

パルプモールド断熱カップの開発

野々村 著*

Development of a Pulp Molded Heat Insulation Cup

Akira NONOMURA*

発泡層を高密度のパルプ層で挟んだ層構造からなるパルプモールド断熱カップを開発した。特徴として、弾性体コアを用いて加圧乾燥することにより、側面の角度が90°近い深もの形状でも高い平滑性を有するとともに、コア側から蒸気を排気することにより、外面は排気穴跡がない非常に高い表面性をもつ。また、発泡により断熱層を形成するとともに発泡圧を利用してカップ内面にもスタックリブ等の形状付与も可能である。さらに、パルプの含水率制御による引張物性の改善とこれに基づいた丸め寸法制御により、パルプモールドで初めて口部の丸めを実現した。

キーワード：パルプ、モールド、断熱、カップ、丸め、発泡

We developed a pulp-molded insulation cup whose structure is made of multiple layers of enclosed foaming agent layer and high-density pulp layers outside. Typical features of new developed cup are as follows.

- 1) Even for deep and steep cups with side wall angle of nearly 90 degree, it can be made up to a smoother surface by pressing and drying process of pulp which is molded by using elastic core.
- 2) Due to its exhaustion routes leads to inside of the core, an excellent surface without any vent holes remained can be obtained.
- 3) The insulation layer is formed by foaming agent, and it facilitates the flexible formation of inner wall structure, such as stacking rib and so on.

Moreover, the improvement of tensile property of the pulp by controlling its water content resulted in the control of curling dimension, and we successfully obtained a pulp-molded cup with a curling opening portion for the first time.

Keywords : pulp, mold, heat insulating, cup, curling, foaming

1. はじめに

近年、環境問題に対する社会的意義、関心が高まるなか、容器包装リサイクル法の完全施行など、循環型社会の構築に向けての動き

が始まっている。当社では[生活者からみた使いやすく破棄しやすい容器包装]を目指し、3R (Reduce, Reuse, Recycle) の基本原則に基づき省エネ・省資源の推進を行っている¹⁾。このなかで、我々はこれからの循環型

*花王(株) 加工・プロセス開発研究所 (321-3497 栃木県芳賀郡市貝町赤羽 2606) : Kao Corporation Processing Development Research Laboratories 2606 Akabane, Ichikaimachi, Haga, Tochigi 321-3497, Japan

社会において、バイオマス（生物由来）原料であり、かつ再生しやすい原料であるパルプに着目し、これまでトレーや箱物形状に限られていた紙容器に対して、パルプモールドで、初めて中空形状の製造技術を開発し、さらに表面性・強度・バリアー性を付与することにより、プラスチックと同等の形状自由度、容器物性を持つ紙ボトルを開発した²⁾。

今回は、側面の角度が90°近い深ものカップ形状において、断熱性と表面性という相反する機能・特性を付与するとともに、パルプモールドで初めて口部の丸めも実現した断熱性カップを開発したので報告する。

2. 断熱性カップ

2.1 カップに要求される項目

カップに要求される項目は、目的、用途、使用方法等に応じて異なるが、一般には、容

器強度（積み上げ、輸送、落下、把持強度）、バリア性（耐水性、内容物保存性）、断熱性（熱の遮断、保温、保冷）、口部仕上げ（容器強度、口当たり、端面保護、外観）、表面平滑性（外観、紙粉防止、印刷適性）、さらには形状自由性（深もの形状、底コーナーR、外観、持ち易さ）なども挙げられる。このなかで、特にホットドリンク等の用途を考えると、深もの形状で断熱性を有することが必須となる。さらに、容器としての価値を高める上では、表面平滑性と口部の仕上げが重要となる。

2.2 花王断熱性カップの特徴

Fig.1 に花王の断熱性カップの特徴を示す。基本構造は、発泡層とパルプ層の層構造をとり、低密度の発泡層で断熱性を付与している。発泡層は熱膨張型のマイクロカプセルからなる。内側にはポリエチレンのフィルムがラミネートされているが、容器に継ぎ目がないた

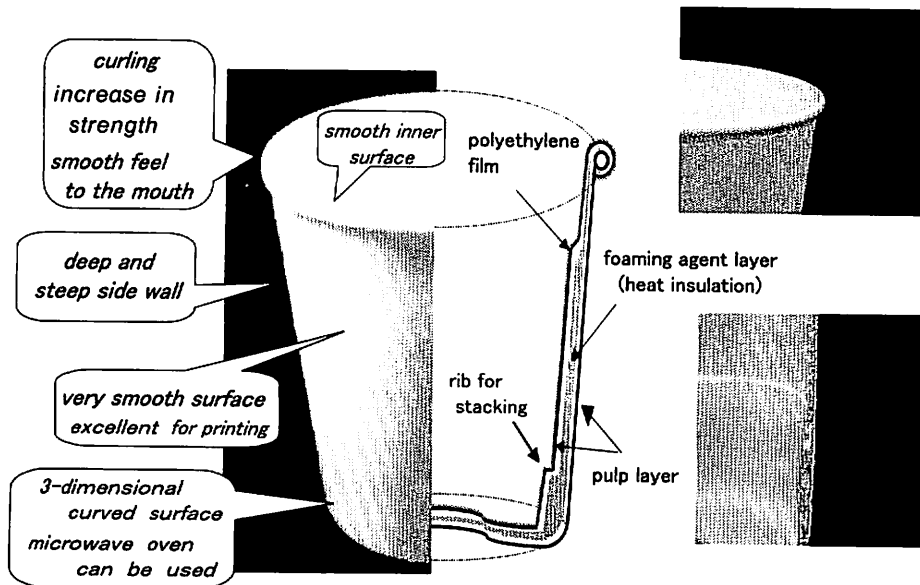


Fig. 1 Characteristics of Kao heat insulation cup

め、高い防湿性や耐水性、シール性を有し、食品を含め様々な用途での使用が可能である。底のコーナーは3次元R形状となっているので、マイクロ波の集中がなく、電子レンジにも使用できる。パルプ層は高密度化されているので、内外面とも平滑で、特に外層パルプはより高密度にプレスされ、かつ外表面に排気穴がないため、印刷性にも優れている。内側にはスタックリブも設けられている。また、口部は丸め処理が施されているので、端面からのしみこみも防止され、口当たりも良好となっている。さらに、口部の丸めと高密度パルプによる3層断熱一体構造により、容器強度が高いので、お湯を入れて胴部を手で持っても容器の変形が小さく、お湯のこぼれる心配がない。

3. 断熱性カップの製造法

Fig.2に断熱性カップの製造法を示す。まず、弾性体コアで抄紙した後(①)、脱水型に挿入して脱水し(②)、次に加熱した乾燥型で加圧乾燥し(③)、外層を成形する。ここで、特に弾性体コアを用いることにより、側面の角度が大きな場合にも側面に大きな圧力を加えながら乾燥することができるので、高密度で表面性の良い成形品を得ることができるようになってきている。一方、別の弾性体コアで抄紙した後(④)、発泡剤を分散させたスラリーに浸漬し、吸引して、パルプ表面に発泡剤を付ける(⑤)。これを、先ほど乾燥させた外層と合体させた後(⑥)、加熱した金属コアを挿入する(⑦)。そして、熱によ

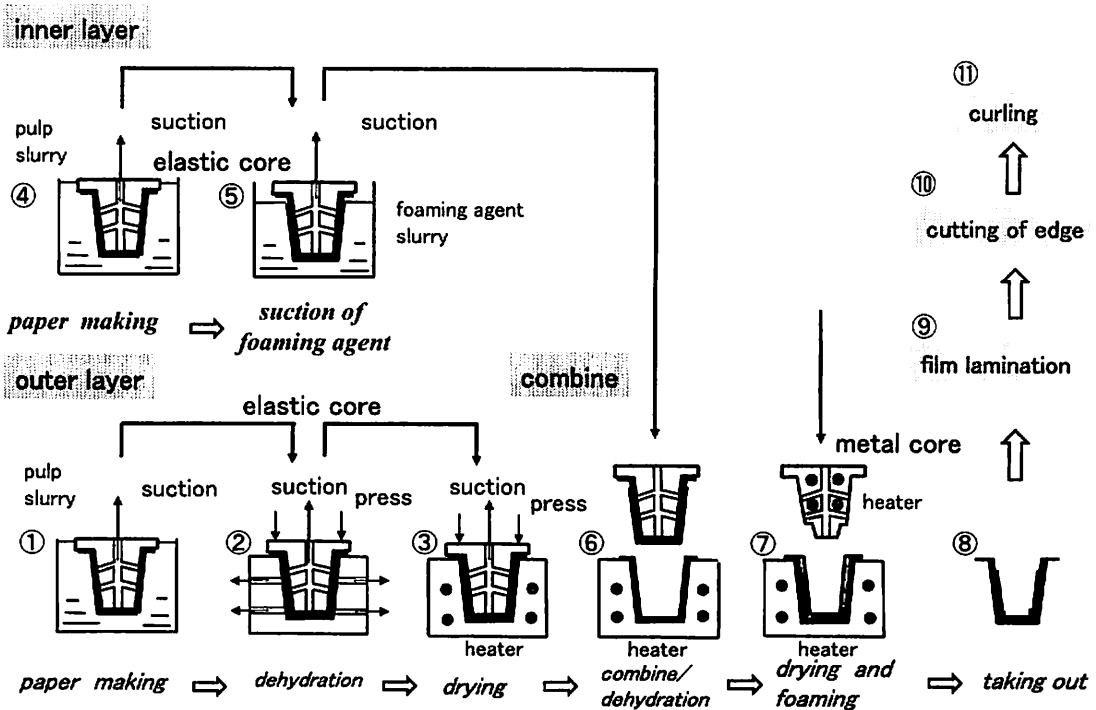


Fig. 2 Process flow for heat insulation cup

り発泡剤が発泡するとともに、内層を乾燥し、一体化して取出す (⑧)。取出した成形品はフィルムをラミネートした後 (⑨)、フランジをカットし (⑩)、最後に丸め加工を行う (⑪)。

3.1 形状自由性と表面性

花王断熱カップの製造法の特徴である形状自由性と表面性について Fig.3 (a) をもとに説明する。従来のパルプモールドでは、乾燥工程において、金属と金属を用いてプレスしていたので、側面の角度が大きい場合には、側面に十分な圧力がかからないため、パルプ密度も低く、表面性も良くなかった。しかし、弾性体コアを用いれば、側面にも十分な圧力を加えることができるので、高密度で表面の平滑な成形体を得ることができる。弾性体コアは、成形体より細く、背が高くなっており、加圧により変形して広がり、側面を押すようになっているため、側面の角度が90°を超えるものも成形可能である。さらに弾性体コア

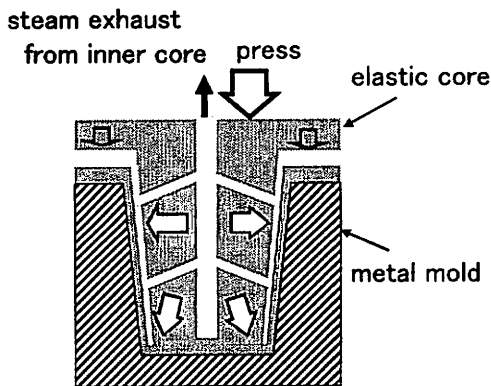
は、内側から蒸気を排気する構造をとっているため、外面には排気穴跡もない表面性の良い容器を得ることができる。

3.2 断熱層と内面の形成

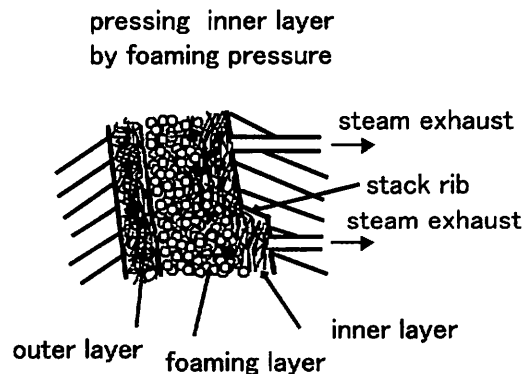
次に Fig.3 (b) をもとに、断熱層と内面の形成について説明する。内層の成形では、予め乾燥した外層に、表面に発泡剤を付けた内層を合体し、金属コアを挿入する。ここで、乾燥型と金属コアには成形品の寸法に対応したクリアランスが設けてあるため、熱により発泡剤が発泡して断熱層が形成される。この時、この発泡圧により内層のパルプが金属コアに押し付けられて、内層の乾燥が行われるとともに、金属コアに設けられた形状が転写されるので、例えば内面にスタックリブのような形状も形成することもできる。

4. 口部丸め仕上げ

板紙カップでは、容器強度アップ、口当た



(a) Molding by elastic core



(b) Making shape by foaming

Fig. 3 Major characteristics in molding process

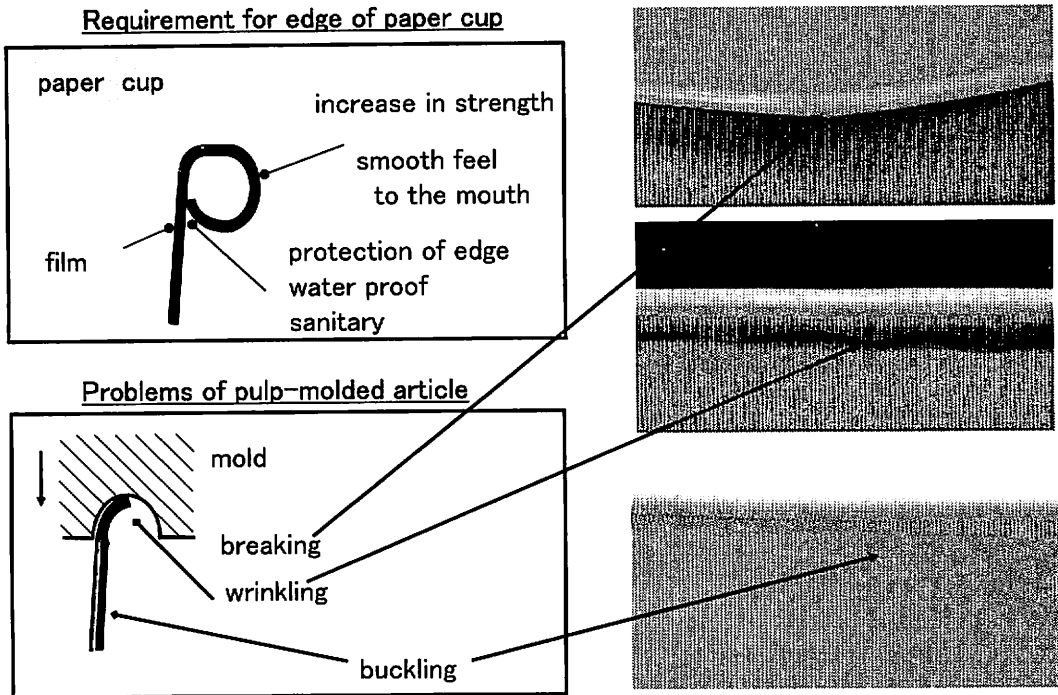


Fig. 4 Curling of edge

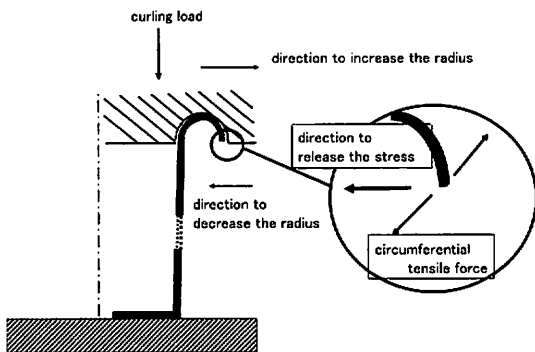


Fig. 5 Mechanism of curling

り、さらに端面からの染み込み防止を目的として、口部の丸めが実施されている。Fig.4に示すように、丸めは、口部を型に押し付けることにより行われるが、パルプモールドでは、板紙と異なり、先端部に破断、しわ、口

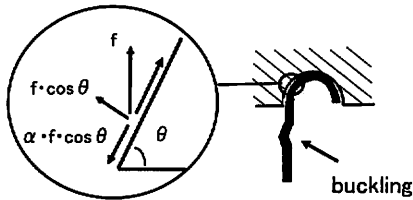
元に座屈といった不良現象が発生し、これまで、上手く丸めることができなかった。

4.1 丸めのメカニズム

丸めについては、金属円管末端のカーリングを対象として、変形エネルギーの点から検討されているが^{3)、4)}、基本的なメカニズムは次のように考えられる。即ち、Fig.5に示すように、口部を丸めの型に押し付けた場合、口部は溝に沿って変形し、押し広げられるが、これは径の増大する方向の変形となるので、先端部には周方向の引張力が発生する。さらに、押込みを続けるとこの引張力を緩和する方向、即ち、元の径に戻ろうとする方向に力が働くようになるため、丸め現象が起こるものと考えられる。

4.2 座屈防止

口部の座屈は、Fig.6 に示すように、型への押し込み荷重が、パルプの座屈荷重を超えることにより発生する。型への押し込み荷重は、型とパルプとの摩擦力とパルプの変形力



buckling load \geq friction force
+ transformation force of pulp

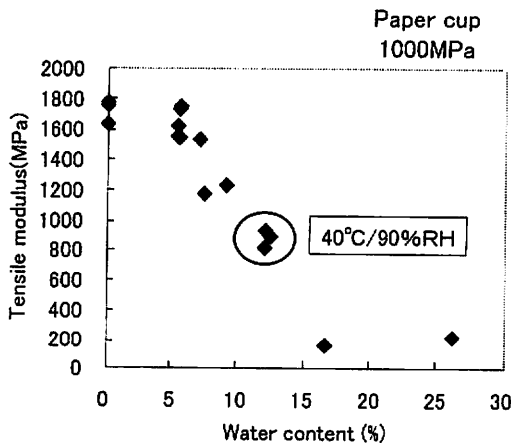
- ① decrease of friction force
 - decrease of coefficient of friction α
(surface of mold, film)
- ② decrease of transformation force
 - decrease of tensile modulus
(water content, pulp)
 - thin edge

Fig. 6 Buckling in the process of curling edge

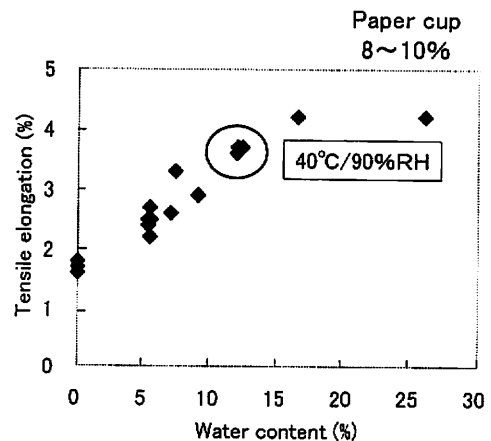
の和になるが、パルプモールドは、加圧乾燥により高密度となり、引張弾性率も高くなっていることから、丸め加工時に過大な押し込み荷重がかかり、口部に座屈が発生するものと考えられる。そこで、まず、型の表面性を上げることや容器内面にフィルムを貼ることにより、摩擦係数の小さくして、摩擦力の低減をはかった。また、Fig.7 (a) はパルプモールドシートでの物性を示したものである。これより、パルプは含水率が高くなると引張弾性率が小さくなることから、口部先端部の含水率を制御することで、パルプの変形力を低減した。以上により、口部を丸め型に押し付けた場合に発生する口部の座屈を防止した。

4.3 破断としわ防止

パルプモールドは、板紙と比較して繊維の配向がないため、引張破断伸びが小さく、破断が発生するものと考えられる。口部の破断



(a) Relation of tensile modulus and water content of pulp-molded sheet



(b) Relation of tensile elongation and water content of pulp-molded sheet

Fig. 7 Tensile properties of pulp-molded sheet

を防止するためには、Fig.8に示すように、初期口径と最大径からなる伸び率をパルプの破断伸び率以下に抑えることが必要である。しかし、初期口径を大きくとり過ぎると、丸めの推進力が小さくなるため、上手く丸まらない。さらに、最終先端径に対して、初期口径が大きくなり過ぎても、パルプが余って、しわが発生する。そこで、Fig.8に示す丸めの寸法とこれを実現するための丸め型寸法の設計を行い、丸めを行った。また、Fig. 7 (b)に示すように、パルプは含水率が高くなると破断伸びが大きくなることから、口部先端部の含水率を制御して、破断を抑制した。

4.4 丸めの良品範囲

Fig.9は初期径Aと最大径Bと丸めの関係を示す。これより、先端径Cに対して初期径Bが大きくなり過ぎるとパルプが余って、先端部にしわが発生する。そして、先端部の含水率制御を行わない場合には、座屈が発生するとともに、最大径Bが大きくなり、伸び率が大きな範囲では破断が発生することがわか

る。

以上から、初期口径φ91、先端径φ90.5として、含水率制御を行えば、最大径φ92~φ95の範囲で、不良現象を発生させることなく、丸めを行うことができた。

4.5 丸めにおけるパルプ物性

Fig.10はパルプの原料を変えて作製したパルプモールドシートの物性を示したものである。これより、一般にパルプモールド品は、板紙と比較して、弾性率が高く、破断伸びが小さい、即ち、固くてもろいことがわかる。しかし、含水率制御による物性制御とこれを踏まえた丸め設計により、座屈、破断、しわといった不良現象を起こすことなく、パルプモールドで初めて丸めを行うことができた。

5. 容器の物性評価

Table 1に容器の物性評価の結果を示す。これより、得られたカップの断熱性は、発泡スチロールカップには劣るものの、板紙の断

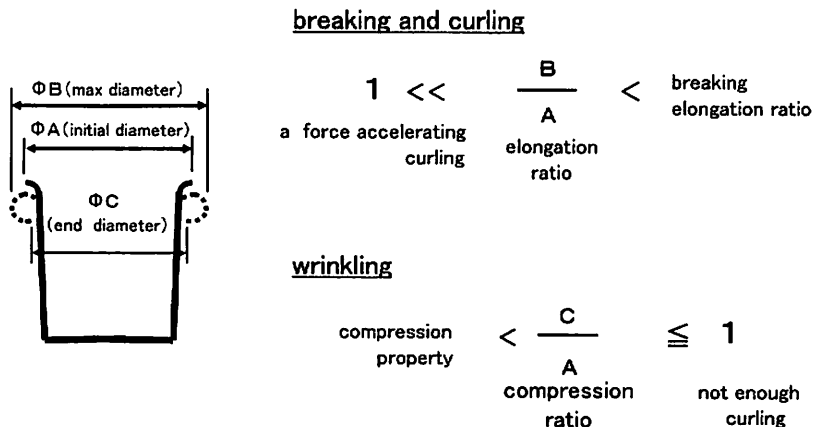


Fig. 8 Breaking and wrinkling in the process of curling edge

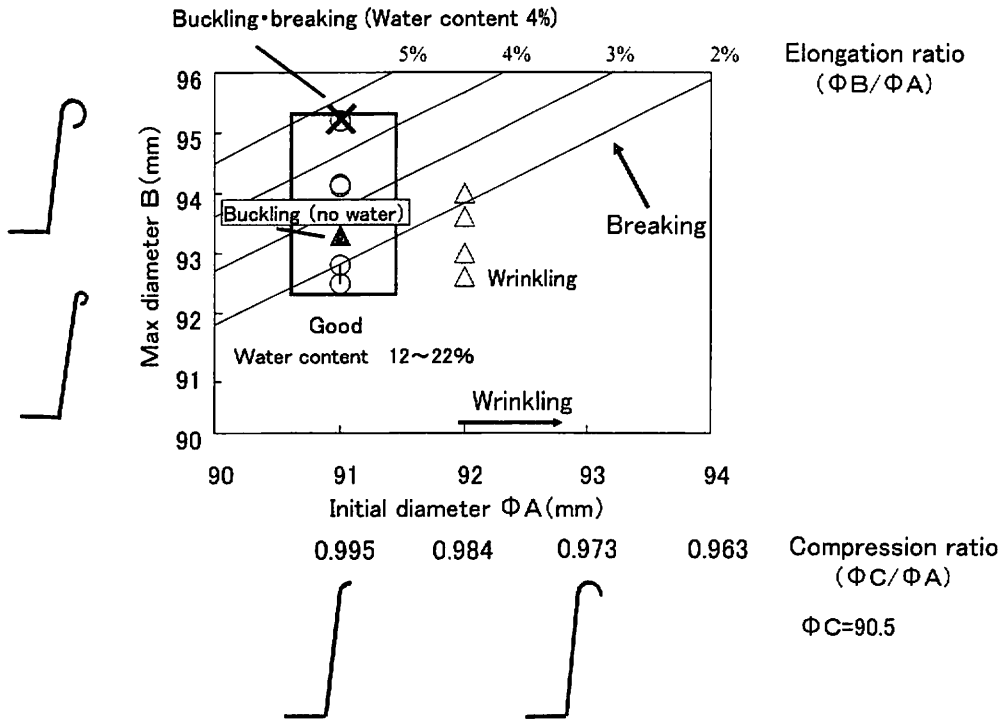


Fig. 9 Optimum ranges of excellent curling

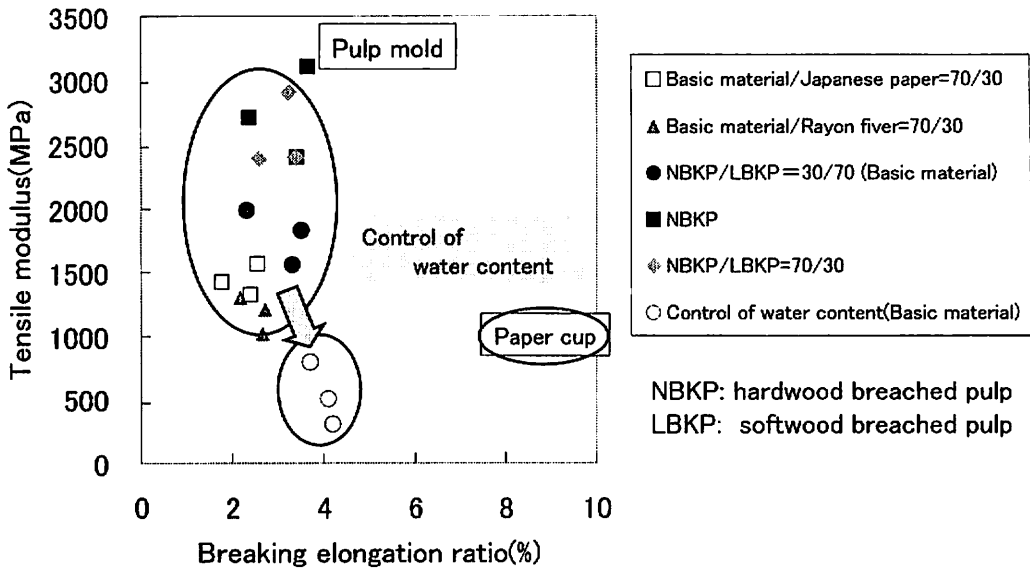


Fig. 10 Curling properties of pulp

Table 1 Comparison of Kao insulation cup and other cups

	Kao	Expansion polystyrene	Paper cup		Other pulp mold
			Two layer	PE expansion	
Heat insulation ^{*1}	57°C	50°C	57°C	64°C	
Roughness of surface Ra	◎ 1~2 μm	○ 3 μm	◎ Coating 0.8 μm	△ 6 μm	△ 5 μm
Strength for holding ^{*2}	800gf	400gf	450gf	450gf	
Strength for compression	> 25kgf	> 25kgf	> 25kgf	> 25kgf	
Moisture barrier ^{*3}	7g/m ² -24h PE Fön	94g/m ² -24h	20g/m ² -24h	9g/m ² -24h	
Weight	21g	8g	22g	15g	

*1 Heat insulation : Surface temperature at the 3minutes after pouring hot water
 *2 Strength for holding : Load of the 10mm-transformation at the edge
 *3 Moisture barrier : JIS Z 0208 cup method 40°C/90%RH

熱カップと同等であった。外面の表面性は Ra で 2 μm 以下となり、従来のパルプモールド容器と比較して、高い平滑性を持つとともに、板紙カップの表面性に迫るものであった。把持強度は口部の丸めと高密度パルプを用いた 3 層一体断熱構造により、発泡スチロールカップ、板紙カップ以上であった。防湿性も 10 g/m²・24 hr 以下 (at 40°C 90%) であった。

6. まとめ

発泡層を高密度のパルプ層で挟んだ層構造からなるパルプモールド断熱性カップを開発した。特徴として、

- 1) 弾性体コアを用いて乾燥することにより、90°近いテーパのカップに対しても平滑な表面および強度を与えることができる。
- 2) 発泡剤の発泡により、断熱層を形成するとともに、発泡圧を利用して、内面に形状を付与することができる。
- 3) パルプの物性と丸め寸法を制御することにより、パルプモールドで初めて口部

の丸めを実現した。

本製造法は、形状自由度が高く、断熱性も付与できることから、容器だけでなく工業部材を含めた様々な分野への展開が可能であり、製造法など積極的に技術供与していく考えである。

<引用文献>

- 1) 黒木美貴子、包装技術、8、60 (2000)
- 2) 熊本吉晃、包装技術、2、181 (2001)
- 3) 北澤君義、小林勝、塑性と加工、28 (323)、1267 (1987)
- 4) 北澤君義、小林勝、山下修市、辻出睦、塑性と加工、29 (331)、845 (1988)
(原稿受付 2003年10月14日)
(審査受理 2003年12月22日)