

〈解説〉

## 硬質ウレタンフォームの発泡剤をめぐる 環境問題対策の動向について

基幹産業事業本部 工事業業部 工事技術部 服部 泰紀

### 1. はじめに

硬質ウレタンフォームの発泡剤として使用されてきた“フロン”にまつわる環境問題を解決する切り札として新しい発泡剤が開発され、実用化に向けた取り組みがなされはじめている。また“フロン”対策に関する環境行政も法改正がなされたことで新たな段階に入りつつある。これらの動向は複数の法律や国際状況が関与している上に、一元的にまとめられた資料が乏しく、理解しにくい。本稿においては硬質ウレタンフォームの発泡剤における規制の経緯と最新の動向について解説する。

### 2. 硬質ウレタンフォームについて

#### 2.1 硬質ウレタンフォームとは

ウレタンフォームは一般に軟質ウレタンフォームと硬質ウレタンフォームに大別される。

軟質ウレタンフォームは身の回りでは家具や寝具、自動車シートのクッション、台所用品、食品トレイなどによく使われる材料である。

一方、硬質ウレタンフォームは通常、目に触れる機会がないため、馴染みのない読者も多いことと思われるが、民生用、産業用の断熱材として広く使用され、ややおおげさに言えば現代の社会を支える重要な役割を果たしている。

#### 2.2 硬質ウレタンフォームの特徴と用途

硬質ウレタンフォームはウレタン樹脂で形成された直径0.5mm未満の微小な独立気泡から構成され、気泡内部には発泡剤由来のガスが封入

されている（図1）。そのガスにフロン類など熱伝導率が低いものを使用することにより、硬質ウレタンフォームは他の断熱材に比べて高い断熱性能を得ることができる。

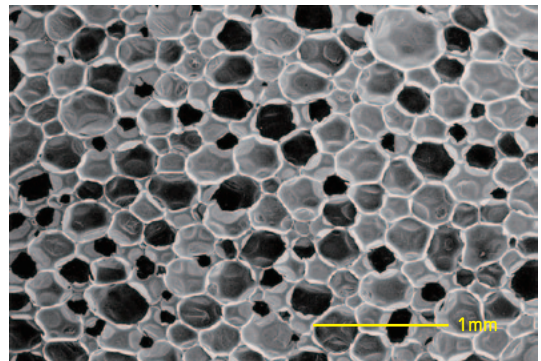


図1 硬質ウレタンフォーム気泡の拡大写真 (SEM)

また、ウレタン樹脂は比強度が高く、耐低温性や寸法安定性も良好なため、この特徴を活かして硬質ウレタンフォームは主に常温やそれ以下の温度領域における断熱材として利用されている。

主要な断熱用途は住宅、冷凍・冷蔵倉庫、冷蔵庫、自動販売機、LNGを始めとする低温流体を扱うプラント、LNG・LPG船、大型ロケットの液体酸素・液体水素推進薬タンクなどである。

当社では硬質ウレタンフォームを主材料としたプラント用保冷材製品として「フォームナート®」製品の製造およびこれを用いた断熱工事を事業の一つとしている。

#### 2.3 硬質ウレタンフォームの製造法と原料

硬質ウレタンフォームは液体原料が化学反応

により樹脂状に固化する過程で、発泡剤に由来する気体により原液を発泡させて製造される。硬質ウレタンフォームを生成する方法は型内に注入、発泡して成形品を製造したり、ベルトコンベア上に原液を供給して連続的にボードやブロックを製造する方法のほかに、施工対象物に直接原液を注入またはスプレーして断熱層を形成することが可能であり、このことが硬質ウレタンフォームの際立った特徴となっている。

例えば集合住宅などでは硬質ウレタンフォームのスプレー発泡による断熱工事が広く行われており、LNGプラントの断熱工事においては硬質ウレタンフォームの成形保温材を配管に取り付け、その目地に硬質ウレタンフォーム原液を注入発泡して一体化する施工法が一般的に行われる。

硬質ウレタンフォームの原料は芳香族ポリイソシアネートとポリオール類とを主として、これに触媒、発泡剤、整泡剤（気泡安定剤）、難燃剤などを併用する。発泡方法としては原液中に予め発泡剤を溶解しておき、イソシアネートとポリオールの反応熱により発泡剤が気化することにより液状の樹脂原料を発泡させる。あるいは、水とイソシアネートが反応した際に発生す

る炭酸ガスを発泡に利用する方法などもある。

## 2.4 発泡剤の役割

硬質ウレタンフォームの発泡方法としては、発泡剤を反応熱によって気化させる方法が主流であるが、これに使用する発泡剤はそのガスの熱伝導率が小さいことと常温付近に沸点があることが必須要件である。また、それ以外にもウレタンの原料に適度な溶解性をもっていること、化学的に安定で毒性がないこと、不燃性であることなど発泡剤が具備すべき特性には多くの要求がある。また発泡剤には、気化する際の蒸発潜熱によりウレタン原料の反応熱による硬質ウレタンフォーム生成時の内部の過剰な発熱を抑制する効果もある。

これらの要求を満たす発泡剤の選択肢は非常に少なく、従来クロロフルオロカーボン（CFC）、ハイドロクロロフルオロカーボン（HCFC）、ハイドロフルオロカーボン（HFC）のようなフルオロカーボン類が使用されてきた。かつて用いられたCFC-11は前述の要求を満たす優れた発泡剤であり、CFC-11があったがゆえに硬質ウレタンフォームが開発され、広く利用されるようになったともいえる。表1に硬質ウレタンフォームに用

表1 硬質ウレタンフォームの主な発泡剤

| 名称                         | CFC-11                 | HCFC-141b                         | HFC-245fa  | HFC-365mfc  | シクロペンタン                        | 炭酸ガス              |
|----------------------------|------------------------|-----------------------------------|--|---|--------------------------------|-------------------|
| 物質名                        | Trichlorofluoromethane | 1,1-Dichloro-1-fluoroethane       | 1,1,1,3,3-Pentafluoropropane                     | 1,1,1,3,3-Pentafluorobutane                                     | Cyclopentane                   | 二酸化炭素             |
| 化学式                        | CCl <sub>3</sub> F     | CCl <sub>2</sub> FCH <sub>3</sub> | CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CHF <sub>2</sub> | CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> | C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> | CO <sub>2</sub>   |
| 沸点 (1気圧) °C                | 23.8                   | 32.2                              | 15.3   | 40.2  | 49.3                           | —                 |
| 気体の熱伝導率 W/(m・K) (温度)       | 0.0084 (25°C)          | 0.0097 (25°C)                     | 0.0127 (25°C)                                    | 0.0106 (25°C)   | 0.013 (25°C)                   | 0.0145 (0°C)      |
| 燃焼範囲 vol %                 | なし                     | 7.6~17.7                          | なし   | 3.6~13.3  | 1.1-8.7                        | なし                |
| 引火点 °C                     | なし                     | なし                                | なし   | < -27   | -25                            | なし                |
| 大気寿命                       | 45年                    | 9.3年                              | 7.6年   | 8.6年  | 3日                             | —                 |
| オゾン層破壊係数 ODP <sup>注1</sup> | 1                      | 0.11                              | 0  | 0   | 0                              | 0                 |
| 地球温暖化係数 GWP <sup>注2</sup>  | 4750                   | 725                               | 1030   | 794   | 11                             | 1                 |
| モントリオール議定書 (オゾン層破壊物質)      | 対象物質 (附属書A Group I)    | 対象物質 (附属書C Group I)               | 非該当  | 非該当   | 非該当                            | 非該当               |
| 京都議定書 (温暖化ガス)              | 非該当                    | 非該当                               | 対象物質   | 対象物質  | 非該当                            | 対象物質              |
| 地球温暖化対策推進法                 | 非該当                    | 非該当                               | 非該当  | 非該当   | 非該当                            | 対象物質              |
| オゾン層保護法                    | 対象物質                   | 対象物質                              | 非該当  | 非該当   | 非該当                            | 非該当               |
| 大気汚染防止法 (VOC規制)            | 非該当                    | 非該当                               | 非該当  | 非該当   | 対象物質                           | 非該当               |
| グリーン購入法                    | 非該当                    | 非該当                               | 非該当 (JIS A9511 B種)                               | 非該当 (JIS A9511 B種)  | 対象 (JIS A9511 A種)              | 対象 (JIS A9511 A種) |
| 備考                         | 1996年以降使用禁止            | 2004年以降発泡用途は全廃                    | 2011年COP17において京都議定書の温暖化ガスに指定                     | 2011年COP17において京都議定書の温暖化ガスに指定                                    |                                |                   |

\*表の数値は各メーカーの発表値およびIPCC Assessment Reportによる。

いられる主要な発泡剤を示す。

注1：ODP（Ozone Depletion Potential）オゾン破壊係数。気体のオゾン層破壊能力を表す、CFCを1とした指数。基本的には塩素を含まない物質のODPは0である。

注2：GWP（Global Warming Potential）地球温暖化係数。気体の地球温暖化能力を示す二酸化炭素を1とした係数。多くの場合、その影響度合を100年間に渡り積分した値が使われる。

### 3. 発泡剤をめぐる環境問題と関連法規

前項で述べたように、CFCは優れた発泡剤として利用されてきた。しかし、CFCは化学的に安定であったことがかえって災いし、大気中に拡散して地球の成層圏にまで到達した結果、オゾン層を破壊する環境問題を引き起こしたのは周知の事実となっている。このため、CFCはODPがCFCの10分の1となるHCFCに代替された。

さらに、現在ではODOがゼロのHFCが開発

された結果、HFC-245faおよびHFC-365mfcが硬質ウレタンフォームの主要な発泡剤となっている。CFCがHFCに置き換わったことで、オゾン層破壊問題はひとまず対処がなされたが、一方でHFCは一般に強力な地球温暖化ガスであり、現在はむしろこちらのほうが大きな問題となっている。

表2に環境問題への対策の動向の概要をまとめた。

#### 3.1 オゾン層破壊問題

##### 3.1.1 モントリオール議定書

1985年に採択された「オゾン層の保護のためのウィーン条約」に基づいて1987年に「オゾン層を破壊する物質に関するモントリオール議定書」（以下「モントリオール議定書」）が採択された。規制すべきオゾン層破壊物質を定義し、その削減に関する国際的な枠組みが決められた。

表2 発泡剤に関する環境対策年表

| 国際動向  | 年               | 国内動向                | 主な硬質ウレタンフォーム発泡剤  |                       |                               |                                 |  |
|---|-----------------|---------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------------------|--|
|   |                 |                     | 第1世代<br>CFC11    | 第2世代<br>HCFC141b      | 第3世代<br>HFC245fa<br>HFC365mfc | 第4世代<br>HFC1233zd<br>HFO1336mzz |  |
| オゾン層の保護のためのウィーン条約採択                         | 1985            |                     | ↓<br>1996年<br>全廃 |                       |                               |                                 |  |
| モントリオール議定書採択                                | 1987            | オゾン層保護法公布、CFC類の規制開始 |                  |                       |                               |                                 |  |
| 気候変動枠組条約採択                                  | 1992            |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
| 気候変動枠組条約発効                                  | 1994            |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
|   | 1996            |                     |                  | 化学品審議会にてHCFC類の削減日程決まる |                               |                                 |  |
| 京都議定書採択                                     | 1997            |                     |                  | 地球温暖化対策推進法公布          | ↓<br>2004年<br>発泡用全廃           |                                 |  |
|   | 1998            |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
|   | 2001            |                     |                  | フロン回収破壊法公布            |                               |                                 |  |
|   | 2003            |                     |                  | 発泡用HCFC-141bの生産、輸入全廃  |                               |                                 |  |
|   | 2005            |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
| 京都議定書発効                                     | 2005            |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
| IPCC第4次報告書発行                                | 2007            |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
| COP17 京都議定書対象ガスにHFCを追加<br>第二約束期間設定の合意、日本不参加 | 第一都約議定書<br>2008 |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
|   | 第二約束期間<br>2011  |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
|   | 2012            |                     |                  |                       |                               |                                 |  |
| COP21 第二約束期間以後の枠組みへの合意期限                    | 第二都約議定書<br>2013 | 新フロン法（改訂フロン回収破壊法）公布 |                  |                       |                               |                                 |  |
|   | 2015            | 新フロン法にもとづく省政令公布予定   |                  |                       |                               |                                 |  |
|   | 2020            |                     |                  |                       |                               |                                 |  |

「モントリオール議定書」では対象となるオゾン層破壊物質を2020年までに原則全廃することを求めている。

### 3.1.2 オゾン層保護法

「モントリオール議定書」に基づき、「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律」（以下「オゾン層保護法」）が1988年に公布された。「オゾン層保護法」は「モントリオール議定書」の対象となったCFC, HCFCその他のオゾン層破壊物質の輸出入、製造と使用を管理する法律で、オゾン層破壊物質を削減、廃止する上で重要である。硬質ウレタンフォームの発泡剤ではCFC-11, CFC-12, HCFC-141b, HCFC-22などが該当する。

この法律に基づいてCFC-11およびCFC-12は1996年に全廃され、HCFC-141b, HCFC-22にそれぞれ転換された。

しかし、HCFC類もODPがゼロではないため、過渡的な位置づけとされ、1996年に化学品審議会オゾン層保護対策部会（当時）の答申において種類、用途ごとの削減、廃止スケジュールが定められた。

この結果、HCFC-141bは発泡用途の製造、輸入は2003年末に全廃され、代替物質として新たに開発されたHFC-245faおよびHFC-365mfcへの転換が2004年以降進んだ。また、HCFC-22もHFC-134aへ転換された。

## 3.2 地球温暖化問題

オゾン層破壊問題とは別に、地球温暖化が国際的問題としてクローズアップされるようになると、HFC-134aやHFC-245fa, HFC-365mfcなどを含むHFC類はオゾン層を破壊しない一方で、強力な地球温暖化ガスであったため、「気候変動に関する国際連合枠組条約」のもとで製造と使用の管理、削減が進められることとなった。

### 3.2.1 京都議定書と地球温暖化対策推進法

地球温暖化問題に対する国際的な取り組みは、1992年に採択された「気候変動枠組条約」に始まり、1997年に第3回気候変動枠組条約締約国会合（COP3）において採択された「京都議定書」によりその具体的内容が定められた。

「京都議定書」では2008年から2012年までを第

一約束期間として、この間に達成すべきHFC類を含む温暖化ガスの排出量の上限を国ごとに定め、排出量の削減を義務付けた。また、国家間の排出権取引やクリーン開発メカニズムなど温暖化ガスの排出量削減のための仕組みも合わせて作られた。

国内では「京都議定書」の批准を受けて「地球温暖化対策の推進に関する法律」（以下「地球温暖化対策推進法」）が1998年公布され、温室効果ガスの排出の抑制目標とこれを実施するための基本的事項が定められた。

### 3.2.2 京都議定書第二約束期間

さらに、京都議定書第一約束期間後の2013年から2020年までを第二約束期間として、その間の温暖化防止対策が第一約束期間中に締約国会合で繰り返し協議され、2011年に南アフリカダーバンで開催された第17回気候変動枠組条約締約国会合（COP17）において第二約束期間における「京都議定書」の運用ルールが合意された。

日本は世界の排出量の40%以上を占める米中をはじめとする主要国が不参加の状態に「京都議定書」を継続することは温暖化防止には資するところがないとしてCOP17において第二約束期間から離脱し、新たな国際的枠組みの構築に向けて活動することとなった。

HFC-245faとHFC-365mfcの2種の発泡剤は「京都議定書」が発効した後に開発されたため、京都議定書第一約束期間では規制対象とはなっていなかったが、このCOP17でこれらの発泡剤はIPCC<sup>注)</sup>第4次報告書で温暖化ガスに追加された他の物質とともに「京都議定書」の規制対象とされることが決定した。

注：IPCC（Intergovernmental Panel on Climate Change）気候変動に関する政府間パネル。人為起源による気候変動の社会、経済的影響の評価を目的として国連環境計画と世界気象機関により設置された組織。その成果は定期的に評価報告書（Assessment Report）としてまとめられ、政策決定のよりどころとされる。

### 3.2.3 フロン回収破壊法

2001年公布、2002年に施行された「特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律」（以下「フロン回収破壊法」）は「地球温暖化対策推進法」に基づき、空調機、冷凍機、

カーエアコンなどに使用される冷媒について、機器の保守、廃棄における回収と破壊を義務づけた法律である。

この法律で回収と破壊が義務付けられているのは空調冷凍機器などに使用されている冷媒が対象であり、一般の断熱材を廃棄する際に中に含まれている発泡剤の回収は経済上の理由により義務付けられてはいない。

なお、廃冷蔵庫などの断熱材に含まれる発泡剤は「家電リサイクル法」で回収・破壊もしくは再生が義務付けられており、リサイクル工場で処理がなされている。

### 3.2.4 フロン回収破壊法の改正

国内でのフロン類の削減政策は関連産業界の自主行動計画および、冷凍空調機器の廃棄時などにおける冷媒用フロン類の回収・破壊に限定されてきたが、「京都議定書」に続く今後のフロン類をめぐる行政のあり方に関して環境省中央環境審議会フロン類等対策小委員会と経済産業省産業構造審議会地球温暖化防止対策小委員会との合同会議において審議され、その成果が2013年3月に「今後のフロン類等対策の方向性について」として取りまとめられ、環境大臣に対して意見具申された。

これは業務用冷凍空調機だけでなく断熱材を含めたHFCなどフロン類使用製品について、以下のようにノンフロン化、低GWP化を促進し、フロン類のフェーズダウンを促す内容となっている。

- ①フロン類使用製品などの製造・輸入業者に対して、ノンフロン・低GWP化により、一定の目標年度における基準値達成を求める。
- ②ユーザーや消費者に対してフロン類による温室効果に対する認識を高め、低GWP製品の導入を啓発する。
- ③ノンフロン・低GWP化を推進する技術開発・導入、機器設置、普及啓発などの施策を実施する。

この意見具申の結果、「フロン回収破壊法」は2013年6月に改正され、法律名が「フロン類の使用の合理化及び管理の適正化に関する法律」(以下「新フロン法」)に改定された。これにより、法の目的が冷媒の回収・破壊から、これにとど

まらずフロン類の主要な用途について管理を合理化するよう大きく修正された。冷凍空調機器だけでなく断熱材についても管理対象とされる見通しであり、フロン類とフロン類使用製品の製造、輸入、および使用の各段階についてノンフロン化、低GWP化を推進する方針となった。

従来、「オゾン層保護法」のもとでは対象物質の輸入が規制される一方で対象物質を発泡剤に使用した断熱材製品の輸入は規制されないとの片手落ちが問題として指摘されていたが、「フロン回収破壊法」が改正されたことで、規制対象物質を使用した製品の輸入もようやく法的に規制される見通しとなった。

「新フロン法」では現在のところ、前記意見具申に沿ったフロン類の使用に関する施策の骨組みが定められたのみに留まるが、具体的な施策内容については今後審議がなされ、2015年4月から施行されることとなっている。

## 4. 新規発泡剤の開発動向

国際的規模での地球温暖化防止対策が議論されている中で、硬質ウレタンフォームの製造において待ち望まれていたオゾン層破壊と地球温暖化の2大問題を解決する新しい発泡剤が近年開発され、一部は商業生産がスタートした(表3)。

### 1) HCFO-1233zd<sup>注)</sup>

米国Honeywell<sup>®</sup>社がSolstice<sup>®</sup>(ソルステイス<sup>®</sup>)LBAという商品名で発表した。既に小規模生産が開始されている。また、Arkema社もこれに続いて2013年10月にHCFO-1233zdを2014年に商業化することを明らかにした。

### 2) HFO-1336mzz<sup>注)</sup>

デュポン<sup>™</sup>社がFormacel<sup>®</sup> 1100との商品名で発表した発泡剤である。現在サンプル供給が行われており、量産化に向けた準備が進められている。

注) ハイドロクロロフルオロオレフィン(HCFO)はHCFCに代表される地球温暖化ガスと同種との誤解を避けるために、HCFCと区別する意図で主鎖に二重結合を含むハイドロカーボンと意図的に表している。ハイドロフルオロオレフィン(HFO)も同様に地球温暖化ガスであるHFCと区別する意図で主鎖に二重結合を含むハイドロカーボンをHFOと意図的に表している。

これらの発泡剤の特色として、炭素の主鎖に二重結合を含んでいることから大気中での寿命が短く、地球温暖化への影響が非常に小さいことと、ガスの熱伝導率が旧来のフロン類並みに低いいため、これを用いた断熱材の断熱性能の向上が期待できる。

フロン類を使用しない硬質ウレタンフォーム製品のうち、炭酸ガス発泡品ではフロン類を発泡剤とする製品に比べて熱伝導率がやや大きい、一部成形性あるいは施工性が劣るなどの問題があり、また炭化水素系発泡剤を使用する場合はその引火性のために製造設備に大きな制約がある問題を抱えていたため、これを克服する技術上のハードルがあったが、新規発泡剤の登場によりこれらの問題が解決されることと期待される。これらの新規発泡剤は環境大臣へ意見具申された前述の「今後のフロン類等対策の方向性について」において炭酸ガス、炭化水素系発泡剤とともに、従来のHFC発泡剤の代替物質と位置づけられ、これらへの転換を推奨することとされている。

これらの発泡剤以外に、従来フロン類が使用されてきた冷媒やエアゾール用噴射剤に関して

もHFO1234yf, HFO1234zeなど主鎖に二重結合をもつ物質が同様に開発、実用化されており、これらの物質への転換が進められているところである。

## 5. 環境問題への取り組み

### 5.1 ウレタン業界の取り組み

#### 5.1.1 JIS規格と製品

硬質ウレタンフォームの日本工業規格はJIS A9511(発泡プラスチック保温材)とJIS A9526(建築物断熱用吹付け硬質ウレタンフォーム)とがあり、前者はフォーム製品、後者は現場発泡用スプレー原液の規格である。いずれも発泡剤の環境対策が進んできたことから、それぞれ2006年に改正され、HFCを発泡剤に使用しない製品はA種、使用した製品をB種とそれぞれ区分を明確にすることによりグリーン購入におけるユーザーの材料選定の一助とできるように修正された。A種製品はグリーン購入法の対象製品であり、公共建築工事標準仕様書、公共建築改修工事標準仕様書における断熱工事における指定材料となっている。

A種製品の発泡剤はフォーム製品(JIS A9511)では炭酸ガス、シクロペンタンなどの炭化水素が使用されており、現場発泡用スプレー原液(JIS A9526)では発泡剤として水とイソシアネートの反応に由来する炭酸ガスの他に超臨界炭酸ガスも用いられている。B種製品の発泡剤にはHFC-245fa, HFC-365mfc単体、またはその混合物が使用される。

#### 5.1.2 日本ウレタン工業協会とノンフロン宣言

国内における硬質ウレタンフォームの発泡剤の対策は国の施策に基づき、ウレタン原料メーカーおよびウレタンフォームメーカーの業界団体である日本ウレタン工業協会(JUII)が主導して自主行動計画に従った削減と代替化が進められている(図2)。

さらにJUIIでは発泡剤のフロン対策を促進するため、国内における硬質ウレタンフォームの需要の過半を占める住宅用吹付け発泡ウレタンフォームに関して「ノンフロン宣言」を2010年1月に発表した。これは発泡剤としてHFCを使

表3 硬質ウレタンフォームの代替発泡剤

| 名称                       | HCFO1233zd                             | HFO1336mzz                          |
|--------------------------|--|-------------------------------------|
| 物質名                      | (E)-1-Chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ene | (Z)-1,1,1,4,4,4-hexafluorobut-2-ene |
| 化学式                      | CHClCHCF <sub>3</sub>                  | CF <sub>3</sub> CHCHCF <sub>3</sub> |
| メーカー<br>商品名              | Honeywell<br>Solstice™ LBA             | Dupont<br>Formacel® 1100            |
| 沸点 (1気圧)                 | 19                                     | 33                                  |
| 気体の熱伝導率<br>W/(m・K)       | 0.0102 (20℃)                           | 0.0107 (25℃)                        |
| 燃焼範囲 vol %               | なし                                     | なし                                  |
| 引火点 °C                   | なし                                     | なし                                  |
| 大気寿命                     | 26日                                    | 22日                                 |
| ODP                      | 0                                      | 0                                   |
| GWP                      | <5                                     | 8.9                                 |
| モントリオール議定書<br>(オゾン層破壊物質) | 非該当                                    | 非該当                                 |
| 京都議定書<br>(温暖化ガス)         | 非該当                                    | 非該当                                 |
| 地球温暖化対策推進法               | 非該当                                    | 非該当                                 |
| オゾン層保護法                  | 非該当                                    | 非該当                                 |
| 大気汚染防止法<br>(VOC規制)       | 非該当                                    | 非該当                                 |

用しない製品への転換を促進し、二酸化炭素換算145万トン／年の排出量削減を目指すという趣旨であり、2010年の「オゾン層保護・地球温暖化防止大賞」において環境大臣賞を受賞した。

現在ではさらに前述のGWPが小さい新規発泡剤への転換に向けて、技術評価やJIS改正などの活動が鋭意なされているところである。

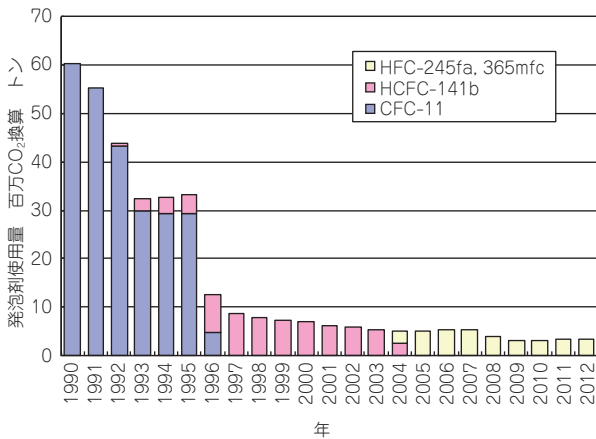


図2 硬質ウレタンフォームの発泡剤の変遷によるCO<sub>2</sub>換算排出量の推移<sup>7)</sup>

## 5.2 当社の取り組み

当社では2003年中に発泡剤にHCFC-141bを使用した製品を廃止し、東京ガス株式会社殿との共同研究<sup>9)</sup>の成果として炭酸ガスを発泡剤とした「フォームナート® TN」シリーズを開発し、これに置き換えた。特にLNGプラント向けに最適化した設計、技術開発を行い、気泡の微細化などにより旧来のHCFC-141b発泡製品と断熱性能が遜色ない製品として現在に至っている（図3）。TOMBO No.5001-TN「フォームナート® カバーTN」はJIS A9511 A種保温筒2種認証品である。

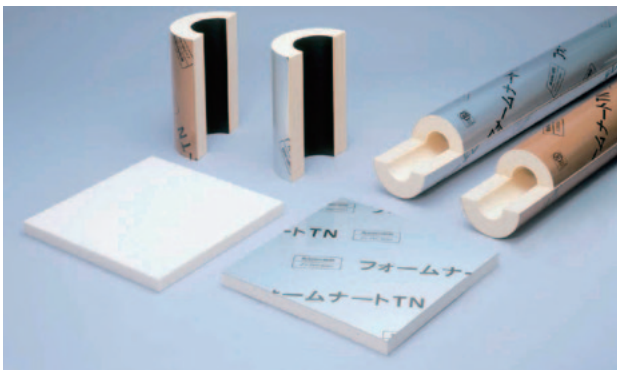


図3 フォームナートTNシリーズ

「フォームナート® TN」は2004年に日刊工業新聞社主催（経済産業省および環境省後援）オゾン層保護・地球温暖化防止大賞優秀賞を受賞した。これ以後当社は、プラント用硬質ウレタンフォーム保冷材製品はすべて炭酸ガス発泡を採用しており、LNGプラントでは保冷材として炭酸ガス発泡の硬質ウレタンフォームを使用することが業界標準となった。

## 6. “フロン” について

### 6.1 “フロン” と環境問題の関係

従来“フロン”あるいは“フロンガス”という名称が一般的によく用いられるが、もともとはデュポン™社が開発したフルオロカーボン製品の“フレオン®”，“FREON®”という商標<sup>注1)</sup>に由来しているといわれている。語呂の良さゆえに“フロン”という言葉は一般的にフルオロカーボン類の総称として用いられることが多いようであるが、あくまでも通称であって、明確な定義があるわけではない。工業的に実用化され、利用されてきたフルオロカーボン類には現在の環境問題の原因物質が多数含まれていることから、“フロン”はオゾン層破壊物質、温暖化ガスの代名詞となった。

### 6.2 新規発泡剤の位置づけ

新たに開発された発泡剤はふっ素原子を含む炭化水素であるという点でフルオロカーボン類に該当する。このため、従来からの“フロン”＝“オゾン層破壊物質”あるいは“地球温暖化ガス”という見方に縛られることにより、新規発泡剤の普及が阻害されるのではないかと危惧がある。新規発泡剤はHCFC類あるいはHFC類に区別されたとしても、そのGWPは従来のHFC類の千から数千という数値に比べて10未満（最新の情報では1~2ともいわれる<sup>注2)</sup>）と格段に低く、もはや従来のような著しい温暖化効果はないといってよい。従って“フロン”の全てがオゾン層破壊あるいは地球温暖化の原因物質であるということではなくなってきた。それゆえに前述の通り行政の方針もこれらの新発泡剤を代替物質と位置づけている。

従って今後は、温暖化を抑制する対策を推進

するため、特に公にされる文書などにおいては“フロン”という言葉の乱用を慎み、もし使用する場合でもどの物質を指しているかの定義を具体的に示した上で使用するべきであろう。

注1) “フロン”, “FREON”, “Formacel” は米国 Dupont 社の登録商標である。

注2) IPCC 第5次報告書 Final Draft Appendix 8.Aによる。

## 7. おわりに

硬質ウレタンフォーム業界は発泡剤メーカーともども、この20年の間、発泡剤にまつわる環境問題への対応に明け暮れた感があるが、最近になってようやく切り札といえる新しい発泡剤が開発され、発泡剤メーカーとウレタン業界の双方の協力により実用化への取り組みがなされているところである。これらの新規発泡剤の導入はまだ緒についたばかりであるが、地球温暖化防止政策にも採り入れられたことで、新規発泡剤を使用した製品が普及し、断熱性能の向上による省エネルギー化と環境問題の解消がより一層促進されることが望まれる。保温保冷材のユーザー各位には是非とも温暖化対策行政の趣旨に沿って環境影響へご配慮の上、今後ともA種硬質ウレタンフォーム製品の普及にお力添えを頂きたいところである。

## 参考文献

- 1) 経済産業省報道資料
- 2) 環境省報道資料
- 3) Honewell 社およびハネウエルジャパン株式会社 発表資料ほか
- 4) Dupont 社および三井デュボンフロロケミカル株式会社 発表資料ほか
- 5) Solvay 社 技術資料
- 6) Arkema 社 発表資料
- 7) 日本ウレタン工業協会資料
- 8) IPCC 第4次報告書
- 9) 技術時報 2002年1号 (No.329)

\* 「SOLSTICE」は米国ハネウエル社の登録商標です。

\* 「ソルティス」は米国ハネウエル社の商標です。

\* 「フォームナート」はニチアス(株)の登録商標です。

\* 「TOMBO」はニチアス(株)の登録商標または商標です。

## 筆者紹介



### 服部泰紀

基幹産業事業本部 工事業業部 工事技術センター長 兼 工事技術部 技術開発課長  
硬質ウレタンフォームその他保冷材料、および保冷工法の開発に従事