— 研究速報 —

寝具・下着への尿漏れによる尿臭の発生の実験的研究

福井 啓太, 岡田 誠之

高齢者施設, 医療福祉施設, 在宅介護では, 老人のし尿の後始末について対応に苦慮していることが現状である。し尿の臭気に対する対策は主に芳香剤や消臭剤などを使用しているが, 元を断つことはできない。本研究では, 上記の施設で大きな問題となっている「尿」に着目して, まず尿自体の腐敗に伴う臭気, 尿の臭気物質, 繊維と関連をもたせた。この結果は臭気の発生源である尿漏れにともなう下着や寝具からの尿臭について, 繊維の種類や織り方と臭気の発生の関係を把握した。

1. 諸言

近年, 苦情が多くなってきているのが住宅に関する悪臭である。住宅のような場所では悪臭防止法で定められている物質ではなく, その他の多くの物質が対象となっている。特に高齢者施設, 医療福祉施設および在宅介護では, 老人のし尿の後始末について対応に苦慮していることが現状であり, 板倉ら¹⁾ および光田ら²⁾ はおむつの交換時の臭気特性や汚物の保管場所からの臭気の実態調査例を研究している。また, 福井ら³⁾ は尿自体について濃度や水温の影響による化学的变化を示している。尿に関する臭気対策として主に芳香剤や消臭剤などを使用しているが, これらの対応では臭気を元から絶つことにはならず, 臭気の問題を根本的に解決することはできない。

本研究は上記の施設で大きな問題となっている「尿」に着目して, まず尿自体の腐敗に伴う臭気や尿の臭気物質の検討を行った。次にこの臭気の発生源である尿漏れにともなう下着や寝具からの尿臭, 繊維の種類および織り方と尿の腐敗による臭気物質濃度の発生との関係を把握すること, さらにこれらの調査を進めるための評価試験法もあわせて検討した。

2. 実験方法

2.1 対象とする尿自体の臭気物質および尿の腐敗により発生する臭気物質の事前調査

- (1) 分子量 51 以上の物質を対象 (新鮮な尿と腐敗した尿から発生する臭気物質)

尿の腐敗を評価する臭気物質を選定するため, 図-1 に示す装置を用いて実験を進めた。尿を提供してくれた学生は食事制限していなく, 薬剤等の摂取歴が過去 1 カ月無い健康な男子学生を対象とし, この学生 5 人の混合尿を採取して 0.5 時間以内に小便器 (TOTO 社製: U500)

のトラップにオーバーフローするまで注入して, 小便器全体を無臭のフィルムで覆った。温度条件は液温 19~22℃ の範囲, 室内温度 19~25℃ の範囲であった。新鮮な尿についてはトラップ内から発生した臭気物質が充満した 1 時間後に試料サンプラーで試料袋に採取して分析のための臭気とした。新鮮な尿と 10 日目の腐敗尿の臭気を採取して分析した。この臭気を GC-MS (SHIMADZU 社製: GC-2010, QP-2010plus, 使用カラムは DB-5 相当品) で同定分析した。当該分析器は m/Z が 51 以下は O₂, N₂, CO₂ の影響によって分析出来ない特性を有している。

(2) 分子量 50 以下の物質を対象 (腐敗した尿から発生する臭気物質)

30mL の尿をビーカーに入れ, このビーカーを無臭のポリプロピレン製 (幅 38cm, 長さ 60cm) の 20L の袋に入れて外気が入らないようにテープで密封し, この袋内に活性炭処理した空気をミニポンプで流量計を通して 20L 入れた。この尿を 30℃ 下の恒温槽で経過時間ごとにアンモニアおよびアミン類については, 検知管式気体測定器 (ガステック社製: VG-100S) を用いて, 検知管 {ガステック社製: アンモニアについては No. 3L (検出限界 0.5ppm), アミン類 [メチルアミンで校正] については No. 180L (検出限界 0.1ppm)} で測定した。同時ににおいセンサー (新コスモス電機社製: XP-329) を用いて総合臭気を測定した。

2.2 繊維に付着した尿の腐敗による臭気物質および水の透過試験

- (1) 繊維に付着した尿の腐敗による臭気物質

供試物繊維上に尿を付着させる方法は, 任意に 3 か所に付着させた。1 か所直径 9cm の円を置き, 円内に新鮮な尿を 10mL まんべんなく散布して浸透させ, 合計尿量を 30mL とした。尿を散布した供試物繊維を上記

のポリプロピレン製の20Lの袋に入れ密封し、この袋内に活性炭処理した空気をミニポンプで流量計を通して20L入れた。30℃下の恒温槽で経過時間ごとにアンモニアおよびアミン類を測定した。

図-1 尿の腐敗評価に用いた小便器実験装置

(2) 水の透過試験

綿のシートについて供試物繊維の水の透過試験を行った。下水試験法⁴⁾の浮遊物質測定において使用する図-2に示すろ過器でろ過材を置くところに各供試物を置いて、上部ろ過管250mLに水道水を入れて減圧して供試物を透過し、1秒間の透過水量を測定した。

2.3 尿の腐敗による繊維に付着した尿の腐敗臭の試験法の適用の試み

水透過試験を除いて2.2と同様の実験方法で行った。

2.4 使用した繊維および実製品

(1) 枕カバーと下着の繊維の種類

繊維に付着した尿の腐敗で発生する臭気物質の経時変化の実験には表-1に示す繊維^{5),6)}を用いた。平織の枕カバーと天竺織の下着とした。枕カバーの繊維3種類は綿100%、ポリエステル100%、綿35%+ポリエステル

図-2 水を透過するろ過装置

表-1 繊維の種類の違いによる実験条件

対象物	測定項目	繊維の種類	実験番号
枕カバー (平織)	アンモニア (ppm)	①綿100%	A
		②ポリエステル100%	B
		③綿35%+ポリエステル65%	C
	アミン類 (ppm)	①綿100%	D
		②ポリエステル100%	E
		③綿35%+ポリエステル65%	F
	においセンサー	①綿100%	G
		②ポリエステル100%	H
		③綿35%+ポリエステル65%	I
下着 (天竺織)	アンモニア (ppm)	①綿100%	J
		②シルク100%	K
		③ナイロン95%+ポリウレタン5%	L
	アミン類 (ppm)	①綿100%	M
		②シルク100%	N
		③ナイロン95%+ポリウレタン5%	O
	においセンサー	①綿100%	P
		②シルク100%	Q
		③ナイロン95%+ポリウレタン5%	R

65%とし、下着の繊維3種類は綿100%、シルク100%、ナイロン95%+ポリウレタン5%とした。

(2) シーツの織り方

織り方の違いによる綿100%のシーツに付着した尿の腐敗により発生する臭気物質の経時変化への影響は表-2に示す。代表的な4種類を選定し、ワッフル織（スッポリシート）、平織（スッポリシート）、高密度織（大判フラットシート）、ダマスク織（大判フラットシート）とした。

(3) 実製品評価

実製品評価は表-3に示す吸水（吸収）材と防水材を含むおむつ、消臭おむつ、消臭パット、対照として習字用和紙について、尿の腐敗により発生する臭気物質の実態と評価試験法の検討を行った。

表-2 織り方の違いによる各実験条件

測定物質	実験対象物	実験番号
アンモニア (ppm)	ワッフル織（スッポリシート）	A
	平織（スッポリシート）	B
	高密度織（大判フラットシート）	C
	ダマスク織（大判フラットシート）	D
アミン類 (ppm)	ワッフル織（スッポリシート）	E
	平織（スッポリシート）	F
	高密度織（大判フラットシート）	G
	ダマスク織（大判フラットシート）	H

3. 結果と考察

3.1 新鮮な尿および腐敗尿から発生する臭気の実験結果

(1) 分子量 51 以上を対象

新鮮な尿と10日後の腐敗した尿の発生臭気を図-3、4に示すクロマトグラムで比べると、分子量51以上では新鮮な尿は98種類検出され、toluene, methoxy-phenyl-oxime, 2-ethyl-1-hexanol, 2-methyl-propenoic acid 1, 2-ethanediyl esterha 濃度が高く検出された。10日後の腐敗した尿は46種類が検出され、toluene は減少しているが他は同程度であった。したがって尿が腐敗していくと発生する物質が減少しているが、わずかに脂肪族アルデヒドが出現しているのみであり、分子量51以上の物質での評価は困難であるとした。そこで、分子量50以下のアンモニア、アミン類の物質が増加して腐敗臭が強くなると予想して実験を進めることとした。

(2) 分子量 50 以下を対象

本実験ではアンモニアとアミン類が検出されることを確認することのために行ったもので、図-5に示すとおり初期から20時間までは検出限界以下であり、20時間で両物質とも0.25 ppm 検出され、43時間後から急激にアンモニアおよびアミン類とも高濃度となり、164時間後にはアンモニア濃度が100 ppm、アミン類濃度が50 ppm となった。43時間あたりから急激にアンモニア

表-3 消臭製品

おむつ	品名	大人用おむつ (N社製)	
	素材	表面材	ポリオレフィン、ポリエステル不織布
		吸水材	綿状パルプ、吸収紙、高分子吸水材
		防水材	ポリオレフィンフィルム
		止着材	ポリオレフィン
		結合材	スチレン系エラストマー合成樹脂
	外装材	ポリエチレン	
消臭おむつ	品名	大人用おむつ補助パット (T社製)	
	素材	表面材	ポリオレフィン系不織布
		吸収材	綿状パルプ、吸収紙、高分子吸水材
		防水材	ポリオレフィンフィルム
		止着材	粘着テープ
		結合材	スチレン系エラストマー合成樹脂
		伸縮材	ポリウレタン
	外装材	ポリエチレン	
消臭パット	品名	大人用紙おむつ (尿失禁用品 (K社製))	
	素材	表面材	ポリオレフィン系不織布
		吸水材	綿状パルプ、吸収紙、アクリル系高分子吸水材
		防水材	ポリオレフィンフィルム
		止着材	粘着テープ
		結合材	スチレン系エラストマー合成樹脂
		伸縮材	ポリウレタン
	外装材	ポリエチレン	
習字用和紙	習字用	(340×245mm)、厚み(0.08mm)

図-3 新鮮な尿のクロマトグラム

図-4 10日後の腐敗した尿のクロマトグラム

およびアミン類が増加することが明らかとなった。そこで以後の調査では腐敗が進んだと判断する物質をアンモニアとアミン類として、この物質に着目して実態調査と評価試験法を検討することとした。

3.2 繊維の種類別に付着した尿の腐敗により発生する臭気物質の経時変化

尿を72時間まで恒温槽に置いて経過時間ごとにアンモニアとアミン類を検知管で測定し、同時ににおいセンサでも測定した結果を表-4に示す。

(1) 枕カバー

平織の枕カバーで綿100%（実験A）、ポリエステル

図-5 ビーカ内から発生する臭気物質濃度と経過時間の関係

表-4 繊維の種類による物質濃度と経過時間の関係

対象物	測定項目	実験番号	経過時間 (h)					
			0	3	9	12	24	72
枕カバー (平織)	アンモニア (ppm)	A	検出限界以下	0.3	0.3	0.4	0.5	75
		B	検出限界以下	0.3	0.2	0.3	0.3	17
		C	検出限界以下	0.3	0.3	0.3	0.3	225
	アミン類 (ppm)	D	検出限界以下	0.6	0.6	0.3	51	200
		E	検出限界以下	0.6	1.2	1.3	5.5	75
		F	検出限界以下	0.6	0.6	0.6	15	450
	においセンサー	G	303	317	340	347	420	540
		H	300	345	395	479	455	430
		I	305	364	352	451	515	535
下着 (天竺織)	アンモニア (ppm)	J	検出限界以下	0.2	0.2	0.3	0.3	300
		K	検出限界以下	1.0	1.0	1.0	200	4300
		L	検出限界以下	0.3	1.0	1.0	400	1350
	アミン類 (ppm)	M	検出限界以下	0.2	0.3	0.5	0.8	1200
		N	検出限界以下	2.5	3.0	5.0	750	5400
		O	検出限界以下	1.3	2.5	1.7	1250	3000
	においセンサー	P	300	462	542	502	591	670
		Q	300	408	477	435	524	637
		R	345	456	472	440	452	557

100% (実験B), 綿35%+ポリエステル65% (実験C) においては, アンモニア濃度は24時間までは実験Aがわずかに高くなり, 他は変化なく, 72時間後には実験Aが75ppm, 実験Bが17ppm, 実験Cが225ppmとなり, ポリエステルと綿の混紡はアンモニア濃度が高くなっている. アミン類濃度は24時間後では綿100% (実験D) が51ppm, ポリエステル100% (実験E) が5.5ppm, 綿35%+ポリエステル65% (実験F) が15ppmとなり, 72時間後では急激に増加し, 実験Dが200ppm, 実験Eが75ppm, 実験Fが450ppmを示している.

(2) 下着

天竺織の下着は綿100% (実験J), シルク100% (実験K), ナイロン95%+ポリエステル5% (実験L) においては, アンモニア濃度は24時間までは実験Jはわずかな増加を示しているが, 実験Kおよび実験Lは急激に増加して, 72時間後には実験Jが300ppm, 実験

Kが4300ppm, 実験Lが1350ppmとなった. アミン類濃度はアンモニア濃度と同様な変化を示している.

においセンサ値による評価は繊維の種類による変化は顕著に現れていない.

供試物においてアンモニアおよびアミン類の発生濃度の高い順に並べると次の通りである. 枕カバーについては綿35%+ポリエステル66%>綿100%>ポリエステル100%の順である. 下着についてはシルク100%>ナイロン95%+ポリウレタン5%>綿100%の順である. 実験条件の中で最も腐敗が進んでいるシルクは繊維状のタンパク質と尿が反応することによって考えられる.

3.3 綿のシーツの織り方の違いによる付着尿の腐敗により発生する臭気物質の経時変化

表-5にワッフル織 (スッポリシーツ), 平織 (スッポリシーツ), 高密度織 (大判フラットシーツ), ダマス

表-5 織り方における物質濃度と経過時間の関係

測定物質	実験番号	経過時間 [h]				
		0	9	38	62	87
アンモニア (ppm)	A	検出限界以下	0.2	4.0	700	1200
	B	検出限界以下	4.8	100	800	1000
	C	検出限界以下	1.0	500	1400	1500
	D	検出限界以下	1.5	20	200	150
アミン類 (ppm)	E	検出限界以下	0.2	3.0	800	1000
	F	検出限界以下	3.3	50	920	1160
	G	検出限界以下	1.0	600	1350	1800
	H	検出限界以下	1.0	15	180	150

ク織（大判フラットシート）について経過時間におけるアンモニアとアミン類の濃度変化を示した。

ワッフル織（実験 A, E）はアンモニアおよびアミン類濃度とも 38 時間後で少し濃度が高くなり、その後は急激に高くなり、62 時間後ではアンモニア濃度が 700 ppm、アミン類濃度が 800 ppm、87 時間後ではアンモニア濃度が 1200 ppm、アミン類濃度が 1000 ppm となった。

平織（実験 B, F）はアンモニア濃度およびアミン類濃度とも 9 時間後で少し高くなり、その後は急激に高くなり、36 時間後ではアンモニア濃度が 100 ppm、アミン類濃度が 50 ppm、62 時間後ではアンモニア濃度が 800 ppm、アミン類濃度が 920 ppm、87 時間後ではアンモニア濃度が 1000 ppm、アミン類濃度が 1160 ppm となった。

高密度織（実験 C, G）はアンモニアおよびアミン類濃度とも 9 時間後で少し高くなり、その後は急激に高くなり、36 時間後ではアンモニア濃度が 500 ppm、アミン類濃度が 600 ppm、62 時間後ではアンモニア濃度が 1400 ppm、アミン類濃度が 1350 ppm、87 時間後ではアンモニア濃度が 1500 ppm、アミン類濃度が 1800 ppm となった。

ダマスク織（実験 D, H）は他の織りに比べて低い濃度であり、アンモニアおよびアミン類濃度とも 9 時間後でわずかに高くなり、その後は少し高くなり、36 時間後ではアンモニア濃度が 20 ppm、アミン類濃度が 15 ppm、62 時間後ではアンモニア濃度が 200 ppm、アミン類濃度が 180 ppm、87 時間後ではアンモニア濃度が 150 ppm、アミン類濃度が 150 ppm であった。

したがって 62 時間後および 87 時間後の濃度を比較すると高密度織＞ワッフル織＝平織り＞ダマスク織の順となり、シートの場合は織り方によって尿の腐敗の進行が大きく異なっていることが明らかとなった。

3.4 水の透過量と発生臭気物質濃度の関係

経過時間によるアンモニアおよびアミン類濃度変化の原因を水の透過量によって解明することとした。水の透過量はワッフル織（スッポリシート）12.5 mL/s、平織（スッポリシート）17.0 mL/s、高密度織（大判フラットシート）2.3 mL/s、ダマスク織（大判フラットシート）33.6 mL/s となり、水の透過量の少ない順に並べると高密度織＜ワッフル織＜平織＜ダマスク織となった。この各織り方について、水の透過量と先に示した表-5 のアンモニアの 38 時間後の濃度、62 時間後の濃度および 87 時間後の濃度との関係を図-6 に示す。また、同様に各織り方について、水の透過量とアミン類の 38 時間後の濃度、62 時間後の濃度および 87 時間後の濃度との関係を図-7 に示す。各測定時間のアンモニアおよびアミン類の発生濃度は水の透過量が多くなると発生するアンモニアおよびアミン類濃度は低くなっている。すなわち、繊維の空隙が多くなると腐敗の進行が遅くなり、発生するアンモニアおよびアミン類濃度が低くなることが明らかとなった。

3.5 実製品への提案する試験法の応用

表-6 に示す消臭製品の対象としたおむつ、消臭おむつ、消臭パットにおける臭気物質濃度と経過時間の関係を示した。48 時間まではアンモニア、アミン類がほとんど検出されていないことがわかる。おむつは 72 時間から 336 時間まではアンモニア濃度が 1 ppm、アミン類濃度が 0.5 ppm と変化がなかった。補助おむつパットも 72 時間から 96 時間まではアンモニアが 0.5 ppm で変化なく、336 時間で 5 ppm となり、アミン類が 72 時間から 96 時間までは 0.5 ppm で変化なく、336 時間で 3 ppm となった。消臭パットはアンモニアとアミン類とも 72 時間から 96 時間までは 0.5 ppm で変化なく、336 時間で大きく増加して 220 ppm となった。比較対照とした習字用和紙はアンモニア濃度が 48 時間後 1250 ppm、アミン類濃度が 630 ppm を示し、その後 96 時間で上昇し

図-6 織り方における経過時間ごとのアンモニア濃度と水の透過量との関係

図-7 織り方における経過時間ごとのアミン類濃度と水の透過量との関係

表-6 消臭製品の物質濃度と経過時間の関係

測定物質	実験対象物	経過時間[h]						
		0	7	24	48	72	96	336
アンモニア (ppm)	おむつ	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	1.0	1.0	1.0
	消臭おむつ	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	0.5	0.5	5.0
	消臭パット	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	0.5	0.5	200
	習字用和紙	検出限界以下	1.1	1.1	1250	1500	4800	1750
アミン類 (ppm)	おむつ	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	0.5	0.5	0.5
	消臭おむつ	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	0.5	0.5	3.0
	消臭パット	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	検出限界以下	0.5	0.5	220
	習字用和紙(5枚重ね)	検出限界以下	0.5	0.5	630	2100	3000	1900

て、その後やや減少している。すなわち、防臭おむつ等は48時間までは臭気物質が発生しないが、その後は臭気物質の濃度が高くなり、性能が保たれない時間が確認できる。したがって、市販されているおむつ等の性能の実態はこの研究で行った方法で評価できることが明らかとなった。

4. まとめ

尿漏れによる寝具や下着からのアンモニアやアミン類の発生および評価試験法を検討し、下記の知見を得た。

(1) 臭気物質の発生は繊維の種類により大きく異なることが明らかとなった。

(2) 綿のシーツの繊維の織り方は臭気物質の発生の濃度と水の透過量に関係があることが明らかとなった。

(3) 防臭のおむつ等 48 時間までは臭気物質が発散しないが、その後は臭気物質の濃度が高くなり、性能が保たれない時間が確認できた。

今後は他の織り方や重量等を含めて、より簡易な試験評価法の開発をする予定である。

謝辞

本研究は当時東北文化学園大学卒論生小林亜衣氏、森良彦氏の協力を得たことを記し誌上で感謝申し上げます。

キーワード：尿，臭気，腐敗，試験法

参考文献

- 1) 板倉朋世，光田 恵，棚村壽三：高齢者のおむつ交換時における排泄物の臭気特性に関する研究，日本建築学会環境系論文集，**73**，335-341，(2008)。
- 2) 光田 恵，杉山史典，広田正宣，笠原 浩：高齢者施設の居室における臭気特性と対策に関する研究，第 14 回におい・かおり環境学会要旨集，48-49，(2003)。
- 3) 福井啓太，岡田誠之：尿の化学的性状変化と臭気に関する基礎的研究，空気調和・衛生工学会論文集，**173**，11-18，(2011)。
- 4) (社)日本下水道協会編（建設省都市局下水道部・厚生省生活衛生局水道環境部監修）：(1997)，“下水道試験法（上巻）”，p116-117。
- 5) 野末和志：(2002)，“服地がわかる事典”，p46-48，日本実業出版社。
- 6) 上野和義，朝倉 守，岩倉健次：(1998)，“繊維のはなし”，p101-118，日本規格協会。

The Experimental study of the Generation of Urine Odor Due to Urine Leakage into the Underwear and Bedding

Keita FUKUI, Seishi OKADA

Tohoku Bunka Gakuen University,
6-45-1 Kunimi, Aoba-ku, Sendai City, Miyagi, 981-8551, Japan

Abstract At facilities for the elderly, medical and welfare facilities as well as at home care, care takers are struggling to find countermeasures for the clean up of the excrement of the elderly persons at present. Measures against odor of human waste are mainly taken by using deodorant fragrance, it is not possible to eliminate the original odor source. In this study, attention has been for cased on a major problem at the facility of the above “urine” odor associated with the putrefaction of the urine itself, odor substance of urine, and remembering associated with fiber. For bedding and underwear due to leakage of urine is the source of odor, and grasped the relationship between the generation of odor and the type and weave of the fabrics as results.

Key words : urine, odor, corruption, evaluation test method

(受稿 平成 27 年 1 月 31 日)

(受理 平成 27 年 12 月 24 日)