

道産木材を用いたセシウム、ストロンチウム吸着材製造技術の開発

本間 千晶, 石川 佳生*1

Development of an adsorbent made from wood meal for removal of cesium and strontium ions

Sensho HONMA, Yoshio ISHIKAWA

Keywords: 木材, 熱処理物, 吸着材, セシウム, ストロンチウム

1. はじめに

再生可能エネルギーの利用, 化石資源由来材料から植物資源由来材料への転換に向け, 木質バイオマスの機能化技術の開発が着目されている。さらに, 震災対応等において, セシウム(Cs), ストロンチウム(Sr)を吸着除去できる資材の開発が求められている。現在無機系吸着材料の利用による吸着技術が提案されているが, 後処理, 減容化等の課題もあり, 進展が十分とはいえない状況と考える。

一方, これまでにイオン交換能を高めるために好適な木質材料の熱処理技術^{1~3)}を見出すと共に, 得られた熱処理物の陽イオン交換能, Cs, Srによる錯体形成, 吸着能, 選択性等の特性に関する知見の一部が明らかになっている⁴⁾。本技術により得られた木質熱処理物をCsおよびSr吸着材として用いる場合, 植物材料由来であること, 様々な形状に加工可能であること, 後処理, 減容化を考える場合, 圧縮, 焼却などの対応が可能であり, そのまま貯蔵したとしても炭素貯留効果による地球温暖化防止への貢献が期待できるなど, 吸着能以外の利点も多く, 活用の可能性が高いと考えられる。

本研究では, 木質セシウム, ストロンチウム吸着材の, より実用的な規模での製造技術の開発を目的とし, 製造条件および吸着特性に関する検討を行った。また, 製造コストに関する検討も行った。

2. 実験方法

2.1 セシウム及びストロンチウム吸着材製造条件の検討

木材の熱処理条件および, 得られた熱処理物の吸着特性に関する検討を行った。

2.1.1 供試材料

原料としてトドマツ (*Abies sachalinensis*, 北海道産) 木粉を用いた。粒径は9~60meshとした。

2.1.2 熱処理条件

熱処理装置として循環式オープンを使用した。供試材料をステンレス容器に入れ空気雰囲気下, 300°Cで熱処理した。ステンレス製容器は, 容積約9.2ℓ (35×35×7.5cm) のものを用いた。スケールアップに伴う, 吸着性能の変化を検討するため, 投入原料量を50, 100, 200gの範囲とした。得られた熱処理物を吸着試験に用いた。

2.1.3 吸着試験

2種類の吸着試験により, 熱処理物の吸着性能の評価を試みた。吸着対象をCs, Srとし, 熱処理物によるCs, Sr吸着量の定量値から, 吸着性能を評価した。吸着試験1では高濃度溶液中でCsもしくはSrを, どれだけ吸着保持できるかについて検討した。吸着試験2では, 希薄溶液中での吸着特性を評価した。

・吸着試験1

塩化セシウム(CsCl), 塩化ストロンチウム($\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)を用い, 次の方法で金属錯体を調製し, CsおよびSr吸着量を定量した。即ち, 熱処理物200mgを0.6N CsCl水溶液, または0.6N $\text{SrCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 水溶液を20°C, 48時間浸せき後, ろ別, 水洗, 乾燥した。

熱処理物およびその金属錯体中の金属含有量は, 原子吸光法により定量した。原子吸光光度計は, 日

立製作所（株）Z-2310を使用した。

・吸着試験2

熱処理物200mgを20mlの10ppmCsもしくはSr水溶液中に20℃、48時間浸せき後、ろ別した。濾液中の金属含有量を、原子吸光法により定量した。吸着率および分配係数は以下のように算出した。

$$\text{吸着率} = (C_0 - C_1) / C_0$$

$$\text{分配係数} = ((C_0 - C_1) / C_1) \times (V / m)$$

C0：初期Cs, Sr濃度(ppm)

C1：吸着後のCs, Sr濃度(ppm)

V：Cs, Sr水溶液容積(ml)

m：熱処理物重量(g)

2.2 熱処理物の製造コストに関する検討（コスト試算の方法）

熱処理物の製造に係るコスト要因を把握するため、必要な情報を検討した。製造コスト算出に必要な項目として、以下の条件を設定し、コスト試算を行った。

・原料費

破碎費用を軽減するため、チップダストの使用を想定した。

・製品歩留まり

試験結果から得られた収率の値を基に設定した。

・年間生産量

1回あたりの熱処理量から試算した。

・労務費

1日あたりの製造時間、年間の稼働日数から試算した。

・熱処理装置稼働費

装置の稼働に必要な動力源を電気とし、消費電力（附帯装置毎）を試算した。

・減価償却費

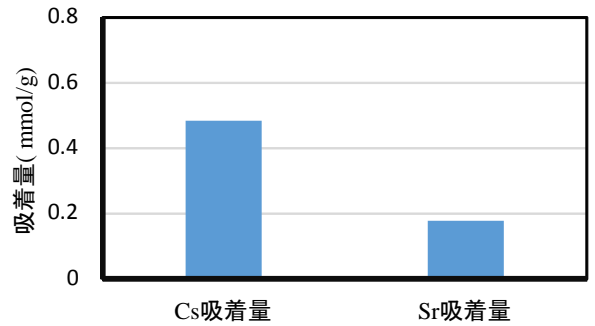
炭化装置価格、償却期間（定額法による償却率）より試算した。

・販売管理費

梱包費、消耗品費等を含め、販売管理にかかる費用を設定した。

3. 試験結果

3.1 熱処理物のセシウム、ストロンチウム吸着性能に関する検討

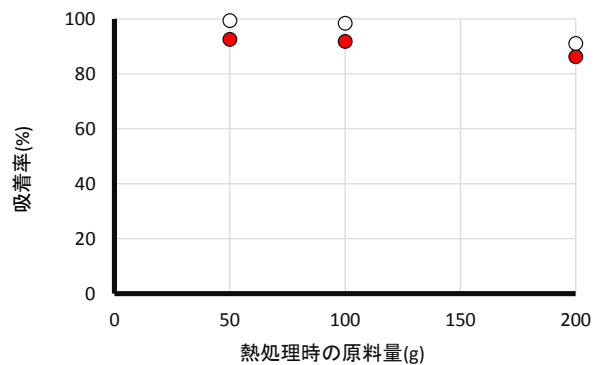


第1図 高濃度水溶液処理により木質吸着材に吸着したCsおよびSr含有量

本検討で調製した熱処理物の吸着試験1の結果、熱処理物1g当たりのCs吸着量は0.48mmol/g、Sr吸着量は0.18mmol/gとなった（第1図）。

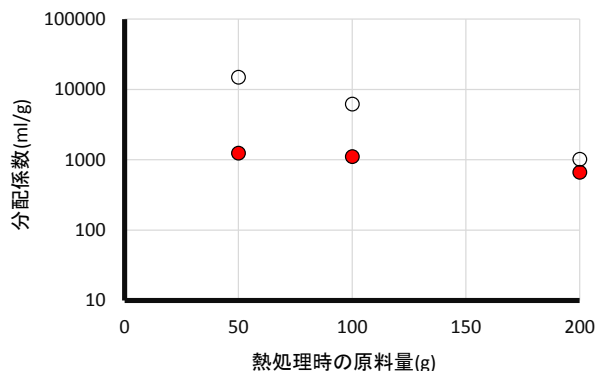
本検討で調製した木質熱処理物の吸着試験2の結果、Cs吸着率は86～93%、Sr吸着率は91～99%であった（第2図）。分配係数は、Csで665～1153(ml/g)、Srでは1021～14985(ml/g)となった（第3図）。熱処理時の原料量の増加に伴い、吸着性能はCs、Srとも低下する傾向が示された。

吸着試験条件の相違があるため、単純な比較はできないが、天然ゼオライトのCsに対する分配係数は100～1000(ml/g)程度、Srに対しては10～100(ml/g)程度であり、合成ゼオライトでもSrに対しては100～1000(ml/g)程度とされる例が示されていることから⁵⁾、木質熱処理物のCs、Sr吸着性能は、既存吸着材と比べ、概ね同等と考えられた。



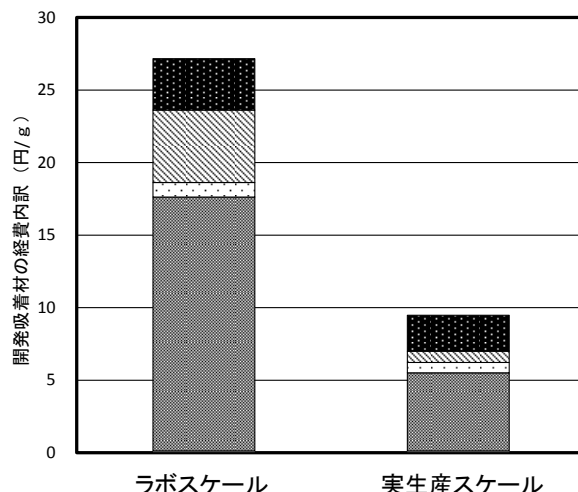
第2図 熱処理時の原料量とCs及びSrに対する吸着率との関係

凡例：●：Cs
○：Sr



第3図 熱処理時の原料量とCs及びSrに対する分配係数との関係

凡例：●：Cs
○：Sr



第4図 開発吸着材の各経費内訳の一例

凡例：■原料費 □労務費 ▨電気料 ▩減価償却費 ■販売管理費

3.2 求められる吸着性能に応じたコストに関する検討

熱処理物の製造条件及び既存吸着材等に関する調査結果を踏まえコスト試算を行った。製造コストの試算条件を第1表にまとめた。また、本開発吸着材の経費内訳を第4図に示す。

吸着試験材としての価格（ラボスケール）を想定し、1回あたりの生産量を200gと設定した場合、原料費、労務費、電気料、減価償却費から、22.9円/gと試算された。また、実生産スケールとして、製材

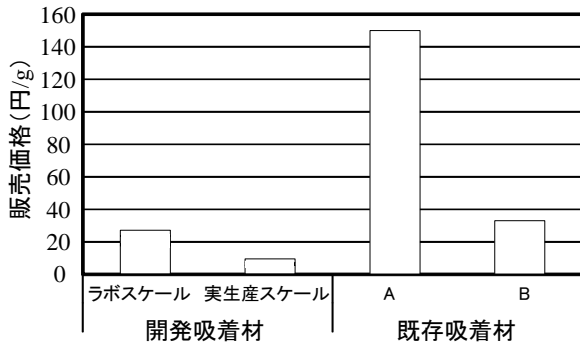
工場（年間原木消費量1万m³）での事業化を想定し、年間生産量を2.6tに設定した場合、8.1円/gと試算された。さらに、販売管理費（粗利）15%を見込んだ販売価格は、ラボスケールで27円/g、実生産スケール9.5円/gとなった（第4図）。これらの結果を既存吸着材の販売価格との比較を第5図に示す。既存吸着材は、33円/g、150円/gなどの価格で販売されている例があることから、本検討で得られた熱処理物は、価格面での優位性があると考えられた。

第1表木質吸着材製造コストの試算条件

試算項目	試算条件
○原料費（チップダスト）	37.5円/kg（2,500円/カサm ³ ，7,500円/実m ³ ，比重0.2）
○チップダストの発生比率	見かけの発生量1.3%（森林総合研究所報告より）
○製品歩留り	約30%（試験結果より）
○年間生産量	ラボスケール：200kg，実生産スケール：2,600kg
○労務費	ラボスケール：350万円/人/年×1名 実生産スケール：350万円/人/年×4名
○熱処理装置 稼働費	（電気料金）18.12円/kW(高圧) ラボスケール：炭化装置5kwh，電動機0.2kwh 実生産スケール：炭化装置10kwh，電動機2kwh
○減価償却費	ラボスケール：1,335,670円×0.2＝267,134円 炭化装置，電動機（耐用年数5年 定額法償却率0.2） 実生産スケール：10,000,000円×0.2＝2,000,000円 炭化装置，電動機（耐用年数5年 定額法償却率0.2）
○販売管理費	製造コストの15%

参考文献

- 1) 本間千晶, 梅原勝雄, 佐野弥栄子, 長谷川祐, 藤本英人: 空気雰囲気を得られた木質炭化物中酸性官能基及びその金属錯体の性質, 第11回日本MRS学術シンポジウム セッション1「植物系材料の最近の進歩」特別予稿集, 10-13(1999).
- 2) 本間千晶, 佐野弥栄子, 梅原勝雄, 窪田実, 駒沢克己: 窒素及び空気雰囲気下で製造したトドマツ材炭化物の化学構造とアンモニア吸着能, 木材学会誌, Vol. 46, 348-354(2000)
- 3) 本間千晶, 窪田実, 梅原勝雄, 佐野弥栄子, 植物資材による脱臭能, イオン交換能, 触媒能を有する炭化物製造方法, 特許第3138749号(平成11年特許願第056006号)(2000)
- 4) 本間千晶, 畑俊充: 木質熱処理物のセシウムイオン処理またはストロンチウムイオン処理による錯体の調製およびその性質, 第11回木質炭化学会研究発表会講演要旨集, 49-50(2013)
- 5) 可児祐子, 浅野隆: セシウム・ストロンチウム同時吸着材の開発, Isotope News, No. 716, 18-22(2013)



第5図 開発吸着材と既存吸着材の販売価格の一例

使用後の処理については、環境省「災害廃棄物安全評価委員会」の見解に基づき、放射性物質を含む木材や草本類の焼却処理の適用(バグフィルターなどの集塵装置を取り付けた清掃工場焼却炉を使用)が想定されることから、現時点では、類似の処理を行う既存の塩ビ系廃プラスチック類の基本処理料金を参考とし、吸着使用後の処理費用を1万円/m³程度と推定した。

4. まとめ

道産木材を原料とした、セシウム、ストロンチウム吸着材製造技術の開発に向け、熱処理条件の検討とともに、得られた熱処理物のセシウム、ストロンチウム吸着特性を把握した。そして、コスト計算及び性能・価格調査等により、製造と使用後の処理を含めたコストを把握した。

試験の結果、熱処理物のセシウム、ストロンチウム吸着性能は、吸着率、分配係数などによる評価により、良好であったと考えられた。実生産スケールでの試算では、既存吸着材と比較し価格面での優位性があると考えられた。

—利用部 バイオマスグループ—

—*1: 利用部 資源・システムグループ—

(原稿受理: 17.10.27)