

### 3-2 農業・林業系廃棄物の有効利用技術の開発：

#### ヤシ殻繊維およびもみ殻からのバイオチャーの調製

岡山大学大学院環境学研究科・資源循環学専攻

モハマッド アズハ ウッディン

#### 研究概要

本プロジェクトでは、農業および林業系廃棄物を燃料オイルや燃料ガス、固体バイオチャーに変換することによる有効利用技術の開発の一貫として、これら有機廃棄物からのバイオチャー調製法の開発を目的とする。具体的には、土壌改良剤として適した性質を持つ高品質バイオチャーの調製方法を試した。

#### 1. 緒言

近年、世界中で温室効果ガス削減への動きが広まりつつあることから、バイオマスの燃焼・分解から排出する温室効果ガスの一種である CO<sub>2</sub> の一部を地中に貯蔵することのできるバイオチャーに世界中から注目されている。バイオチャーは農業・林業廃棄物を原料としており、これらの減量にもつながる。また地中に用いることで、土壌の保水性の向上や酸性土の中和、ミネラルの補充といった土壌改良効果が期待される。一般的にバイオチャーは植物などの有機物を嫌気性条件下で燃焼させることで調製される。本研究は高品質なバイオチャーの開発を目的とし、異なる炭化温度、昇温速度でヤシ殻繊維やもみ殻などの農業廃棄物を原料としたバイオチャーを調製し、バイオチャーとしての特性を評価した。

#### 2. 実験方法

##### 2-1. バイオチャーの調製

原料のヤシ殻繊維、もみ殻をステン製網で作成したかごに入れ、110°Cで3時間乾燥させた。次にこれを応管に入れて流量 1.0 L/min の N<sub>2</sub> で 2 h 置換し、400°C、450°C、500°C(各炭化温度につき昇温速度 5°C/min, 10°C/min, 50°C/min), 1 h 保持の件で炭化した。また、炭化後は反応管内の温度が十分に下がるまで放置した後にバイオチャーを回収し、計 12 種類の試料を調製した。

##### 2-2. バイオチャーの特性評価

110°C, 3 h 乾燥後の質量を基準としてバイオチャーの収率を求めた。また N<sub>2</sub>-BET 吸着法により、比表面積を測定した。さらに元素分析測定として C, H, N 含有率測定した。中和剤としての性能を見るための酸性、アルカリ成分の溶出はイオン交換水 50ml にバイオチャーを 0.5g 加え、ボールミルにて 25°C, 100rpm で 3h 攪拌した後に、pH を測定をすることにより行なった。保水性を知るための、水分吸着容量は 25°C の水分飽和空気中で 24h 放置することによる重量測定法で算出した。バイオチャーの安定性は、バイオチャー粉末と標準土

壤を混合したものを容器に入れ、25°CにおけるCO<sub>2</sub>排出量の経時変化を測定し、この経時変化から評価した。

### 3. 結果と考察

#### 3-1. 炭化温度、昇温速度のチャー収率、比表面積、元素組成に及ぼす影響

各条件で調製したバイオチャーの収率を Fig. 1 に示す。いずれのバイオチャーも炭化温度が高いほど収率が低くなることが分かった。これは炭化温度が高くなると、より多くの揮発成分が脱離したためと考えられる。なお、いずれのバイオチャーも昇温速度が速いほど収率が低くなった。このことから炭化の過程で一部の揮発分が分解して安定な炭化水素を形成した可能性が考えられる。

なお、収率は以下の計算式で求めた。  
 収率(%) = {バイオチャー重量(g) / 乾燥原料重量(g)} × 100

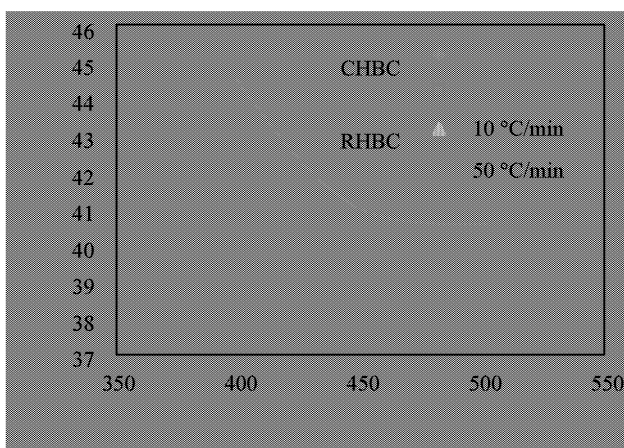


Fig 1. バイオチャーの収率

また、各バイオチャーの比表面積を Table 1 に示す。本報告書ではヤシ殻繊維バイオチャーともみ殻バイオチャーをそれぞれ CHBC と RHBC として表記する。

450°Cで調製した RHBC が最大値を示し、炭化温度が高いほうが比表面積も大きくなる傾向が見られた。RHBC と CHBC では RHBC の方が比表面積が大きいことが分かった。

Table 1. 各バイオチャーの比表面積

Biochar Sample (Heating rate, °C/min)	Specific surface area (m <sup>2</sup> /g)		
	400°C	450°C	500°C
CHBC (10)	3.8	7.3	19.5
CHBC (50)	9.7	11.6	7.6
RHBC (10)	52	74	65
RHBC (50)	53	97	68

つぎに、原料のヤシ殻繊維ともみ殻および各バイオチャーの C, H, N 含有率を Table 2 に示す。炭化温度が高く、昇温速度が速いほど C 含有率が高くなる傾向が見られた。これは高温、高速で調製したほうが揮発性ガスの発生が多く、C の割合が大きくなったためと考えられ炭化温度 500°C の場合は傾向が逆転した。この原因は目下不明である。

Table 2. 各バイオチャーの C, H, N 含有率

Element		Elemental composition (wt%)						Carbon retained in biochar (%)	
		C		H		N			
Sample		Coconut husk	Rice husk	Coconut husk	Rice husk	Coconut husk	Rice husk	Coconut husk	Rice husk
Raw material		48.09	40.73	4.85	4.57	0.51	0.51	biochar	biochar
10 °C/m in	400 °C	62.61	47.77	2.74	2.38	0.61	0.49	57.7	45.4
	450 °C	64.68	49.75	2.52	2.13	0.44	0.60	55.0	43.0
	500 °C	70.38	50.92	2.47	1.71	0.44	0.49	59.9	43.9
50 °C/m in	400 °C	67.29	50.15	2.43	2.39	0.47	0.50	60.7	45.8
	450 °C	70.41	47.87	2.44	2.01	0.70	0.55	49.2	40.0
	500 °C	58.91	45.40	1.85	1.72	0.64	0.40	46.9	37.7

### 3-2. バイオチャーの保水性特性と土壌中和剤としての性能および安定性

各バイオチャーの水分吸着率を Table 3 に、pH を Fig 2 に示す。水分吸着率と炭化温度の関係性は見られず、

昇温速度が早いほうがわずかに高い水分吸着率を示す傾向が見られた。また、CHBC は RHBC よりも比表面積が小さかったにもかかわらず、はるかに高い水分吸着を示した。

pH については CHBC のほうが RHBC よりも高く、

いずれもアルカリ性を示した。そこで各バイオチャーを 700°C, in Air で燃やして灰分量を測定したところ、RHBC のほうが CHBC よりも高い灰分率を示した。文献によるとこの灰分中にはカリウム、カルシウムなどのアルカリ成分含まれており、pH に影響をもたらすと考

Table 3. 各バイオチャーの水分吸着率

Biochar sample		After 12 h (wt%)		After 24 h (wt%)	
		RHBC	RHBC	CHBC	RHBC
400 °C	10 °C/min	36.9	12.2	49.4	11.6
450 °C		36.3	7.8	47.1	7.2
500 °C		39.8	11.9	51.3	11.8
400 °C	50 °C/min	44.7	10.2	53.6	10.2
450 °C		39.9	7.6	49.2	7.8
500 °C		43.4	10.6	51.6	10.2

えられる。RHBC の灰分は  $\text{SiO}_2$  を多く含んでおり、CHBC よりもアルカリ性分の含有率が低かったため CHBC よりもひくい pH を示したと考えられる。またこれらの結果から、バイオチャーを用いることで酸性土壌への中和作用が期待される。

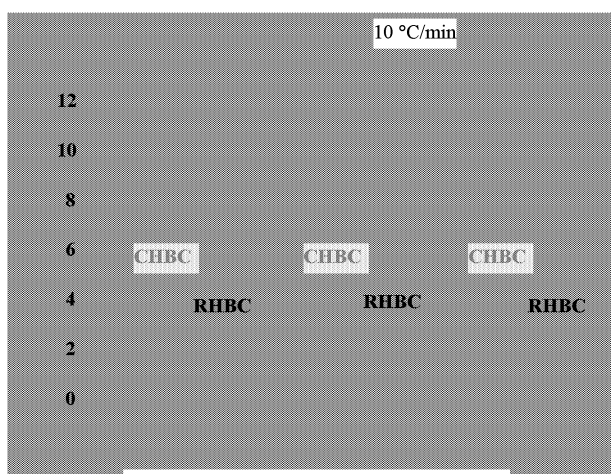


Fig 2. 各バイオチャーの pH

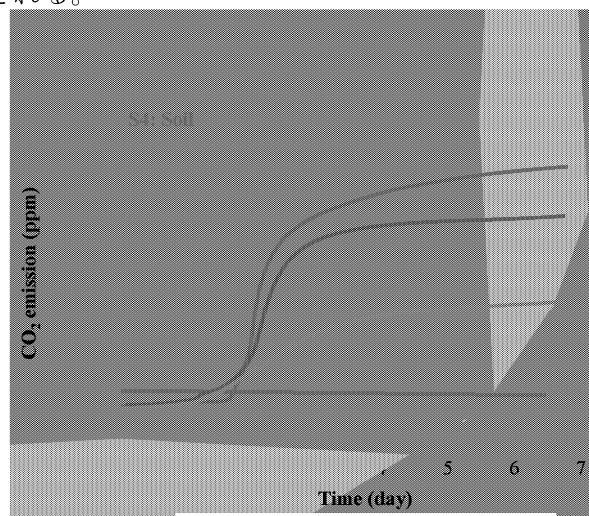


Fig 3. CHBC の  $\text{CO}_2$  排出量

CHBC について  $400^\circ\text{C}$ ,  $450^\circ\text{C}$ ,  $500^\circ\text{C}$  (昇温速度  $10^\circ\text{C}/\text{min}$ ) で調製したものを土壌に混ぜた際の  $\text{CO}_2$  排出量を Fig 3 に示す。高温で調整した CHBC ほど  $\text{CO}_2$  排出量は少なく、安定していることが分かった。

#### 4. 結言

本研究では高品質なバイオチャーの開発を目的とし、異なる炭化温度、昇温速度でヤシガラ繊維およびもみ殻を原料としたバイオチャーを調製し、その諸特性を評価した。

得られた成果は以下の通りである。

- ・原料からのチャー収率の高低は炭化温度、昇温速度に依存しており、高温、高速において調整したもののほど低い収率となることが分かった。
- ・バイオチャーの比表面積については RHBC の方が CHBC よりも大きいことが分かった。
- ・CHBC のほうが RHBC よりも高い保水性を示し、またアルカリ成分の溶出も多く土壌改良材としても RHBC よりも効果が期待される。
- ・CHBC については炭化温度が高いほど経時的に見た  $\text{CO}_2$  排出量が少なく、安定していることが分かった。

#### 5. 今後の計画

今後は、本年度までの成果を踏まえ、目的達成のために次のような計画を遂行する。すなわち、様々な原料でバイオチャー調製条件の最適化を図る。また、イオン交換特性および土壌と混合した際の水分保持特性を把握する。さらに、ポット試験法によりバイオチャーを土壌に混合した際の応用実験を行う。