、低温での使用が不可能な点であって、このためジフェニルをアルキル化して、低温使用を可能としているものもある。

トリフェニル系熱媒体としての、トリフェニル自体は、熱的に安定な異性体混合物で、その蒸気圧はかなり低く、腐食性がほとんどなく潤滑性のある材料である。このトリフェニルの二重結合を、完全に水素化すると常温でワックス状の固体となるが、不完全に水素

化すると高沸点、低蒸気圧、低流動点の液体が得られ、通常こうした液体が使用される。

アルキルナフタレン系熱媒体は、ナフタレンに数個のアルキル基が付いた化合物で、分子量の多いものは常圧下の液相使用が原則であるが、短分子系では、蒸気相の使用も可能なものもある。

ベンジル系熱媒体はアルキルベンゼンに1ないし複数のベンジル基が付いた化合物で、高沸点で低温流動性のある。常圧下の液相で使用される熱媒体である。

3. 3 シリコーン油系熱媒体

シリコーン油は、シロキサン結合(Si-O-Si)を骨格

表 2-2 主な合成熱媒体の熱物性値 (続き)

| No | 品名 | 物質構成 分子量 | 製造業者 | 流動点 引火点 沸点 °C | 使用範囲 °C (培膜) 使用状態 | 代 表 熱 物 性 値 | | | | | | 蒸発潜熱 J/g 比重 25/4°C |
|----|-----------------------|-------------------------------|-----------|------------------------|----------------------------|-------------|---------------|-------------------------|-------------|-----------|-------------|-----------------------------|
| | | | | | | 温度 °C | 熱伝導度 W/m·K | 密度 kg/m ³ | 比熱 J/g·K | 粘度 cSt | 蒸気圧 mmHg | |
| 12 | サ-ムス 900 | 水素化 トリフェニル (236) | 新日 鐵化学 | <-10 170 364 | 0 | 0.123 | 1028 | 1.43 | 160 | | | 225 |
| | | | | | ~ | 200 | 0.113 | 867 | 2.20 | 0.90 | 15 | |
| | | | | | (360) | 300 | 0.109 | 787 | 2.58 | 0.48 | 240 | 1.007 |
| | | | | | 液相 | 360 | 0.104 | 727 | 2.81 | 0.41 | 720 | |
| 13 | ハ-レル サ-ム300 | 水素化 トリフェニル (236) | 松村 石油 | <-10 170 344 | -5 | 0.122 | 1028 | 1.5 | 313 | | | |
| | | | | | ~ 340 | 200 | 0.110 | 878 | 2.2 | 1.2 | | |
| | | | | | (370) | 300 | 0.104 | 805 | 2.6 | 0.43 | | 1.009 |
| | | | | | 液相 | 360 | 0.101 | 760 | 2.8 | 0.34 | | |
| 14 | サ-ムス 200-S | アルキル ナフタリン (142) | 新日 鐵化学 | <-10 105 244 | -10 | 0.131 | 1017 | 1.46 | 4.1 | | 310 | |
| | | | | | ~ | 100 | 0.124 | 958 | 1.79 | 0.86 | | |
| | | | | | (300) | 200 | 0.117 | 901 | 2.03 | 0.34 | 247 | 1.002 |
| | | | | | 気-液相 | 300 | 0.111 | 843 | 2.18 | 0.20 | 2430 | |
| 15 | NeoSK- OIL 240 | メチルナフ タリン (150) | 綜研 化学 | <-5 104 244 | -5 | 0.117 | 1006 | 1.55 | 4.74 | | 306 | |
| | | | | | ~ 340 | 100 | 0.111 | 933 | 1.86 | 0.87 | 5 | |
| | | | | | | 200 | 0.104 | 858 | 2.17 | 0.41 | 247 | 0.988 |
| | | | | | 気-液相 | 300 | 0.099 | 776 | 2.49 | 0.24 | 2250 | |
| 16 | KSK- OIL 260 | メチルナフ タリン (180) | 綜研 化学 | <-50 120 266 | -50 | 0.124 | 999 | 1.50 | 190 | | 266 | |
| | | | | | ~ 350 | 100 | 0.115 | 897 | 1.96 | 1.15 | 3.8 | |
| | | | | | | 200 | 0.109 | 834 | 2.28 | 0.49 | 145 | 0.948 |
| | | | | | 気-液相 | 300 | 0.102 | 764 | 2.63 | 0.27 | 1530 | |
| 17 | KSK- OIL 280 | メチルナフ タリン (210) | 綜研 化学 | <-40 140 303 | -40 | 0.123 | 981 | 1.59 | 274 | | 244 | |
| | | | | | ~ 340 | 100 | 0.116 | 898 | 1.98 | 1.69 | | |
| | | | | | | 200 | 0.109 | 829 | 2.30 | 0.62 | 45.2 | 0.951 |
| | | | | | 気-液相 | 300 | 0.102 | 757 | 2.62 | 0.33 | 706 | |
| 18 | KSK- OIL 330 | メチルナフ タリン (230) | 綜研 化学 | <-30 155 321 | -30 | 0.119 | 993 | 1.61 | 60.9 | | 232 | |
| | | | | | ~ 330 | 100 | 0.113 | 924 | 1.93 | 2.0 | | |
| | | | | | | 200 | 0.106 | 855 | 2.24 | 0.73 | 26.5 | 0.976 |
| | | | | | 液相 | 300 | 0.100 | 784 | 2.56 | 0.40 | 486 | |
| 19 | ハイテカ A 32 | アルキルナ フタリン | 日本 石油 | -25 230 | | | | | | | | |
| | | | | | | 100 | 0.122 | | 2.13 | 5.12 | | |
| | | | | | | 200 | 0.115 | | 2.48 | 1.32 | 0.6 | 0.909 |
| | | | | | 液相 | 300 | 0.108 | | 2.84 | 0.70 | | (15/4°C) |
| 20 | NeoSK- OIL 1300 | ヘンツル アルキルヘ ンセン (190) | 綜研 化学 | <-60 138 291 | -60 | 0.143 | 1042 | 1.44 | 190 | | 301 | |
| | | | | | ~ 330 | 100 | 0.124 | 943 | 1.87 | 1.15 | 0.6 | |
| | | | | | | 200 | 0.108 | 872 | 2.18 | 0.44 | 64 | 0.997 |
| | | | | | 液相 | 300 | 0.095 | 797 | 2.49 | 0.23 | 910 | |
| 21 | NeoSK- OIL 1400 | ジヘン ジメチルエ ン (270) | 綜研 化学 | <-30 212 391 | -30 | 0.140 | 1057 | 1.51 | 178 | | 275 | |
| | | | | | ~ 350 | 200 | 0.116 | 917 | 2.12 | 0.76 | 2.8 | |
| | | | | | | 300 | 0.103 | 847 | 2.42 | 0.35 | 87 | 1.039 |
| | | | | | 液相 | 380 | 0.092 | 792 | 2.65 | 0.25 | 603 | |
| 22 | ハ-レル サ-ム400 | ジヘン ジメチルエ ン (270) | 松村 石油 | <-20 210 390 | -10 | 0.135 | 1059 | 1.5 | 192 | | | |
| | | | | | ~ 340 | 200 | 0.114 | 920 | 2.2 | 0.82 | | |
| | | | | | (370) | 300 | 0.102 | 852 | 2.5 | 0.44 | | 1.042 |
| | | | | | 液相 | 360 | 0.095 | 810 | 2.7 | 0.35 | | |

とした人工ポリマーで、重合度を調節することにより、広範囲の粘度の油が合成される。重合度の低いシリコン油は、低温特性に優れるが、耐熱性熱媒体としては、25°Cの動粘度が30~1000mPa·s程度のものが主に使用される。シリコン油の特徴としては、耐熱性、低蒸気圧、難燃性、高耐酸化性等により、空気中でのかなりの高温まで使用できる点、化学的に不活性な点、表面張力が小さい点、電気絶縁性が良好な点等が挙げられる。

ジメチルシロキサン系は標準的なシリコン油であ

って、180°C程度(実用上)までの開放系で使用できる。また、ジメチルシリコン油に酸化防止剤等の耐熱向上剤を配合して、さらに高温に耐えるものもある。

メチルフェニルシロキサン系熱媒体は、ジメチルシリコン油のメチル基の一部をフェニル基に置換したもので、フェニル基含有量が5~8モル%のものは、低温用として、また25%以上含有するものは優れた耐熱性を示す。このメチルフェニル系は特に密閉係での使用に優れた特性を発揮する。

表3-1 主な難燃性熱媒体の熱物性値（シリコン油）

| No | 品名 | 製造業者 | 物質構成 色 | 流動点 引火点 沸点 ℃ | 開放 使用 範囲 ℃ | 代表熱物性値 | | | | | | 製品シリーズの 粘度範囲 cSt(25℃) |
|----|------------|---------|--------------------|-----------------------|---------------------|------------|---------------|-------------------------|-------------|--------------|-------------|-----------------------------|
| | | | | | | 温度 ℃ | 熱伝導度 W/m·K | 密度 kg/m ³ | 比熱 J/g·K | 粘度 cSt | 蒸気圧 mmHg | |
| 1 | KF96-100 | 信越化学 | ジメチル シリコン | <-50 | -40 | 0 | | 989 | | 171 | | .65~1M, 24種 |
| | TSP451-100 | 東芝シリコン | シリコン | >300 | ~ | 25 | 0.155 | 967 | 1.47 | 100 | | 5~500k, 20種 |
| | SH200-100 | トレ・シリコン | オイル | --- | 180 | 100 | | 904 | 1.63 | 31.3 | | .65~100k, 21種 |
| | L45-100 | 日本エコー | | | 200 | | | 825 | 1.76 | 11.4 | | 10~60k, 8種 |
| | M-100 | 松村石油 | 無色 | | 300 | | | | | | 0.21 | 2~350, 5種 |
| 2 | KF965-100 | 信越化学 | 耐熱 ジメチル シリコン | <-50 >315 | -40 ~ | | | ↑ | | ↑ | 0.18 at | 100~10k, 3種 |
| | YF33-100 | 東芝シリコン | 茶褐色 | --- | 250 | | | | | | 300℃ | 100~10k, 4種 |
| 3 | SRX310 | トレ・シリコン | 耐熱 ジメチル 無色 | <-50 >300 | ~ 250 | | | ↑ | | ↑ | | |
| 4 | KF968 | 信越化学 | 耐熱 ジメチル 無色 | <-50 >300 | -40 ~ | | | ↑ | | ↑ | | |
| | TSP458-100 | 東芝シリコン | 淡黄色 | --- | 250 | 25 | | 963 | | 100 | | 50, 100, 2種 |
| 5 | KF50-100 | 信越化学 | 耐寒 メチル シリコン | <-65 >275 | -60 ~ | 0 25 | 0.151 | 1017 996 | 1.6 | 181 100 | | 100~3k, 4種 |
| | SH510-100 | トレ・シリコン | フェニル シリコン | --- | 200 | 100 | | 934 | | 27.7 | | 50~1k, 4種 |
| | TSP431 | 東芝シリコン | 無色 | | 200 | 200 | | 859 | | 9.3 | | |
| 6 | KF54 | 信越化学 | 耐熱 メチル シリコン | <-30 >300 | -30 ~ | 0 25 | 0.146 | 1093 1074 | 1.6 | 1770 450 | 0.33 at | |
| | SH710 | トレ・シリコン | フェニル シリコン 無色 | --- | 250 | 100 200 | | 1019 948 | | 46.3 10.9 | 300℃ | |
| 7 | TSP433 | 東芝シリコン | 耐熱 メチル シリコン | -40 >330 | -20 ~ | 0 25 | 0.134 | 1056 | 1.6 | 1700 400 | | |
| | | | フェニル シリコン 無色 | | 250 200 | | 100 200 | | 25 5.2 | | | |

注↑：上欄の数値にほぼ同じ

表3-2 主な難燃性熱媒体の熱物性値（パーフルオロ系）

| No | 品名 | 製造業者 | 物質構成 分子量 | 流動点 引火点 沸点 ℃ | 使用上限 温度 ℃ | 代表熱物性値 | | | | | | 製品シリーズの 粘度(cSt, 20℃) 及び分子量(mw) の範囲 |
|----|---------------|---------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|---------------|-------------------------|-------------|-------------------------|--|---|
| | | | | | | 温度 ℃ | 熱伝導度 W/m·K | 密度 g/cm ³ | 比熱 J/g·K | 粘度 cSt | 蒸気圧 mmHg | |
| 8 | デムタム S-65 | タケノ工業 | 直鎖 ポリエーテル | -65 --- | air 350 | 20 80 200 | | 1.873 1.755 | | 150 19 3 | 2·10 ⁻⁷ 4·10 ⁻⁵ 3·10 ⁻² | 53~500 cSt 2700~8400 mw (4種) |
| | | | 側鎖 ポリエーテル | -35 --- | inert gas 370 | 20 38 99 260 | 0.093 | 1.906 1.877 1.77 | | 800 270 26 2.1 | 8·10 ⁻⁸ 7·10 ⁻⁶ 2·10 ⁻³ | 40~1500 cSt 1850~8250 mw (8種) |
| | | | 側鎖 ポリエーテル | -35 --- | inert gas 350 air 300 | 20 100 | 0.088 | 1.90 | 1.0 | 250 9 | | 35~2000 cSt 1500~7500 mw (5種) |
| 10 | フロンリン Y25 | モンテジッソ | 側鎖 ポリエーテル | -45 --- | | 20 40 100 | | 1.89 | | 270 95 13 | 8·10 ⁻⁸ 4·10 ⁻⁵ | 68~1400 cSt 2100~7500 mw (8種) |
| 12 | フロリナート FC-43 | 住友スリーエム | ハ フルオロ | -50 | | 25 50 | 0.067 | 1.872 1.815 | 1.05 | 2.6 1.5 | 1.2 2.4 | (7種) ¹⁾ |
| | フロンート E-18 | 旭硝子 | トリ フル | --- | | 100 | | 1.700 | | 0.6 | 48 | (4種) ²⁾ |
| | エトフ EFL174 | 新秋田化成 | アミン | 174 | | 150 | | 1.568 | | 0.2 | 340 | (4種) ³⁾ |
| 13 | カールデ ン D20 | モンテジッソ | 側鎖 ポリエーテル | -66 --- | | 25 | 0.071 | 1.85 | 0.96 | 14 | <10 ⁻² | 0.83~34 cSt ⁴⁾ ~1550 mw (9種) |

注1：沸点範囲 56~215℃のハ-フルオロ化合物あるいはその混合物で構成

注4：25℃の値

2： 82~175℃
3： 102~215℃

3. 4 パーフルオロ系熱媒体

パーフルオロ不活性液体系熱媒体は、ポリエーテルやアルカン等の有機物中の水素を全てフッ素に置換したもので、不燃性で耐酸化性・熱安定性が高く、化学的に極めて安定で金属や有機物を侵さず、優れた電気絶縁性と低表面張力、高密度といった特徴を持っている。しかし分解点以上へ加熱したり、裸火にさらしたりすると、毒性の高い化合物を発生する恐れがある。

パーフルオロポリエーテルには、直鎖状のものと分岐構造を有するものがあり、重合度を調節することにより、広範囲の粘度の液体が合成される。平均分子量が増加すると、粘度及び流動点は上昇するが、揮発性及び蒸気圧は低下し、広い温度範囲で使用できる優秀な熱媒体である。

フルオロカーボン不活性液は、電解フッ素化等によって得られる、CとFで作られるアルカン類、あるいはC-C間にN、Oを有するCとFの一連の飽和化合物であって、その構造と分子量により、広範囲の沸点を持つものが得られている。

3. 5 フロン系熱媒体

フロンは比較的低次の有機フッ素化合物の総称であり、熱媒体としてのフロンの使用は、ほぼ冷媒としてに限られる。フロンは不燃性であり、熱的に安定で容易には分解せず、また化学的にも不活性な物質であるが、水分が共存すると加水分解し、腐食性を呈する。また分解点以上への加熱では、有毒性ガスを発生する恐れがある。さらに近年は、地球環境に対する悪影響から、フロンは新たな展開を迎えようとしている。

フロンは、全ての熱力学的特性が、アンモニア等の冷媒に優っているわけではないが、いくつかの使いやすさの点で、広く使われるに至っている。フロン化合物には、多くの種類があり、その物性値も広範囲に及

んでいるが、冷媒として冷凍機に使われる主なものは、R11, R12, R22, R113, R114, R500,等である。

吸収式冷凍機における伝熱媒体としては、水の使用が多いが、蒸発温度が氷点以下の低温用では、上記フロンや蒸発潜熱の大きいハロゲン化アルコール(2,2,2-トリフルオロエタノール等)が使用されている。

3. 6 低温槽用冷却液体

低温槽用有機熱媒体としては、アルコール、グリコール、ベンゼン、トリクロルエチレン等が常温から-100℃程の温度域で使用され、また不凍冷却液としては、アルコールやグリコールの水溶液が使用されることが多い。これらの液体には、比熱および熱伝導度が大きい利点があるが、容器に対する侵食性に難があり、インヒビターの併用が必要である。

4. おわりに

代表的な市販有機熱媒体の熱物性値の数例を示したが、詳細な熱物性値の使用に際しては注意が必要である。特に測定が難しい高温での熱伝導度等には、かなりの誤差が含まれる場合があることの認識が不可欠であろう。

参 考 文 献

- 1) 化学工学協会編；化学工学便覧(1988), p.387, 丸善。
- 2) 化学工学協会編；分解加熱蒸留を中心とする設計(1974), p. 159, 丸善。
- 3) 若尾法昭；化学工場, 19巻, 10号(1975), 10。
- 4) 梅原英毅；化学装置, 14巻, 5号(1972), 36。
- 5) 化学日報社編；10889の化学商品(1989), p.619及びp.701, 化学日報社。
- 6) ドイツ技術者協会(VDI)編；熱計算ハンドブック(1988), 日本能率協会。
- 7) 日本機械学会編；流体の熱物性値集(1983), 日本機械学会。

