

発泡ポリスチレン(PSP)が熱水存在下、中鎖脂肪酸オイルで穴が開く理由の解析

カップラーメン容器は発泡ポリスチレンシート(通称名 PSP: Polystyrene Paper)で出来ています。原料ポリスチレン(PS)は軟化温度が約 100°Cですが、PSP には断熱効果もあり、熱水を注いでも容器の変形や穴空きの恐れはありません。ところが、MCT オイルが熱水と共存すると容器に穴が開き、熱水がこぼれ出てやけどの恐れがあるので容器にも注意表示がされています¹⁾。

PSP は PS を 10~20 倍程度に膨らませた、ゴム風船が重なり合ったような立体構造となっています。化学的な目で見ると、発泡前の PS 分子鎖はランダム(安定状態)に存在していますが、泡(セル)が成長していく過程で、セル壁に沿って膨らみ三次元的に引き延ばされた配向状態となります²⁾。PSP はこの状態のまま冷却固化されたシートであるため、PS 分子鎖はセルの周りに配向したまま(不安定状態)固定されています(図1)。この PSP を PS の軟化温度(T_g)以上(100°C以上)に加熱すると、徐々に PS 鎖の結びつきが緩み配向が緩和されて元の安定状態に戻ろうとします(熱収縮)。この過程で PSP に薄くて強度的に弱い箇所が生じ、気泡が破れたりする事が実験で分かっています(図2)。

また、MCT オイル(図3)³⁾は PS と親和性が近いため PS の分子鎖に入り込みやすく、PS 鎖の結びつきを緩める効果があります(表1)。ポリマーと溶媒との親和性を推測

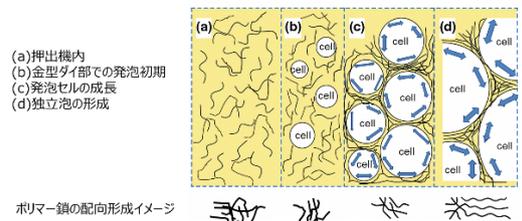


図1 ; セルの成長に伴う発泡過程におけるポリマー鎖微細構造変化の模式図
黒い線はPS分子鎖を表し、青い矢印は発泡過程における泡の成長方向を表す。



図2 ; PSPをPSの軟化温度以上にした時のセル微細構造変化の模式図
黒い線はPS分子鎖を表す。

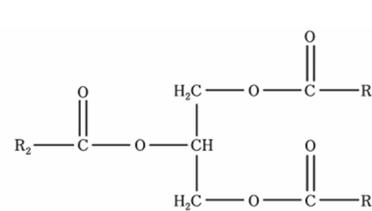


図3 ; 油脂の主体であるトリアシルグルセロールの分子構造
MCTオイルはR₁,R₂,R₃が中鎖脂肪酸側鎖 (C8,C10,C12) で構成されている。

表1 ; PSと各種溶媒とのSP値差及びPS溶解実験結果 (常温×3週間)

溶媒	PS溶解性予測	SP値 (MPa ^{1/2})	PS (18)とのSP値差	ヘルツ溶解実験 (常温×3週間)
n-ヘキタン	×	14.3	3.7	n.d.
n-ヘキサン	×	14.9	3.1	微溶解 (形状保持)
テレピン油	○	16.6	1.4	部分溶解(形状保てず)
シクロヘキサン	○	16.8	1.2	n.d.
MCTオイル	○	約17	約1	非溶解 (形状保持)
メチルイソブチルケトン	○	17.2	0.8	n.d.
キシレン (p-キシレン)	○	18.0	0	n.d.
トルエン	○	18.2	0.2	完全溶解
テトラヒドロフラン	○	18.6	0.4	完全溶解
メチルエチルケトン(MEK)	○	19.0	1.0	完全溶解
クロロホルム	○	19.0	1.0	完全溶解
アセトン	△	20.3	2.3	部分溶解(形状保てず)
水	×	47.9	29.9	非溶解 (形状維持)

する手段として溶解度パラメータ(SP 値)が知られていますが、この差が小さいほどポリマーと溶媒の親和性が近いことが知られています⁴⁾。MCT オイルの場合は PS との溶解度パラメータ差が約1であるため、両者は親和性が高いと推定されます。 実験では

PSPをMCTオイルに80°C×10分間浸漬させても溶解は起こっていませんが、僅かに形状が変わっており、PSPが膨潤若しくは収縮している様に見えます。MCTオイルの場合、PSの軟化点を75°C付近まで低下させる効果(高温ほど緩みやすい)がPSP収縮実験から確認されました(図4)。

以上のことから、熱湯を投入するだけではPSP容器に支障は発生しませんが、熱水で温度上昇したMCTオイルが接触すると、局所的に薄くて強度的に弱い箇所が出来、PSが溶け出しているわけではありませんが、収縮による凹み・穴空きが起きていると推察されます(図5)。

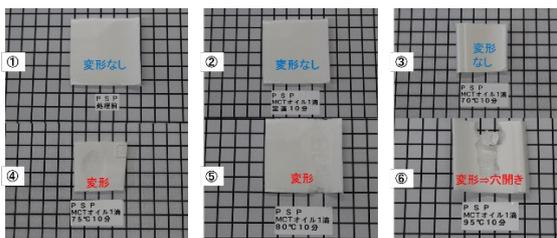


図4；PSP(発泡ポリスチレンシート)とMCTオイルの接触-収縮試験
(常温でPSPに油滴を1滴滴下後、所定温度で10分間保持したあとのPSP目視観察)

- ①処理前(変形なし)
- ②MCTオイル室温滴下⇒室温×10分(変形なし)
- ③MCTオイル室温滴下⇒70°C×10分(変形なし)
- ④MCTオイル室温滴下⇒75°C×10分(変形)
- ⑤MCTオイル室温滴下⇒80°C×10分(変形)
- ⑥MCTオイル室温滴下⇒95°C×10分(変形⇒穴開き)

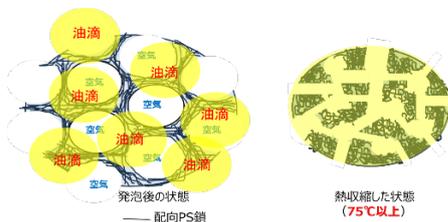


図5；MCTオイルと熱水が共存した場合のPSPセル構造の変化

参考資料

1) 発泡ポリスチレン製容器にMCTオイルやえごま油等を加えるのはやめましょうー容器が変質・破損するおそれがありますー；お知らせ | 一般社団法人 日本植物油協会；MCTオイルをポリスチレン製の容器のカップラーメン(即席カップ麺めん)等にかけて食べてもいいですか？ | お客様相談窓口 | 植物のチカラ 日清オイリオ；カップ麺に〇〇を入れるのはダメ 国民生活センターの注意喚起に「初耳だった…」 - grape [グレイブ]；どんぶり型のカップに食べる直前にMCTオイルを入れ... | 明星食品；即席カップめんの容器に穴が… 発泡ポリスチレン製容器にMCTオイルやえごま油等を加えないで！(見守り情報)国民生活センター

2) 発泡スチレンシートとは？ | 発泡スチレンシート工業会(JASFA)

3) MCTオイルとは？
https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk/66/11/66_440/_pdf/-char/ja

4) ホモポリマー・樹脂の溶解パラメータ(SP値) - プラスチック素材辞典；HSP Basics | Hansen Solubility Parameters；溶解度パラメータの計算方法と、溶解性評価への利用 - http://www.pirika.com/wp/

日本スチレン工業会
〒103-0025
東京都中央区日本橋茅場町3-5-2
TEL: 03-5649-8261