

業種別マニュアル

## 強化プラスチック製造業

平成 1 3 年 1 月

作成 社団法人 強化プラスチック協会

# 強化プラスチック製造工程排出量等算出マニュアル 目次

## 1．はじめに

## 2．対象化学物質

## 3．成形工程のフロ - チャ - トと移動及び

### 排出の表示

## 4．移動量及び排出量算出に当たっての考え方

### 4．1 用語の定義

### 4．2 移動量及び排出量の考え方

### 4．3 各種条件による分類

### 4．4 移動量及び排出量の算出に当たっての条件設定

### 4．5 算出式

## 5．算出方法計算例

## 1. はじめに

事業者による化学物質の自主的な管理の改善の促進等を内容とする「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」(化学物質管理促進法)が1999年7月に公布され、2000年3月対象業種、対象物質等が政令指定された。

化学物質管理促進法第5条に「第一種指定化学物質等取扱事業者は、その事業活動に伴う第一種指定化学物質の排出量及び移動量を主務省令で定めるところにより把握し、届出なければならない」旨の規定がある。2001年4月より排出量及び移動量の把握が、2002年4月以降にその結果の届出が義務化される予定である。

現在、通商産業省が実施したニ - ズ調査アンケートの結果に基づき、WGを設置する等により業種別マニュアルの策定作業が進められている。

この「強化プラスチック製造工程排出量等算出マニュアル」は、業種別マニュアルのひとつとして纏められたものである。

強化プラスチックは、不飽和ポリエステル樹脂やビニルエステル樹脂等のラジカル硬化型樹脂をマトリックスとし、ガラス繊維等を強化材とする複合材料からなり、製品を製造する場合は、化学物質管理促進法の排出量等の届出が必要となる。

届出対象物質としては、354の第一種指定化学物質が定められており、複合材料に関係すると推定される化学物質が、7種類含まれている。

2002年4月以降に排出量等の届出義務を受けるFRP成形メ - カ - はかなりの数に上ると思われ、それらのメ - カ - にとって少しでも役に立てばと考え、本「強化プラスチック製造工程排出量等算出マニュアル」を作成した。このマニュアルが、強化プラスチックの排出量・移動量算出の実務に何らかの参考となれば幸いである。

尚、今後省令等で示される排出量及び移動量の把握の方法に基づいて、事業者独自で検討されたマニュアルで排出量等を算出されることは、一向に差し支えないことを付記する。

## 2. 対象化学物質

不飽和ポリエステル樹脂やビニルエステル樹脂をマトリックスとしてFRP製品や非F製品を製造する成形メ-カ-にとって、PRTTRの対象になると推測される化学物質は表と表2に示す通りである。複合材料分野で、第一種指定化学物質の対象になると推測されるもの7種類、第二種指定化学物質(MSDSの提供のみが義務化)の対象になると推測されるもの1種類である。

不飽和ポリエステル樹脂やビニルエステル樹脂の架橋剤として重要な主原料であるスチレン(以下SMという)を主体に移動量及び排出量の算出式を作成した。メタクリル酸チル(以下MMAという)及びトルエンについては、SMに準拠する方法で作成した。但MMAについては、ゲルコ-トにのみ含有するとした。

主に洗浄溶剤として使用される可能性が高いジクロロメタンは、近年ほとんど成形メ-カ-の間で使用されていないと考えられるので、検討対象から除外した。メタクリル酸-2,3-エポキシプロピル(以下GMAという)は、不飽和アルキドのカルボキシル基とさせる方法で使用され、そのため遊離GMAはほとんど存在しないと考えられるので検討対象から除外した。フタル酸ジ-ノルマルブチル及びフタル酸ビス(2-エチルヘキシル)は硬化剤の希釈剤として使用されているので、硬化剤メ-カ-に検討をお願いしている。従ってそのメ-カ-に相談して頂きたいと考え、本マニュアルから除外した。

表1 第一種指定化学物質(7種類)

政令番号	化学物質名	用途別分類	CAS No.
145	ジクロロメタン(別名塩化メチレン)	希釈剤及び洗滌溶剤	75-09-2
177	スチレン	架橋剤	100-42-5
227	トルエン	希釈剤及び洗滌溶剤	108-88-3
270	フタル酸ジ-ノルマル-ブチル	硬化剤の希釈剤	84-74-2
272	フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)	硬化剤の希釈剤	117-81-7
316	メタクリル酸-2,3-エポキシプロピル	架橋剤	106-91-2
320	メタクリル酸メチル	架橋剤	80-62-6

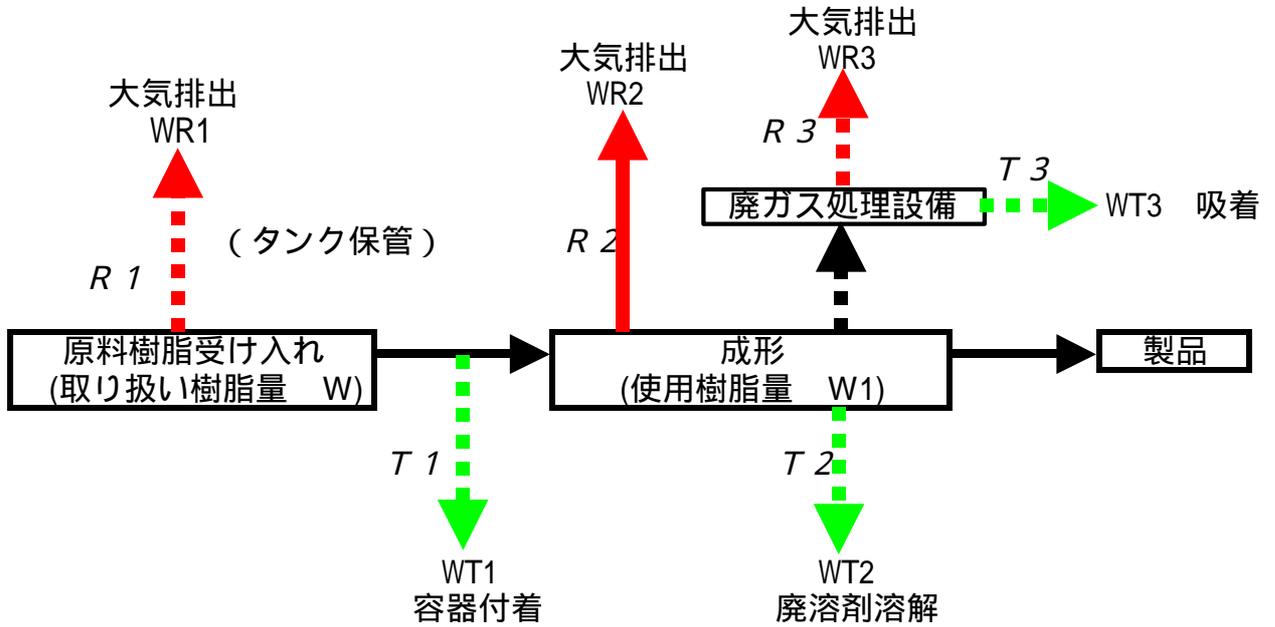
表2 第二種指定化学物質(1種類)

政令番号	化学物質名	用途別分類	CAS No.
37	ジビニルベンゼン	架橋剤	1321-74-0

### 3．成形工程のフロ - チャ - トと移動及び排出の表示

移動量、排出量の概念図を図 1 に、オ - プンモ - ルド成形における工程別フロ - 図を図 2 に、型内成形の種類別概念図を図 3 にそれぞれ示す。

図1 移動量、排出量の概念図

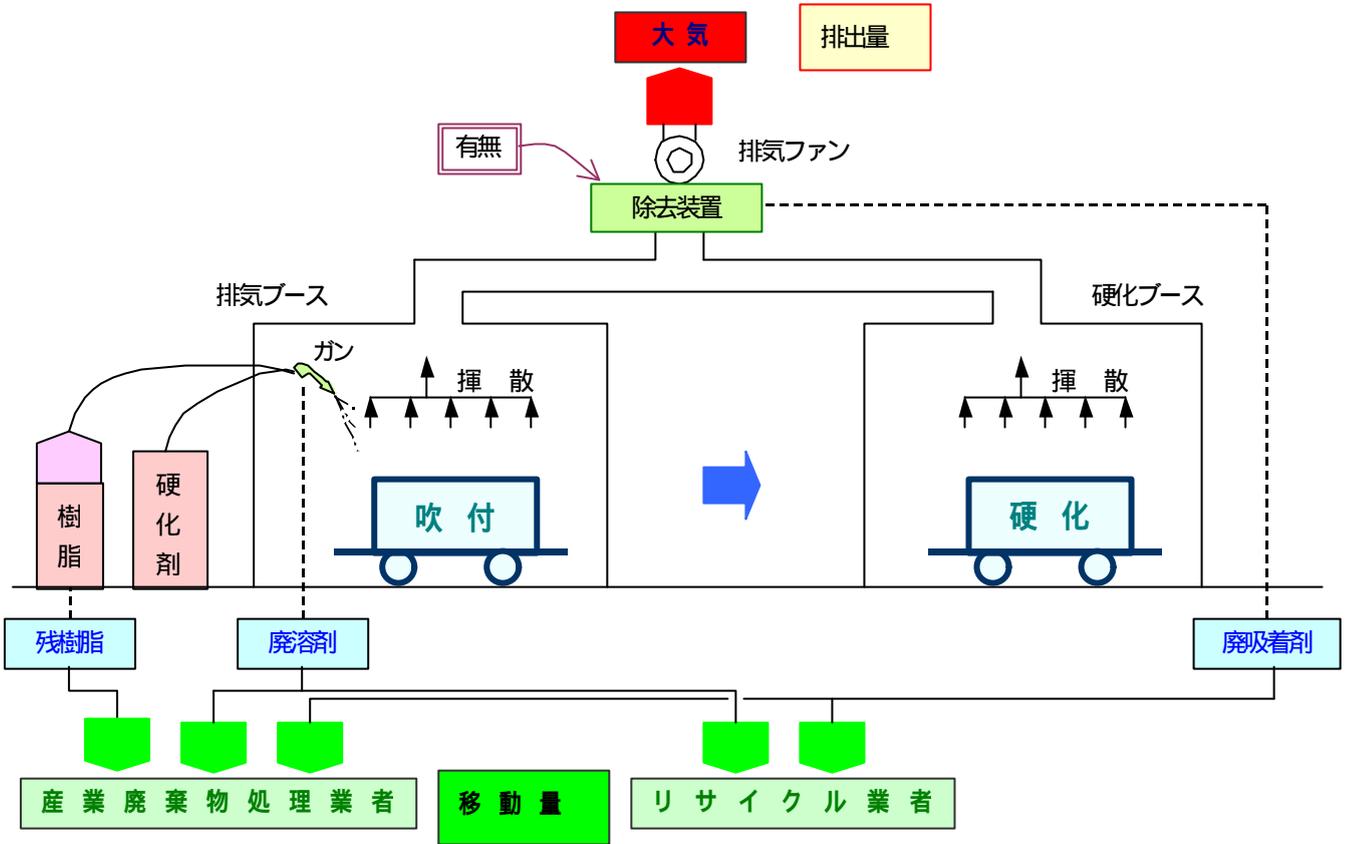


WR 1、WR 2、WR 3 排出量  
 WT 1、WT 2、WT 3 移動量  
 R 1、R 2、R 3 排出量係数  
 T 1、T 2、T 3 移動量係数

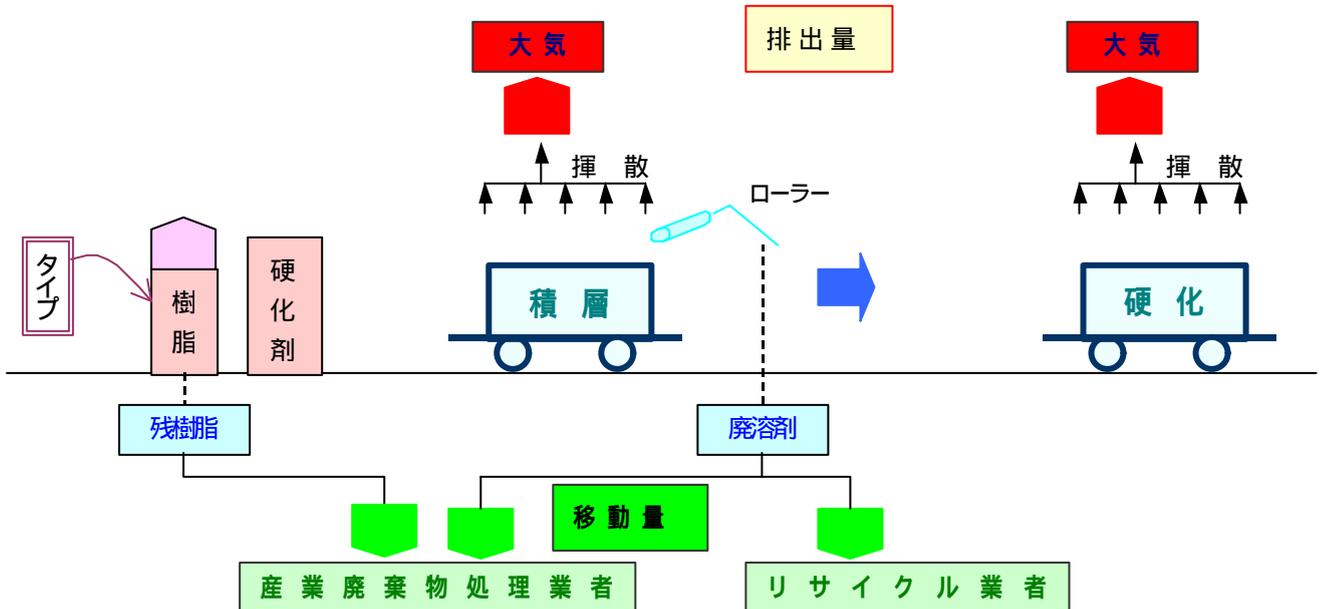
図2 オープンモールド成形工程別フロー図

A: オープンモールド成形

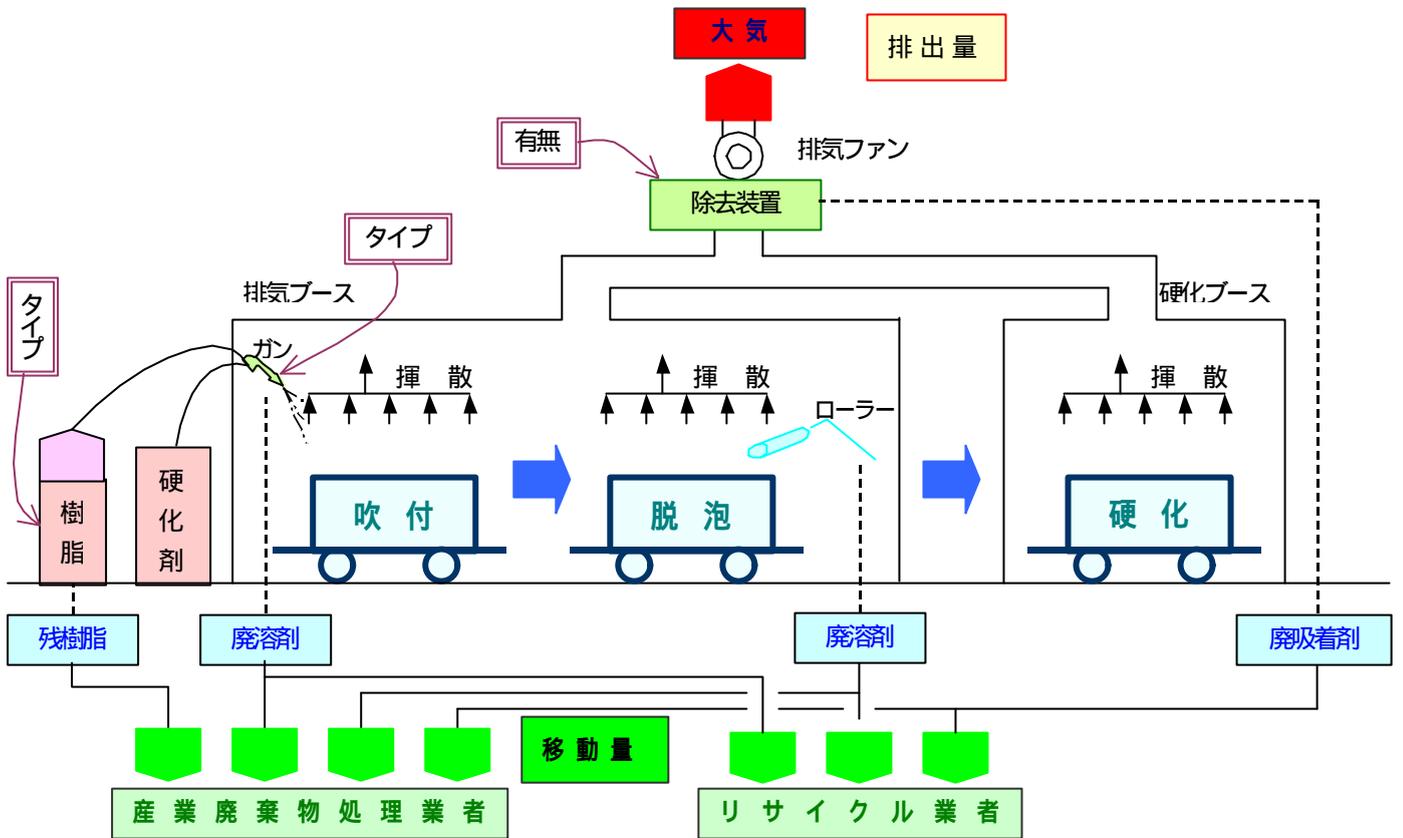
ゲルコート工程



手積み積層工程



吸付け積層工程



接着工程

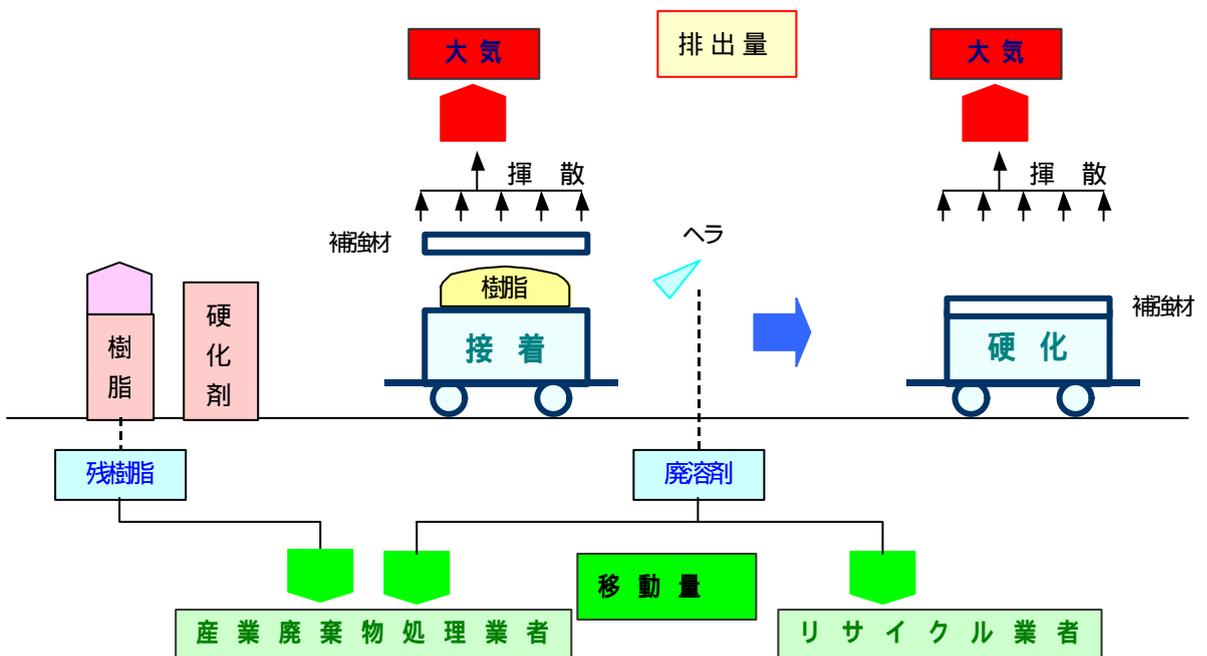
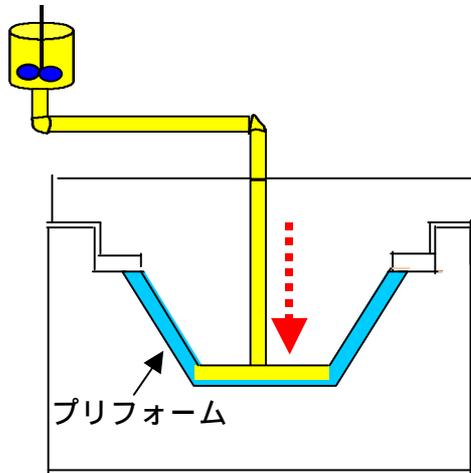


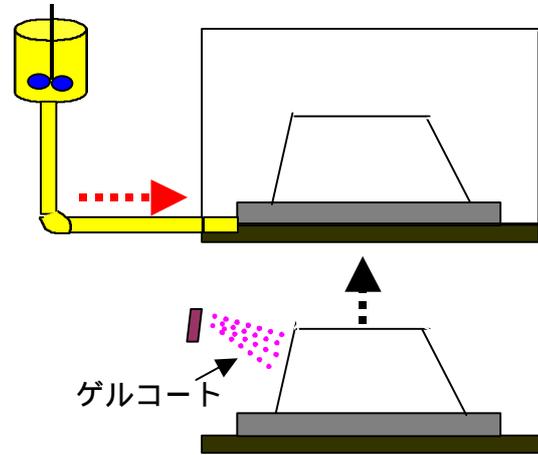
図3

P R T R法算出用成形フローチャート

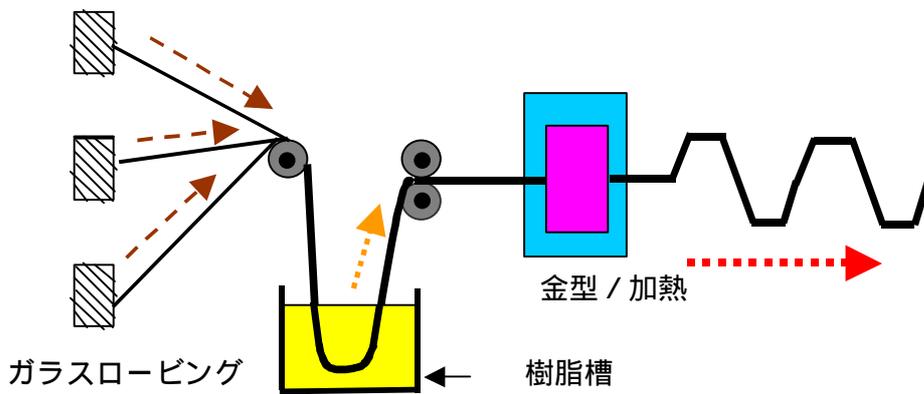
B : 型内成形 - 1



B - 1 8 : レジントランスファー成形



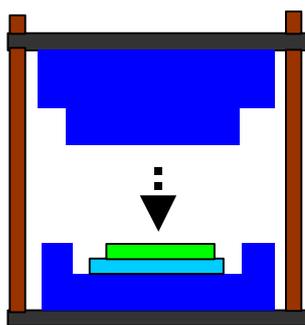
B - 1 9 : 注型成形



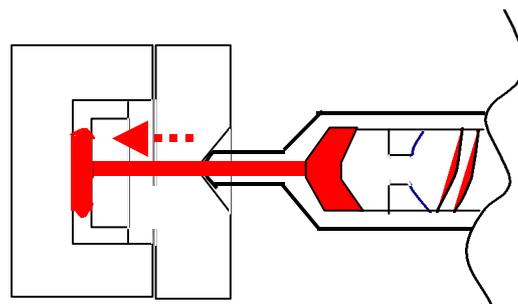
B - 2 0 : 引き抜き成形法

B - 2 1 : 連続成形法

C : 型内成形 - 2



C - 2 4 : SMCプレス成形



C - 2 5 : BMC射出成形

## 4. 移動量及び排出量算出に当たっての考え方

### 4.1 用語の定義

単位は [ トン ] とする。

年間樹脂取扱量：年間樹脂購入量 + 期首樹脂在庫量 - 期末樹脂在庫量

年間ゲルコート取扱量：年間ゲルコート購入量 + 期首ゲルコート在庫量 - 期末ゲルコート在庫量

年間SMC取扱量：年間SMC購入量 + 期首SMC在庫量 - 期末SMC在庫量

年間BMC取扱量：年間BMC購入量 + 期首BMC在庫量 - 期末BMC在庫量

年間樹脂使用量：年間樹脂取扱量から容器（缶又はドラム）付着分を差引いた樹脂量  
但し、ロ - リ - 又はコンテナ - で購入の場合は年間樹脂取扱量に同じ。

年間ゲルコート使用量：年間ゲルコート取扱量から容器（缶）付着分を差引いたゲルコート量

SMの排出量算出には、この年間樹脂使用量及びゲルコート使用量が計算の基礎になる。

年間SMC使用量：年間SMC取扱量に同じ

年間BMC使用量：年間BMC取扱量に同じ

SM含有率は質量%で表示しているため、算出式においては「質量% ÷ 100」として算出する。

### 4.2 移動量及び排出量の考え方

#### 4.2.1 移動量の考え方

樹脂購入受入から製品出荷までの製造工程において、移動量算出に当たっては下記の5項目を必要条件として検討を進めた。

- (1) 樹脂やゲルコ - トを容器（ドラムや缶）で購入して使用する場合、その容器に付着する分は移動量とした。その付着割合の算出については、成形メ - カ - と樹脂メ - カ - の意見を参考にした（アンケートによる調査を実施した）。
- (2) 成形法によっては、その工程において溶剤洗浄を必要とする部所が存在する。溶剤に行く樹脂やゲルコ - ト量を正確に算出するのは困難なため、当面容器付着分の1/9とした。
- (3) 樹脂をロ - リ - 又はコンテナ - で購入する場合は、容器付着分及び廃溶剤に行く移動量は無しとした。
- (4) 成形工程で排ガス処理設備を設置している場合、その設備によって大気への排出が抑止された分は移動量にカウントした。
- (5) 移動量 [ kg/年 ] の算出に当たっては、年間樹脂取扱量 [ トン/年 ] 及び年間ゲルコ - ト取

扱量 [ トン/年 ] が分かれば、算出式で計算できるようにした。

#### 4.2.2 排出量の考え方

樹脂購入受入から製品出荷までの製造工程において、排出量算出に当たっては下記の4項目を必要条件として検討を進めた。

- (1) 樹脂貯蔵タンクのベントからの排出量 (樹脂メ - カ - に調査を依頼した)
- (2) 成形工程 (積層、硬化工程等) からの排出量
- (3) コンテナ - 納入の場合の排出は無しとした。
- (4) 排出量 [ kg/年 ] の算出に当たっては、年間樹脂使用量 [ トン/年 ] 及び年間ゲルコ - ト使用量が算出の基準となるが、いずれも年間取扱量 [ トン/年 ] から算出できるようにした。

#### 4.3 各種条件による分類

##### 4.3.1 成形方法、設備による分類

成形方法、設備の条件、コンパウンドの製造、及び非 FRP の製造条件等を考慮して、オープンモ - ルド成形 ( A シリ - ズ ) 17 種類、型内成形 - 1 ( B シリ - ズ ) 6 種類、型内成形 - 2 ( C シリ - ズ ) 2 種類、コンパウンド製造工程 ( D シリ - ズ ) 2 種類、計 27 種類に分類した。

A シリ - ズ : オ - プンモ - ルド成形

- A-1 : 従来タイプの樹脂を用いる手作業による積層の場合
- A-2 : 低揮散タイプの樹脂を用いる手作業による積層の場合
- A-3 : 排ガス処理設備のない条件で、従来タイプの樹脂を用いるスプレ - 成形の場合
- A-4 : 排ガス処理設備のない条件で、低揮散タイプの樹脂を用いるスプレ - 成形の場合
- A-5 : 排ガス処理設備を設置し、従来タイプの樹脂を用いるスプレ - 成形の場合
- A-6 : 排ガス処理設備を設置し、低揮散タイプの樹脂を用いるスプレ - 成形の場合
- A-7 : 従来タイプの樹脂を用い、樹脂が霧状にならないようにスプレ - する成形の場合
- A-8 : 低揮散タイプの樹脂を用い、樹脂が霧状にならないようにスプレ - する成形の場合
- A-9 : 従来タイプの樹脂を用いるフィラメントワインディング成形の場合
- A-10 : 低揮散タイプの樹脂を用いるフィラメントワインディング成形の場合
- A-11 : 排ガス処理設備のない条件で、ゲルコ - トを塗布する場合
- A-12 : 排ガス処理設備を設置し、ゲルコ - トを塗布する場合
- A-13 : ゲルコ - トに MMA (メタクリル酸メチル) を含有する場合
- A-14 : 従来タイプの樹脂を用いて手作業で積層し、含浸工程終了後にシ - トで覆って硬化する成形の場合

A-15：従来タイプの樹脂を用いてスプレ - 法で積層し、含浸工程終了後にシ - トで覆って硬化する成形の場合

A-16：従来タイプの樹脂を用いて手作業で積層し、含浸工程なしにシ - トで覆って硬化する成形の場合

非 FRP の化粧板製造の場合は、この成形条件を当てはめて算出する。

A-17：従来タイプの樹脂を用いてスプレ - 法で積層し、含浸工程なしにシ - トで覆って硬化する成形の場合

B シリ - ズ：型内成形 - 1

B-18：レジントランスファ - 成形の場合

B-19：注型成形の場合

B-20：引抜き成形の場合

B-21：連続成形の場合

B-22：MMD（マツトメタダイ）成形の場合

B-23：遠心成形の場合

非 FRP 分野に属するレジコン（注型成形）及びボタン（遠心成形）の成形の場合は、型内成形 - 1 の条件を適用して算出する。

C シリ - ズ：型内成形 - 2

C-24：SMC（シートレインガコンパウンド）成形の場合

C-25：BMC（パルレインコンパウンド）成形の場合

D シリ - ズ：コンパウンド製造工程

D-26：SMC 製造の場合

D-27：BMC 製造の場合

本 BMC 製造工程では、通常の BMC 以外に透明人造大理石調 BMC（ガラスパウダ - や水酸化アルミニウム等をフィラ - として使用するタイプ）も含む。

#### 4.3.2 樹脂及びゲルコ - トの特性と条件

- 1) 低揮散タイプの樹脂とは、ワックス添加型、もしくは何らかの方法で揮散抑制を施した樹脂で、従来タイプの樹脂と比較し同一条件で表面積当たりの揮散量が少なくとも 50% 未満であること。

2) 主にオ - プンモ - ルド成形の場合であるが、季節型を有する樹脂を使用している時、すなわち冬型、春秋型、及び夏型等の樹脂を年間通して使用している場合、全使用量を春秋型と見なし、その樹脂の SM 含有率から年間の移動量及び排出量を算出する。

3) MMA はゲルコ - トにのみ含有する可能性があるとした。

#### 4.4 移動量及び排出量の算出に当たっての条件設定

##### 4.4.1 移動量算出の条件設定

移動量算出に当たっての条件設定を 1) ~ 5) 項に示す。

###### 1) 移動量にカウントされる要因 ( 3 種類 )

- (a) 容器 ( 缶及びドラム ) 付着分 ( ロ - リ - 又はコンテナ - 購入の場合は無関係 )
- (b) 廃溶剤に含まれる分
- (c) 排ガス処理設備を設置している場合で、そうでない場合との大気への排出量の差の分

###### 2) 樹脂の容器 ( 缶及びドラム ) 付着分の移動量係数

- (a) 缶 ( 18L ) 及びドラム ( 200L ) の内容物 ( 樹脂 ) 量は、それぞれ 20 kg 及び 200 kg で一定とした。
- (b) 缶 ( 18L ) への付着率は 1 . 0 質量 % とした ( 調査結果 ) 。
- (c) ドラム ( 200L ) への付着率は 0 . 5 質量 % とした ( 調査結果 ) 。
- (d) 缶とドラム出荷内容物量の比率は 1 : 4 とした ( 調査結果 ) 。

以上の条件から、移動量係数は 0 . 6 % とした。従ってこの場合、  
年間樹脂使用量 [ トン / 年 ] = 994 / 1000 × 年間樹脂取扱量 [ トン / 年 ] で表される。

###### 3) ゲルコ - トの容器付着分の移動量係数

- (a) 容器はすべて缶 ( 18L ) とし、内容物量は 20kg で一定とした。
- (b) 缶 ( 18L ) への付着率は 3 . 0 質量 % とした ( 調査結果 ) 。

この条件から、移動量係数は 3 . 0 % とした。従ってこの場合、  
年間ゲルコ - ト使用量 [ トン / 年 ] = 97 / 100 × 年間ゲルコ - ト取扱量 [ トン / 年 ] で表される。

###### 4) 廃溶剤に含まれる分

容器 ( 缶又はドラム ) 付着分と廃溶剤に行く分との割合は樹脂及びゲルコ - トに共通して、9 : 1 ( 質量比、一定 ) とした。従って、廃溶剤に含まれる分 = 1 / 9 × 容器付着分 ( 一定 ) として表される。

但し、ロ - リ - 又はコンテナ - で樹脂を購入している場合は、廃溶剤に含まれる分はなしと見なす。

5) 排ガス処理設備を設置している場合で、そうでない場合との大気への排出量の差については、A - 5、A - 6 及び A - 1 2 の3種類の成形条件（いずれもオ - プンモ - ルド成形）に適用する（表3 参照）。

#### 4.4.2 排出量算出の条件設定

排出量算出に当たっての条件設定は、4.3.2 項に同じ。

本マニュアルに示した排出係数は、すべて Composites Fabricators Association (U.S.A.) の資料を参考にした。

Composites Fabricators Association 資料へのアクセス方法：

[www.cfa-hq.org](http://www.cfa-hq.org)

Regulatory and Compliance	Emissions to the Air
Estimating Emissions	排出係数資料

#### 4.5 算出式

##### 4.5.1 SMの算出式

##### 4.5.1.1 移動量算出式

(1) 排ガス処理設備を有するゲルコート塗布工程 (A - 1 2)

$$SM \text{ 移動量 [ kg / 年 ] } = (1 + 1/9) \times 3 / 100 \times \text{年間ゲルコート取扱量 [ トン/年 ]} \times 1000 \\ \times SM \text{ 含有率} + ( \quad ) \times 97 / 100 \times \text{年間ゲルコート取扱量 [ トン/年 ]} \quad \text{式 - 1}$$

1 / 9 : 廃溶剤に行く移動量分

: 排ガス処理設備を設置していない場合の排出係数

: 排ガス処理設備を設置している場合の排出係数

いずれも表3 から求める。

(2) 排ガス処理設備のないゲルコート塗布工程 (A - 1 1)

$$SM \text{ 移動量 [ kg / 年 ] } = (1 + 1/9) \times 3 / 100 \times \text{年間ゲルコート取扱量 [ トン/年 ]} \times \\ \times 1000 \times SM \text{ 含有率} \quad \text{式 - 2}$$

1 / 9 : 廃溶剤に行く移動量分

3 / 100 : ゲルコートの移動量係数

(3) 樹脂は容器購入で、排ガス処理設備を有する積層工程 (A - 5 又は A - 6)

$$SM \text{ 移動量 [ kg / 年 ] } = (1 + 1/9) \times 6 / 1000 \times \text{年間樹脂取扱量 [ トン/年 ]} \times 1000 \\ \times SM \text{ 含有率} + ( \quad ) \times 994 / 1000 \times \text{年間樹脂取扱量 [ トン/年 ]} \quad \text{式 - 3}$$

1 / 9 : 廃溶剤に行く移動量分

: 排ガス処理設備を設置していない場合の排出係数

: 排ガス処理設備を設置している場合の排出係数

いずれも表3から求める。

(4) 樹脂はロリ又はコテ購入で、排ガス処理設備を有する積層工程 (A - 5 又は A - 6 )

$$SM \text{ 移動量 [ kg/年 ]} = ( \quad - \quad ) \times \text{年間樹脂取扱量 [ トン/年 ]} \quad \text{式 - 4}$$

: 排ガス処理設備を設置していない場合の排出係数

: 排ガス処理設備を設置している場合の排出係数

いずれも表3から求める。

(5) 樹脂は容器購入で、排ガス処理設備のない積層工程

$$SM \text{ 移動量 [ kg/年 ]} = (1+1/9) \times 6/1000 \times \text{年間樹脂取扱量 [ トン/年 ]} \times 1000 \\ \times SM \text{ 含有率} \quad \text{式 - 5}$$

1 / 9 : 廃溶剤に行く移動量分

(6) 樹脂はロリ又はコテ購入で、排ガス処理設備のない積層工程

$$SM \text{ 移動量 [ kg/年 ]} = 0 \text{ (なし)} \quad \text{式 - 6}$$

それぞれ(1)～(6)項の条件を組み合わせ、SM 移動量を算出する。

#### 4 . 5 . 1 . 2 排出量算出式

##### 1 ) A シリ - ズ ( オ - プンモ - ルド 成形 )

###### (1) ゲルコート塗布工程

$$SM \text{ 排出量 [ kg/年 ]} = \text{ゲルコートの排出係数 [ kg/トン ]} ( \text{表3より} ) \times \text{年間ゲルコート使用量} \\ [ \text{トン/年} ] = \text{ゲルコートの排出係数 [ kg/トン ]} \times 97/100 \times \text{年間ゲルコート取扱量 [ トン/年 ]} \quad \text{式 - 7}$$

SM 排出係数 [ kg/トン ] は、ゲルコート中の SM 含有率が分かれば表3から求まる。

###### (2) 樹脂は容器購入とする積層工程

$$SM \text{ 排出量 [ kg/年 ]} = \text{各成形条件における排出係数 [ kg/トン ]} ( \text{表3より} ) \times \\ \text{年間樹脂使用量 [ トン/年 ]} = \text{各成形条件における排出係数 [ kg/トン ]} \times \\ 994 / 1000 \times \text{年間樹脂取扱量 [ トン/年 ]} \quad \text{式 - 8}$$

各成形条件における排出係数 [ kg/トン ] は成形方法、排ガス処理設備の有無、樹脂の

種類（従来タイプ又は低揮散タイプ）、SM含有率が決まれば、表3から求まる。

(3) 樹脂は口 - リ - 購入とする積層工程

$$\text{SM排出量 [kg/年]} = \text{各成形条件における排出係数 [kg/トン]} (\text{表3より}) \times \\ \text{年間樹脂取扱量 [トン/年]} + 1/10000 \times \text{年間樹脂取扱量 [トン/年]} \times 1000$$

..... 式 - 9

1/10000：樹脂貯蔵タンクのベントからの排出係数（調査結果）

(4) 樹脂はコンテナ - 購入とする積層工程

$$\text{SM排出量 [kg/年]} = \text{各成形条件における排出係数 [kg/トン]} (\text{表3より}) \times \\ \text{年間樹脂取扱量 [トン/年]}$$

..... 式 - 10

2) Bシリ - ズ（型内成形 - 1）

(1) 樹脂は容器購入

$$\text{SM排出量 [kg/年]} = 2/100 \times \text{年間樹脂使用量 [トン/年]} \times 1000 \times \text{SM含有率} \\ = 2/100 \times 994 / 1000 \times \text{年間樹脂取扱量 [トン/年]} \times 1000 \times \text{SM含有率}$$

..... 式 - 11

2/100：排出係数

(2) 樹脂は口 - リ - 購入

$$\text{SM排出量 [kg/年]} = 2/100 \times \text{年間樹脂取扱量 [トン/年]} \times 1000 \times \text{SM含有率} \\ + 1/10000 \times \text{年間樹脂取扱量 [トン/年]} \times 1000$$

..... 式 - 12

2/100：排出係数

1/10000：樹脂貯蔵タンクのベントからの排出係数

(3) 樹脂はコンテナ - 購入

$$\text{SM排出量 [kg/年]} = 2/100 \times \text{年間樹脂取扱量 [トン/年]} \times 1000 \times \text{SM含有率}$$

..... 式 - 13

2/100：排出係数

但し、ゲルコ - トを併用する場合は、式7から求めたSMの排出量を加算する。

3) Cシリ - ズ（型内成形 - 2）

(1) SMC成形

$$\text{SM排出量 [kg/年]} = 2/1000 \times \text{年間SMC取扱量 [トン/年]} \times 1000$$

..... 式 - 14

2/1000：排出係数

(2) BMC 成形

$$\text{SM 排出量 [kg/年]} = 1/1000 \times \text{年間BMC取扱量 [トン/年]} \times 1000$$

..... 式 - 15

1/1000 : 排出係数

4) Dシリ - ズ (コンパウンド製造工程)

(1) SMC 製造

$$\text{SM 排出量 [kg/年]} = 17/10000 \times \text{年間SMC生産量 [トン/年]} \times 1000$$

..... 式 - 16

17/10000 : 排出係数

(2) BMC 製造

$$\text{SM 排出量 [kg/年]} = 8.8/10000 \times \text{年間BMC生産量 [トン/年]} \times 1000$$

..... 式 - 17

8.8/10000 : 排出係数

4.5.2 MMAの移動量と排出量算出式

ゲルコ - トを塗布し、且つそのゲルコ - トにMMAを含有する場合にのみ適用

$$\text{MMA 移動量 [kg/年]} = (1+1/9) \times 3/100 \times \text{年間ゲルコト取扱量 [トン/年]} \times 1000$$

..... 式 - 18

1 / 9 : 廃溶剤に行く移動量分

MMA 排出量 [kg/年] = ゲルコトの排出係数 [kg/トン] (表4より) ×

年間ゲルコト使用量 [トン/年] = ゲルコトの排出係数 [kg/トン] × 97/100 ×

年間ゲルコト取扱量 [トン/年] ..... 式 - 19

ゲルコ - トからのMMA排出係数 [kg/トン] はゲルコ - ト中のMMA含有率が分かれば表4から求まる。

4.5.3 トルエンの移動量と排出量算出式

A. 移動量算出式

(1) 樹脂は容器購入

$$\text{トルエン移動量 [kg/年]} = (1 + 1/9) \times 6/1000 \times \text{年間樹脂取扱量 [トン/年]} \times 1000$$

..... 式 - 20

1 / 9 : 廃溶剤に行く移動量分

(2) 樹脂はロ - リ - 又はコンテナ - 購入

$$\text{トルエン移動量 [kg/年]} = 0 \text{ (なし)} \text{ ..... 式 - 21}$$

B . 排出量算出式

(1)樹脂は容器購入

$$\begin{aligned} \text{トルエン排出量 [ kg/年 ]} &= \text{年間樹脂使用量 [ トン/年 ]} \times 1000 \times \text{トルエン含有率} \\ &= 994/1000 \times \text{年間樹脂取扱量 [ トン/年 ]} \times 1000 \times \text{トルエン含有率} \\ & \dots\dots\dots \text{式 - 2 2} \end{aligned}$$

(2) 樹脂はロ - リ - 又はコンテナ - 購入

$$\begin{aligned} \text{トルエン排出量 [ kg/年 ]} &= \text{年間樹脂取扱量 [ トン/年 ]} \times 1000 \times \text{トルエン含有率} \\ & \dots\dots\dots \text{式 - 2 3} \end{aligned}$$

## 5. 算出方法計算例

### 例題 1

条件設定： オ - プンモ - ルド成形 (Aシリ - ズ)  
ゲルコ - ト塗布 (排ガス処理設備有り)  
年間ゲルコ - ト取扱量 12トン  
ゲルコ - トのSM含有率 50質量%  
手作業による積層  
積層用樹脂は従来タイプを使用  
積層用樹脂は容器購入  
年間樹脂取扱量 120トン (積層用のみ)  
積層用樹脂のSM含有率 45質量%

移動量の算出：

- 1) ゲルコ - トからのSM移動量 [kg/年] 式1と表3より  
 $10/9 \times 3/100 \times 12 \times 1000 \times 50/100 + (291-206) \times 97/100 \times 12 = 200 + 989 = 1,190 \text{ kg/年}$
- 2) 積層用樹脂からのSM移動量 [kg/年] 式-5より  
 $10/9 \times 6/1000 \times 120 \times 1000 \times 45/100 = 360 \text{ kg/年}$
- 3) 合計SM移動量 = 1,550 kg/年

排出量の算出：

- 4) ゲルコ - トからのSM排出量 [kg/年] 式-7と表3より  
 $206 \text{ (表3より)} \times 97/100 \times 12 = 2,400 \text{ kg/年}$
- 5) 積層用樹脂からのSM排出量 [kg/年] 式-8より  
 $68 \text{ (表3より)} \times 994/1000 \times 120 = 8,100 \text{ kg/年}$
- 6) 合計SM排出量 = 10,500 kg/年

### 例題 2

条件設定： オ - プンモ - ルド成形 (Aシリ - ズ)  
ゲルコ - ト塗布 (排ガス処理設備有り)  
年間ゲルコ - ト取扱量 12トン  
ゲルコ - トのSM含有率 50質量%  
機械主導の積層/スプレ - 法 (排ガス処理設備有り)  
積層用樹脂は低揮散タイプを使用  
積層用樹脂は容器購入  
年間樹脂取扱量 120トン (積層用のみ)  
積層用樹脂のSM含有率 45質量%

移動量の算出：

- 1) ゲルコ - トからのSM移動量 [kg/年] 式-1と表3より  
 $10/9 \times 3/100 \times 12 \times 1000 \times 50/100 + (291-206) \times 97/100 \times 12 = 200 + 989 = 1,190 \text{ kg/年}$
- 2) 積層用樹脂からのSM移動量 [kg/年] 式-3と表3より  
 $10/9 \times 6/1000 \times 120 \times 1000 \times 45/100 + (79-60) \times 994/1000 \times 120 = 360 + 2,266 = 2,630 \text{ kg/年}$
- 3) 合計SM移動量 = 3,820 kg/年

排出量の算出：

- 4) ゲルコ - トからのSM排出量 [kg/年] 式-7と表3より  
 $206 \text{ (表3より)} \times 97/100 \times 12 = 2,400 \text{ kg/年}$
- 5) 積層用樹脂からのSM排出量 [kg/年] 式-8より  
 $60 \text{ (表3より)} \times 994/1000 \times 120 = 7,160 \text{ kg/年}$
- 6) 合計SM排出量 = 9,560 kg/年

### 例題 3

条件設定： オ - プンモ - ルド成形 (Aシリ - ズ)  
ゲルコ - ト塗布 (排ガス処理設備なし)  
年間ゲルコ - ト取扱量 12トン  
ゲルコ - トのSM含有率 45質量%  
ゲルコ - トにMMAを 10質量%含有  
機械主導の積層/アレスガン使用で近距離からスプレ含浸  
含浸工程終了後にシートで覆って硬化する  
積層用樹脂は従来タイプを使用  
積層用樹脂はロ - リ - 購入  
年間樹脂取扱量 120トン (積層用のみ)  
積層用樹脂のSM含有率 45質量%

移動量の算出：

- 1) ゲルコ - トからのSM移動量 [kg/年] 式-2より  
 $10/9 \times 3/100 \times 12 \times 1000 \times 45/100 = 180 \text{ kg/年}$
- 2) 積層用樹脂からのSM移動量 [kg/年] 式-6より  
0 kg/年
- 3) 合計SM移動量 = 180 kg/年
- 4) ゲルコ - トからのMMA移動量 [kg/年] 式-18より  
 $10/9 \times 3/100 \times 12 \times 1000 \times 10/100 = 40 \text{ kg/年}$

排出量の算出：

- 5) ゲルコ - トからのSM排出量 [kg/年] 式-7と表3より  
 $244 (\text{表3より}) \times 97/100 \times 12 = 2,840 \text{ kg/年}$
- 6) 積層用樹脂からのSM排出量 [kg/年] 式-9と表3より  
 $49 \times 0.85 (\text{いずれも表3より}) \times 120 + 1/10000 \times 120 \times 1000$   
 $= 4,998 + 12 = 5,010 \text{ kg/年}$
- 7) 合計SM排出量 = 7,850 kg/年
- 8) ゲルコ - トからのMMA排出量 [kg/年] 式-19と表4より  
 $67.50 (\text{表4より}) \times 97/100 \times 12 = 790 \text{ kg/年}$

### 例題 4

条件設定： オ - プンモ - ルド成形 (Aシリ - ズ)  
ゲルコ - ト塗布 (排ガス処理設備なし)  
年間ゲルコ - ト取扱量 12トン  
ゲルコ - トのSM含有率 50質量%  
機械主導の積層/スプレ法 (排ガス処理設備なし)  
含浸工程なしにシートで覆って硬化する  
積層用樹脂は従来タイプを使用  
積層用樹脂は容器購入  
年間樹脂取扱量 120トン (積層用のみ)  
積層用樹脂のSM含有率 45質量%

移動量の算出：

- 1) ゲルコ - トからのSM移動量 [kg/年] 式-2より  
 $10/9 \times 3/100 \times 12 \times 1000 \times 50/100 = 200 \text{ kg/年}$
- 2) 積層用樹脂からのSM移動量 [kg/年] 式-5より  
 $10/9 \times 6/1000 \times 120 \times 1000 \times 45/100 = 360 \text{ kg/年}$
- 3) 合計SM移動量 = 560 kg/年

排出量の算出：

- 4) ゲルコ - トからのSM排出量 [kg/年] 式-7と表3より  
 $291 (\text{表3より}) \times 97/100 \times 12 = 3,390 \text{ kg/年}$
- 5) 積層用樹脂からのSM排出量 [kg/年] 式-8と表3より  
 $127 \times 0.55 (\text{いずれも表3より}) \times 994/1000 \times 120 = 8,330 \text{ kg/年}$
- 6) 合計SM排出量 = 11,700 kg/年

### 例題 5

条件設定： オ - プンモ - ルド成形 (Aシリ - ズ)  
ゲルコ - ト塗布なし  
手作業による積層  
積層用樹脂は低揮散タイプを使用  
積層用樹脂は容器購入  
年間樹脂取扱量 120トン  
積層用樹脂のSM含有率 40質量%

移動量の算出：

1) 積層用樹脂からのSM移動量 [ kg/年 ] 式-5より  
 $10/9 \times 6/1000 \times 120 \times 1000 \times 40/100 = 320 \text{ kg/年}$

排出量の算出：

2) 積層用樹脂からのSM排出量 [ kg/年 ] 式-8と表3より  
 $28 (\text{表3より}) \times 994/1000 \times 120 = 3,340 \text{ kg/年}$

### 例題 6

条件設定： オ - プンモ - ルド成形 (Aシリ - ズ)  
ゲルコ - ト塗布なし  
フラメントインデイング成形  
樹脂は従来タイプを使用  
樹脂はコンテナ - で購入  
年間樹脂取扱量 120トン  
樹脂のSM含有率 35質量%

移動量の算出：

1) 積層用樹脂からのSM移動量 [ kg/年 ] 式-6より  
0 kg/年

排出量の算出：

2) 積層用樹脂からのSM排出量 [ kg/年 ] 式-10と表3より  
 $60 (\text{表3より}) \times 120 = 7,200 \text{ kg/年}$

### 例題 7

条件設定： 型内成形 - 1 (Bシリ - ズ)  
ゲルコ - ト塗布 (排ガス処理設備有り)  
年間ゲルコ - ト取扱量 12トン  
ゲルコ - トのSM含有率 50質量%  
レジントランスファー成形  
積層用樹脂は容器で購入  
年間樹脂取扱量 120トン (積層用のみ)  
積層用樹脂のSM含有率 45質量%

移動量の算出：

1) ゲルコ - トからのSM移動量 [ kg/年 ] 式-1と表3より  
 $10/9 \times 3/100 \times 12 \times 1000 \times 50/100 + (291-206) \times 97/100 \times 12 = 200 + 989 = 1,190 \text{ kg/年}$

2) 積層用樹脂からのSM移動量 [ kg/年 ] 式-5より  
 $10/9 \times 6/1000 \times 120 \times 1000 \times 45/100 = 360 \text{ kg/年}$

3) 合計SM移動量 = 1,550 kg/年

排出量の算出：

4) ゲルコ - トからのSM排出量 [ kg/年 ] 式-7と表3より  
 $206 (\text{表3より}) \times 97/100 \times 12 = 2,400 \text{ kg/年}$

5) 積層用樹脂からのSM排出量 [ kg/年 ] 式-11より  
 $1/100 \times 994/1000 \times 120 \times 1000 \times 45/100 = 540 \text{ kg/年}$

6) 合計SM排出量 = 2,940 kg/年

#### 例題 8

条件設定： 型内成形-1 (Bシリ-ズ)  
ゲルコ-ト塗布なし  
連続成形  
樹脂は口-リ-で購入  
年間樹脂取扱量 120トン  
樹脂のSM含有率 35質量%

移動量の算出：

$$1) \text{樹脂からのSM移動量 [kg/年]} \quad \text{式-6より}$$
$$0 \text{ kg/年}$$

排出量の算出：

$$2) \text{樹脂からのSM排出量 [kg/年]} \quad \text{式-12より}$$
$$\frac{1}{100} \times 120 \times 1000 \times \frac{35}{100} + \frac{1}{10000} \times 120 \times 1000$$
$$= 420 + 12 = 430 \text{ kg/年}$$

#### 例題 9

条件設定： 型内成形-2 (Cシリ-ズ)  
SMC成形  
SMCとして購入  
年間SMC取扱量 120トン

移動量の算出：SMCとして購入するのでSM移動量は 0 kg/年

排出量の算出： 式-14より

$$\frac{2}{1000} \times 120 \times 1000 = 240 \text{ kg/年}$$

#### 例題 10

条件設定： 型内成形-2 (Cシリ-ズ)  
BMC成形  
BMCとして購入  
年間BMC購入量 120トン

移動量の算出：BMCとして購入するのでSM移動量は 0 kg/年

排出量の算出： 式-15より

$$\frac{1}{1000} \times 120 \times 1000 = 120 \text{ kg/年}$$

#### 例題 11

条件設定： コンパウンド製造工程 (Dシリ-ズ)  
SMC製造  
年間SMC生産量 120トン

移動量の算出：式-6をあてはめるとSM移動量は 0 kg/年

排出量の算出： 式-16より

$$\frac{17}{10000} \times 120 \times 1000 = 200 \text{ kg/年}$$

#### 例題 12

条件設定： コンパウンド製造工程 (Dシリ-ズ)  
BMC製造  
年間BMC生産量 120トン

移動量の算出：式-6を当てはめるとSM移動量は 0 kg/年

排出量の算出： 式-17より

$$\frac{8.8}{10000} \times 120 \times 1000 = 110 \text{ kg/年}$$

例題 1 3

条件設定： プリプレグ成形  
樹脂はトルエン溶解品  
樹脂は容器購入  
年間樹脂取扱量 120トン  
トルエン含有率 30質量%

トルエン移動量の算出： 式-20より  
 $10/9 \times 6/1000 \times 120 \times 1000 \times 30/100 = 240 \text{ kg/年}$

トルエン排出量の算出： 式-22より  
 $994/1000 \times 120 \times 1000 \times 30/100 = 35,800 \text{ kg/年}$

表3 オープンモールド成形（Aシリズ）工程における積層用樹脂及びゲルコートに含有するスチレンモノマー（SM）の大気への排出係数  
（使用した樹脂又はゲルコート1トン当たりに排出するSM量をkgで表示）

単位：SM kg / 積層用樹脂又はゲルコート 1トン

積層用樹脂又はゲルコート中のSM含有率 [質量%] <sup>1)</sup>		25	30	35	40	45	50	55	
手作業による積層	従来タイプの樹脂	2.8	3.4	4.2	5.5	6.8	8.1	9.4	
	低揮散タイプの樹脂 <sup>2)</sup>	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.2	3.7	
機械主導の積層	排ガス処理設備を設置していない スプレ-法	従来タイプの樹脂	3.8	4.6	6.3	9.5	12.7	15.9	19.1
		低揮散タイプの樹脂 <sup>2)</sup>	2.3	2.8	3.9	5.8	7.9	9.9	11.9
	排ガス処理設備を設置している スプレ-法 <sup>3)</sup>	従来タイプの樹脂	2.9	3.5	4.9	7.3	9.8	12.3	14.7
		低揮散タイプの樹脂 <sup>2)</sup>	1.8	2.2	3.0	4.5	6.0	7.6	9.1
	近距離から樹脂が霧状にならない ように含浸する場合 <sup>4)</sup>	従来タイプの樹脂	2.4	2.9	3.5	4.2	4.9	5.6	6.3
		低揮散タイプの樹脂 <sup>2)</sup>	1.5	1.9	2.1	2.6	3.1	3.5	3.9
フィラメントワインディング成形法 <sup>8)</sup>	従来タイプの樹脂	4.1	5.0	6.0	7.2	8.5	9.7	10.9	
	低揮散タイプの樹脂 <sup>2)</sup>	2.7	3.2	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	
ゲルコートの塗布 と硬化	排ガス処理設備を設置していない場合	10.0	12.0	15.1	19.8	24.4	29.1	33.8	
	排ガス処理設備を設置している場合 <sup>3)</sup>	7.3	8.8	11.0	14.4	17.8	20.6	24.6	
含浸工程終了後にシートで覆って硬化する場合		従来タイプの樹脂の揮散係数 × 0.80 又は 0.85 <sup>5)</sup>							
含浸工程なしにシートで覆って硬化する場合		従来タイプの樹脂の揮散係数 × 0.50 又は 0.55 <sup>6)</sup>							

（出典：Composites Fabricators Association, 1999年4月7日付）

注：

- SM含有率は質量%で表示しているのので、算出式においては「質量% ÷ 100」として算出する。本含有率が各記載数値の中間値を示す場合は、比例配分にて排出係数を算出することが望ましい。このSMの含有率は、モルダで追加される分も含めた数値である。しかし、粉体、充填材やガラス等のその他の添加剤は加える前の数値である。積層用樹脂又はゲルコートに季節型がある場合（SM含有率が変動する場合）は、1年間春秋タイプを使用したとして計算する。
- 低揮散タイプの樹脂とは、パラフィン入りの樹脂及び低臭気性樹脂を対象とする。これら以外は従来タイプの樹脂と見なす。
- 積層用樹脂及びゲルコートの両方に共通であるが、排ガス処理設備を設置している場合は、そうでない場合との差は移動量に行くことになるので注意すること。例えば積層用樹脂で、且つ従来タイプの樹脂を使用し、SM含有率が40質量%の場合、(9.5 - 7.3) Kg/トンが移動量となる。
- エアレスのレジンスプレ-等（霧状にならないことが前提）が想定できる。
- 手作業の積層の場合は0.80を、機械主導の積層の場合は0.85の数値を採用すること。
- 手作業の積層の場合は0.50を、機械主導の積層の場合は0.55の数値を採用すること。
- <参考>ゲルコートの塗布と効果・霧状にならない塗布、刷毛塗り等の場合の排出係数  
[SM含有率 / 排出係数] 25 / 5.6 30 / 7.6 35 / 9.6 40 / 11.7 45 / 13.7 50 / 15.8 55 / 17.8  
なお、霧状にならないゲルコート塗布試験の詳細は、"Emission Factors for Non-Atomized Application of Gel Coats used in the Open Molding of Composites" というタイトルのEECSレポート（2001年7月17日付）を参照のこと。EECS：Engineering Environmental Consulting Services の略。
- フィラメントワインディング成形法における排出係数データは、"Don Filament Winding Emissions Study" の資料に基づく。

表4 ゲルコ - ト塗布及び硬化工程におけるメタクリル酸メチル (MMA) の大気への排出係数 ( Aシリ - ズ )

ゲルコ - ト中のMMA 含有率 [ 質量% ] <sup>1)</sup>	1	5	10	15	20
ゲルコ - ト1トンから大気へ 排出されるMMA量 [ k g ]	6 . 7 5	3 3 . 7 5	6 7 . 5 0	1 0 1 . 2 5	1 3 5 . 0 0

( 出典 : Composites Fabricators Association, 1999年4月7日付 )

- 1) MMAモノマ - の含有率は、モルダ - で追添加される分も含めた数値である。しかし粉体、充填材やガラス等、その他の添加剤は加える前の数値である。  
MMA含有率は質量%で表示しているので、算出式においては「質量% ÷ 100」として算出する。  
本含有率が各記載数値の中間値を示す場合は、比例配分にて排出係数を算出することが望ましい。