

# 化学発泡剤特性が発泡成形プロセスに及ぼす影響

## Effect of foaming agent property on one-shot chemical foaming process

(株式会社アシックス, 山形大院) ○ (正) 立石純一郎

(株式会社アシックス) 西脇剛史

(山形大院) (正) Sathish K. Sukumaran, (正) 杉本昌隆

The aim of this study is to investigate effects of chemical foaming agent (CFA) particle size and content on foaming process with cellular structure of one-shot press molded polyethylene foams. Pressure in mold at expansion and foaming ratio increased with CFA content, however, were not influenced by CFA particle size. On the other hand, averaged cell size and cell number density were dependent on both CFA content and particle size. It was suggested that cellular structure was influenced by CFA particle size as well as the CFA content on one-shot press molded polyethylene foams.

*Key Words:* chemical foaming agent, cellular structure, cross-linked polymer foam

### 1. 緒言

ワンショット法による化学発泡成形は、多品種及び複雑形状を有する製品の製造において、賦形性や成形コストの観点から有用な成形法である。先の研究においては、基材種や架橋剤添加量により変化するコンパウンドの粘弾性や、成形時における温度や時間等の成形条件が発泡体の気泡構造に及ぼす影響について検討されている<sup>(1-2)</sup>。一方我々は、成形プロセスで生じる現象を直接評価することで発泡成形メカニズムを把握すべく、成形プロセスにおける型内の圧力計測や可視化観察を行ってきた<sup>(3)</sup>。本研究では、既報に加え、化学発泡剤において重要な原材料である化学発泡剤の粒子径や添加量に着目し、それらが発泡体の気泡構造に及ぼす影響を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2-1 試料及び発泡成形

Table1 に試料としたコンパウンドの組成を示す。コンパウンドの基材はメタロセン触媒の直鎖状低密度ポリエチレン (LLDPE, MFR=3.8g/10min, 株プライムポリマー) とした。化学発泡剤にはアゾジカルボンアミド (ADCA, 永和化成工業株) を用い、メジアン径  $d_{50}$  (カタログ記載値) が異なる 2 種の ADCA (ADCA-L:  $d_{50} = 30 \mu\text{m}$ , ADCA-S:  $d_{50} = 5 \mu\text{m}$ ) をそれぞれ変量添加した。コンパウンドは 120°C に保温され

Junichiro Tateishi\*, Tsuyoshi Nishiwaki : ASICS  
Sathish K. Sukumaran, Masataka Sugimoto :  
Graduate School of Science and Engineering,  
Yamagata University

\*6-2-1, Takatsukadai, Nishi-ku, Kobe, Hyogo  
651-2271, Japan

Phone: +81-78-992-0810 Fax: +81-78-992-0819

たオープンロールにて、LLDPE, ADCA とともに架橋剤 (ジクミルパーオキサイド, DCP, 日油株) 及び ADCA の分解助剤となる酸化亜鉛 (ZnO, 正同化学工業株) を混練し作製した。

発泡成形は既報<sup>(3)</sup>の手法に従って行った。この時、熱板温度は 175°C, 成形時間は 1200 秒とした。金型に装着された圧力センサにより、成形終了時点の型内圧力  $P_F$  を測定した。 $P_F$  とは、型締め力を急開放することでコンパウンドを膨張させ

Table1 Specimen codes and composition

	L2	L6	L10	S2	S6	S10
LLDPE	100	100	100	100	100	100
ADCA-L	2	6	10			
ADCA-S				2	6	10
ZnO	1	3	5	1	3	5
DCP	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

る直前の型内圧力である。

#### 2-2 気泡構造評価

発泡試料の気泡構造を評価するため、発泡倍率  $E_R$ , 数平均気泡径  $d$  及び気泡数密度  $N_0$  を以下の手順に従って算出した。 $E_R$  は未発泡試料の比重を発泡試料の比重で除することで求めた。 $d$  及び  $N_0$  を算出するため、発泡試料を凍結切断し、走査型電子顕微鏡 (SEM) により切断面を観察した。取得した画像から、画像解析ソフトを用いて画面内に確認される気泡の直径及び数を計測し、 $d$  及び式(1)に従って  $N_0$  を算出した。このとき、 $n$  及び  $A$  は、それぞれ 1 画面あたりのセル数、画面の面積である。 $N_0$  は、発泡試料の発泡倍率を考慮することで、未発泡試料に形成された単位体積あたりの気泡核数を表すものである<sup>(4)</sup>。

$$N_0 = \left( \frac{n}{A} \right)^{\frac{3}{2}} \times E_R \quad (1)$$

### 3. 実験結果及び考察

#### 3-1 型内圧力と発泡倍率との関係

Figure 1 には  $P_F$  と  $E_R$  との関係を示す。ADCA の粒子径に関わらず、添加量の増大とともに  $E_R$  及び  $P_F$  は増大した。これは、ADCA の添加量増大に伴う発生ガス量の増大を反映した結果である。一方、ADCA が同一添加量であるとき、小さい粒子径の ADCA を用いることで  $P_F$  はわずかに大きくなるものの、ADCA の粒子径が  $P_F$  に及ぼす影響は小さいことが確認できた。また ADCA の粒子径によらず、 $E_R$  と  $P_F$  とは同一線上にプロットされた。本研究では、この関係についてこれ以上明らかにすることはできないが、最大 15 にもおよぶ  $E_R$  を考慮すれば、膨張時のコンパウンドに生じる広範なひずみ域での力学的性質と  $P_F$  との関係が  $E_R$  に影響を及ぼす一因となるものと推察される。

#### 3-2 発泡体の気泡構造

Figure 2 には発泡試料の SEM 像をそれぞれ示す。いずれの発泡試料にも独立気泡構造が確認できた。Figure 3 には ADCA の添加量に対し  $d$  及び  $N_0$  をプロットした。図によれば、 $d$  は ADCA の添加量に対してほぼ一定であり、粒子径にのみ影響された。小さい粒子径の ADCA を用いることで  $d$  は小さくなった。換言すれば、化学発泡剤の粒子径は成形物の気泡径制御に対し重要な要素となることを示唆している。

一方  $N_0$  は、ADCA の添加量に伴い増大した。さらに、添加量が同一である場合、粒子径の小さい ADCA を用いることで  $N_0$  は大きくなった。高圧下で基材へのガス溶解と、減圧による気泡生成を行う物理発泡法においては、減圧差及び減圧速度を増大することで気泡数密度は増大することが知られている<sup>(5)</sup>。本研究での化学発泡成形においては、ADCA の添加量が同一である場合、減圧速度及び減圧差は ADCA の粒子径によりほぼ変化しない。つまり、この  $N_0$  の差異は別の因子に影響されたものと考えられる。

### 4. 結言

ワンショット法での化学発泡成形プロセスにおいて、化学発泡剤の粒子径は発泡体の気泡径に影響を及ぼすことがわかった。一方、発泡体の気泡数密度は化学発泡剤の粒子径と添加量の両方に影響されることがわかった。

### 5. 参考文献

- 1) C. J. Benning : *J. Cell. Plast.*, **3**,62 (1967)
- 2) Gendren et al : *J. Cell. Plast.*, **39**, 71(2003)
- 3) J. Tateishi : *ANTEC2015 conference proceeding*
- 4) J.Stange et al : *J. Cell. Plast.*, **42**,445(2006)
- 5) 稲森 : 成形加工, **II**, 194(1999)

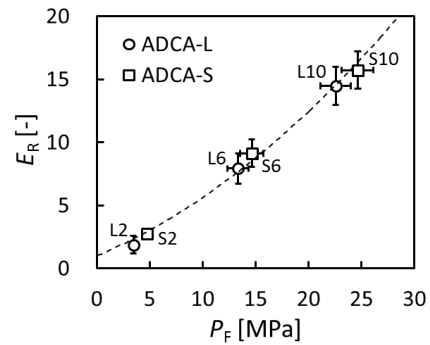


Figure 1 Relation between  $E_R$  and  $P_F$  on different ADCA contents and particle sizes

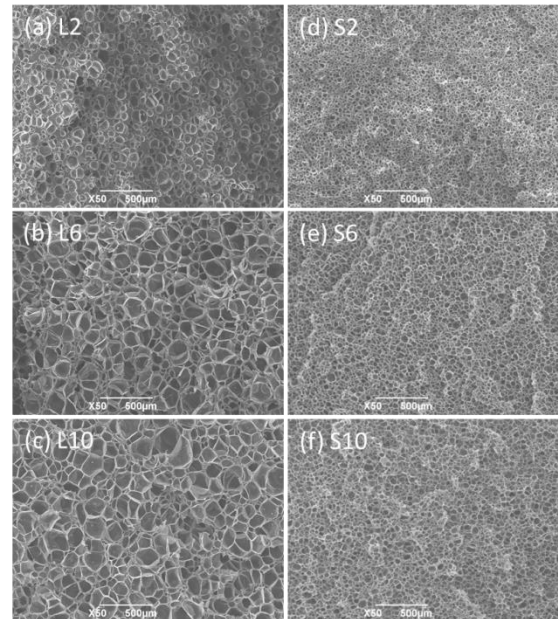


Figure 2 SEM images of foamed specimens

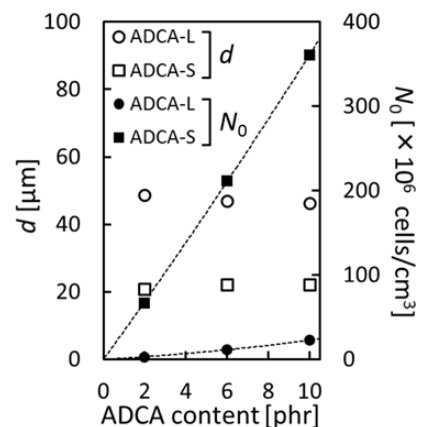


Figure 3 Average cell diameter and cell number density plotted against ADCA content