

竹炭による Cs⁺吸着における炭化温度および共存する K⁺と Na⁺の影響

九州大学工学部 学生会員 ○藤田琳太郎 九州大学大学院 正会員 久場隆広
九州大学大学院 学生会員 首藤悠歩

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、福島県双葉郡大熊町にある福島第一原子力発電所が被災し、大量の放射性物質(¹³⁷Cs、¹³¹I など)が環境中に放出され、種々の環境汚染が福島県を中心に引き起こされた。特に、¹³⁷Cs の半減期は約 30 年と非常に長く、長期間にわたって環境に影響を与え続けるため、効率的に回収していくことが重要となっている。

また、現在全国の里山において放置竹林が増加し、その急激な成長による竹林面積の拡大が社会問題となっている。そのため定期的な伐採等による竹林の適正な管理が必要である。しかし、竹材の需要は減少する一方であり、伐採後の竹の有効活用が求められている。

本研究では、竹を持続可能な循環資源ととらえ、Cs⁺吸着材としての竹炭の利用を目指した。そこで、竹炭の炭化温度、ならびに、溶液中に共存する陽イオンが Cs⁺吸着能に与える影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 炭化方法

本研究では、5 年生程度のモウソウチクを窒素雰囲気下、昇温速度 5°C/min、各設定炭化温度での保持時間を 3 時間として炭化させ、粉末状 (<150μm) にした竹炭を用いた。炭化温度は 400°C、600°C、800°C とし、作成した竹炭をそれぞれ BC400、BC600、BC800 とする。これらの竹炭の比表面積を表 1 に示す。

表 1 竹炭の炭化温度と比表面積の関係

	BC400	BC600	BC800
比表面積(m ² /g)	16.8	326	338

2.2 炭化温度の異なる竹炭による Cs⁺吸着実験

Cs⁺吸着実験は BC400、BC600、BC800 を対象としてバッチ方式で行った。Cs⁺として 10mg/L の CsCl 溶液 30mL に 0.3g の竹炭を加えて、20°C の恒温下で振とう接触させた。振とう開始から 15 分、30 分、1 時間、2 時間、3 時間、6 時間、12 時間、24 時間の時点での Cs⁺

の濃度を、原子吸光分光光度計(SHIMADZU、AA-7000)を用いて定量した。

同様に、0.3g の竹炭に種々の濃度の CsCl 溶液を接触させ、吸着等温線を作成した。

2.3 陽イオン存在下での Cs⁺吸着実験

Cs⁺の吸着に影響を及ぼすと考えられる陽イオンのうち、Cs⁺と同じ 1 価の陽イオン、K⁺と Na⁺の存在下での Cs⁺吸着を検討した。Cs⁺濃度は 10mg/L とし、K⁺濃度は 15mg/L、Na⁺濃度は 60mg/L となるよう添加した。本実験では、BC400 の竹炭を使用した。

3. 実験結果及び考察

3.1 竹炭の炭化温度の違いが Cs⁺の吸着に及ぼす影響

図 1 に、炭化温度の違いによる竹炭単位質量あたりの Cs⁺吸着量を示す。図 1 から、Cs⁺の吸着量は BC400 が最も多く、振とう開始 15 分で 0.60mg/g、吸着平衡時には 0.75mg/g を吸着した。一方、炭化温度の高い BC600 と BC800 については、吸着平衡時でそれぞれ 0.33mg/g、0.17mg/g の吸着量に留まった。

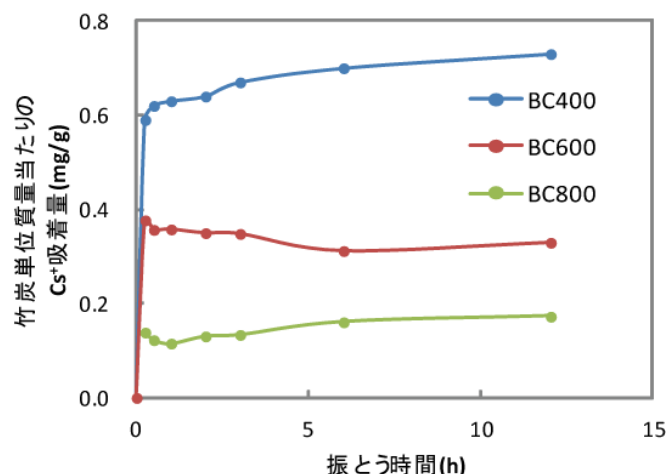


図 1 竹炭の炭化温度が Cs⁺吸着能に及ぼす影響

図 2、図 3 はそれぞれ Freundlich 型、Lamgmuir 型の吸着等温線を示し、表 2 はそれぞれの吸着等温線の定数を示す。

竹炭における Cs⁺の吸着は、主に静電的に吸着され

と考えられる。また竹炭には低温で炭化すると酸性官能基が増え、高温で炭化すると塩基性官能基が増えるという性質があるため、竹炭の比表面積がかなり小さい (表 1) にも関わらず、酸性官能基が増える BC400 で陽イオンである Cs^+ が多く吸着されたと考えられる。

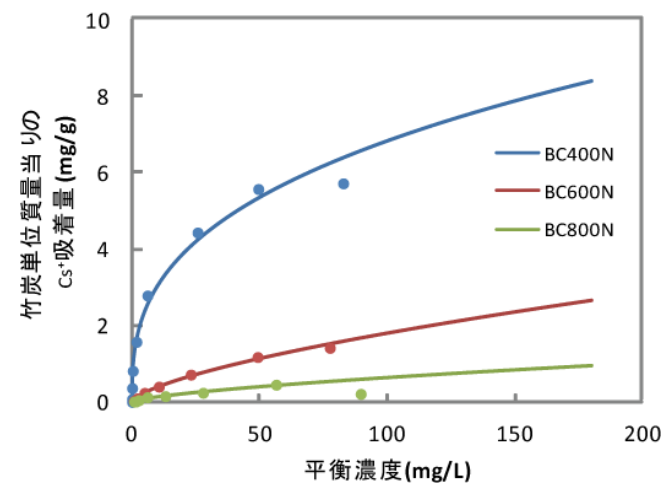


図 2 Cs^+ 吸着等温線 (Freundlich 型)

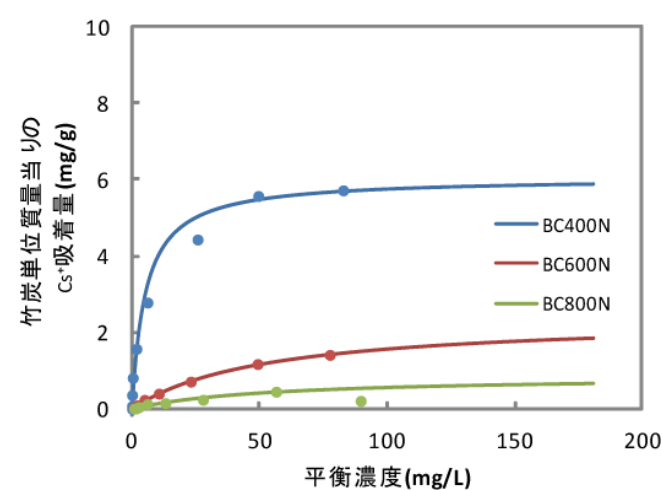


図 3 Cs^+ 吸着等温線 (Langmuir 型)

表 2 Freundlich 定数および Langmuir 定数

炭化温度	Freundlich定数		
	K_f	$1/n$	r
BC400	1.361	0.3509	0.996
BC600	0.085	0.6622	0.998
BC800	0.028	0.6792	0.980

炭化温度	Langmuir定数		
	Q_0	b	r
BC400	6.042	0.1923	0.997
BC600	2.393	0.0190	0.999
BC800	0.826	0.0184	0.908

3.2 共存する Na^+ と K^+ が吸着に及ぼす影響

図 4 に、 Cs^+ 溶液を用いた場合と、 Cs^+ 溶液に Na^+ と K^+ を添加した溶液を用いた場合での竹炭単位質量当りの Cs^+ 吸着量を示す。図 4 より、 Na^+ と K^+ 添加時の竹炭単位質量当りの Cs^+ 吸着量は、添加していない場合と比べて 3/4 程度になった。 Cs^+ は竹炭に対して静電的に吸着されることが考えられ、また Cs^+ と同じ陽イオンである Na^+ と K^+ も同様に静電的に吸着されるため、競合による負の影響が出たと考えられる。

また、竹炭には元来 K^+ や Na^+ が含まれており、振とう接触の際に溶出してくることが確認されている。今回の実験条件 (Cs^+ のみを添加した実験系) であれば、12 時間振とう接触した時点で K^+ は約 5mg/L、 Na^+ は約 10mg/L 溶出してくることが確認されている。つまり今回の実験は K^+ 濃度は約 20mg/L、 Na^+ 濃度は約 70mg/L で行われた事になり、この濃度の K^+ 、あるいは Na^+ が共存している場合には竹炭への Cs^+ 吸着を阻害した。ただし、どの程度の K^+ と Na^+ が共存していれば竹炭への Cs^+ 吸着に影響を及ぼすのかは不明である。

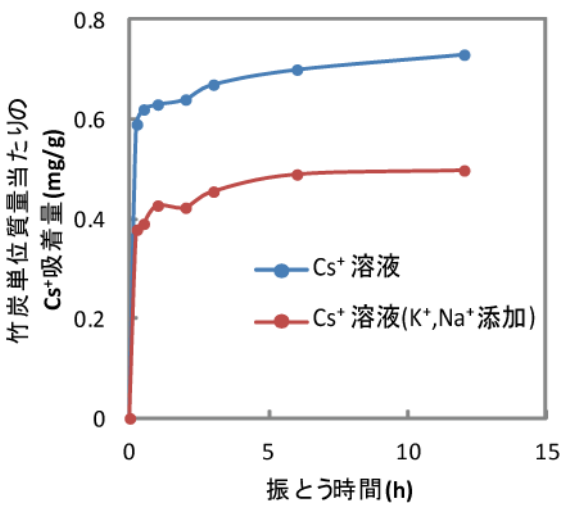


図 4 Na^+ と K^+ が竹炭による Cs^+ 吸着に及ぼす影響

4. 結論

Cs^+ について、炭化温度の違う竹炭、ならびに、 K^+ と Na^+ を添加した Cs^+ 溶液を用いた吸着実験を行い、以下の結論を得た。

- 1) 竹炭への Cs^+ 吸着量は、BC400 が最も多く、BC600、BC800 の順に減少した。また、吸着開始 15 分以内でその多くが吸着された。
- 2) K^+ 濃度が約 20mg/L、 Na^+ 濃度が約 70mg/L の場合、 K^+ と Na^+ の存在は竹炭への Cs^+ 吸着を阻害した。