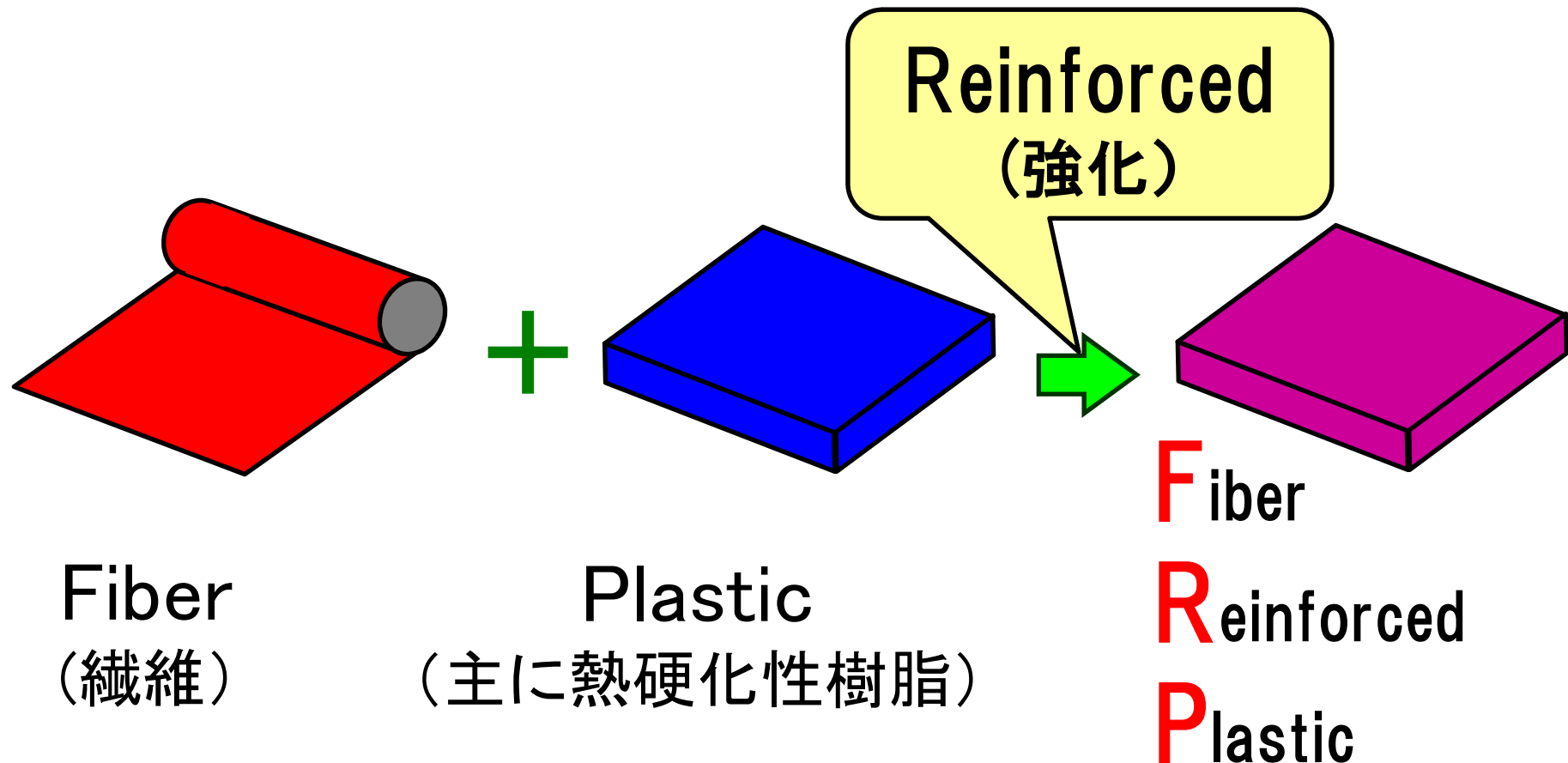


# FRPの新しい成形法 TM法

Assistance Thermal expansion  
Microcapsule Molding Method

株式会社 MONOPOST  
合同会社 播羊化学研究所

# FRPとは？



FRPは繊維とプラスチックが合体した“複合材料”

# FRPの成形方法

大きくウェット法とドライ法に分けられる

ウェット法



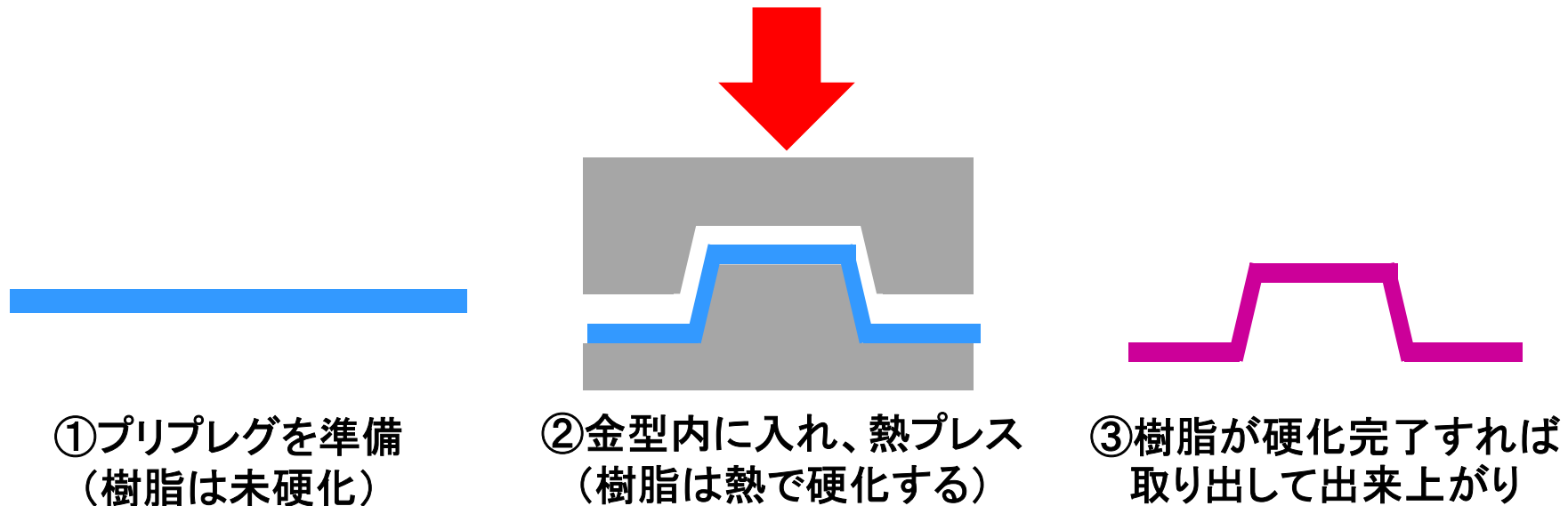
繊維を液状樹脂に直接浸してFRPを作製。  
ハンドレイアップ法、フィラメントワインディング法、RTM法、スプレーアップ法、コールドプレス法など

ドライ法



一旦繊維に液状樹脂を含浸させたプリプレグと呼ばれる中間素材を作製した上でFRPを作製。  
繊維含有率を上げることができるので、高強度のFRPが作製できる。  
バキュームバッグ法、オートクレーブ法、シートワインディング法、SMC法など

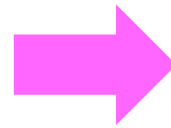
# プリプレグを使ったプレス成形



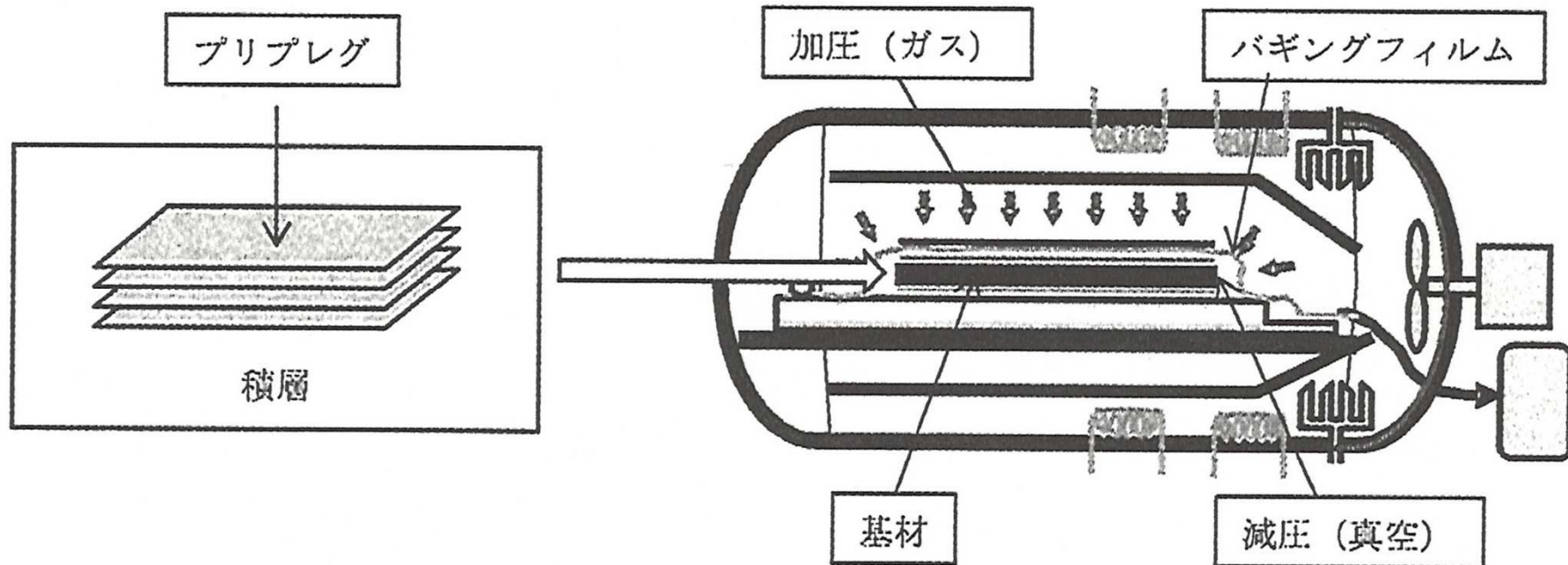
**問題点：どうしてもプリプレグと型の隙間ができ、精密な成型ができない上に、ボイドに由来する空隙が発生してしまう。**

# オートクレーブ法

相手型を押すのではなく、**高圧気体**で押す。



力が隅々まで行き渡り、良好な成型ができる。



※平野啓之、熱硬化性CFRPの成形法と材料への要求、ネットワークポリマー、Vol.36、No.1、2015、p.38-46

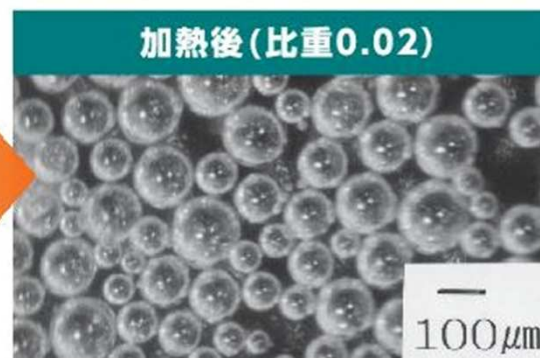
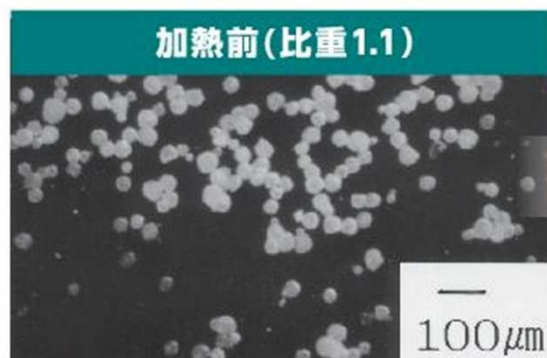
# オートクレーブ法の問題点



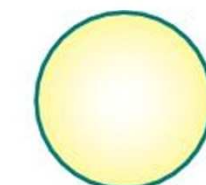
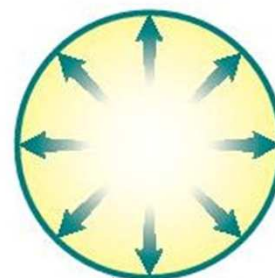
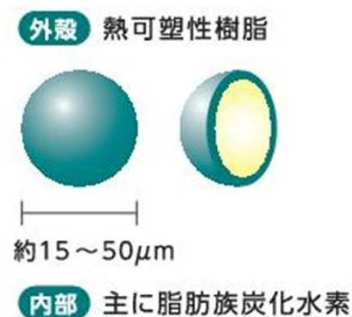
※羽生田製作所HPより

装置が高価である上に、容積も限られている。  
⇒意外と狭い。

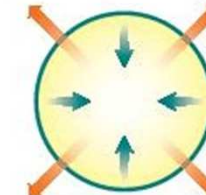
# 熱膨張性マイクロカプセルの登場！



|                       |
|-----------------------|
| 外径の変化                 |
| 3～5倍                  |
| 発泡前シェル厚み              |
| 約3～15 $\mu\text{m}$   |
| 発泡後シェル厚み              |
| 0.1～0.5 $\mu\text{m}$ |
| 発泡開始温度                |
| 約 90～210℃             |
| 最大発泡温度                |
| 約 125～250℃            |



外殻の固化により  
形状安定



内部ガスの  
漏洩により収縮:  
ヘタリ

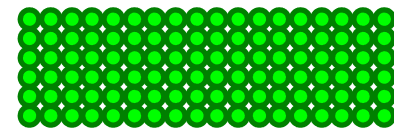
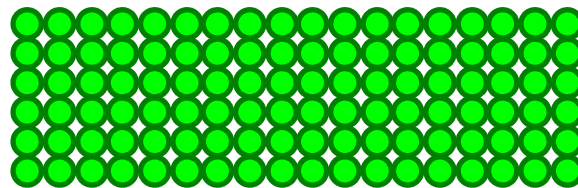
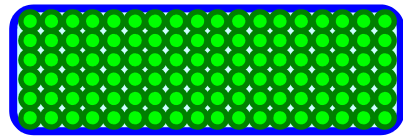
※イメージ

マイクロカプセルが  
熱膨張する力で成型!!!

ヘタリ現象により再び縮小

※クレハマイクロスフェアのカタログより

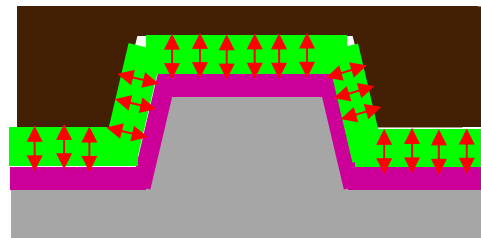
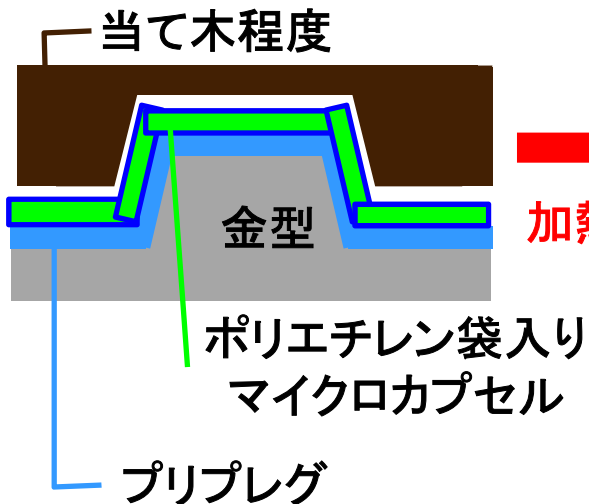
# マイクロカプセルを使って成型



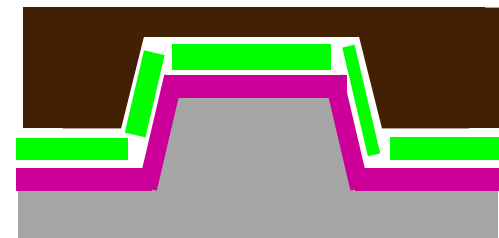
①マイクロカプセルを  
ポリエチレン袋に入れ、  
土嚢状にする。

②加熱するとポリエチ  
レン袋は溶け、マイク  
ロカプセルは膨張する。

③更に加熱するとマイク  
ロカプセルは収縮する。



マイクロカプセルが膨  
張して成型。



マイクロカプセルが収縮  
して脱型を容易にする。

# T M 法 (特許第6405433号)

JP 6405433 B1 2018.10.17

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B1)

(11) 特許番号

特許第6405433号  
(P6405433)

(45) 発行日 平成30年10月17日(2018.10.17)

(24) 登録日 平成30年9月21日(2018.9.21)

(51) Int.Cl.

F I

|               |           |               |       |
|---------------|-----------|---------------|-------|
| B 2 9 C 43/18 | (2006.01) | B 2 9 C 43/18 |       |
| B 2 9 C 70/40 | (2006.01) | B 2 9 C 70/40 |       |
| B 2 9 C 44/00 | (2006.01) | B 2 9 C 44/00 | C     |
| C 0 8 J 9/32  | (2006.01) | C 0 8 J 9/32  | C E P |

請求項の数 4 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2017-197468 (P2017-197468)

(22) 出願日 平成29年10月11日(2017.10.11)

審査請求日 平成30年2月14日(2018.2.14)

早期審査対象出願

(73) 特許権者 516092913

株式会社 MONOPOST  
北海道札幌市北区北二十五条西四丁目1番  
24-207号

(74) 代理人 100068663

弁理士 松波 祥文

(72) 発明者 島山 倫博

静岡県田方郡函南町仁田810-1株式会社  
MONOPOST内

審査官 越本 秀幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維強化樹脂成形品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

強化用繊維にマトリックス樹脂を含有させた繊維強化樹脂基材を型の内面に配置し、前記繊維強化樹脂基材が配置された型のコア空間部に熱膨張性マイクロカプセルとそれ以外の粉体とからなる流動性を有する粉体混合物を充填し、型の内面に配置した繊維強化樹脂基材と前記粉体混合物との間に離形材を配置し、型を密閉した後、繊維強化樹脂基材と型の内面との間の空気を排気することにより、該基材と該内面とを密着させ、次いで熱膨張性カプセルの熱膨張開始温度以上、最大膨張温度以下に加熱して、熱膨張性カプセルを膨張させ、前記繊維強化樹脂基材を加熱加圧することを特徴とする繊維強化樹脂成形品の製造方法。

【請求項2】

前記粉体混合物における熱膨張性マイクロカプセルの含有量は20～80重量%であることを特徴とする請求項1に記載の繊維強化樹脂成形品の製造方法。

【請求項3】

前記繊維強化樹脂基材が配置された型のコア空間部に、該空間部容積1L当たり200g～600gの前記粉体混合物を充填することを特徴とする請求項1又は2に記載の繊維強化樹脂成形品の製造方法。

【請求項4】

熱膨張性マイクロカプセル以外の粉体は有機物粉体、無機物粉体、チョップドファイバ一、又はそれらの混合物からなることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の

10

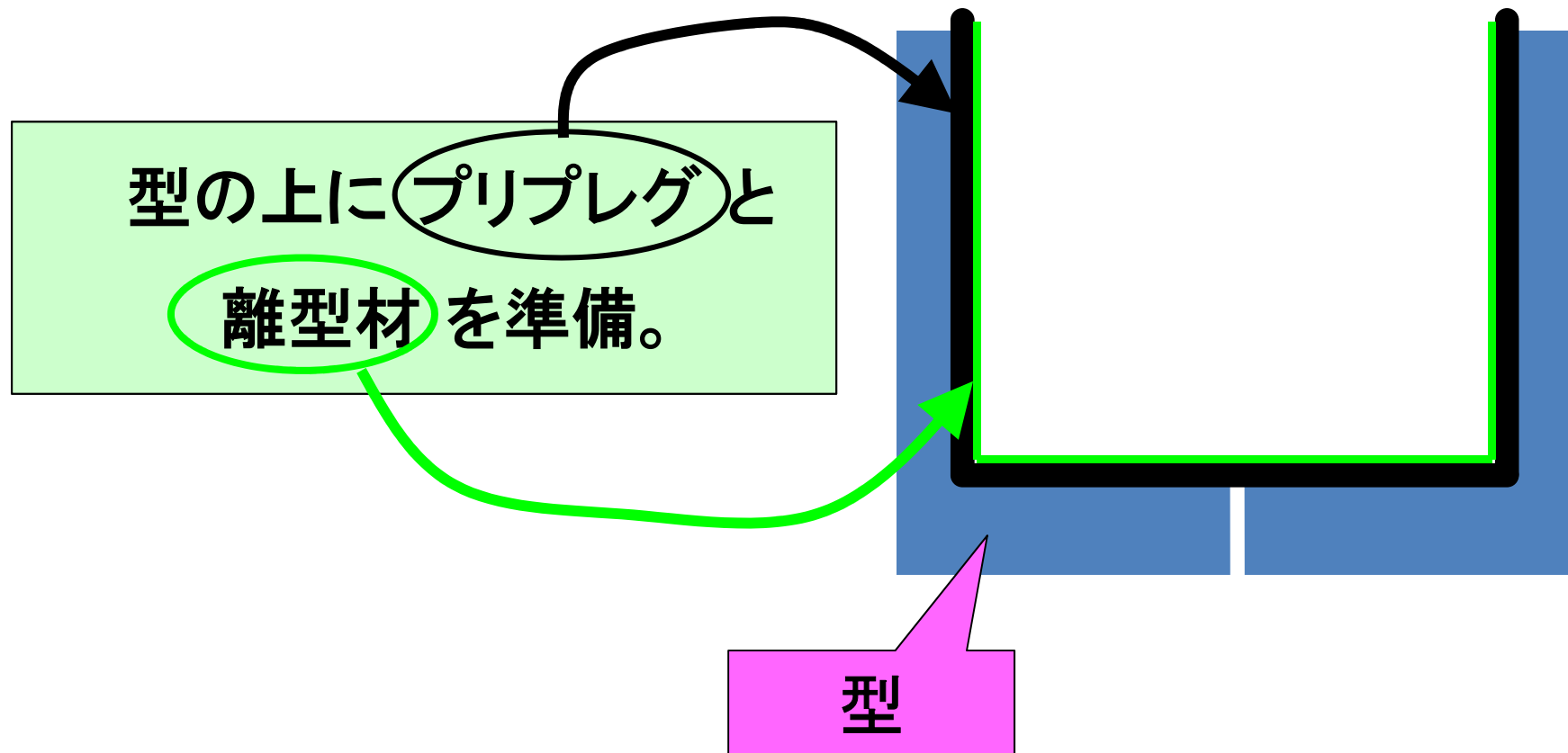
20

# TM法の詳細

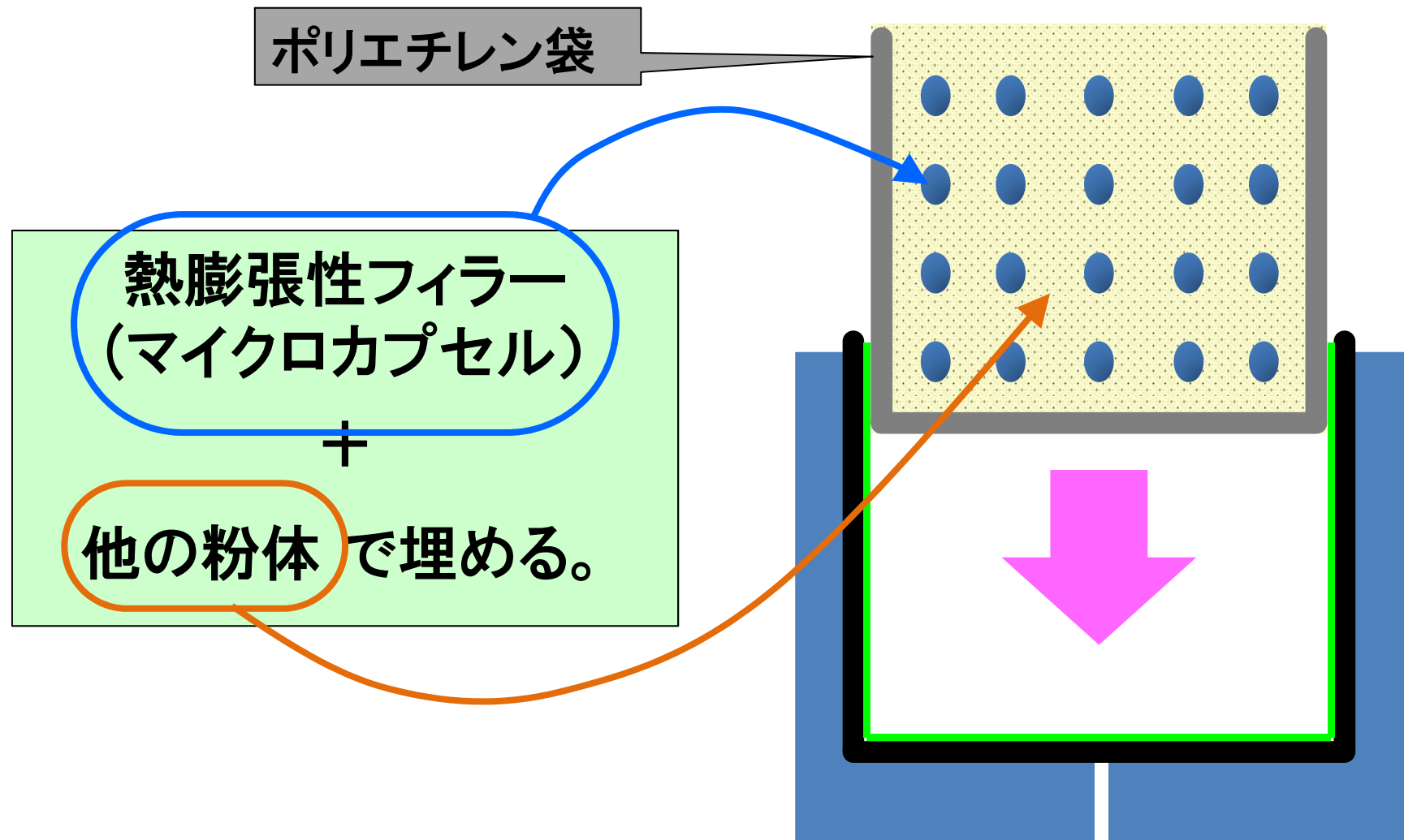
## 構成特徴点（限定事項）

1. 型の上にプリプレグと離型材を準備。
2. 熱膨張性フィラー＋他の粉体で埋める。
3. 型密閉。
4. プリプレグと型内面との間の空気を排気して加熱。
5. マイクロカプセルが膨張。
6. 成型品の出来上がり。

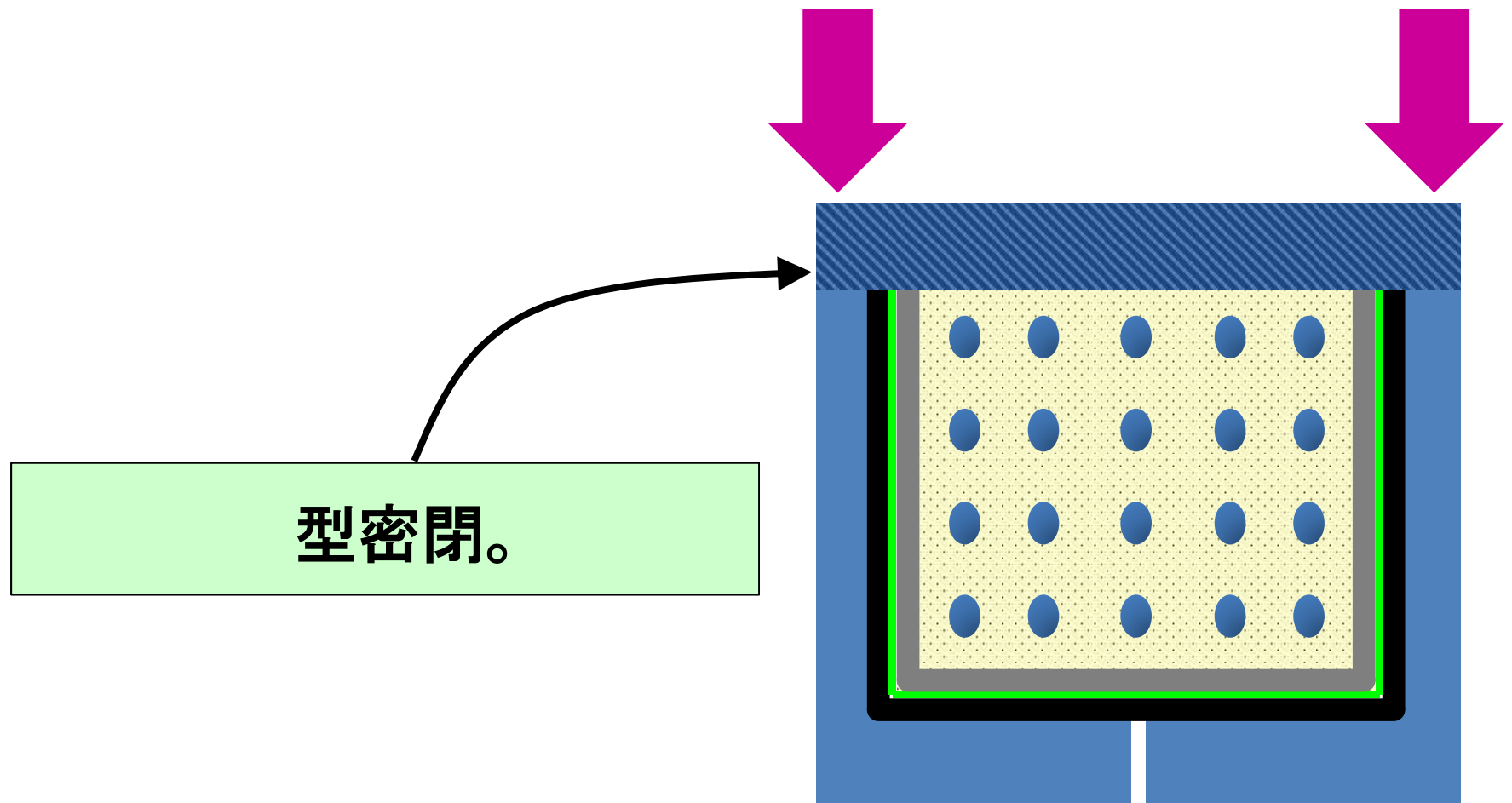
# TM法の詳細(工程1)



# TM法の詳細(工程2)

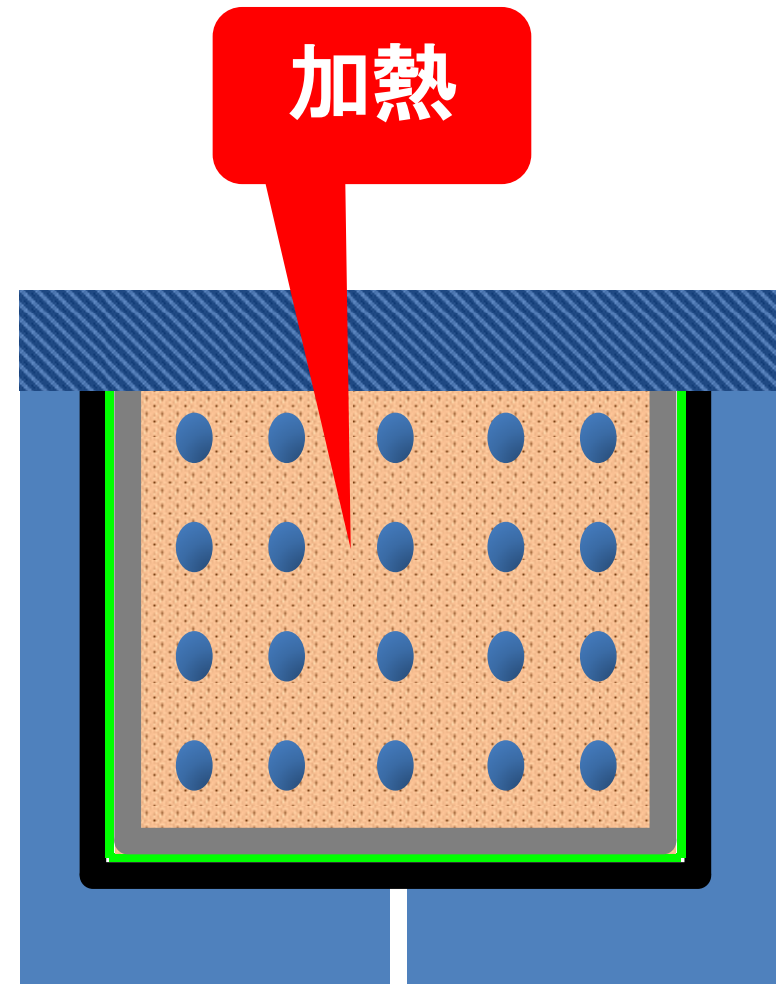


# TM法の詳細(工程3)



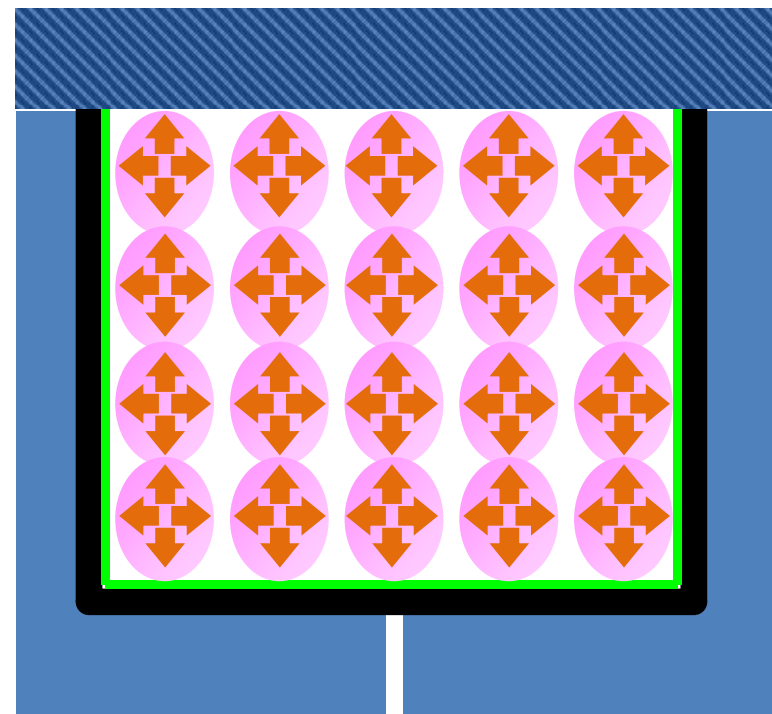
# TM法の詳細(工程4)

プリプレグと型内面との間の  
空気を排気して加熱。



# TM法の詳細(工程5)

マイクロカプセルが膨張。



# TM法の詳細(工程6)

---

成型品の出来上がり！



# TM法の優位性

粉体を使用 ⇒ 複雑な成形ができる。

型に蓋をするだけ ⇒ 量産成型が可能。

オートクレーブが不要！  
⇒ 成型品の大きさが自由になる。

3Dプリンター型使用 ⇒ 空中・宇宙でも成型可能。

# 【参考】TM法（要素技術）

Expancel（エクспанセル） | 日本フィライト株式会社

 **Japan Fillite**  
日本フィライト株式会社

有機/無機マイクロバルーンの特化企業 | TEL : 06-6227-0729

|     |      |      |      |        |
|-----|------|------|------|--------|
| ホーム | 製品案内 | 会社概要 | 採用情報 | お問い合わせ |
|-----|------|------|------|--------|

---

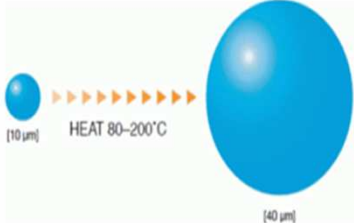
**Expancel® | 熱膨張マイクロカプセル**

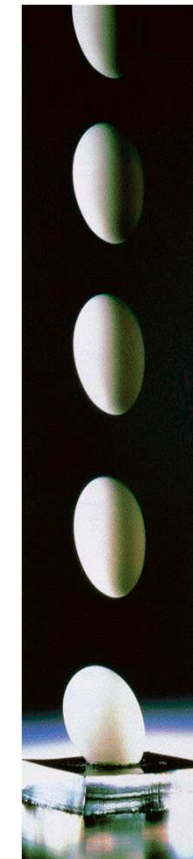
---

**Expancelマイクロスフィアは小さなプラスチック球体です。**

Expancelマイクロスフィアは、液状ガスを内包したポリマー殻で形成されています。これらの球体の平均粒子径は、未膨張グレードの場合、約10~17 $\mu\text{m}$ で、真密度1000~1300  $\text{kg}/\text{m}^3$  (1~1.3 $\text{g}/\text{cm}^3$ )です。

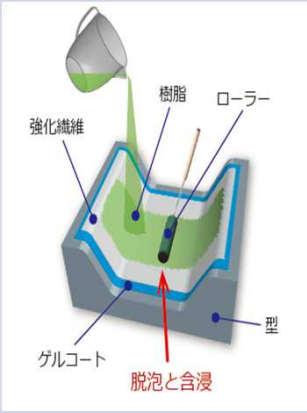
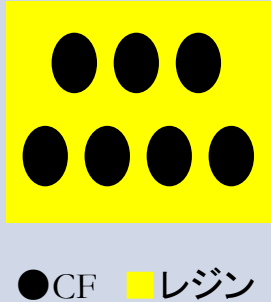
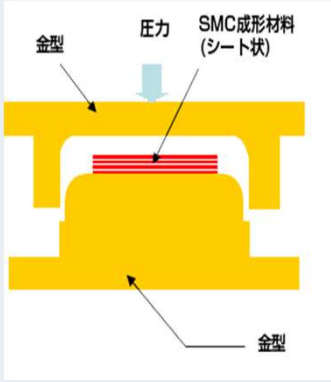
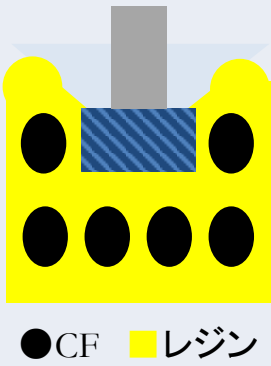
加熱された際、殻の内部ガス圧が増し、熱可塑性プラスチックの殻が軟化することでマイクロスフィアの体積が劇的に増え、軽量な中空球状粒子になります。完全に膨張した時、マイクロスフィアの体積は50倍以上になります。（真密度は0.03~0.07  $\text{g}/\text{cm}^3$ ）一般的な膨張温度の範囲は80℃~200℃です。





**$\alpha$  GEL®**

# 【参考】FRP従来工法①

| 工法名       | 装置                                                                                 | 成形品                                                                                 | メリット        | デメリット       |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|
| ハンドアップ成形法 |   |   | 型・製法が簡単     | 高品質な製品は出来ない |
| SMCプレス成形法 |  |  | ハイスサイクル成形可能 | ヒート&プレス機が必要 |

## 【参考】FRP従来工法②

| 工法名        | 装置 | 成形品                        | メリット             | デメリット             |
|------------|----|----------------------------|------------------|-------------------|
| オープン成形法    |    | <p>●CF    ■レジン<br/>▼エア</p> | 3次元成形品の製作が可能     | ボイド(エアの残り)が発生する   |
| オートクレーブ成形法 |    | <p>●CF    ■レジン</p>         | 高品質、3次元成型品に適している | 製品のサイズは装置のサイズで決まる |

# 製作例①



**オリンピック選手用の靴！**

## 製作例②

