

振り下げ動作が紙おむつの液体拡散特性に及ぼす影響

藤井真衣子, 山東純子, 上田博之

要旨

紙おむつの吸収材が粉体の高分子吸収体と粉碎パルプを主材料であることから、振り下げ動作が紙おむつの吸収特性に影響することが予測されるため、紙おむつを振り下げた場合の液体拡散特性の変化について検討を行った。吸水量の異なる2・5・10回吸収タイプの紙おむつ・紙パッド3製品を対象に、丁寧に広げた場合と紙おむつ前部(腹側)を両手で持って一定の力で2回振り下げ動作を行って広げた場合、同様に一定の力で10回振り下げ動作を行って広げた場合の液体拡散特性を比較した。

2回振り下げて広げたいずれの製品の水平・垂直方向拡散率および最大面積率も振り下げずに広げた場合と差はなく、液体拡散特性に2回の振り下げ動作の影響は認められなかった。しかし、10回の振り下げ動作では、吸収体の移動による形態変化に起因する液体拡散特性の変化が認められ、2回吸収タイプや5回吸収タイプでは水平方向拡散率および最大面積が小さくなり、吸水性能が低下する可能性が示唆された。これらのことから、必要以上に振り下げるなど過度に力が加えられると吸収性能の低下を招くが、看護や介護においてやむを得ず数回振り下げて広げる程度であれば液体拡散特性に影響はないと考えられる。

Keyword: 紙おむつ, 振り下げ動作, 液体拡散特性

I. はじめに

1940年代にスウェーデンで開発された紙おむつは、日本で1950年代に発売され、その後、急速に普及した。1985年頃世界に先駆けて日本で高吸収性ポリマーが紙おむつの吸水剤として用いられ、その後技術的に発展した。高吸収性ポリマーは水を吸収して膨潤してゲルとなるポリマーである。ミクロな分子の網目の中に水を取り込むため、ゲル状態の高分子に圧力をかけても再び水に戻ることはない。これにより、おむつ内の湿潤によるおむつかぶれの発症¹⁾を抑制することができ、長時間着用できるようになった。さらに、高吸収性ポリマーの高吸収性により、乳幼児でも動きやすい軽くて薄く、吸収力の優れた高品質な商品へと改良された。近年、乳幼児だけでなく、高齢化とともに大人用紙おむつが開発されて、その認知度が高まっている。

総人口に占める65歳以上の割合(高齢化率)は27.7% (平成29年)になった。高齢化に伴う大人用紙おむつの需要の高まりは、病院などの医療施設における紙おむつの使用が一般的になったことにも起因している。臥床患者の使用頻度は高く、2時間に1回程度のおむつ交換が必要なケースもある。おむつの交換は看護師や介護士にとって大きな負担となるが、紙おむつは比較的容易に交換するために負担軽減に役立っている。紙おむつはその材料構成から交換の際に丁寧に広げることが望ましい。しかし、医療・介護施設では片手で広げざるを得ないときに

やむを得ずおむつを振り下げて広げることもある。

紙おむつは表面材、吸水材、防水材の3層から構成される。表面材は、主にポリオレフィン系不織布、吸水材は主に綿状パルプ・吸収紙・高吸水性ポリマー、防水材は、主にポリエチレンフィルムから成る。紙おむつの表面材に必要とされる機能は、尿を水平方向に拡散して素早く吸収体へ透過させることである。吸水材は尿をすばやく吸収して、吸収した尿を肌に戻さないように保持することが重要である。このために吸収材には高吸水性ポリマーとパルプを混合し、すばやい拡散・吸収と高い保水能を実現している。近年、紙おむつの薄型化に対応するために、パルプ使用料を減らす傾向にあり、高分子ポリマーとパルプの比率は6:4程度になっている。紙おむつの吸収材に含まれる粉体の高分子ポリマー(高分子吸収材)が増加すれば、振り下げることで吸収材の分布バランスが変化し、吸収特性に影響することが予想される。

紙おむつの吸収特性として、飽和吸収量、吸収速度、液戻り量などの評価がなされてきた²⁾。楊らは液体吸収時の紙おむつの動画像から吸収性衛生材料の液体移動特性を計測し³⁾、この手法により紙おむつの液体拡散特性を詳細に分析することを可能にした⁴⁾。排尿後のおむつ内湿度の上昇やおむつ内の湿潤環境によるおむつかぶれの発症^{5,7)}、さらに液体拡散面積と紙おむつ換気量の相関⁸⁾などを考慮すると吸収特性を液体拡散特性で評価することが吸収の初期段階では重

要である。そこで、本研究では紙おむつを振り下げた場合の液体拡散特性の変化について、振り下げない場合との比較から検討を行った。

II. 方法

本研究では、振り下げ動作が紙おむつの液体拡散特性に及ぼす影響を検討するために、吸水量の異なる3種の紙おむつ・紙パッド製品（以降、紙おむつとする）を選んだ。実験用に用いた製品は、市販されている高齢者用2回吸収タイプ（アント 尿取りパッド スーパー吸収 1回吸収量 150ml）、5回吸収タイプ（アント 背モレ・横モレも防ぐテープ式 1回吸収量 150ml）、10回吸収タイプ（アント 夜1枚安心パッド 特に多い方でも朝までぐっすり 1回吸収量 150ml）の3種類である。各商品の概要を表1に示す。

製品を振り下げた場合と振り下げない場合の液体拡散特性を測定するために液体拡散評価装置（LDES）を用いた。液体拡散評価装置とは、着色した模擬尿を吸水する時の連続画像を処理するシステムである。この装置は、カメラで取り込んだ吸水時の動画に対して、一定のしきい値を算定し、二値化処理した画像から吸水面積を計測する。吸水面積の変化から、紙おむつにおける水分移動に関する3種類の特徴曲線（表面残留水曲線・拡散水曲線・吸収水曲線）を導き、さらにこれらの特徴曲線から定義された4つの特性値を算出する。

表面残留水曲線は、紙おむつに液体を注いだ際、液体が内部に浸透吸収されるまでに、紙おむつのトップシート表面に広がって留まっている液体の面積を表す曲線である。この曲線は、輝度値の最も小さな（色の濃い）領域を指している。拡散水曲線は紙おむつの表面から内部への拡散過程にある液体の占める面積である。紙おむつに注水すると、その画像の輝度値のヒストグラムは液体の拡散によって変化するが、ある程度の時間を経ると拡散は終了し、最終的には平衡状態に達する。すなわち、輝度値のヒストグラムは安定状態になる。この曲線は、注水前の平衡状態のしきい値と注水後の平衡状態のしきい値との差を基準に閾値を設けて、拡散過程にある液体の占める面積が時間の経過に従い線形的に変化するものと仮定して拡散水曲線を求める。吸収水曲線は紙おむつの末注水部の二値化輝度値である256よりやや小さい値の248～250程度をしきい値として得られた曲線である。この曲線は紙おむつ内部に拡散吸収された液体によって占拠された面積の全体を表しているものである。動的な液体の拡散・吸収の過程を示すこれらの3つの特殊曲線から、4つの特性値（1）

水平方向拡散率、（2）垂直方向拡散率、（3）最大面積、（4）残留面積率を定義することができ、これらにより紙おむつの液体拡散特性を表現することができる¹¹⁾。本研究では、紙おむつを振り下げた場合と振り下げない場合の紙おむつからサンプルを作成し、表面材に水が残らない水量を注水したときの水平方向拡散率、垂直方向拡散率、最大面積率を比較した。各製品の吸収材の中央部と後部から12×12cmを切り取って実験に用いるサンプルを作成した。サンプルの切断面から吸収材が出ないように粘着テープで固定した。各製品のサンプルは、①全く振り下げず丁寧に広げた紙おむつ、紙おむつ前部（腹側）を両手で持ち②一定の力で2回振り下げ動作を行って広げた紙おむつ、同様に③一定の力で10回振り下げ動作を行って広げた紙おむつから各5枚を作成した。

人工尿として食用青色1号（株）上高馬社製）で着色した0.9%の生理食塩水を用いた。漏斗とチューブで作製した液体注入装置を用いて、着色した生理食塩水50mlを流速7ml/sで注水した。2回吸収タイプには1回の注水、5回吸収タイプと10回吸収タイプには時間を空けて3回の注水を行った。撮影された画像から水平方向拡散率・垂直方向拡散率・最大面積率の特性値をLDESにより算出した。

紙おむつ振り下げ時に吸水材にかかる力を見るために、前後に切り離した紙おむつにビニール製袋をかぶせて紙おむつ前部（腹側）を両手で持ち振り下ろし動作を行った。紙おむつの股下中央部で前後を切り離した各製品5枚、吸水材の後端（背側）から6cmで前後を切り離した各製品5枚を用いた。そして、その際袋に振り出された内容物を観察し、重量測定を行った。

データ処理および統計

液体拡散特性のデータは平均値±標準偏差で示した。データは、央部（股下部）と後部（背部）の位置、振り下げず広げる（0回）・2回振り下げて広げる（2回）・10回振り下げて広げる（10回）の振り下げ回数の2要因分散分析で検定した。この検定で交互作用が認められた場合には単純主効果の検定を行うこととし、交互作用に有意差なく主効果のみが有意だった場合はBonferroni法による多重比較を実行した。なお、すべての検定はSPSS Ver.19.0を使用した。いずれの検定においても、有意水準の判定はp<0.05に設定した。振り下ろし動作で振り出された吸水材の重量は、実施回ごとのバラツキが大きいことが予測できるために、中央値と最大・最小値を示した。

III. 結果

2回吸収タイプにおける水平方向・垂直方向拡散率

表1 実験に用いた紙おむつの概要

	2回吸収タイプ	5回吸収タイプ	10回吸収タイプ
商品名	アテント（尿取りパッド スーパー吸収）	アテント（背モレ・横モレ も防ぐテープ式M）	アテント（夜1枚安心パッ ド 特に多い方でも朝まで ぐっすり）
幅×長さ	32cm×63cm	70～95cm	32cm×63cm
表面材	ポリオレフィン系不織布	ポリオレフィン系不織布	ポリオレフィン系不織布
吸水材	綿状パルプ、吸収紙、高分 子吸収材	綿状パルプ、吸収紙、高分 子吸収材	綿状パルプ、吸収紙、高分 子吸収材

(1回吸収量は全て150mlと包装に表記されている)

および最大面積率を図1に示す。水平方向拡散率を2要因分散分析した結果、振り下げ回数の主効果だけに有意な差が認められ ($F(2,24)=9.82$, $p<0.05$)、中央部（股下部）と後部（背部）の位置と交互作用には有意な差はみられなかった。多重比較の結果、10回振り下げる水平方向拡散率は、0回や2回に比べて有意に小さかった。垂直方向拡散率と最大面積率においても、同様に振り下げ回数の主効果だけに有意な差が認められ ($F(2,24)=5.45$, 9.11, いずれも $p<0.05$)、位置と交互作用には有意な差はみられなかった。10回振り下げる垂直方向拡散率は2回に比べて有意に小さく、10回振り下げる最大面積率は、0回や2回に比べて有意に小さかった。

5回吸収タイプにおける水平方向・垂直方向拡散率および最大面積率を図2に示す。水平方向拡散率は、振り下げ回数の主効果だけに有意な差が認められ ($F(2,24)=16.73$, $p<0.05$)、位置や交互作用には有意な差はみられなかった。多重比較の結果、10回振り下げる水平方向拡散率は、0回や2回に比べて有意に小さかった。垂直方向拡散率は、振り下げ回数と位置の主効果に有意な差は認められず、交互作用も有意ではなかった。最大面積率は、振り下げ回数と位置の主効果に有意な差が認められ ($F(2,24)=12.49$, $F(1,24)=21.48$, いずれも $p<0.05$)、交互作用には有意な差はみられなかった。後部（背部）の最大面積率は中央部（股下部）より大きく、10回振り下げる最大面積率は0回や2回に比べて有意に小さかった。

10回吸収タイプにおける水平方向・垂直方向拡散率および最大面積率を図3に示す。水平方向拡散率は、振り下げ回数と位置の主効果に有意な差は認められず、交互作用も有意ではなかった。垂直方向拡散率は、振り下げ回数の主効果だけに有意な差が認められ ($F(2,24)=11.78$, $p<0.05$)、位置や交互作用には有意ではなかった。多重比較の結果、10回振り下げる広げた

垂直方向拡散率は、0回や2回に比べて有意に大きかった。最大面積率は、振り下げ回数と位置の主効果に有意な差は認められず、交互作用も有意ではなかった。

振り下ろし動作により吸収材の状態が変化することが予想できる。そこで、各製品の中央部・後ろから6cmの所で前後に切断して、切断部を軽いビニール製袋に入れた試料を3種の製品ごとに10枚作成した。これらの試料の前端（紙おむつの腹部側）を両手で持って先の実験同様に5枚ずつ2回もしくは10回振り下げる。その際、ビニール製袋に振り出された吸収材の内容物を観察し、さらに重量を測定した。2回吸収タイプの振り出された内容物は、中央部では高分子吸収材の粉体、後部でも2回振り下げる高分子吸収材の粉体であったが、10回振り下げる場合は纖維状物質が確認される場合があった。それらの重量（中央値〔最小値、最大値〕mg）は、2回・10回振り下げる時の中央部でそれぞれ14〔6, 21〕、10〔6, 14〕、後部でそれぞれ12〔4, 21〕、138〔16, 541〕であった。5回吸収タイプの振り出された内容物は、中央部では高分子吸収材の粉体であった。後部では2回振り下げる時に高分子吸収材の粉体で、10回振り下げる時にはそれらに加えて纖維状物質が混在した。それらの重量（mg）は、2回・10回振り下げる時の中央部でそれぞれ9〔2, 44〕、126〔84, 330〕、後部でそれぞれ25〔7, 51〕、10030〔217, 13420〕であった。10回吸収タイプの振り出された内容物は、中央部では振り回数に関わらず高分子吸収材の粉体であったが、後部では振り回数に関わらず高分子吸収材の粉体と纖維状物質の混合物であった。それらの重量（mg）は、2回・10回振り下げる時の中央部でそれぞれ5〔3, 11〕、28〔22, 1128〕、後部でそれぞれ2864〔143, 7619〕、21701〔19165, 30977〕であった。

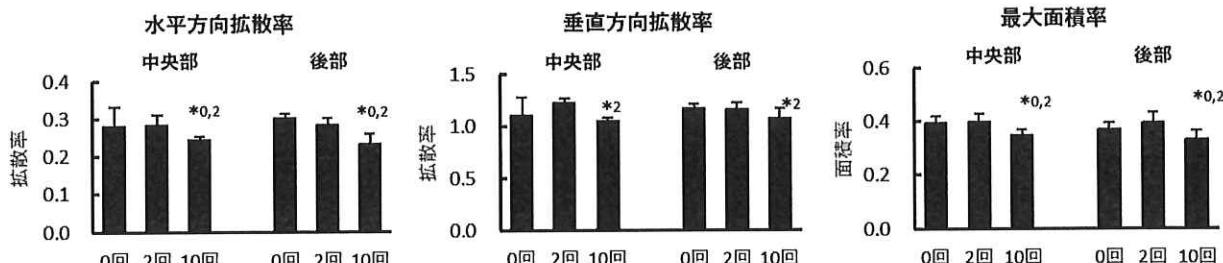


図1 2回吸収タイプの水平方向・垂直方向拡散率および最大面積率の比較

(*0.2: 0回, 2回に比べて低値, *2: 2回に比べて低値, $p < 0.05$)

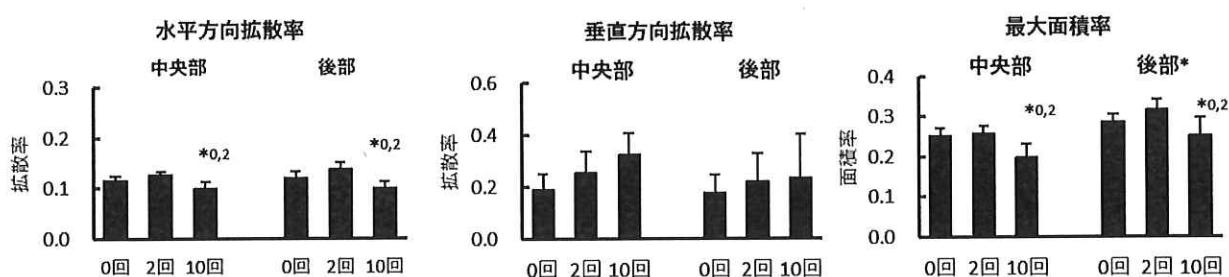


図2 5回吸収タイプの水平方向・垂直方向拡散率および最大面積率の比較

(*: 中央部に比べて高値, *0.2: 0回, 2回に比べて低値, $p < 0.05$)

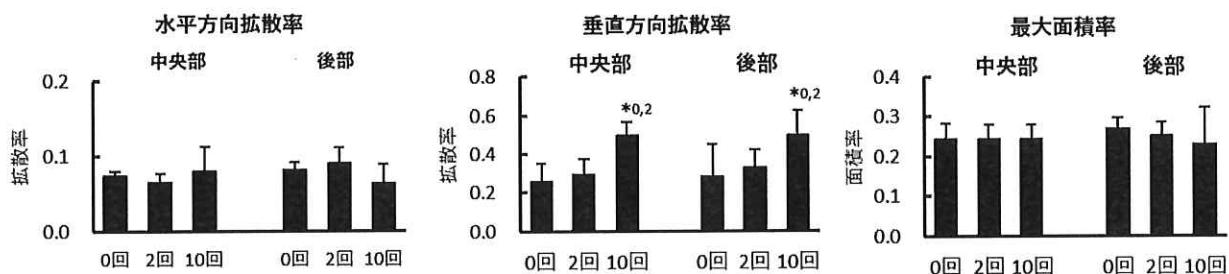


図3 10回吸収タイプの水平方向・垂直方向拡散率および最大面積率の比較

(*0.2: 0回, 2回に比べて高値, $p < 0.05$)

IV. 考察

医療・介護施設において看護師や介護士が紙おむつをやむを得ず振り下げる動作がある。紙おむつの高吸収性能が主に粉体の高分子ポリマーによるところからすれば、振り下げる動作が液体拡散特性に影響を及ぼすことが予想できる。本研究では、吸収量が異なる3種の紙おむつについて、2回および10回の振り下げる動作が液体拡散特性（水平・垂直方向拡散率、最大面積率）に及ぼす影響を検討した。いずれの製品の中央部と後部とも2回の振り下げる動作の水平・垂直方向拡散率および最大面積率は振り下げる動作によって広げた値と差はない、液体拡散特性に2回の振り下げる動作の影響は認められなかった。しかし、10回の振り下げる動作は2回吸収タイプの水平・垂直方向拡散率および最大面積率、5回吸収タイプの水平方向拡散率および最大面積率、10回吸収タイプの垂直方向拡散率および最大面積率に影響した。紙おむつの製品は、表面材、吸収材、防水材から構成され

ている。エンボス加工などが施されて表面材と吸水材と一緒に化した製品も見られるが、本実験に使用した3製品はそのような加工はみられなかった。表面材は肌への刺激軽減とともに尿の水平方向への拡散促進と吸収体へ透過促進を目的とした1枚の不織布である。したがって、表面材自体の性能に振り下げる動作が影響することはないと考えられる。振り下げる動作による液体拡散特性への影響は、振り下げる動作による吸収材の状態変化によるものと考えられる。

本実験では、振り下げる動作による吸収材の変化を知るために、切断面から振り出された吸収材を観察した。2回吸収タイプと5回吸収タイプでは、中央部・後部とも2回の振り下げる動作により微量の高分子吸収材の粉体が振り出されるにとどまった。しかし、10回の振り下げる動作になると、振り出される高分子吸収材の粉体重量は後部で増加して、粉体パルプもしくは纖維状物質が確認できるようになった。前後に切り離した2回吸収タイプの中央部で振り出された粉

体重量は10回の振り下げでも微量であったが、切り離されていない場合には後部にかかる遠心力で一体である吸収体は後方に動き、それにより中央部・後部ともに水平方向拡散率や最大面積率は小さくなつたと推察できる。5回吸収タイプも同様に10回の振り下げ動作になると、中央部・後部とも粉体の高分子吸収体だけでなく纖維状物質や綿状の物質が確認され、吸水材が大きく動くことが推察できた。

10回吸収タイプは吸水材部分が厚くて切り離した切断面積は大きかった。この影響もあり、10回振り下げだけでなく2回振り下げでも粉体の高分子吸収体と纖維状物質の綿状混合物が振り出された。この吸収材の移動による形状変化は液体拡散面積率や最大面積率を変化させる要因になるが、10回吸収タイプでは、5回吸収タイプに比べて吸水可能量に対する注水量150ml(50mlを3回)が相対的に少ないと考えられる。そして、吸収材の後部への移動が中央部・後部の垂直方向拡散率を高める結果となった。

このように、振り下げ動作の遠心力が吸水材を移動させて構造・形態的変化を招いて、液体拡散特性を変化させると考えられる。しかし、その変化は、振り下げ回数や紙おむつの吸収材の厚さ、吸水可能量に対する注水量など影響される。紙おむつを使用する際は手で広げて交換することが望ましいが、病院や介護施設において片手が離せないなどむを得ず片手で振り下げて広げることはある。その際、2回程度の振り下げが吸収特性を低下させることはないと、過度の振り下げによる吸収特性への影響を意識することは重要である。

引用文献

- 1) 細谷京子、杉原喜代美：おむつ皮膚炎の発現要因の検討、ヘルスサイエンス研究、18-22. (1999)
- 2) 横田治三：紙おむつの性能と評価方法、纖維製品消費科学会誌、41(2), 39-42. (2000)
- 3) 楊曉旗、楊敏壯、松平光男、近藤耕司、花生裕之：動画像処理システムによる吸水性衛生材料の液体移動特性の計測、J. Text. Mach. Soc. Japan, 56(9), T67-T73. (2003)
- 4) 楊曉旗、楊敏壯、松平光男：有色塩水による紙おむつの液体拡散の動力学解析、J. Text. Mach. Soc. Japan 58(1), T1-T6. (2005)
- 5) 古松弥生、横田由美子、齋島富士江、尾崎淳子：おむつの着装時の被服気候と快適性、小児保健究51(1), 82-88. (1992)
- 6) 中橋美智子、有賀敦子：おむつに関する衛生学的研究－皮膚温・衣服気候・着用感評定を中心とし

てー、日本衣服学会誌 28(1), 16-21. (1984)

- 7) 豊間和子：小児用紙おむつ内の尿量・湿度と不快感の関係、日本家政学会誌 45(12), 1121-1136. (1994)
- 8) 上田博之、松平光男：新生児用紙おむつの換気必要量、ヒトと環境 1, 23-28. (2008)

受理 2019年 8月 23日

公開 2019年 9月 30日

<連絡先>

藤井真衣子

〒538-0053 大阪府大阪市鶴見区鶴見 6-2-28

大阪信愛学院短期大学

E-mail: mfujii@osaka-shinai.ac.jp