

シュレッド紙を原料とした再資源化材料に関する実験的研究

NTTアクセスサービスシステム研究所 正会員 安田 眞弘
 京都大学大学院 久澤 啓子
 NTTアクセスサービスシステム研究所 正会員 石本 弘治

1. はじめに

近年問題になりつつある古紙廃棄物の一つに、事務所等で大量に排出されるシュレッド紙が挙げられる。シュレッド紙は、シュレッダー処理によって紙の繊維が細かく裁断されているため製紙原料には不適合であり、現在ではほとんど回収されていない。一部は家畜の敷料や吸油材に利用されているものの、使用期間は短く、最終的には焼却処分される。その他に農業用マルチ(根覆い)、有害金属の回収などへの利用もあるが、広く普及するには至っていない。そのため、シュレッド紙の再利用法の早急な確立が課題となっている。

紙はセルロース主体の有機繊維分と填料として添加された無機成分から構成されており、有機繊維分は、無酸素下での加熱によって容易に炭化物となる。これまでに NTT アクセスサービスシステム研究所では有機繊維分と無機成分の両方を有効活用する試みを実施し、製紙スラッジを炭化処理した後にアルカリ水熱反応を施し、炭素質とゼオライトの複合物質を合成することに成功している⁽¹⁾。この複合物質は H₂S ガスの吸着に対し、商用の活性炭以上の性能を示すことを明らかとした。

本稿では製紙スラッジ同様大量廃棄が問題になりつつあるシュレッド紙を原料とした炭素質と珪酸塩鉱物の複合物質の合成について検討した結果を報告する。

2. 実験方法

供試材料

原料には自事業所で排出されたシュレッド紙を準備した。これを炭化装置 (Carbo Changer BT-100、MASUI 製) により無酸素状態 650 °C で炭化し、ボールミルで粉碎した。以後、シュレッド紙の炭化・粉碎後の試料を SPC (Shredded Paper Carbon) と略し、アルカリ水熱反応の材料として用いる。SPC の元素組成は Table 1 に示した通りである。元素組成は、強熱減量測定後の残灰を加圧成形処理した後、エネルギー分散型 X 線分光装置 (EDX) (EX-300、HORIBA 製) により決定した。

Table 1 Elemental compositions of ash in SPC

Element	wt. %
Ca	26.9
Si	11.9
Al	7.7
Mg	5.5
Fe	2.4
Na	0.3
K	0.3
S	0.3
Cl	0.8
C	5.5
O	38.7

Ash content in SPC = 25.2 wt. %

アルカリ水熱合成

合成には SPC とアルカリ水溶液の混合物を、オートクレーブ (TAS-1、TAIATSU 製) で反応させた。混合物を所定の温度で反応させた後、反応容器を流水で室温まで急冷し、減圧濾過により固形物を反応液から分離した。その後、純水による洗浄と減圧濾過を 3 回繰り返し、105 - 110 °C に設定した恒温乾燥機の中で 24 時間以上乾燥させて生成物を採取した。

分析

SPC およびすべてのアルカリ水熱反応物の粉末 X 線回折 (XRD) パターンを X 線回折装置 (X'pert-MPD、PHILIPS 製) で分析した。

3. 結果と考察

SPC および水熱反応物の XRD パターンを Fig. 1 に示す。SPC (Fig. 1-a) には、calcite (CaCO₃) と talc (Mg₃Si₄O₁₀(OH)₂) の明らかなピークが見られる。calcite と talc は、紙の填料に用いる化合物である。20° から 30° にかけて見られるブロードなピークは、非晶質炭素による回折である。

キーワード：シュレッド紙、再資源化、炭素質、珪酸塩鉱物

〒305-0805 茨城県つくば市花畑 1-7-1 TEL 029-868-6240 FAX 029-868-6259

0.5 mol/L アルカリ水溶液の水熱反応物 (Fig. 1-b) では、calcite と talc に加えて新たなピークが 12.6°、17.9°、21.8°、28.2°、33.5°に見られ、ゼオライトの一種である zeolite P ($\text{Na}_6\text{Al}_6\text{Si}_{10}\text{O}_{32}(\text{H}_2\text{O})_{12}$) の回折ピークに一致した。

1.0 mol/L アルカリ水溶液の水熱反応物 (Fig. 1-c) では、calcite と talc に加えて新たなピークが 14.1°、24.5°に見られる。これらは、ゼオライトと同様に Al と Si の骨格構造を持つ hydroxysodalite ($\text{Na}_4\text{Al}_3\text{Si}_3\text{O}_{12}(\text{OH})$) の回折ピークに一致した。

3.0 mol/L および 6.0 mol/L アルカリ水溶液の水熱反応物 (Fig. 1-d) では、SPC の XRD パターンと比較して calcite のピークが弱く、新たなピークが 7.7°、20.5°、27.1°、29.3°、32.5°、40.2°、45.5°、53.7°、55.9°に見られる。これらは、ハイドログロシユラーの一種である katoite ($\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_{1.25}(\text{OH})_7$) の回折ピークに一致した。

Table 2 に、水熱反応条件と生成相をまとめた。生成物は、反応時のアルカリ濃度に大きく左右されていることがわかる。0.5 mol/L および 1.0 mol/L アルカリ水溶液の水熱反応物の XRD パターンには、SPC に含まれる calcite と talc のピークが減衰せずに残っていたことから、calcite と talc は反応に寄与していないと考えられる。この際に生成した zeolite P および hydroxysodalite は、Na、Al、Si の化合物である。この反応では、SPC に含まれる Al_2O_3 や SiO_2 が骨格形成に寄与し、反応液中に多量に含まれる Na^+ が陽イオンとして結晶中に取りこまれたと考えられる。

3.0 mol/L および 6.0 mol/L アルカリ水溶液の水熱反応物の XRD パターンでは、calcite のピークが大きく減衰していた。これは、calcite の分解が進んだことを示しており、NaOH 濃度が高いと calcite が分解されると言える。このとき生成した katoite は、Ca、Al、Si の化合物であり、calcite の分解により放出された Ca^{2+} が反応に寄与したと考えられる。

4. おわりに

シュレッダー紙を炭化し、アルカリ水熱反応を行うことによって、炭素質とゼオライトおよび炭素質とゼオライト類似化合物の複合物質を合成することができた。無機生成物は、アルカリ濃度によって制御することができ、低濃度では zeolite P が生成するが、高濃度になるにつれて反応物中の Ca の反応性が増し、ゼオライト類似化合物である hydroxysodalite や Ca 化合物である katoite が生成することがわかった。特に Katoite は、 Cl^- イオンを固定するという既往報告もあり、塩害などを受けるコンクリート構造物への利用など今後の応用研究が期待できる。

<参考文献>

- 1) 例えば、佐々木ら：製紙スラッジを原料とした水質およびガス浄化性能を有する多孔質新素材、第2回つくばテクノロジー・ショーケース概要集、2003、p68

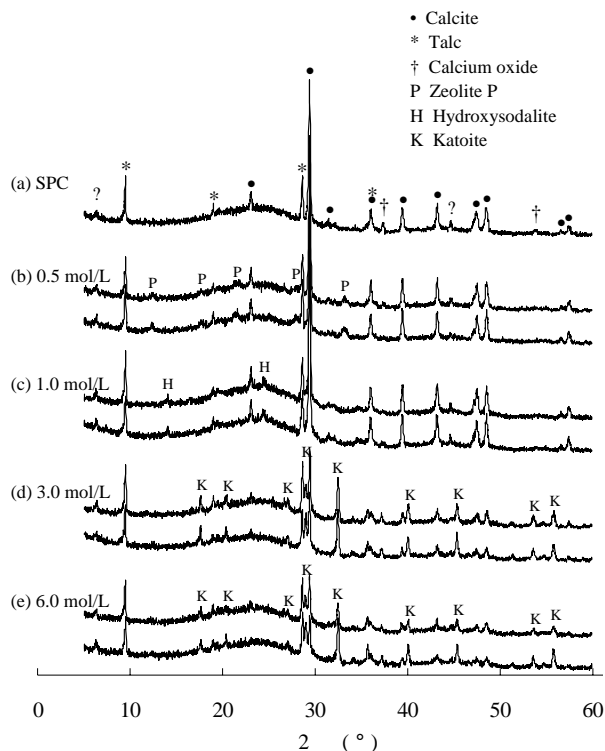


Fig. 1. XRD patterns of (a) SPC and the products obtained from alkaline hydrothermal reaction with (b) 0.5 mol/L (c) 1.0 mol/L (d) 3.0 mol/L and (e) 6.0 mol/L NaOH aq., and each for 12 hours (upper) and 24 hours (lower) of reaction time. CuK is used for analysis.

Table 2 Synthesized phase of each hydrothermal reaction

Concentration (mol/L)	Hydrothermal condition		Synthesized phase
	Temperature (°C)	Reaction time (hours)	
0.5	120	12	Zeolite P
		24	Zeolite P
1.0	120	12	Hydroxysodalite
		24	Hydroxysodalite
3.0	120	12	Katoite
		24	Katoite
6.0	120	12	Katoite
		24	Katoite