

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：27103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25350080

研究課題名(和文) 使用済み紙おむつから高分子吸収材を回収・再生するための基礎研究

研究課題名(英文) Studies on recycling of superabsorbent polymers from waste disposable diaper

研究代表者

吉村 利夫 (Yoshimura, Toshio)

福岡女子大学・国際文理学部・教授

研究者番号：20347686

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、紙おむつなどに含まれる高分子吸収材を分離・回収した後に、新品に匹敵する高い吸収性を有するものに再生するための基本技術を確認することである。少量ではあるが、紙おむつのリサイクル工場が稼働し始めている。しかし、現在のところ材料として再利用できているのはパルプのみであり、高分子吸収材やプラスチック類は固形燃料として燃やされている。高分子吸収材の離水メカニズムを明らかにすることで、効率的な水分除去の方法が確立できる。
これまでの検討の結果、浸透圧を利用した離水が有効であることが明らかとなった。また、水酸化カリウムを用いることで高分子吸収材の再生が可能であることが判明した。

研究成果の概要(英文)： The aim of this study is to establish the fundamental technique to recycle superabsorbent polymers separated and recovered from waste disposable diapers. Recycling plant for waste disposable diapers is now at work, although it is quite limited scale. Pulp is recovered and available for construction use, but superabsorbent polymer is incinerated. If mechanism on water release from water superabsorbent polymer is clarified, recycling of waste superabsorbent polymer is feasible technique.

Through the present study, it was clarified that water release by osmotic pressure is effective. Furthermore, use of KOH induced recovery of waste superabsorbent polymers.

研究分野：高分子材料学

キーワード：紙おむつ リサイクル 高分子吸収材

1. 研究開始当初の背景

紙おむつは使い捨ての手軽さや衛生面での利点があり、国内では9割程度の乳幼児に使用されている。また、高齢化が進む中、大人用紙おむつの使用量が急速に増加している。すなわち、紙おむつは育児と介護の必需品であり、その重要性は今後ますます増すと考えられている。使用後の紙おむつは、ほとんどの自治体では可燃ごみとして分類され、焼却処理されている。ごみ焼却場ではダイオキシン発生抑制のために800程度の高温で焼却を行っている。しかしながら、使用済み紙おむつは水分を多量に含み、高温焼却の妨げとなっている。そのため、重油などの助燃剤を使用して焼却温度の低下を防いでおり、環境負荷の大きな処理が行われている。

紙おむつは、おもにパルプ(約70%)、プラスチック類(約20%)、高分子吸収材(約10%)からなる複合体である。したがって、使用済み紙おむつのリサイクルにおいては、これらの各成分をいかに効率的に分離するかが、第一の要件である。次に、分離した各成分を、いかに再使用できるレベルに到達させるかが、第二の要件である。この際、リサイクル品は新品と遜色のない性能と価格を有することが求められる。したがって、できるだけ簡便なプロセスで各成分を再生することが重要である。環境負荷低減を目的に、これまでに使用済み紙おむつの有効利用が検討されてきた。その結果、平成17年から紙おむつのリサイクル工場の稼働が始まっている(トータルケア・システム(株)、福岡県大牟田市)。現在のプロセスの概要は、以下のとおりである。(1)使用済み紙おむつを粉碎、(2)水中でかくはん(汚物を除去)し、プラスチック成分を分離、(3)塩化カルシウム水溶液を添加し、高分子吸収材を凝集させて、パルプと分離、(4)パルプ回収およびシート化。この工程でシート状に加工されたパルプは建築資材としてマテリアルリサイクルされている。しかし、高分子吸収材およびプラスチックはRPF(固形燃料)として、燃やされているのみである。

高分子吸収材はいったん吸収した水分を脱離させることが困難であるため、これまでリサイクルが困難な材料とされてきた。しかし、上述のように、使用済み紙おむつを焼却するのは環境負荷が大きく、他の処理や再利用が検討されるべきである。また、いずれ枯渇が懸念される石油資源を原料とする以上、高分子吸収材の再生、再利用は実現すべき重要な課題であるといえる。本目標が達成できれば、紙おむつに含まれる成分がすべて再利用可能となり、紙おむつリサイクルシステムが大きく普及すると期待される。

2. 研究の目的

本研究では、具体的に以下の3つのサブテーマを設定し、使用済み紙おむつに含まれる高分子吸収材の再生を進める。

(1) 高分子吸収材の離水メカニズムを解析す

る。

(2) 高分子吸収材から効率よく離水させる手法の基本技術を確立する。

(3) パルプと高分子吸収材との分離方法を検討する。

使用済み高分子吸収材の再生方法の基本技術確立を目指す。併せてその前段階のパルプと高分子吸収材との効率的な分離方法について検討する。

3. 研究の方法

(1) 離水メカニズムの解明

a. 高濃度食塩水処理

高分子吸収材の吸水メカニズムについては、吸収材内外のイオン濃度差から生じる浸透圧が吸水の駆動力とするモデルがよく知られている。たとえば、市販の高分子吸収材は、純水中の吸水倍率は約300g/gと高いが、0.9%の食塩水(人の体液に相当)中では、約60g/gと大幅に低下する。これは浸透圧モデルで合理的に解釈できる。そのため、濃度を極限まで高めた食塩水中では吸水せずに固体状になり、これを脱水機にかけることで高分子吸収材が回収できる可能性がある。

b. 酸性水溶液処理

上記浸透圧は高分子吸収材中に含まれるカルボン酸ナトリウムが水中でイオン化するために生じる。吸水した高分子吸収材を塩酸中で処理することによって、カルボン酸ナトリウムはカルボン酸になる。カルボン酸の電離度は低く、浸透圧が発現しにくくなるので、吸水性能は大幅に低下すると考えられる。このことから、酸性水溶液中で高分子吸収材が回収できる可能性がある。

c. 溶剤処理

メタノールなどの有機溶媒中では浸透圧が発現しにくく、高分子鎖が広がりにくいため、高分子吸収材は膨潤せずに沈殿すると考えられる。そのため、いったん膨潤した高分子吸収材を有機溶媒に添加することで、効率的に回収できる可能性がある。

d. 真空乾燥

膨潤した高分子吸収材を真空処理することで、強制的に離水が進行すると考えられる。ただし、元の形状(粒状)を保持することは困難であると推定され、本来の吸水性能を有しているかを確かめる必要がある。

e. 熱風処理

膨潤した高分子吸収材を熱風処理することで、強制的に離水が進行すると考えられる。熱分解による変性を回避しなければならず、温度や風力の条件検討が必要である。

f. 圧搾処理

浸透圧以上の圧力で加圧することによって、離水が可能であると考えられる(逆浸透膜による海水淡水化と同様の原理)。

(2) 離水方法の検討

上記の検討結果をもとに、実際の離水方法の検討を行う。実現可能性の観点から、コストの要因も配慮する。検討結果によっては、

上記方法の組み合わせも検討する。

4. 研究成果

(1) 離水メカニズムの解明

a. 高濃度食塩水処理

高分子吸収材の吸水メカニズムについては、吸収材内外のイオン濃度差から生じる浸透圧が吸水の駆動力とするモデルがよく知られている。これは浸透圧モデルで合理的に解釈できる。そのため、濃度を極限まで高めた食塩水中では吸水せずに固体状になり、これを脱水機にかけることで高分子吸収材が回収できる可能性がある。7%程度の食塩水を使用したところ、高分子吸収材は大きく収縮し、上記推定の妥当性が確認された。

b. 酸性水溶液処理

上記浸透圧は高分子吸収材中に含まれるカルボン酸ナトリウムが水中でイオン化するために生じる。吸水した高分子吸収材を塩酸中で処理することによって、カルボン酸ナトリウムはカルボン酸になる。カルボン酸の電離度は低く、浸透圧が発現しにくくなるので、吸水性能は大幅に低下すると考えられる。塩酸処理で検討したが、上記 a. ほどの効果は認められなかった。

c. 溶剤処理

メタノールなどの有機溶媒中では浸透圧が発現しにくく、高分子鎖が広がりにくいため、高分子吸収材は膨潤せずに沈殿すると考えられる。そのため、いったん膨潤した高分子吸収材を有機溶媒に添加することで、効率的に回収できる可能性がある。この方法が最も効果的であり、再生品の吸水性能が最も高かった。

d. 真空乾燥

膨潤した高分子吸収材を真空処理することで、強制的に離水が進行すると考えられる。いわゆる凍結乾燥法で試みたが、脱水効率は低かった。

e. 熱風処理

膨潤した高分子吸収材を熱風処理することで、強制的に離水が進行すると考えられる。熱分解による変性を回避しなければならず、温度や風力の条件検討が必要である。条件によっては吸水性能が大幅に低下するため、最適条件を見いだす必要がある。

f. 圧搾処理

浸透圧以上の圧力で加圧することによって、離水が可能であると考えられる(逆浸透膜による海水淡水化と同様の原理)。加圧プレス機で試みたが、完全に脱水することは困難であった。

(2) 離水方法の検討

上記の各種方法の中では、a. の高濃度食塩水処理が最も有効であった。

(3) パルプと高分子吸収材との分離

a. 塩化ナトリウム法

濃度を極限まで高めた食塩水中でパルプと高分子吸収材を処理すると、高分子吸収材が脱水、凝集してパルプとの分離が容易になると考えられる。塩化ナトリウム濃度、処理

時間などの最適条件を検討した。本方法では、比較的容易に分離が行えた。

b. 酸性水溶液法

上述のように、吸水した高分子吸収材を塩酸中で処理することによって、カルボン酸ナトリウムはカルボン酸になり、浸透圧が発現しにくくなるので、高分子吸収材が離水・凝集して、パルプとの分離が容易になると考えられる。塩酸の濃度、処理時間などの最適条件を検討した。分離は必ずしも容易ではなかった。

c. 溶剤処理法

メタノールなどの有機溶媒中では浸透圧が発現しにくいため、高分子吸収材は膨潤せずに沈殿すると考えられる。そのため、高分子吸収材が離水・凝集して、パルプとの分離が容易になると考えられる。予想以上に分離は困難であった。

また、吸水性の復活には水酸化カリウム処理が有効であった。スケールアップ化の検討も実施し、最適条件の調整が必要なものの、その目処を得た。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

吉村利夫、紙おむつリサイクルの技術的課題、繊維リサイクル技術研究会 第121回情報交換会、2016年11月、京都工芸繊維大学

〔図書〕(計1件)

吉村利夫、藤岡留美子、第5章3節 セルロース系高吸水性樹脂の特性と紙おむつへの応用 p178-182、衛生製品とその材料開発、技術情報協会 (2016)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

福岡女子大学 高分子材料学研究室

<http://www.fwu.ac.jp/~yoshimura/top/top.htm>

6．研究組織

(1)研究代表者

吉村利夫 (Yoshimura Toshio)

福岡女子大学・国際文理学部・教授

研究者番号：20347686

(2)研究分担者

藤岡留美子 (Fujioka Rumiko)

福岡女子大学・国際文理学部・助教

研究者番号：50199303