

初期 pH 調整および洗浄処理が竹炭のセシウムイオン吸着能に与える影響

九州大学工学部 学生会員 内川祐志 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 九州大学大学院 学生会員 藤田琳太郎

1.序論

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の記憶は未だに新しく、またその爪痕も大きい。特に福島第一原子力発電所での事故による影響は今尚続いており、 ^{137}Cs や ^{131}I といった放射性物質の放出も続いている。特に、 ^{137}Cs の半減期は約 30 年と非常に長く、長期間に渡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である。

また、全国の里山ではその生育速度の速さから生態系の単一化や地滑りの原因となる放置竹林の増加が問題となっている。しかしながら現代では竹材の資源としての利用価値は低く、竹林の管理も十分に行われていない。

そこで、本研究では、セシウムイオンの吸着材として竹炭の有効活用を目指した。溶液の初期 pH の調整、または、竹炭の酸・塩基処理がその吸着性能に及ぼす影響を明らかにすることを研究目的とした。さらに、その吸着機構の解明を試みた。

2.実験方法

2.1 炭化方法

本研究では、5年生程度の孟宗竹を窒素雰囲気下、昇温速度 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 、炭化温度 400°C 、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 ($<150\mu\text{m}$) にした竹炭を用いた。炭化温度を 400°C としたのは藤田らの研究¹⁾によって炭化温度の低い 400°C の竹炭 (BC400) がセシウムイオンの吸着に有効であると判明しているためである。

2.2 初期 pH の異なるセシウムイオン溶液による吸着

セシウムイオン吸着実験は BC400 を対象としたバッチ方式で行った。セシウムイオンとして塩化セシウム (和光純薬工業株式会社) を使用し、 $20\text{mgCs}/\text{L}$ 水溶液を作成した。この溶液の初期 pH を $0.1\text{mol}/\text{L}$ の塩酸もしくは水酸化ナトリウム溶液を用いて pH3, 5, 7, 9, 11 に調整した。これらのセシウムイオン溶液 30mL に 0.3g の BC400 を加え、 20°C の恒温下で 3 時間振とう接触さ

せた。振とう接触後のセシウムイオンの濃度を、原子吸光分光光度計 (SHIMADZU, AA-7000) を用いて定量した。

2.3 洗浄処理を行った竹炭による吸着

BC400 と $20\text{mmol}/\text{L}$ の塩酸または水酸化ナトリウム水溶液を固液比 1:100、 20°C 条件下において 24 時間以上振とう接触させ濾過した後、純水で数回洗浄し乾燥させた。同様の手順で純水のみによって洗浄処理を行った竹炭を用意した。以後、塩酸による洗浄、水酸化ナトリウムによる洗浄、純水による洗浄処理を行った竹炭を順に BC400HC, BC400Na, BC400W と呼ぶ。これら BC400HC, BC400Na, BC400W 各 0.3g ずつについて 2.2 同様に $10\text{mgCs}/\text{L}$ 溶液 30ml と振とう接触を行った。

3.実験結果及び考察

3.1 初期 pH 調整セシウムイオン溶液の竹炭による吸着

竹炭と接触前後のセシウムイオン溶液の pH を表 1 に、初期 pH の調整の違いによる単位質量竹炭あたりのセシウムイオンの吸着量および吸着率を図 1 に示す。

表 1 を見るといずれのセシウムイオン溶液も BC400 と接触後に pH が中性側へ変化しており、BC400 には若干の緩衝能があると考えられる。図 1 を見ると、塩酸の添加により初期 pH3 に調整した溶液では吸着率は約 10% と他の pH 帯に比べ非常に低い値となっている。一方で初期 pH11 に調整した溶液では吸着量が増加し、ほぼ 100% のセシウムイオンが吸着されている。これは竹炭によるセシウムイオンの吸着メカニズムが、物理的吸着よりも化学的吸着に大きく依存しているためと考えられる。伴野らによると²⁾炭化温度の低い BC400 は表面に酸性官能基を多く保持していると述べられており、この酸性官能基のプロトンと水溶液中のセシウムイオンの交換による吸着の影響が非常に大きいと予想される。水溶液中にプロトンが豊富に存在する低 pH 帯では、竹炭表面のプロトンが脱着しにくくなるためセシウムイオンの吸着量が減少し、逆に水溶液中のプロトンの少ない高 pH 帯ではセシウムイオンと竹炭表面

のプロトンの交換が起こりやすくなり、セシウムイオンの吸着量が増加したと考えられる。

表 1 BC400 振とう接触前後の各セシウムイオン溶液 pH

竹炭接触前溶液 pH	調整なし (5.8)	3	5	7	9	11
竹炭接触後溶液 pH	6.6	4.8	6.8	7.2	7.8	10.0

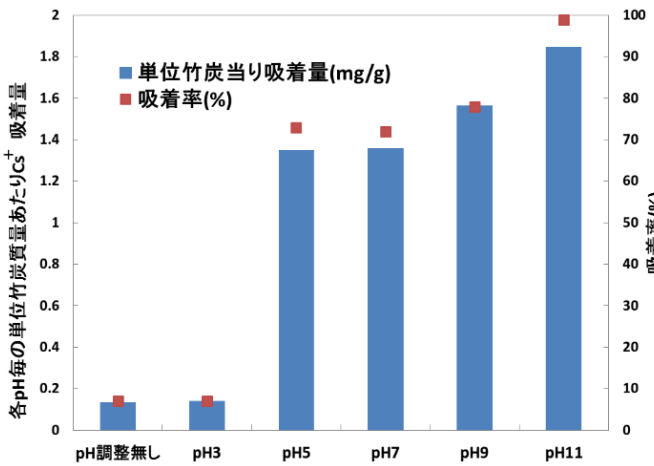


図 1 pH 毎の単位質量竹炭あたりのセシウムイオン吸着量

表 2 pH 洗浄処理竹炭毎の振とう接触前後のセシウムイオン溶液の pH

	BC 400	BC 400Na	BC 400HC	BC 400W
竹炭接触前溶液 pH	5.8			
竹炭接触後溶液 pH	6.6	7.8	4.9	7.2

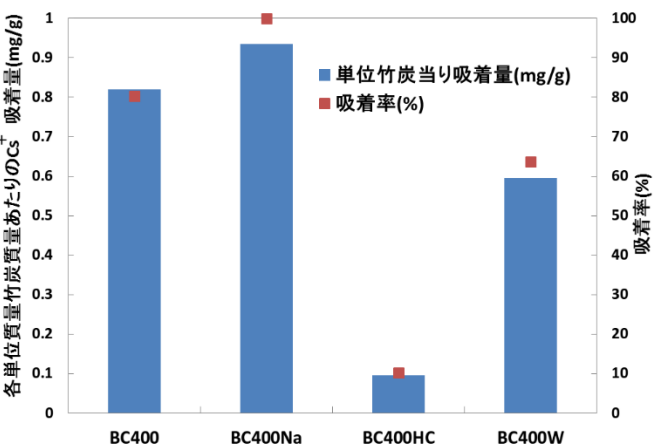


図 2 単位質量あたりの各洗浄処理竹炭によるセシウム吸着量、吸着率

3.2 塩酸、水酸化ナトリウム及び純水による洗浄処理を行った竹炭でのセシウムイオン吸着実験

表 2 に各洗浄竹炭と接触前後のセシウムイオン溶液の pH を、図 2 に洗浄方法の違いによる単位質量竹炭あたりのセシウムイオン吸着量を示す。表 2 を見ると竹炭の洗浄液や竹炭自身の影響を受け、溶液の pH は変化しているものの変化量は微小である。図 2 を見るとセシウムイオンの吸着能は BC400Na が最も高く、溶液中のほぼ全てのセシウムイオンを吸着していた。BC400HC、BC400W については、未処理の BC400 よりもむしろ吸着量は低下した。竹炭との接触前後で pH の変化が大きくなかったことから、これらの吸着量の変化は水溶液中のプロトン量の変化ではなく、表面処理による影響が大きいと考えられる。BC400Na が無処理の竹炭よりも吸着量が増加した要因としては、竹炭表面に存在する官能基が持つプロトンが、セシウムイオンとの交換能の高いナトリウムイオンに置き換わった事で、セシウムイオンの吸着が起こりやすくなった事が挙げられる。

4. 結論

炭化温度 400℃の竹炭によるセシウムイオンの吸着実験について、溶液の初期 pH を調整、または竹炭を水酸化ナトリウム、塩酸、純水のいずれかで洗浄処理を行うことにより以下の結果を得た。

- (1) 炭化温度 400℃の竹炭について水酸化ナトリウムの添加によって初期 pH を高くする事でセシウムイオン吸着量が増加した。一方で塩酸を添加し、pH を下げる事で吸着量は大きく低下した。
- (2) 竹炭を水酸化ナトリウムで洗浄処理する事によりセシウムイオンの吸着量は大きく増加した。塩酸、純水で洗浄処理を行った竹炭の吸着量は減少した。

参考文献

1) 藤田琳太郎, 久場隆広, 首藤悠歩
炭化温度と共存陽イオンが竹炭によるセシウムイオン吸着能に及ぼす影響(2013) 土木学会年次学術講演会講演概要集 68thROMBUNNO.VII-127

2) 伴野雅之, 久場隆広, 佐野弘典, 河村直哉, 市川瞬平, 酒井雄介 竹炭による硝酸イオン吸着能とその機構 (2009) 水環境学会誌 Vol.32, No.7, pp. 369-374