

論文

毛髪リンス用の手押しポンプに関する研究
— 全量吐出を目指して —

Research on hand pumps for hair conditioner
- Aiming for full discharge -

上西園武良^{**}・眞田大輝^{*}

Kaminishizono Takeyoshi, Sanada Hiroki

概要

浴室内において、手押しポンプ容器から毛髪用リンスを使用する際、残量としては十分（残り1～2割程度）であるにもかかわらず、リンス液が吐出しなくなる。ユーザとしては、使用の不満足感を抱く。さらに、残り続ける残留液の劣化の問題がある。この不具合に対して、複数の解決策が示されているが、十分とは言えない。ポンプ動作が十分保証されていない、あるいは、液充填量を大幅に低下させる、などの問題点を有している。そこで、本研究では、これらの問題点を回避し、吐出残量を最小化する改良案を提示する。

まず、吐出しなくなる原因を調査した。リンス液が吐出しなくなった状態を観察すると、液面形状は水平ではなく、容器側面から中心に向かうにつれて窪むような漏斗（ロート）状になっている。このため、窪みの下部にあるポンプ吸入口とリンス液が接しておらず、残された液をポンプ内に吸入できないことが原因であった。この観察結果から、液面を水平に保てるように円盤状の物体を液面に乗せれば、吐出残量を少なくできると推定した。実際に、天然ゴム製の円盤を用いて効果を確認した結果、残量を186gから42gに大幅に低減（約80%減）することができた。

キーワード: 頭髪用リンス、手押しポンプ、吐出残量、液面

1. はじめに

通常、浴室では毛髪洗浄用としてシャンプーを使用し、洗浄後にパサつき防止や毛髪補修のためリンス（コンディショナー、トリートメント）を使用する。また、これらの容器としては、液の吐出が容易な手押しポンプ式が広く普及している。シャンプーについては、ほぼ容器内の全量が吐出可能である。しかし、リンスの場合は、残量としては十分（残り1～2割程度）であるにもかかわらず、リンス液が吐出しなくなる。ユーザとしては「残量としては十分あるのになぜ吐出しないのか」という使用の不満足感を抱く。また、容器を振るなどして液を攪拌しない限り、初期の使用後に残留したリンス液は、その後も残留したままである。残留が長期になれば、リンス液は劣化し衛生面の問題を引き起こす可能性がある。

この不具合については種々の解決策が提案されている。大久保¹⁾は、容器内のリンス充填部の直下に動作ピストンを挿入する構造を提案している。リンス使用によって充填部が負圧化し、動作ピストンが上側に移動する。これにより充填部のリンスは全量吐出可能となる。しかし、動作

^{*} rolerkami@gmail.com
^{*}新潟国際情報大学経営情報学部

ピストンを常に水平を保つことは困難である。ピストン側面に少しでもアンバランスな摩擦力が働けば、ピストンは傾き容器壁面に固着し、ポンプ機能を失う。また、向井等²⁾は容器内の底に逆円錐型パーツをはめ込み、残り少なくなった液を吐出させやすくする構造を提案している。しかし、吐出残量を十分に低減するためには逆円錐部の傾斜角を 60° 程度にする必要がある、としている。φ100の1000ml容器にて試算すると、デッドスペースは450mlとなり、大幅に充填量が低下するという問題がある。

本研究では、吐出残量の低減機能付加に伴うデッドスペース増加を最小限に抑え、さらに、ポンプ動作の確実性を阻害しないという方針に基づき、吐出残量を最小化する具体的な改良案を述べる。

2.ポンプ吐出の仕組み

図1に手押しポンプ式のリンス容器の構造を示す。主要な構成は上部から、吐出弁（通常はボール弁）、コイルバネが収容されたポンプ室、および吸入弁（通常は板状の弁）である。

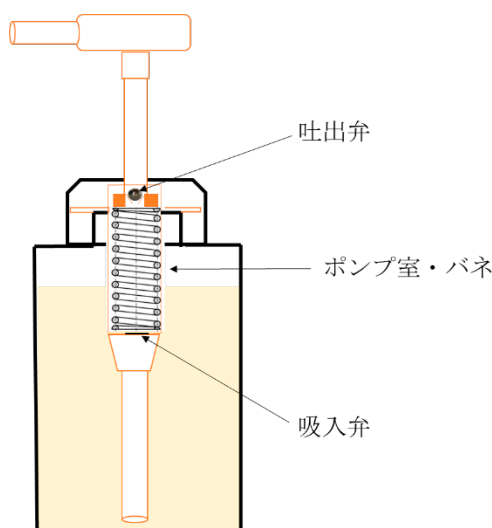


図1 手押しポンプ式のリンス容器

次に、ポンプの吐出の仕組みを図2に示す。①は充填直後の初期状態である。手でポンプを押しこむことによって、吐出弁が開、吸入弁が閉となり、内部の空気が抜ける(②)。同時にポンプ室とバネが圧縮される。手を離すと、バネの戻り力によってポンプ室が膨張する。この時、吐出弁が開、吸入弁が回となり、リンス液がポンプ室に流入する(③)。再度、手でポンプを押し込むと、②と同様に吐出弁が開、吸入弁が閉となり、リンス液が上部から吐出される(④)。

3. 吐出ししない原因の調査と対策

3.1 原因の調査

リンス残量が少なくなると吐出しなくなる原因の調査を実施した。

満充填の状態から吐出を繰り返す、吐出しなくなった時の状態を図3に示す。これから分かるように、比較的多量のリンス液が残されている。このとき、図3に示すように液面形状は水平ではなく、容器側面から中心に向かうにつれて窪むような漏斗(ロート)状になっている。このため、窪みの下部にあるポンプ吸入口と残されたリンス液が接していない。この状態でポンプを動作させ

ても空気を吸い込むだけで、リンス液を吸入できず、吐出できない状態となっていた。

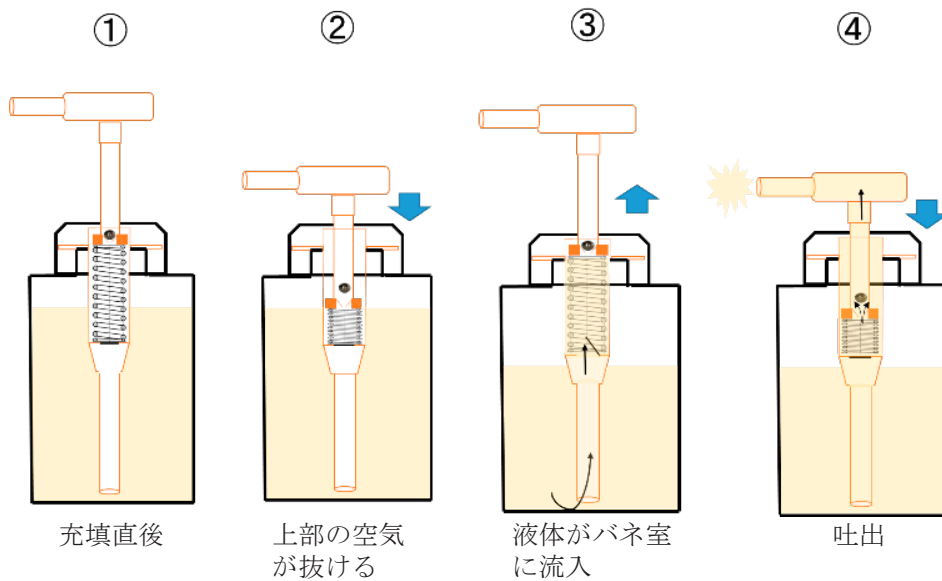


図2 吐出の仕組み



図3 吐出しなくなった状態

なお、上記のロート状の液面形状は時間が経過してもほとんど変化せず、元の形状を保っている。これはリンス液の流動性の低さに起因すると推定される。

3.2 対策案

原因の調査結果から、残量を低減させる対策案を立案した。何らかの手段でロート状の液面を水平にすれば、残量の多少にかかわらず吸入口とリンス液の接触を維持できる。具体的には図4に示すように、液面を水平にするだけの重量を有し、かつリンス液よりも密度が低い円盤状の物体液面上に浮かせれば、液面を水平に保つことができる、と推定される。

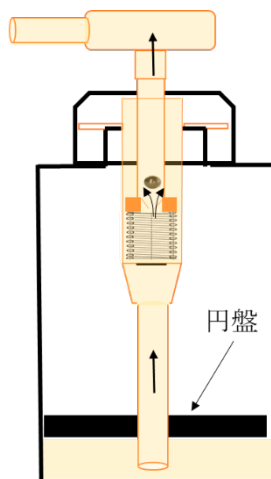


図4 対策案

4.対策案の効果確認実験

4.1 予備実験

実験用として用いたリンス液は、品名「エッセンシャルしっとりまとまるコンディショナー（花王(株)製）」で、密度を実測したところ、 $1.10\text{g}/\text{cm}^3$ であった。手押しポンプ式容器としては、品名：PM-1000（竹元容器株式会社製）を用いた（図2）。容量は 1000cm^3 （1リットル）、内径 $\phi 100$ である。一方、液面上に浮かせる重りとしては、中央部をくり抜いた天然ゴム材の円盤（ $\phi 100$ 、 $t10$ 、 100g ）を用いることとした（図6）。天然ゴムの密度は $0.91\text{g}/\text{cm}^3$ ³⁾であるため、密度 $1.10\text{g}/\text{cm}^3$ のリンス液上に浮かせた状態を保持できる。



図5 実験用のポンプ式容器

図6 ゴム円盤
($\phi 100$ 、 $t10$ 、 100g)

当初、ゴム円盤のみで吐出実験を行ったところ、ゴムと容器壁面の接触によって円盤が傾き、液面を水平に保てなかった。そこで、容器に付属していたPP材（ポリプロピレン）の円盤（図7、重量： 15g 、密度 $0.90\text{g}/\text{cm}^3$ ³⁾）とゴム円盤を組合せた重り（図8）を用いたところ、図9に示すように、液面を水平に保つことができた。このとき、重りの総重量は 115g で、厚さは $t13$ である。これ

を用いて確認実験を行うこととした。



図7 PP材円盤 (15g)



図8 組合せ円盤 (115g)



図9 組合せ円盤を乗せた状態

4.2 効果確認実験

4.2.1 実験目的

対策案の効果確認を行うことが目的である。比較のため、以下の3種類にて吐出残量を測定する。

- | | |
|-----------------|--------------|
| A: 重りなし | (重り重量: 0g) |
| B: 「PP材円盤」の重りあり | (重り重量: 15g) |
| C: 「組合せ円盤」の重りあり | (重り重量: 115g) |

4.2.2 実験方法

(1) 実験場所及び環境

新潟国際情報大学の3階実験室で行った。この時の室温は約21℃～22℃であった。

(2) 使用器具

使用した主な器具は以下である。

- ・ リンス液 (エッセンシャルしっとりまとまるコンディショナー、花王(株)製)
- ・ 1000ml手押しポンプ式リンス容器 (PM-1000、竹元容器(株)製)
- ・ 秤(はかり)
- ・ 重り2種類(15 g、115 g)

(3)実験手順

まず、1000ml容器内に底面から20mmまでリンス液を充填した。これは、満充填の状態から「重りなし」で吐出を行うと、底面から20mmまでは充填直後の液面形状が保持され、その後、ロート状の液面が形成されるためである。充填後、上記A、B、Cの3種類の状態にてそれぞれ5回の吐出を行い、残量を測定した。

4.2.3 実験結果

実験結果の平均値と標準偏差を図10に示す。重りの重量が大きいほど残量は少なくなっている。C (重り重量115 g) の場合、A (重りなし) と比較して、残量は77%低減している。1000mlの満充填の場合、リンス重量は1100 g であるので、Cでの残量は4%となり、低減効果は十分であると言える。B (重り重量15 g) の場合も残量はほぼ半減 (43%低減) しているが、効果は十分と言えない。また、この場合、バラツキが大きく (標準偏差 $\sigma=51.9$ g)、低減効果が安定していない。

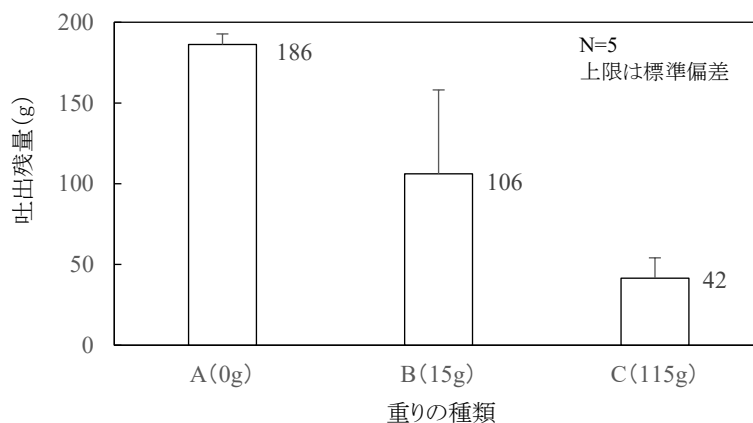


図10 残量の実験結果

5.課題

実験結果より、重りの最適値は15～115 g の範囲にあると推定される。充填不可のデッドスペースを低減するためにはより軽い重りを採用し、デッドスペースを最小化すべきであるが、今回の研究では重りの最小重量の導出には至らなかった。今後の調査が必要である。

本研究で使用した1000ml用のリンス容器は充填口が広く $\phi 100$ であるので、重りを容易に挿入出来る。しかし、家庭用で良く用いられる容器では、充填口が $\phi 20$ 程度で胴体部より狭くなっている。このため、胴体部の加工時に重り円盤を挿入する必要がある。また、円盤はリンス液よりも密度の低い材料で作成すれば (例えばPP材)、浮力によって浮き上がるが、実物による機能の確認が必要である。

6.まとめ

本研究では、頭髪用リンスの残量を最小化する方法を考案し、実験的に検証を行った。まず、残量が多くなる原因は、液面がロート状になりポンプの吸い込みができなくなっていることを解明した。次に、この事実に基づき、液面を水平化する方策として、適正な重量の沈まない円盤を液面に設置した。結果、天然ゴムとPP材を組合わせた重量115 gの円盤を用い、当初残量186gを42gまで低減することができた。

参考文献

- 1) 大久保貴生. 特許. ディスペンサー容器. 特願 2010-290814(P2010-290814), 2010
- 2) 向井信人, 向井孝. 特許. ポンプ付き容器. 特願 2017-124858(P2017-124858), 2017
- 3) 日本機械学会、伝熱工学資料改訂第5版、p288、2009