

第2部 使い捨ておむつをとりまく問題とその対策 — 処理する立場から

ごみに含まれる使用済み紙おむつの量や組成について



京都大学大学院 工学研究科
都市環境工学専攻 准教授

おおした かずゆき
大下 和徹

(国研) 国立環境研究所
資源循環領域 主任研究員

かわい こうすけ
河井 紘輔

私たちの家庭から排出される使用済み紙おむつは家庭系ごみとして、また介護施設等から排出される使用済み紙おむつは事業系ごみとして、その多くが他の可燃ごみとともにごみ焼却施設にて焼却処理されています。使用済み紙おむつは、今後量が増えてくるとされ、水分を多く含んでいるため燃えにくく、焼却処理に影響を与えると懸念されがちですが、果たしてそうでしょうか？

使用済み紙おむつは、現在ごみ中にどのぐらい含まれているのでしょうか？どのような素材や成分から構成され、水分はどのぐらい含まれるのでしょうか？また、どのような元素が含まれ、やっぱり燃えにくいのでしょうか？さまざまなデータを交えつつ、将来の焼却に対する影響を予測した結果も紹介したいと思います。

ごみの中の使用済み紙おむつ

ごみに含まれる使用済み紙おむつの割合については、問題意識の向上によると思われますが、2010年ごろから、自治体での定期的なごみ組成調査の調査項目として、組み入れられるようになってきました。

図1に著者らがウェブサイトの公開情報を中心に調査した全国106の自治体のごみ中の使用済み紙おむつの湿重量割合（水分を含む状態での割合）を示します。図より家庭系ごみ中の使用済み紙おむつは、中央値で7.0%程度であるといえます。また比較的小さな

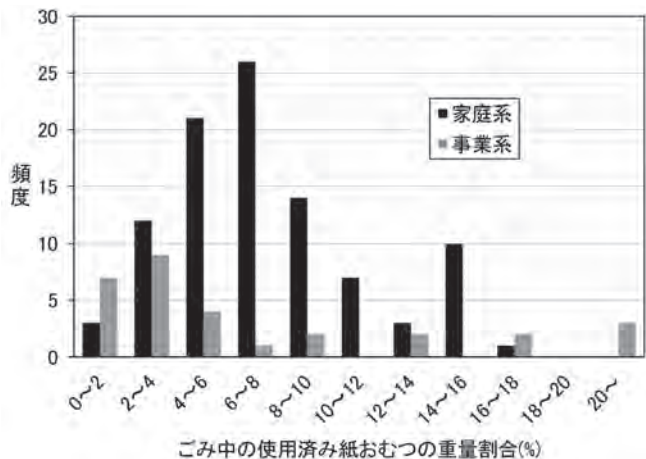


図1 ごみ中の使用済み紙おむつの重量割合 (2010年以降)

自治体では15%に達するところも割に多くみられました。事業系ごみ中の使用済み紙おむつは、中央値で3.5%程度ですが、ばらつきが大きく、20%以上となるケースもみられました。これは、老人介護施設などが調査対象となるか、また他の調査対象となる業種との割合で異なってくるものと思われます。

ごみに占める使用済み紙おむつの割合は、今後少子高齢化に伴って、使用済み乳幼児用紙おむつは減少しますが、使用済み大人用紙おむつがそれ以上に増加して上回ることで、上昇してくるといわれています¹⁾。

使用済み大人用紙おむつの製品組成

紙おむつには乳幼児用と大人用がありますが、大人用の使用済み紙おむつに着目し、表1²⁾にその製品組成を示します。大人用にはアウター（テープ型、パンツ型）、インナー（パッド類）、フラットシートがあります。一般的に大人用紙おむつは、インナーとアウターを組

み合わせて使われることになっていません。主成分はパルプと、ポリプロピレン（PP）やポリエチレン（PE）などのプラスチック、そしてポリアクリル酸ナトリウムなどを主成分とする高吸水性樹脂（Superabsorbent Polymer: SAP）です。その他にはテープなどに用いられるポリスチレンや伸縮剤としてポリウレタンなどが含まれています。

使用後の紙おむつには排泄物（尿や便）が加わりますが、環境省のガイドラインによると、使用前に比べて使用後の紙おむつは4倍の重量になり、そのほとんどが尿によるとされています¹⁾。筆者らが、約200個の使用済み大人用紙おむつの製品を特定し、未使用品との重量との差から求めた中央値は、インナーで3.36倍の重量になる結果でした。したがって、使用済み紙おむつは、概してパルプ、プラスチック、SAPの混合物に3~4倍程度の水分が加わったものであるといえます。

表1 大人用紙おむつ（未使用）の製品組成（重量%）²⁾

タイプ	パルプ	PP	PE	SAP	その他
テープ型	56	23	7.2	3.7	10
パンツ型	40	38	8.5	8.7	4.3
フラットシート	69	15	10	5.9	0.24
パッド型	69	12	7.6	11	0.43

表2 使用済み紙おむつの物理組成

排出源	用途	紙おむつ形状	水分	可燃分	灰分
			%	%	%
家庭系	大人用	主にインナー	69.4	27.1	3.50
家庭系	大人用	主にアウター	72.4	23.9	3.70
家庭系	乳幼児用	主にアウター	73.5	22.0	4.50
事業系	大人用	主にインナー	60.1	35.2	4.70
事業系	大人用	主にアウター	32.4	61.7	5.90

使用済み大人用紙おむつに含まれる水分など

前述したとおり、使用済み紙おむつには主に尿に由来する水分が含まれます。また、パルプやプラスチックなどの可燃分も、焼却時における燃えやすさを判断する重要な指標になります。また燃えた後に残る灰の量を見積もるためには灰分が重要になります。

表2に種々の使用済み紙おむつの水分、可燃分、灰分の分析値を示します。家庭系の使用済み大人用紙おむつの水分は69～72%であり、乳幼児用が最も高く73.5%でした。厨芥類の水分が通常80%とされており³⁾、それほどは高くないことがわかります。また、事業系の使用済み大人用紙おむつの水分は約60%以下であり、主にアウターが混在する場合は32.4%と最も低い値を示しました。アウターについては介護施設等ではインナーと合わせて使用されることが多いため直接尿が含まれないためと考えられます。

以上から、使用済み紙おむつの水分

は厨芥類ほど高くなく、事業系には、水分が低いものも存在することがわかります。

使用済み大人用紙おむつの化学組成

使用済み大人用紙おむつについて、水分以外の可燃分、灰分中には、どのような元素が含まれているのでしょうか？表3に、使用済み大人用紙おむつに含まれる炭素、水素、窒素、酸素、硫黄、揮発性塩素(Cl)およびナトリウム(Na)、低位発熱量、バイオマス度の値を示します。

可燃分の主な元素である炭素、水素、酸素の固形分中比率からは、それらをvan Krevelen Diagram(横軸にO/C比、縦軸にH/C比をとり化石燃料等の品質評価に用いられるグラフ)に示すことで、使用済み紙おむつの組成は、下水汚泥やRDFに類似していることがわかりました。

また、塩素が1,350～4,870 mg/kg程度含まれていますが、これは、厨芥類や容器包装プラよりも低い値で、排ガ

表3 使用済み大人用紙おむつの化学組成

項目	単位	数値範囲	中央値
炭素	%Dry	44.6～54.6	49.3
水素	%Dry	6.6～8.7	7.45
窒素	%Dry	0.1～0.583	0.26
酸素	%Dry	22.6～37.7	35.15
燃焼性硫黄	mg/kg-Dry	350～1,240	550
揮発性塩素	mg/kg-Dry	1,350～4,870	4,200
ナトリウム	%Dry	—	2.07
低位発熱量	MJ/kg	4.32～14.1	7.26
バイオマス度	%C	51～54	52.5

ス中塩化水素に与える影響はそれほど高くはないと思われます。この塩素はそのほとんどが尿に由来するものと考えられています。またNaも2%程度含まれていますが、これはSAPに由来するものということもわかっています。Naは、焼却施設における耐火材損傷や配管腐食に影響があるとされています⁴⁾。

低位発熱量は、焼却炉内で燃えたときに発生する熱量の目安で、可燃物(燃えやすさ)と水分(燃えにくさ)を考慮した値です。4.32～14.1 MJ/kgと広い範囲にわたりますが、補助燃料を投入せず燃焼できる自然限界の低位発熱量は、3.35 MJ/kg以上とされており⁵⁾、これらよりも高い値を示しています。逆に厨芥類は1.89 MJ/kg程度³⁾、自然不可とされています。ごみ発電が可能となる発電限界の低位発熱量は6.28 MJ/kg以上とされており⁵⁾、中央値7.26 MJ/kgが上回っていることから、多くの場合、ごみ発電にも寄与できると思われます。

バイオマス度は、試料に含まれる炭

素のうち、バイオマスに由来する炭素の割合を示し、残りは化石資源に由来する炭素を示します。厨芥類や、紙類、し尿ではほぼ100%を示し、プラスチックでは0%に近い値をとります。使用済み大人用紙おむつの値は約50%であり、パルプ、し尿とプラスチックが混合された組成を反映しているといえます。

大人用紙おむつの増加が、焼却処理に与える将来影響

ここまで、特に使用済み大人用紙おむつに着目し、現状のごみに含まれる割合や、その組成をみてきました。それでは将来、ごみ中の使用済み大人用紙おむつが増えてくることによって、焼却施設にどのような影響があるでしょうか？

ここでは京都市とA町の2つの自治体について、使用済み大人用紙おむつが焼却施設に与える影響の将来予測を行いました。A町は人口減少・高齢化が著しい自治体です(高齢化率:約51%)。ここでは、人口減少によるごみ

の減量、また国の施策による厨芥類やプラスチックの減少、高齢化に伴う使用済み大人用紙おむつの増加を考慮して、試算しました。

結果を表4に示します。表の各項目について、各自治体の2025年と2050年の予測値を比較すると、2050年の焼却対象ごみ量は京都市で2025年の80%相当まで、高齢化率の高いA町では30%相当まで減少すると予測されました。

これに伴って、使用済み大人用紙おむつの割合も増加し、特にA町では15~22%まで増加すると予想されました。これは図1でも高い値の範囲にあります。しかしながら、両自治体で、ごみの水分、低位発熱量、Na濃度、Cl濃度は、2025年と2050年でほとんど変化しない結果となりました。これは2050年には水分、Cl、Naを多く含む厨芥類（例えば塩類を含む食べ残しなど）が減少し、

使用済み大人用紙おむつの比率が高くなった影響が相殺されていることによるものと考えられます。一方で、使用済み大人用紙おむつの各成分への寄与率は高くなっており、特にA町でその傾向が顕著です。

2050年時点でのA町の焼却施設の規模は1.9t/日まで減少すると予想され、単独での焼却施設整備運営は非現実的になっていくと考えられます。化石炭素に対する寄与率も大きくなっており、広域化による焼却処理、あるいはそれ以外の方法として、使用済み大人用紙おむつのマテリアルリサイクルも選択肢の一つとして挙げられるでしょう。

しかしながら、使用済み紙おむつは、人体からの排泄物を含むため、焼却処理が必要な感染性廃棄物となる可能性もあります。家庭から排出される使用済み紙おむつにはこの判断は必ずしも徹底できません。

したがって、通常時において焼却以外の処理方法が進展しても、パンデミック下での使用済み紙おむつについては、焼却処理が想定されていなければならぬといえます。

表4 京都市とA町の焼却ごみ量や組成に与える使用済み大人用紙おむつの将来影響

項目	単位	京都市		A町	
		2025	2050	2025	2050
焼却対象ごみ量 (2025を100)	%	100	77~80	100	27~30
使用済み大人用紙おむつ割合	%ごみ	4.0	6.1~9.1	7.9	15~22
ごみの含水率	%ごみ	47.7	47.6~48.3	49.3	46.5~48.4
ごみの低位発熱量	MJ/kg	8700	8200~8400	8600	8200~8600
水分量に対する寄与率*	%	5.9	9.1~13	14	30~40
ごみ中Na濃度	%Dry	1.41	1.42~1.50	1.35	1.21~1.42
Na量に対する寄与率*	%	9	14~20	19	40~51
ごみ中Cl濃度	%Dry	1.05	1.03	0.86	0.86
Cl量に対する寄与率*	%	1.4	2.2~3.4	3.5	6.6~9.8
ごみ中バイオマス度	%C	66	71	66	74~75
化石炭素量に対する寄与率*	%	3.2	5.8~8.7	6.3	17~23

*寄与率：ごみ中各成分の量に対する、使用済み大人用紙おむつの成分量の割合

おわりに

本稿では、全国の自治体での使用済み紙おむつの割合、またその製品組成や物理組成、化学組成を紹介しました。その上で、特に人口減少・高齢化の著しい地域で、使用済み紙おむつの焼却施設への影響が大きくなることも予想され、マテリアルリサイクルの可能性にも言及しました。

謝辞

全国の自治体の使用済み紙おむつの割合調査においては、京都大学大学院工学研究科 都市環境工学専攻 環境デザイン工学講座 修士1年の岡本君、篠原君、柴山君、恒松さん、松岡君にご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

なお、本稿は、廃棄物資源循環学会誌 第33巻4号 pp. 265-276 に掲載された著者らの記事を、本誌用に加筆、改稿したものです。

参考文献

- 1) 環境省 環境再生・資源循環局 総務課 リサイクル推進室：使用済み紙おむつの再生利用等に関するガイドライン、pp.4-17 (2020)
- 2) K. W. Thet, Y. Hirai and S. Sakai: Fossil CO₂ Emission from Incineration of Diapers in Japan: From Calculated Fossil Carbon Fraction of Diapers in Dry Basis, Proceedings of The 29th Annual Conference of JSMCWM, pp. 595-596 (2018)
- 3) 早崎真也, 大下和徹, 河井絳輔, 高岡昌輝: 脱炭素社会における都市ごみ焼却施設からの温室効果ガス排出量の将来推定, 廃棄物資源循環学会論文誌, 第33巻, pp. 69-82 (2022)
- 4) G. Sorell: The Role of Chlorine in High Temperature Corrosion in Waste-to-Energy Plants, Materials at High Temperatures, Vol.14, No.3, pp.207-220 (1997)
- 5) 河井絳輔, 大迫政浩, 山田正人: 発展途上国における廃棄物の分別シナリオと代替処理技術, 第23回廃棄物資源循環学会研究発表会講演集, セッションID A6-3 (2012)