トイレトペーパーの物理化学 的特性と排水管内の排水特性

STUDIES ON POLLUTION DEGREE OF TOILET PAPER AND DRAIN CHARACTERISTIC OF DRAIN PIPE

岡田誠之 ——*1 佐々木孝志 ——*2

キーワード：
排水管, トイレトペーパー, 水質

Keywords：
Drainage pipe, Toilet paper, Water quality, Water pollution

Seishi OKADA ——*1 Takashi SASAKI ——*2

This paper was researched for toilet paper exhausted from the water closets. The product of toilet paper is paper is provided for by JIS P 4501. Toilet paper dissolved in water, and examined whether to pollute water. The examination is mass, amount of the organism, SS, COD, BOD. As for the result of the research, toilet paper is a pollution thing. The proportion of each pollution thing to mass became clear. Moreover, the proportion of the transportation distance of double toilet paper to mass became clear. However it has been understood that toilet paper of the single was a little related to mass.

1. はじめに

建物内の便所の大便器から排出される中に、大便とトイレトペーパーの二種類があり、それらを搬送するために水が用いられている。大便器から排出される大便とトイレトペーパーの排水状況については、大便器自体からの排出特性と排水管内の排出特性の両方が共に満足されなければならない。排水性能試験¹⁾はBL基準に代用便やトイレトペーパーを使用することが定められている。また、トイレトペーパーの重量は古山ら²⁾の調査や水質汚濁や水処理の観点から汚濁負荷について小川ら³⁾の調査があるが、断片的な研究の域を脱していない。近年は、トイレトペーパーのリサイクル商品やキャラクターが印刷されたもの、香りが付いている商品など種々なトイレトペーパーが多く流通するようになっている。この種々なトイレトペーパーを使用することによって大便とトイレトペーパーの配水管内の排水状況に影響があると予想される。そこで、市販されているトイレトペーパーを調査し、まず分類を行い、その分類した中から30種類を収集して、このトイレトペーパーを調査対象とした。このトイレトペーパーが水環境に与える影響について有機物量、BOD・COD・SSを測定し、さらに排水管内のトイレトペーパーの排水特性を調査し、総合的に評価することを目的とした。

2. トイレトペーパー

2.1 トイレトペーパーの種類

トイレトペーパーには2種類があり、「ちり紙」と「トイレトロール」とがある。

(1) ちり紙

ちり紙は1枚1枚分かれていて、その種類にはソフト、セミソフト、ハードタイプなどに分かれている。

(2) トイレトロール

原料には純パルプ品100%、再生紙品100%に分かれている。その他を細分類すると、1枚や2枚重ね（シングル、ダブル）、エンボス加工（凹凸の型加工）、紙芯の有無、におい付有無、ミシン目の有無、着色の有無、印刷物の有無など種々な付加価値もある。

2.2 トイレトペーパーの規格

現在、トイレトペーパーを評価する基準として最も一般的な基準はJIS P 4501規格である。これのほかに別枠として環境に配慮された製品を認定する、グリーン購入法判断基準がある。

JIS規格⁴⁾では、JIS P 4501-1993、それを補完するJIS P 8110, 8111, 8112, 8124の基準を設けている。したがって、トイレトペーパーは、坪量18(g/m²)以上、破裂強度78kPa以上、ほぐれやすさ100s以内の規定に適合しなければならないとしている。

2枚重ねで巻き取ったものについては各1枚ごとに適用する。またJIS規格により定められているトイレトペーパーの寸法を表1に示す。1巻きの長さは受渡当事者で定めたものを除く長さは表1に示したとおり6種類があるが、市販されているシングルの長さの範囲は60~130m、平均値は75.6m、ダブルの長さの範囲は23~45m、平均値は31.5mである。

*1 東北文化学園大学科学技術学部住環境デザイン学科 教授
(〒981-8551 仙台市青葉区国見6-45-1)

*2 ㈱西原衛生工業所

*1 Tohoku-Bunka-Gakuen Univ., Dr. Eng.

*2 Nishihara Engineering Co., Ltd.

表 2 供試トイレットペーパーの分類

RUN	原材料	ロールの長さ (mm)	幅 (mm)	ミシン幅 (mm)	巻き方	芯有無	色有無	柄有無	におい有無	分類
1	再生紙品	30	114	145	W	○	×	○	×	A
2	再生紙品	30	114	241	W	○	×	×	○	
3	再生紙品	27.5	105	114	W	○	○	×	×	
4	再生紙品	30	114	151	W	○	×	×	×	B
5	再生紙品	30	114	150	W	○	×	×	×	
6	再生紙品	30	114	147	W	○	×	×	×	
7	再生紙品	30	114	295	W	○	×	×	×	
8	再生紙品	30	114	297	W	○	×	×	×	C
9	再生紙品	60	114	227	S	○	×	×	○	
10	再生紙品	60	114	147	S	○	×	×	×	D
11	再生紙品	60	114	150	S	○	×	×	×	
12	再生紙品	65	114	無し	S	○	×	×	×	
13	再生紙品	65	114	無し	S	○	×	×	×	
14	再生紙品	縦160	横220	無し	700枚	無し	×	×	×	
15	再生紙品	130	114	無し	S	×	×	×	×	E
16	純パルプ品	30	114	197	W	○	○	×	○	
17	純パルプ品	40	114	114	W	○	×	○	×	
18	純パルプ品	30	114	236	W	○	×	×	○	
19	純パルプ品	40	114	226	W	○	×	○	○	
20	純パルプ品	30	114	228	W	○	×	×	○	
21	純パルプ品	45	114	227	W	○	×	×	○	
22	純パルプ品	30	114	225	W	○	×	○	×	
23	純パルプ品	30	114	144	W	○	×	○	○	
24	純パルプ品	30	114	232	W	○	×	×	○	
25	純パルプ品	30	114	197	W	○	○	×	○	
26	純パルプ品	23	114	234	W	○	×	○	○	F
27	純パルプ品	35	114	218	W	○	×	×	×	
28	純パルプ品	90	114	236	S	○	×	×	○	G
29	純パルプ品	縦205	横130	無し	75枚	無し	×	×	×	H
30	純パルプ品	75	114	226	S	○	×	×	×	

表 1 トイレットペーパーの JIS 規格

項目	寸法	許容誤差
紙幅 (mm)	114	±2
1ロールの長さ (m)	27.5, 32.5, 55, 65, 75, 1	3
芯の径 (mm)	38	±1
巻取りの径 (mm)	120以下	—

3. 調査

3.1 調査項目

調査項目は以下のとおりである。

- (1) トイレットペーパーの選定
- (2) トイレットペーパーの質量の測定
- (3) SS の測定
- (4) 有機物質濃度
- (5) COD
- (6) BOD
- (7) 排水管内の搬送距離の測定

3.2 調査方法

調査は、まず、トイレットペーパー自体の選定を行った。市販されているトイレットペーパーを調査して収集を行い、再生紙品と純パルプ品に大きく分類し、さらにシングル、ダブルの巻き方の分類、色有無、柄の有無の分類を行った。この分類ごとに水に溶解させて、水質分析を行った。別

に対象としたトイレットペーパーの排水管内の搬送の実験を行った。

(1) トイレットペーパーの分類の概要

表 2 に搬送と水質に影響することが予想される因子として再生紙品と純パルプ品に分類し、巻き方でダブル(W)、シングル(S)、さらに色、柄、においの有無で A から H に分類して示した。表 2 に市販されているトイレットペーパーの中で 30 種類を試験の対象とした。

(2) トイレットペーパーの質量の測定

試料を 100℃で 1 時間乾燥し、30 分間放冷した試料の質量を測定した。トイレットペーパー 1m の長さを質量 (g-dry/m) の測定に用いた。ちり紙はトイレットペーパーと同等な面積に裁断して質量を測定した。

(3) SS の測定

200mL の水にトイレットペーパー 10cm を入れて、攪拌して溶解させた試料を対象水とした。ガラス繊維ろ紙法によって浮遊物質量 (SS) の測定を行った。以下、有機物質、COD、BOD の試料は SS の測定で対象とした試料水とした。

(4) 有機物量の測定

SS を測定した試料を 600℃で強熱した時の減量によって測定した。

(5) COD の測定

アルカリ性過マンガン酸カリウム法による測定方法で、COD を測定した。

(6) BOD の測定

ウインクラ法による測定方法で BOD を測定した。

(7) 排水管内の搬送距離の測定

ロータンク式大便器と BL の性能試験の洗い落とし便器—超節水型の搬送性能試験に基づく搬送装置を組み合わせたシステムで調査を行った。大便器は T 社製 C710RS で 12L の排水量である。トイレットペーパーは排水管内の全長を実験場の都合で 11.2m としたため、トイレットペーパーは 1m にカットしたものを 6 つ折にして、それを 3 つ重ねたものを使用し、搬送距離を測定した。1 つのトイレットペーパーについて、それぞれ 3 回測定を行い、その平均値を算出した。

4. 調査結果

(1) 質量

JIS 規定に示した坪量が標準の $18\text{g}/\text{m}^2$ に達していないトイレットペーパーは RUN9, RUN11, RUN15 の 3 種類、ちり紙が RUN17 の 1 種類あった。ダブルは 20 の試料中、平均値 32.22 (最小値 28.41 、最大値 40.35) g/m^2 、シングルは 8 の試料中、平均値 18.38 (最小値 15.37 、最大値 20.19) g/m^2 、ちり紙は 12.01 と 22.16 g/m^2 であった。また、ダブルの再生紙品 RUN1~8 の試料中、平均値は 33.98 (最小値 31.66 、最大値 37.56) g/m^2 、純パルプ品 RUN16~27 の試料中、平均値は 31.02 (最小値 28.41 、最大値 40.35) g/m^2 、シングルの再生紙品 RUN9~13、RUN15 の試料中、平均値は 18.14 (最小値 15.37 、最大値 19.61) g/m^2 、純パルプ品 RUN28, RUN30 の試料中、平均値 19.10 g/m^2 であった。

(2) 質量と SS の関係

図 1 は質量と SS (mg/g) の関係を示す。質量のシングルとダブルの比較では、シングルの 1.8 倍ダブルが高いため、シングルとダブルが 2 つのグループに分かれる。SS はシングルでは $454.6\sim 961.6\text{mg}/\text{g}$ の範囲、ダブルでは $273.7\sim 961.9\text{mg}/\text{g}$ の範囲で、平均値の比較ではダブルの SS はシングルの SS の 1.1 倍であった。ダブルの SS 濃度には特に溶解性物質が多くあるものが 2 つある。トイレットペーパー 1m 当たり SS 濃度はシングルの方が高いことがわかる。再生紙品、純パルプ品の比較では、再生紙品はシングルに比べてダブルは、SS が 1.03 倍高く、純パルプ品はシングルに比べて、SS が 1.06 倍高くなっている。

図 1 質量と SS の関係

(3) 質量と有機物量の関係

図 2 は質量と有機物濃度の関係を示した。再生紙品のダブルは平均値 96.35 (最小値 92.6 、最大値 98.7) %、純パルプ品のダブルは平均値 97.9 (最小値 96.3 、最大値 99.2) % であり、再生紙品のシングルは 96.1% 、純パルプ品のシングルは 96.85% であった。シングルとダブルとも純パル

プ品は有機物濃度が高いことがわかった。色やにおいが付いていることの影響はみられなかった。有機物濃度が 92.6% から 99.2% の範囲内では、単位長さ当たりの有機物と質量の関係は図 3 に示すとおり直線式で表される。

図 2 質量と有機物濃度の関係

図 3 質量と有機物量の関係

(4) 質量と COD の関係

図 4 は COD の関係を示す。ダブルの再生紙品では 8 の試料中の平均値は 13.98 (最小値 6.43 、最大値 17.74) mg/g 、純パルプ品は 12 の試料中、平均値は 10.31 (最小値 5.71 、最大値 14.37) mg/g 、シングルの再生紙品は 6 の試料中、平均値 17.88 (最小値 11.24 、最大値 25.87) mg/g 、純パルプ品は 2 の試料中、平均値 $13.3\text{mg}/\text{g}$ であった。ちり紙は $10.52\text{mg}/\text{g}$ である。シングルの一部の COD が高いことは、長さあたりの質量が低いことが影響している。全体的にはダブルで再生紙品は純パルプ品の 1.36 倍、シングルも純パルプ品の 1.34 倍高くなっている。再生製品の方が純パルプ品と比較すると COD は高く、水質に与える影響は大きい。図 4 は質量と COD の関係であるが、右側はダブルの製品、左側がシングルの製品である。

図 4 質量と COD の関係

(5) 質量とBODの関係

図5は質量とBODの関係を示す。ダブルの再生紙品は8の試料中、平均値は7.23(最小値5.62、最大値9.04)mg/g、ダブルの純パルプ品は12の試料中、平均値は6.99(最小値4.21、最大値10.5)mg/g、シングルの再生紙品は6の試料中、平均値13.36(最小値11.23、最大値14.56)mg/g、シングルの純パルプ品は2の試料中、平均値12.23mg/gであった。ちり紙は10.36mg/gである。全体的にはダブルで再生紙品は純パルプ品の1.03倍、シングルも1.09倍高くなっている。再生紙品の方が純パルプ品と比較するとBODは高く、水質に与える影響は大きい。再生紙品は有機物を含む不純物含まれていることがわかる。CODに比べてBODは低い値となっている。図5は質量とBODの関係であるが、右側はダブルの製品、左側がシングルの製品である。

図5 質量とBODの関係

(6) 排水管内の搬送距離

1mを6折にして3枚重ねのトイレトーパーについて、図6に搬送距離11.2m以下の結果の質量と搬送距離の関係を示した。ダブルについて再生紙品と純パルプ品の差異は認められないが、質量が少なくなると搬送距離が長くなることが現れている。シングル(RUN10)は搬送距離が8.72mとなっている。11.5m以上流れたシングルについては、2mを12折にして

図6 質量と搬送距離(11.2m以内)

3枚重ねた条件で別に実験を行い、図7に質量と搬送距離を示した。すべてシングルであり、搬送距離にやや質量が関係していることが認められる。すなわち、シングルとダブルのトイレトーパーからみると搬送距離は質量に影響することが明らかとなった。

図7 質量と搬送距離(11.2mを越えたもの)

5. 総括

技術の進歩によってトイレトーパーの物質的な性質が大きく変わっていることが予想されるため、各測定項目について検討を進めて、次のことが明らかとなった。

- (1) トイレトーパーから溶出する汚濁源については、各種のトイレトーパーによって、大きく差異があることが明らかとなった。また、トイレトーパーの汚濁原単位も明らかとなった。
- (2) トイレトーパーのシングルとダブルについてのみ差異が認められたが、他の因子については明らかな差異が認められなかった。
- (3) 搬送距離についてはトイレトーパーの種類によって大きく異なっていることが明らかとなった。そのため、各種規格に明記している大便器の搬送性能試験に供するトイレトーパーはJIS規格に合致したものをを使用することになっているが、本研究において明かなように性能試験に供するトイレトーパーはより詳細な取り決めが必要であると考えられる。

今後は大便器の搬送性能試験に供するためのトイレトーパーについて、標準的なものを定めることを検討する予定である。また、排水処理装置や下水道施設への汚濁負荷削減にトイレトーパーが果たす役割を窒素、りんを含めて検討する予定である。

参考文献

- 1) (財) ベターリビング編: BL 優良住宅部品性能試験方法 (便器)
- 2) 古山論、他 2 名: 下水道システム内でのトイレトーパーの挙動と役割の実態調査、下水道協会誌, 25(292) (1988)、pp. 29~39
- 3) 小川雄比古、田所正晴著: 浄化槽の機能診断と対策、日本環境整備教育センター (2001)
- 4) 日本規格協会編: JIS ハンドブック (JIS P 4501)、日本規格協会 (1997)

[2006年4月14日原稿受理 2006年7月27日採用決定]