

近畿大学

バイオコークス研究所報告

2019 第17号



近畿大学バイオコークス研究所



バイオコークス事業化推進プロジェクト

目 次

〔技術論文〕

畳のバイオコークス化と基本的燃焼特性

.....富田 義弘 ... 1

φ 48mm 緑茶バイオコークスの熱的特性の均一性

.....金田 奈実, 吉國 幸治, 水野 諭, 井田 民男 ... 7

〔研究紹介〕

近畿大学バイオコークス研究所の研究紹介

.....井田 民男 ... 11

〔活動報告〕

..... 25

〔バイオコークスカー使用実績〕

..... 26

畳のバイオコークス化と基本的燃焼特性

富田 義弘

(近畿大学バイオコークス研究所)

【緒言】

旧来の畳は、わらを糸で刺し固めた畳床を、い草で編んだ畳表でくるみ、畳の長辺2つに畳縁をつけたものであった。現代の畳には、い草、わら、和紙、ポリプロピレン、木質材とさまざまな素材が使われている¹⁾。また現在、日本発祥の伝統的床材である畳は、海外にも広がっており²⁾、これに伴い、畳の廃棄量も増え、不法投棄や処分費用に関する問題が発生している。

そこで不要になった畳を処分するだけでなく、バイオコークスとして再利用の検討を行った。バイオコークスは化石資源の代替として製鉄に用いられるだけでなく、小型のバイオマスボイラーなどでも使用できることから、廃棄畳の灯油、重油代替を目指した。特に小型バイオマスボイラーでの使用を想定し、畳バイオコークスの冷間圧縮試験、熱間圧縮試験、燃焼試験を行うことで諸特性を調査した。

一方、化石資源使用によるCO₂や硫黄酸化物の排出は地球環境悪化の原因となっており、CO₂削減のための代替燃料として、これまでカーボンニュートラルである木材から製造されたバイオコークス化の検討を行ってきた。しかし、木材、竹などは収集にかかるコストが大きくなるため、本実験では畳バイオコークスの諸特性から木材等と比較することで、畳のバイオコークス化の優位

性を調査し、畳バイオコークスの再利用に役立てることを目的とする。

【畳の調査】

1. 畳の材質

本実験ではスタイロ畳と化学畳を使用しその模式図をFig.1に示す。

この図で用いられている木質ボードは木質やその他の植物繊維を主原料とし、これらをいったん繊維化してから成型した板状製品である。い草やわらに対する相性が良いだけでなく、大量生産が可能であるため、現在の畳床として多く使われている。わらはダニが繁殖しやすいが木質ボードはダニの繁殖がほとんどなく、現在の住宅事情に適しており衛生面もよいことも大きな要因の一つである。

この木質ボードには3つの種類があり、繊維化から水を加えてサイズ剤添加&圧熱・乾燥したハードボード(硬質繊維版)とインシュレーションボード(軟質繊維版)、そして繊維化から乾燥させて接着剤、はっ水剤添加し圧熱したものがMDF(中密度繊維版)である³⁾。本実験で用いた畳の木質ボードはインシュレーションボードが使われているものを用いた。

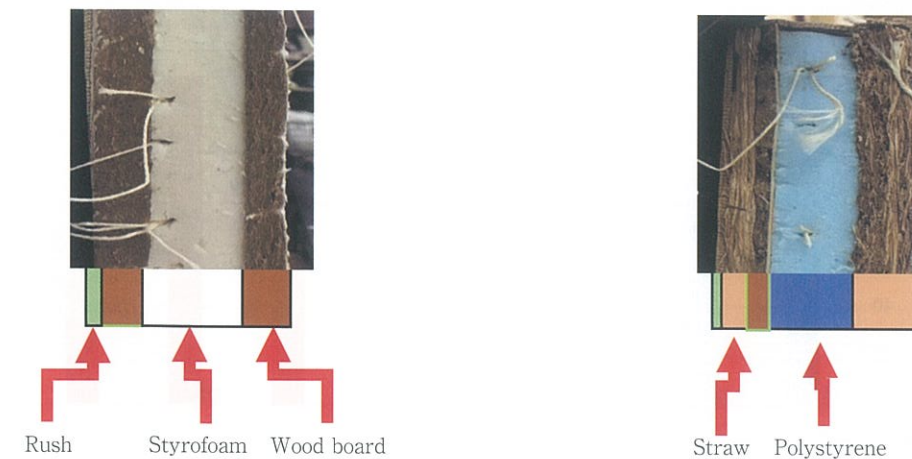


Fig. 1 Schematic view of Styrofoam tatami and chemical tatami

【バイオコークス化条件の抽出と特性評価】

2. 畳のバイオコークス化

2.1 実験方法

本実験では、含水率が異なるい草、わら、木質ボード、それぞれの混合物、計5種類の材料を10mm以下に粉碎し、成形温度180℃、160℃、140℃でバイオコークス化を行った。畳の含水率は調湿しない場合7~10%であった。設定圧力は14.7MPaとし、それぞれの温度で15分保持後、加圧したまま30分の空冷を行った。

2.2 実験結果

実験結果をTable 1に示す。表の上段は目視結果で、下段は含水率を示す。バイオコークス化温度が180℃の

Materials	Forming Temp.		
	180℃	160℃	140℃
Rush	Break	Break	○
	8.7	8.7	8.7
Straw	Crack	○	○
	6.4	10.3	7.9
Rush : Straw (50:50)	○	○	○
	10.2	9.8	7.7
Wood board	Crack	○	○
	8.3	8.3	8.5
Rush : Wood board (50:50)	Crack	○	○
	7.8	8.1	9.3

※(Upper: State of BIC, Bottom: Moisture in law materials (mass%))

Table 2 Density of each Biocoake (g/cm³)

Material	② Rush	③ Straw	④ Rush : Straw	⑤ Wood board	⑥ Rush : Wood board
density	1.41	1.35	1.39	1.33	1.37

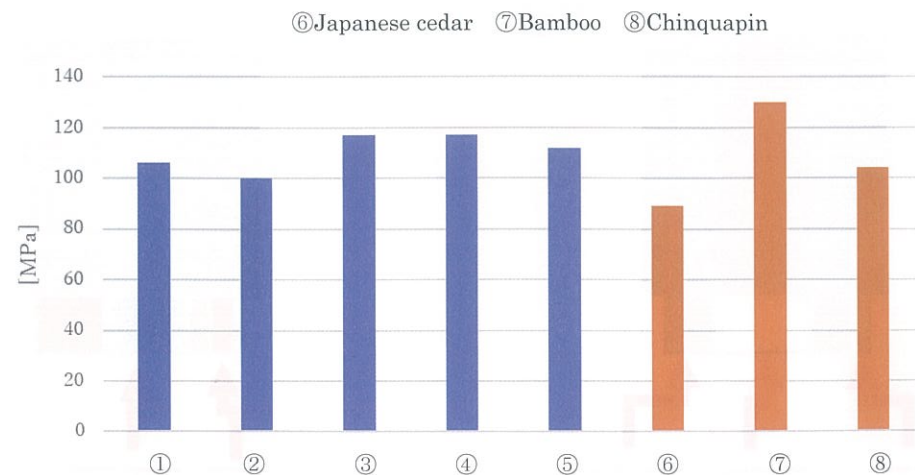


Fig. 2 Comparison of compressive strength test results

条件では割れや亀裂が多く見られ、160℃の条件でも、い草のみ割れが生じた。含水率は調湿せずにバイオコークス化することができており、以降の実験で用いるバイオコークス化条件を140℃とした。

3. 畳バイオコークスの諸特性

3.1 畳バイオコークスの冷間圧縮試験

バイオコークスを化石資源と代替する際の目安の1つとして冷間圧縮強度を調査した。石炭コークス20MPaを基準として、それぞれのバイオコークスの圧縮強度を評価した。圧縮試験を行ったバイオコークスのかさ密度をTable 2に示す。

かさ密度は石炭コークスが0.7 g/cm³であり、杉バイオコークスが1.2~1.4 g/cm³である。畳バイオコークスのかさ密度は木質と同等であることがわかる。これらの冷間圧縮試験を行った結果をFig.2に示す。

い草はわらよりも高く、い草にわらを混合することで木質ボードと同等の強度を示す。このことより、畳の材料は単独で用いるより混合して使う方が高い強度を示すことがわかった。また、杉、しい、竹と比較しても遜色のない強度を有している。

3.2 畳バイオコークスの熱間圧縮試験

バイオマスボイラーなどの高温下で使用を想定し、高温下での圧縮強度測定を行った。実験条件は高温雰囲気下(700℃)とし、空気雰囲気のもと、予加熱・定荷重区間と高温圧縮区間とに分けて行い、予加熱・定荷重

区間では、700℃に達するまで高炉内で掛かると推定される0.1MPaを試料に一定に加え続け、700℃に達した後、圧縮試験へと移行する。圧縮試験は、鉛直方向に載荷速度1.5mm/minとした。Fig.3に熱間圧縮試験結果を示す。

熱間圧縮強度の最大はわらの10.82MPa、最小は木質ボードの2.33MPaで8.49MPaの差があり冷間圧縮試験とは逆の結果となった。また、杉、しい、竹よりも高い強度を示した。試験後の試料を観察すると、わら、木質ボードはバラバラになり、い草、い草とわらの混合物は原型をとどめていた。これは燃焼特性の違いによる影響であると考え、燃焼試験を行った。

3.3 畳バイオコークスの燃焼実験

畳バイオコークスの燃焼実験を行うことでそれぞれの燃焼特性を比較した。材料ごとに燃焼実験を行い、ビデオカメラで記録し、着火遅れ時間、有炎燃焼開始時間・有炎燃焼終了時間、チャー燃焼開始時間、チャー燃焼終

了時間を調査した。

燃焼実験方法は、電気ヒーターと電气管状炉により、加熱・温度制御された高温空気を供給することで試料を加熱し燃焼する。試料は円筒型断熱材で覆われた燃焼室の上部にある開閉できる投入口から試料を試料台にのせに設置する。設置後に重量の変化を試料台から電子天秤により質量変化を測定、測定データから質量減少速度を計算する。5[min]間隔で重量収率の減少を算出し傾きが0.0033をした回った時にチャー燃焼終了とし、チャー燃焼時間を算出する。また燃焼室側面にある観察用窓から、ビデオカメラで燃焼挙動を記録する。

Fig.4よりい草、わらを混合することで着火遅れ時間が長くなった。混合することによって分解までの時間が長くなったためであると考えられる。Fig.5より有炎燃焼時間に大きな違いは見られない。Fig.6よりい草はチャー燃焼時間が短い、わらと混合することで他の材料と同等になる。い草はチャーになってからの分解も早いことがわかる。

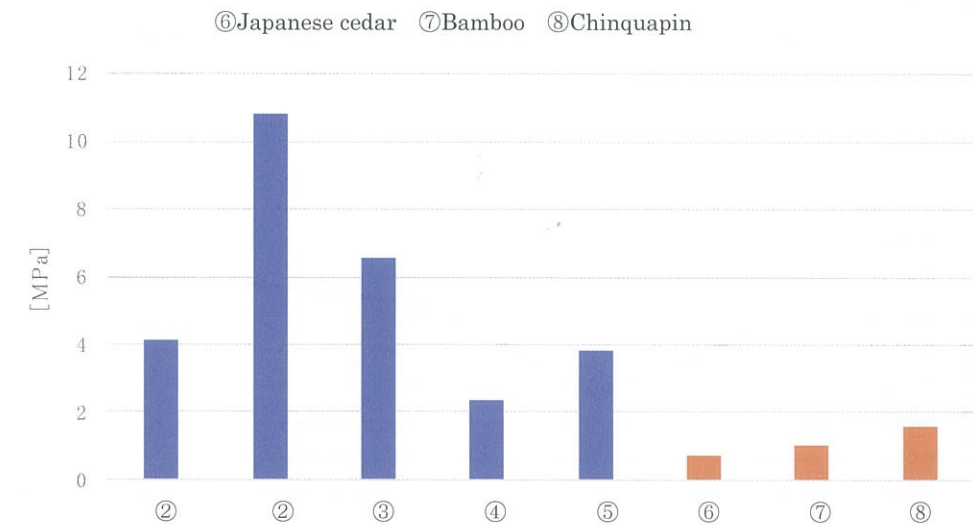


Fig. 3 Comparison of high temperature compressive strength test results

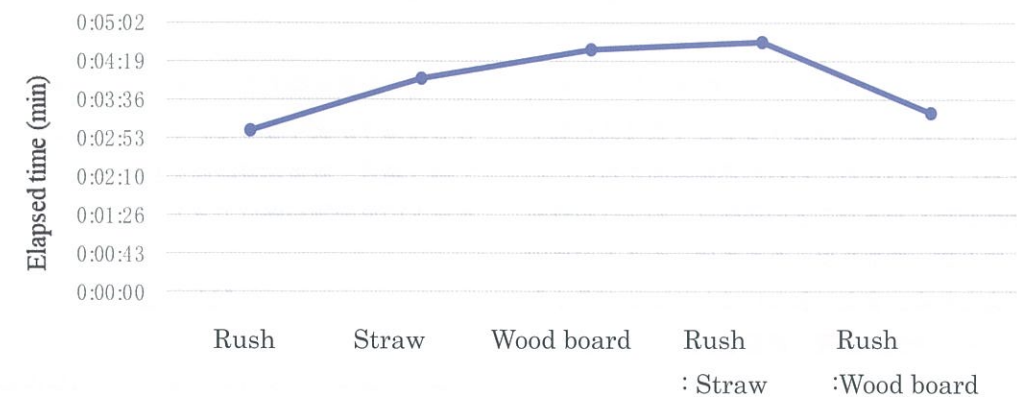


Fig. 4 Comparison of ignition delay



Fig. 5 Comparison of flame burning

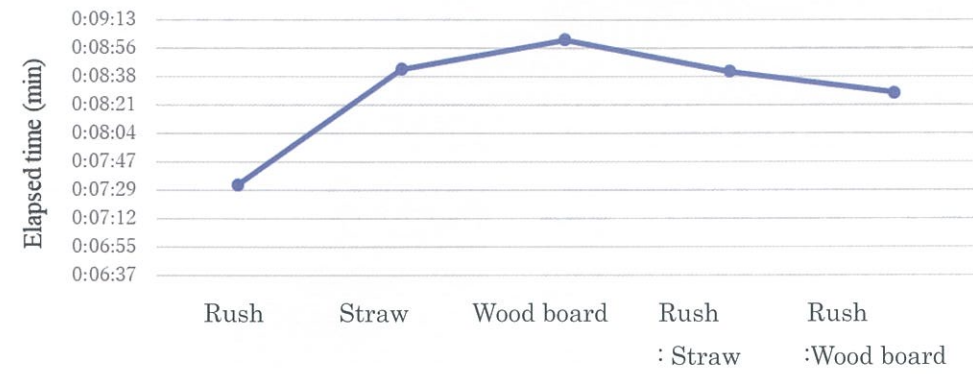


Fig. 6 Comparison of char burning



Fig. 7 Comparison of total burning time

Fig.7に全燃焼時間の比較を行った結果、わらの燃焼時間は短く、わらはい草と混合することで長時間燃焼する材料になることがわかる。わらの燃焼時間が短いことと、熱間強度が高くなったこととの関係は、わらは短時間で燃焼し、灰と成って形を保ったまま残ったことが原因であると考えられる。また、わらにはシリコンが多く含まれることから、今後、材質の影響を調査する必要があるといえる。

い草とわらを混合することで有炎燃焼時間は短くなり

着火遅れ時間は長くなったが、全燃焼時間を見ると、混合したほうが長くなった。ボイラーなどで固体燃料として扱う場合、有炎燃焼時間を重視するので、い草と木質ボードの混合物が優位である。

【結 言】

畳の材料をバイオコークス化し、冷間圧縮強度、熱間圧縮強度、燃焼特性を調べ、以下の結果が得られた。

1. 畳はい草。わら、木質ボードを混合して成形温度140℃でバイオコークス化できる。
2. い草、わらは混合することにより冷間圧縮強度が約120MPaを得ることができる。
3. 熱間圧縮試験ではわらが最も大きい圧縮強度となり、い草もわらと混合することで高い強度を得ることができる。
4. 木質と比較すると冷間圧縮強度は同等であるが、熱間圧縮強度は畳材質の方が高い。
5. い草とわらを混合することで有炎燃焼時間は短くなり着火遅れ時間は長くなったが、全燃焼時間を見ると、混合したほうが長くなる。
6. ボイラーなどで固体燃料として扱う場合、有炎燃焼時間を重視するので、い草と木質ボードの混合物が優位である。

以上の結果より、畳バイオコークスはスギ、シイ、竹

の代替燃料としてバイオマスボイラーなどで使用できると言える。

【謝 辞】

本研究は理工学部機械工学科学生（当時）の野中健志君に多大なご助力を頂きました。また、本研究の一部は、私立大学研究ブランディング事業により実施した。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 主要床材の最新動向と今後の展望 畳：ゆか monthly, Vol. 45, Page. 57 (2002) 8
- 2) 日本畳工業の現状と遺産：日本デザイン学会研究発表大会概要集 Vol.62, Page.446 (2015) 5
- 3) 木質ボードについて <https://www.toishi.info/sozai/board/index.html> (2019年6月参照)

φ 48mm 緑茶バイオコークスの熱的特性の均一性

金田 奈実, 吉國 幸治, 水野 諭, 井田 民男

(近畿大学バイオコークス研究所)

【緒言】

バイオコークスは成型過程において、圧縮と加熱を同時に行うが、幾何学的スケールが大きくなるほど、内部の圧力および温度が不均一となることから、バイオコークスの内部構造の不均一化が懸念される。内部構造の不均一化は、バイオコークスの見掛け密度、圧縮強度などの物理的、機械的特性の低下、さらには熱的特性にも影響を及ぼすと考えられる。圧縮強度については、直径20 mm以上で成型サイズが大きくなるほど、圧縮強度が低下することが報告されている¹⁾。また、ヒノキを原料としたバイオコークスの固定炭素量(炭化物の収率)は、生木と比べ増加することが測端ら²⁾によって報告されており、バイオコークス化(加熱圧縮同時成型による固形化)により、固定炭素量の向上効果が期待されている。固定炭素量の増加により、燃焼時間の延長が可能となる。本研究では、直径48 mmバイオコークスを部位ごとに切り出したサンプルを用いて、熱分析を行い、固定炭素量を調査することで、熱的特性の均一性を評価することを試みた。

【実験装置および実験方法】

・バイオコークス成型

成型には、バッチ式のバイオコークス成型装置を用いた。バイオコークスの成型条件を Table 1 に示す。バイオコークスの見掛け密度は、初期含水率3wt.%・成型温度110℃が低く1.35 g/cm³で、それ以外は1.38~1.39 g/cm³であった。

Table 1 Producing conditions of BIC

Materials	Green tea
Particle size [mm]	Less than 1mm
Initial moisture content [wt.%]	3.8
Quantity [g]	100
Loading pressure [MPa]	21.7
Forming temperature [°C]	110, 130, 150
Holding time [min.]	15

・熱分析

バイオコークスの分析サンプルは、作製したバイオコークスを3 mm角に切り出したものを用いた。

サンプルの切り出しは中心からおよそ4.5 mm, 12 mm, 22.5 mmの3か所、軸方向に上面から下方に3断面の合計9か所 (Fig. 1) とした。熱分析は、示差熱天秤 Rigaku 製 Thermo plus EVO2 と SHIMADZU 製 DTG-60A を用いた。Table 2 に熱分析の測定条件を示す。比較として、原料(粒径150 μm以下、試料重量20mg)の熱分析も実施した。本研究では、効率的に実験を行うため、異なる2つの熱天秤を用いて熱分析を行った。装置の違いによる測定結果への影響を把握するため、同一条件のサンプルを用いて測定を行った。TG 曲線結果を Fig. 2 に示す。昇温し、105℃時点での重量収率を100%としている。また、900℃に到達したときの重量収率は、空気雰囲気条件では灰分量、窒素雰囲気条件では灰分量と固定炭素量の和であるから、固定炭素収率は、空気雰囲気と窒素雰囲気の重量収率の差分として算出できる。Fig. 2を見ると、異なる装置で測定した同一条件のサンプルのTG曲線は、ほぼ一致することが

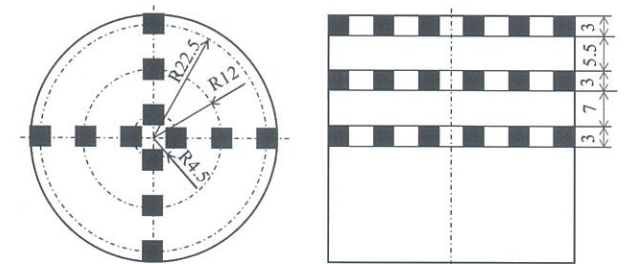


Fig. 1 Sampling point for TG-DTA

Table 2 Producing conditions of BIC

Device	Thermo plus EVO2	DTG-60A
	Sample weight [mg]	24.3~58.3
Gas flow rate [cm ³ /min]	200	300
Gas atmosphere	Air, N2	
Max. temperature [°C]	900	
Heating rate [°C/min.]	10	

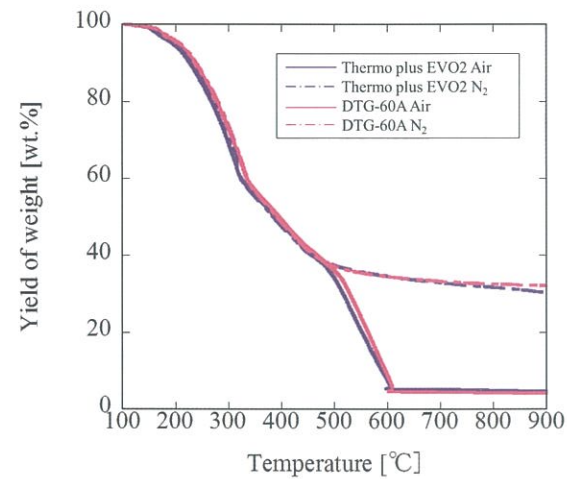


Fig. 2 Weight loss curves with different TG-DTA devices

わかった。固定炭素量はそれぞれ Thermo plus EVO2 で25.59wt.%, DTG-60A で27.85 wt.%であり, 2.26 wt.%の差があった。

900°C付近のTG曲線に注目すると, Thermo plus EVO2で測定した場合のみ窒素雰囲気下でわずかな重量減少が見られる。これは, 設備上, 窒素流量を200 cm³/mmしか流せなかったために, チャンバー内のわずかな空気と酸化反応したためと考えられる。よって, Thermo plus EVO2で測定し, 算出した固定炭素量の

結果に対しては, 実際の値から2.26%足した値を固定炭素量として示した。

Table 3およびFig. 3に3mm角に切り出したバイオコークスサンプルの固定炭素量を示す。Table 3の網掛けデータはThermo plus EVO2で測定し, 補正值2.26%足した値である。固定炭素量は26.01~31.72wt.%の範囲にあり, 初期含水率および測定位置によらない結果となった。これは緑茶がバイオマスの中でも比較的低温で熱流動化するため³⁾, 低初期含水率, 低温度成型条件においても, 生化学成分の均一性が担保され, 熱的特性の不均一性が見られなかったと推測される。また, 原料の固定炭素量は26.28wt.%であり, バイオコークスの固定炭素量とも大きな差異は見られなかった。

【実験結果および考察】

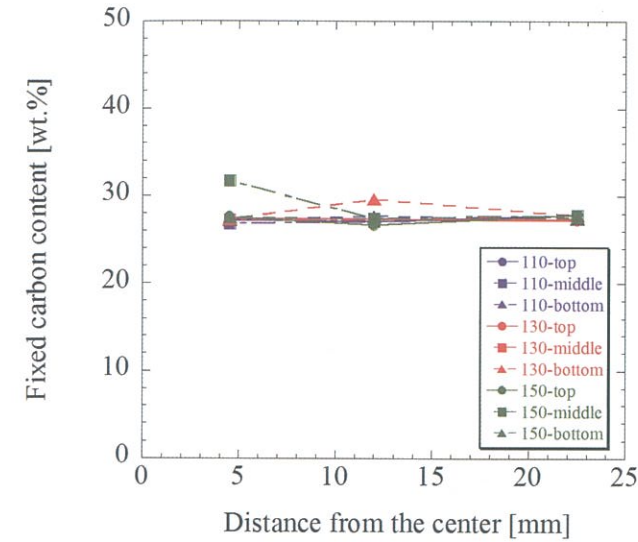
【結言】

緑茶を原料とした直径48 mmのバイオコークスから3mm角に切り出したサンプルの固定炭素量を熱分析結果より算出し, バイオコークスの部位による熱的特性の均一性を評価した。

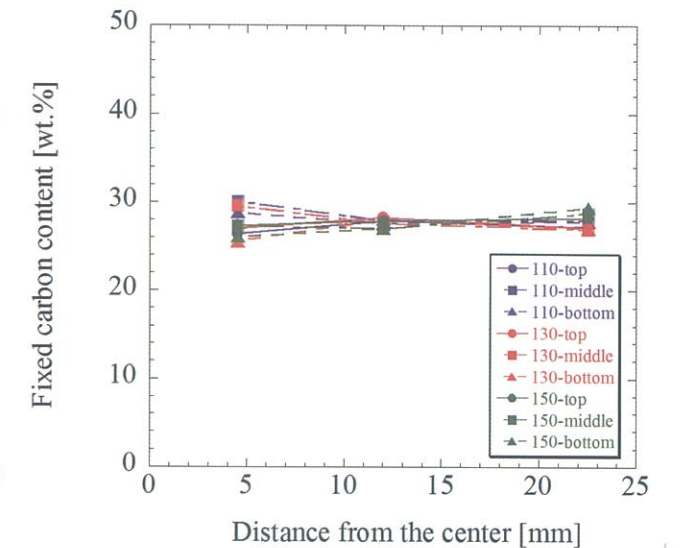
(1) 緑茶バイオコークスの固定炭素量は, 部位によらず

Table 3 Fixed carbon content of sampled Biocoke

Initial moisture content [wt.%]	Formation temperature [°C]	Distance from the center [mm]				
		4.5	12	22.5		
Raw material						
26.28						
3	110	Top	27.26	27.12	27.86	
		Middle	26.84	27.07	27.45	
		Bottom	27.21	27.64	27.40	
	130	Top	27.36	27.41	27.29	
		Middle	27.27	27.32	27.80	
		Bottom	27.31	29.63	27.82	
	150	Top	27.54	26.67	27.85	
		Middle	31.72	27.44	27.85	
		Bottom	27.47	27.35	27.47	
	8	110	Top	26.35	27.85	27.19
			Middle	30.05	27.81	27.94
			Bottom	28.78	27.53	27.82
130		Top	27.03	28.27	27.14	
		Middle	29.54	27.56	26.95	
		Bottom	25.53	28.02	27.05	
150		Top	27.32	27.81	28.22	
		Middle	27.22	26.98	28.74	
		Bottom	26.01	26.97	29.37	



(a) Initial moisture content: 3wt. %



(b) Initial moisture content: 8wt. %

Fig. 3 Fixed carbon content of sampled Biocoke

ほぼ一定で26.01~31.72wt.%の範囲内にあり, 熱的特性の不均一性は見られなかった。

(2) 原料の固定炭素量26.28wt.%に対し, バイオコークスの固定炭素量は同等~数wt.%の増加に留まり, 固定炭素の増加は確認できなかった。

【謝辞】

本研究は, 近畿大学理工学部機械工学科学生(当時)の三嶋颯太君の協力を得て, 実施された。熱分析の一部は近畿大学共同利用センターにて実施した。また, 本研究の一部は, 私立大学研究ブランディング事業によって実施した。ここに謝意を表します。

【参考文献】

- 1) Satoru MIZUNO, Tamio IDA, Manabu FUCHIHATA and Kunihiko NAMBA, Effect of specimen size on ultimate compressive strength of Bio-coke produced from green tea grounds, Mechanical Engineering Journal, 3(1), 15-00441, 2016.
- 2) 湖端 学, 赤藤雄也, 水野 諭, 井田民男, 高硬度バイオマス固体燃料の炭化・燃焼特性, スマートプロセス学会, 3(5), pp.295-301, 2014.
- 3) Nami TAGAMI, Tamio IDA, Solidification characteristics of green tea as raw material of solid fuel, Mechanical Engineering Journal, 6(1), 18-00294, 2019.

近畿大学バイオコークス研究所の研究紹介

井田 民男

(近畿大学バイオコークス研究所)

【高餌摂取を目指したフード・バイオコークスによる特性評価】

1. まえがき

近畿大学が先導、開発を進めるバイオコークス（以後、BIC と称す）技術は、今までにない高密度かつ高硬度な成型特性をバイオマスの転換技術である。BIC 技術の高密度あるいは高硬度な特性を利用した商品化を開発することは、新しいビジネスチャンスの活路を見出す可能性がある。最初に BIC の高硬度特性を犬が噛む骨の代用品として適用し、ドッグフードとの共有性を持たせるアイデアを提案した。犬の噛む骨品は、そのほとんどがプラスチックで形成されており、化石資源由来である。そこで、ドッグフードから BIC を成型し、その代用品の可能性の検討を行った。次に密度特性を利用し、魚粉の水中での拡散速度を遅延し、水槽の水質を維持しながら、長期間の餌保持を実現するアイデアを提案した。試験は、魚粉 BIC により水中での崩壊特性、水質への影響などの検討を行った。

2. 実験試料および方法

初期含水率 3%、7% かつ 110~170℃ の間で 20℃ ごとに变化させ成型した BIC で冷間圧縮試験を縦と横でそれぞれ行った。それと比較するために犬が噛む骨品をカットし、同じように冷間圧縮試験を行った。魚粉で成型した糸つきの BIC を吊るして水に浸け、約 3 日間、カメラで撮影しながら観察した。また、比較するために市販で売られていた餌を同様の方法で観察した。

3. 実験結果と考察

図 1、図 2 にドッグフーズの冷間圧縮結果を示す。図 1、図 2 より比較すると BIC は硬くて脆く、骨品は粘性が強く、性質が逆であることが結果として得られた。骨品の横圧縮に関しては最大圧縮強度が約 5MPa で維持され、約 40% 伸びた。

図 3 に BIC 水に浸けて撮影した一部を示す。

図 3 より、色の濁りは時間の経過と共に濃くなったので水槽での使用は厳しいと思われるが、崩壊特性に関しては、ヒビは入ったが大きな崩れもなかったので問題ない結果が出た。

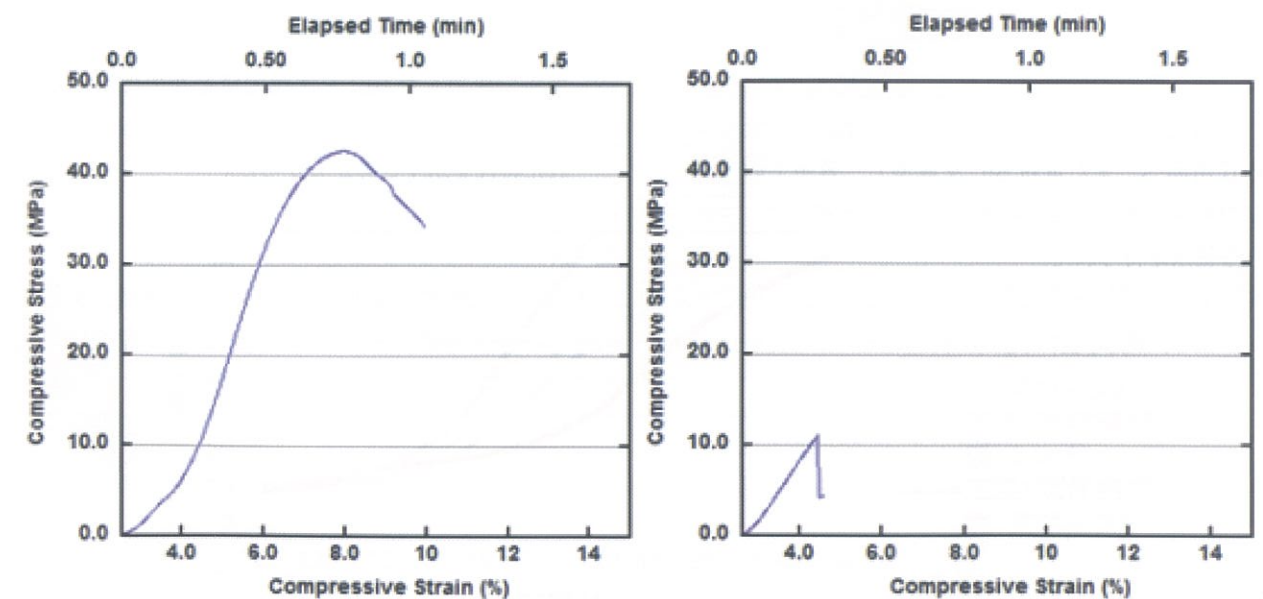


図 1 BIC での圧縮結果 (左：縦圧縮 右：横圧縮)

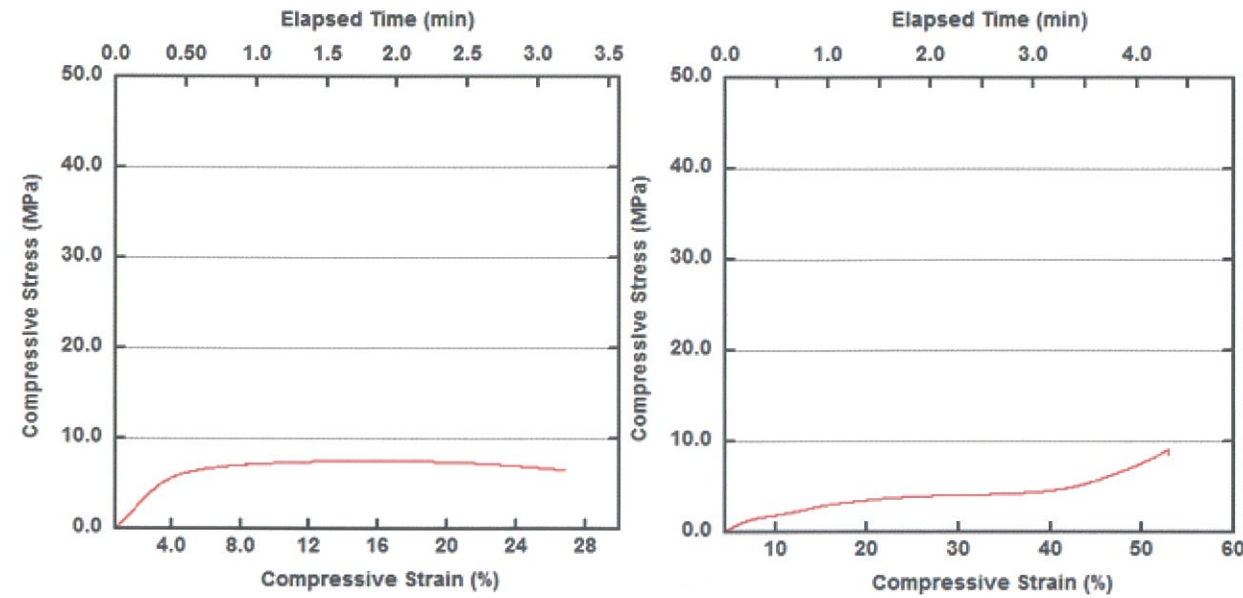


図2 骨品での圧縮結果 (左:縦圧縮 右:横圧縮)

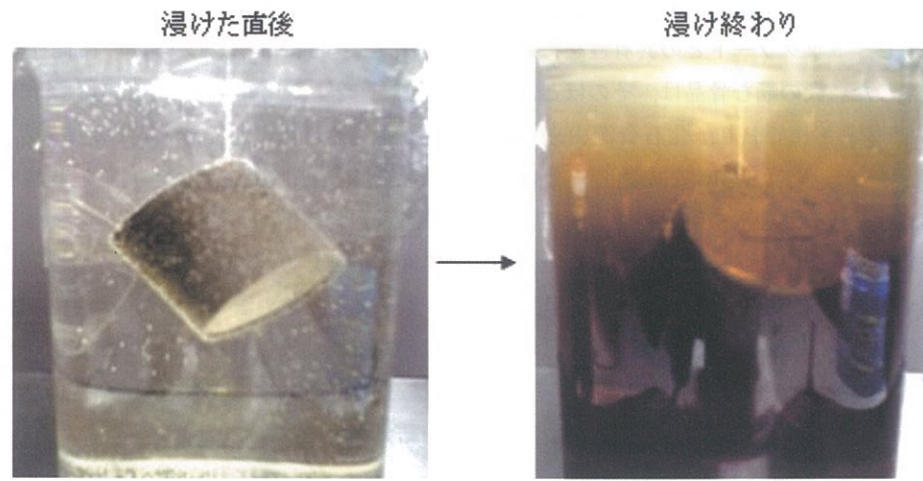


図3 魚粉 BIC の変化

4. 結 言

本研究ではドッグフードでBICを成型し、犬の骨品の代用品へ、また魚粉BICを成型し、水中での餌としての有用性及び特性の考察を行った。その結果、次のような結果が得られた。

(1) ドッグフードで成型したBICは骨品との性質と比して、約5倍の縦圧縮強度であることが分かった。

(2) 魚粉で成型したBICを水槽で餌として使用するのには水質維持からは厳しいが、ほとんど崩壊せず、優れた特性を示すことが分かった。

謝 辞

本研究は、平成26年度卒業、理工学部機械工学科・奥野 太貴君の実験ノートによった。ここに謝意を表します。

【電磁誘導式高エンタルピー加熱調理器の開発とエネルギー効率の高さについて】

1. 緒 言

油発揮がゼロあるいは少なく、省エネルギー化を進める加熱調理器の研究が進化している。従来の調理器は、熱学的には加熱温度がエネルギーに転換されるのみで、エンタルピーを構成する内部エネルギーへの転換を利用していない。さらに、内部エネルギー利用として加熱蒸気を利用する考えは、高エンタルピーへの転換を実現するが、商品名“ヘルシア”に見られるように、外部からの水蒸気と常圧利用であるため300℃を超える水蒸気をつくる必要があるため、エネルギー効率が低い欠点を有している。

本研究では、食材がもつ内在初期水分を用いて、高エンタルピーによる新しい“蒸し”調理器具の開発を行った。開発コンセプトとして高効率エネルギー消費を実現しながら、調理時間も短縮することができる、その調理器の初期モデルを設計、開発しその特性を検討した。

特に、高効率エネルギー効率の向上を目指した。

2. IH式調理器具の設計・試作

調理器は、IH式を踏まえ鍋形として設計・製造した。内部は、加圧されるため蓋にはネジをきり回転させ蓋が締まるようにした。計測は、蓋に三箇所穴をあけ、熱電対や、圧力計を取り付けられるようにした。

3. 実験方法

本試作調理器では、ミンチ肉と肩ロースを使用する。比較実験は、ミンチ肉と肩ロースを調理器具とフライパンで加熱しエネルギー効率を調べる。また、次に実験器具とフライパンに水を張った状態にしてエネルギー効率について調べる。

4. 実験結果および考察

実験は、水を入れたケースと水をいれないケースで実験した結果を図1と2に示す。

図より水なしのケースは、フライパンの方が、実験時

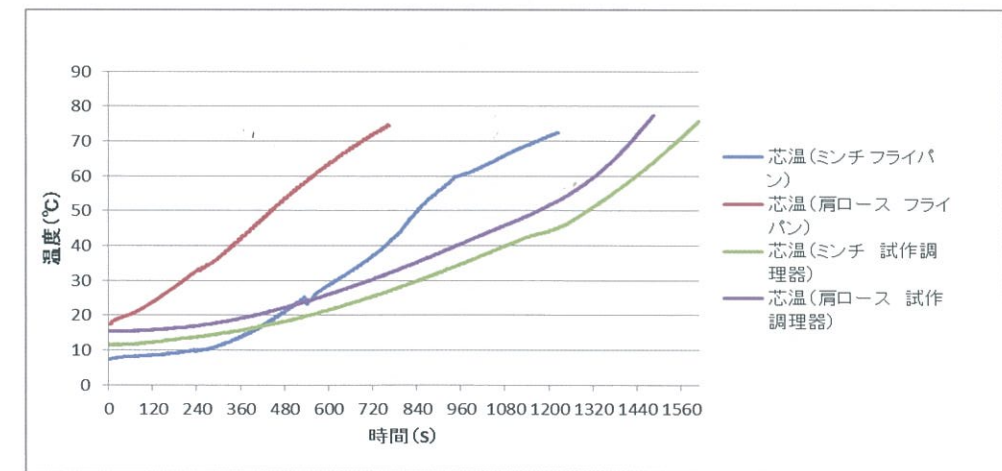


図1 水なしのケース

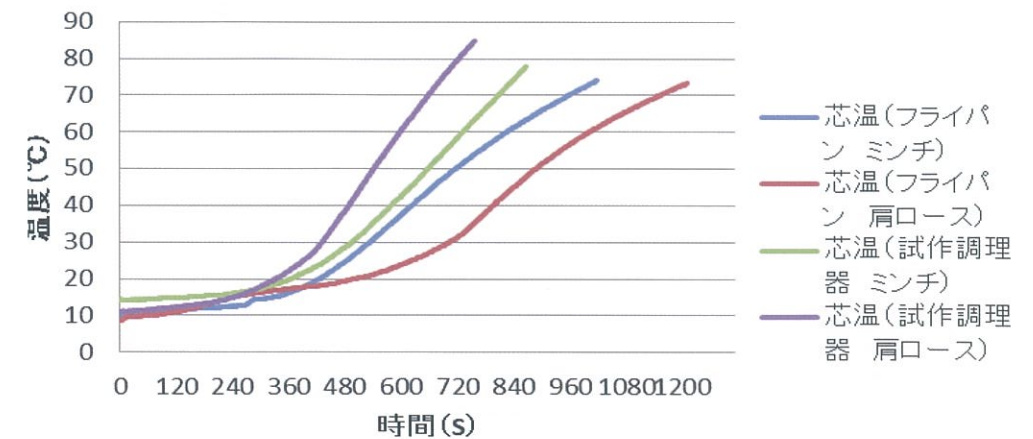


図2 水ありのケース

間が短くエネルギー効率がよく、水ありのケースでは調理器が、実験時間が短くエネルギー効率がよいという結果となった。調理器具の方が効率がよいと予測したが違う結果が得られた。その原因として、調理器が大きいために熱が伝わりにくく、調理器全体が温まるのに時間がかかったからだと考える。また、水ありのケースでは、水分が多く熱を逃がさないため、調理器具の方が早いという結果になったと考えた。フライパンでは、水に熱を奪われ水なしのケースよりも実験結果が長くなったと理解できる。

5. 結 言

家庭用 IH キッチンヒーターを設計・開発し、次のような結果を得た。

- (1) 加熱のみに利用するケースでは、フライパン使用が、調理時間が短くエネルギー効率がよいことがわかった。

謝 辞

本研究は、平成 26 年度卒業、理工学部機械工学科・下村 紘生君の実験ノートによった。ここに謝意を表します。

【バイオコークスの耐水特性評価】

1. 諸 言

椰子やカカオなどバイオコークス（以下 BIC と略す）の原料は世界各地に潜在している。そのポテンシャルは、バイオマスの特性から再生かつ持続可能性を有している。しかし、原料を素材状態で国内に輸送し、BIC として商品化することは、エネルギー輸送コスト面から困難である。採算性を考慮すると海外現地で製造し、エネルギー輸送原単位を向上することにより、商業化が視野に入る。そのため、長距離での輸送時における雨水による性能低下を検討する必要がある。一方、福島復興支援において本研究室で取り組む汚染物質が付着した枝葉等から成型されるバイオコークスの雨水による長期安定性を数百年オーダーで評価する必要がある。バイオコークスは、高密度かつ高硬度な特性を有し、主にセミ・ヘミセルロースが軟化して繊維質であるセルロース束の隙間に拡散し、立体構造が強化されるため、浸水を防ぎ耐水性が向上すると共に、品質低下が少ないと考察できる。本実験では BIC の耐水性を検討するために、水中での圧縮強度からその特性を評価し、その手法について考察した。

2. 原料および実験方法

本実験では、ヤシヒゲ (EFB) を原料として初期含水率を 10% に固定し、成型温度を 110~170℃ と変化させ BIC を製造した。その後製造気乾状態で BIC を 1 週間放置した後に次の実験を実施した。

- 1) 水中に BIC を 1 週間放置後、圧縮試験を行い、最高圧縮強度差を比較した。

- 2) 水中圧縮試験後の試験片から比表面積を調べた。
- 3) 成型温度 170℃ の BIC を時間毎に水中圧縮試験を行い、圧縮強度差を比較した。
- 4) 染色した水中に BIC を放置し時間ごとの内部侵食度合いを目視で観察した。

3. 実験結果および考察

図 1 に成型温度 170℃ での時系列圧縮強度変化を示す。最高圧縮強度は、1 週間で約 50% 減少し、その後 4 週間までは、その強度を保持し、その後、緩やかに強度低下していくことが分かった。

このことは、水中 1 週間では BIC 内部の外周にのみ浸水し、強度がゆるくなり、4 週間の時点 BIC が構造を維持できなくなり崩壊を始めているのだとわかる。また、染色実験の結果より BIC の上部は 6 週間水中に放置した際もあまり染色が見られなかったのに対し下部は一週間で大きく染色が見られた。これより BIC の上部は密度が高く耐水性があることがわかった。

4. 結 言

水中での実験を行い、次の結果を得た。

- 1) BIC は成型温度が低いとバイオコークス化が弱く、固体接触結合が弱いいため、内部に浸水が生じ崩壊しやすいことがわかった。
- 2) BIC の上部は密度が高く耐水性があることがわかった。

謝 辞

本研究は、平成 26 年度卒業、理工学部機械工学科・宮居 真治君の実験ノートによった。ここに謝意を表します。

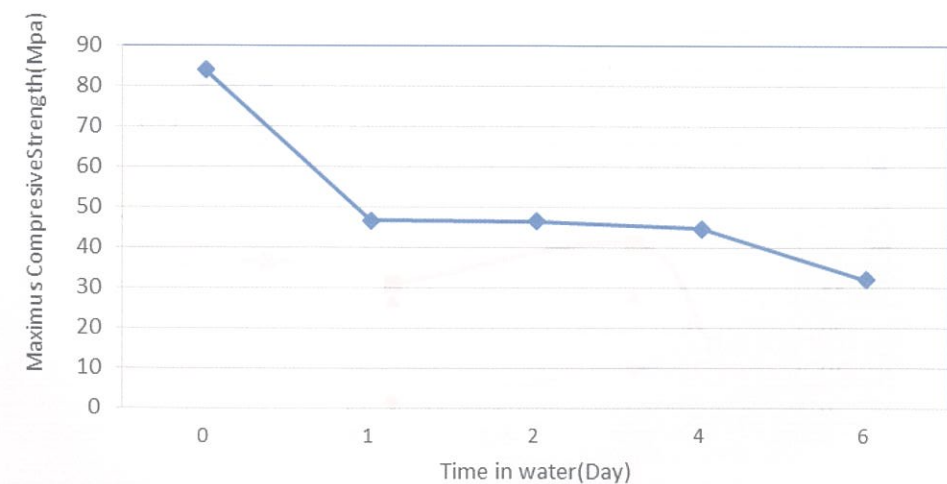


図 1 水中に放置した BIC の最大応力の変化

【バイオコークス化技術によるバイオシート形成とその特性】

1. 諸言

本研究室で開発されたあらゆる植物から形成されるバイオ燃料：バイオコークスが石炭の代替燃料として循環型社会を形成できる可能性から注目を集めている。さらに、革新的な新エネルギー資源としては大きな可能性に加え、バイオマスのマテリアルとしての新しい活用による新産業創出が期待される場所である。

本研究室では、バイオコークス化技術を用いバイオマスを原料とするシート（以後：バイオシートと呼ぶ）の開発に取り組んでいる。バイオシートは本研究室の成果であるバイオプレートに光が透過するまで薄厚化した物体を指す。このバイオプレートは光フィルターとしての特性が発現し、バイオコークス化に特有の高温耐熱性が期待される。本研究では、バイオマスに起因するバイオシートの透過特性について観察した。

2. 実験方法

本実験では、原料にヒノキ（バーク部）、ヒノキ（幹部）、緑茶、竹、ソバ殻、バナナ、レモンを用い、圧力を21.7[MPa]、バイオシートの径を20 [mm]、加熱温度を160 [°C]、に成型条件を固定し、バイオシートの厚みを0.2 [mm]~0.3 [mm] になるようにそれぞれ成型した。成型されたバイオシートに白色光を当て、目視により透過性を観察した。その透過特性を、バイオマスの生化学的な構成成分に着目し、その関係性について考察する。

3. 実験結果および考察

バイオシートの透過性は3色に分類された。その透過色を図1に示す。その結果、ヒノキ（バーク）、ソバ殻、バナナ、レモンは赤色（620~750nm）、ヒノキ（幹）、竹は橙色（590~620nm）、緑茶は黄色（570~590nm）が透過することが分かった。

バイオシートの透過色特性は、バイオマスの生化学的特性（セルロース、ヘミセルロース、リグニン）の差異に起因するものと考え、その相関を図2に示す。



(a) 赤:ヒノキ(バーク)

(b) 橙: ヒノキ(幹)

(c) 黄: 緑茶

図1 バイオシートの透過色特性

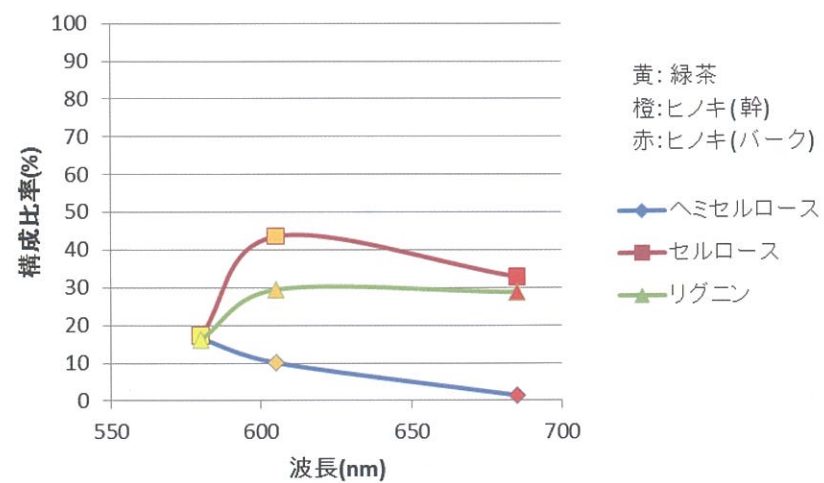


図2 生化学的特性からの相関

4. 結言

バイオコークス技術を用いたバイオシートを開発し、次のことを得た。

ヒノキ（バーク）、ソバ殻、バナナ、レモンは赤色、ヒノキ（幹）、竹は橙色、緑茶は黄色が透過した。また、3色透過は、生化学的には、ヘミセルロースが強い相関があることを示唆した。

謝辞

本研究は、平成26年度卒業、理工学部機械工学科・森 将志君の実験ノートによった。ここに謝意を表します。

【バイオコークスの载荷速度およびアスペクト比の設定】

1. まえがき

地球温暖化の原因となる二酸化炭素排出量の削減および化石燃料資源枯渇問題の観点から、国内での自給自足が可能な新エネルギーとしてバイオコークスが注目されている。しかし、大規模なバイオコークスの商業化が進むにつれ、用途別の規格化が製品品質を維持する必要があるが、評価手法が熟しているとは言い難い。

本研究では、アスペクト比AR（直径：高さ）を因子として、試験载荷速度の相関を調べた。

2. 実験方法

本実験で用いるバイオコークスは、ヒノキを原料に選定し、0.5~1.0mmに粉砕し、初期含水率10%、加荷重0.7t、加熱温度170℃、保持時間6分15秒で成型した。バイオコークスの形状は、直径20mmで一定とし、高さ16mm（AR：約0.8）と30mm（AR：約1.5）を用意した。試験载荷速度は、0、0.1、0.1、1.0、1.5（mm/min）を設定条件とし、検体数は、N=4とし、破壊過程を目視により観察した。

3. 実験結果と考察

圧縮強度の設定条件による実験結果を表1に示す。

また、バイオコークスの破壊過程を目視により観察した結果と合わせると試験载荷速度条件C1、C2ではせん断角が小さく、C3、C4ではせん断角が大きくなる傾向があった。

これはせん断強さと垂直応力の関係式であるクーロン

表1 設定条件による圧縮強度試験結果

AR	C1	C2	C3	C4
	試験载荷速度			
	0.01	0.1	1.0	1.5
0.8	108.29MPa	118.22MPa	100.73MPa	115.02MPa
1.5	106.94MPa	120.92MPa	124.25MPa	123.08MPa

の破壊基準式(1)によると。

$$s = c + \sigma \tan \phi \dots\dots\dots (1)$$

s：せん断強さ、c：粘着力、φ：せん断角

せん断角が大きくなるとせん断強さが大きくなることからわかる。これにより実際の圧縮強度に加えてせん断力加わるが、本実験で調べたいのは、実際の圧縮強度なので、せん断力の影響が小さい、すなわちせん断角が小さいC1、C2を選択することが妥当である。よって、一方、AR値との最適条件を推考すると、最も実験データのばらつきが少ないC1条件下のAR1.5が最も適している可能性を見出した。

4. むすび

バイオコークスの市場化に向け、圧縮強度の評価手法を検討し、次の結果を得た。

- 1) 载荷速度が速いとせん断角が大きくなり、せん断力の影響が大きくなる。
- 2) せん断力の影響が大きいと本来の強度にプラスして高い数値が出る。
- 3) 圧縮試験強度評価として、その影響を小さくし、かつ最もばらつきが小さくなるようにするためには载荷速度0.01mm/min、アスペクト比1.5を用いることが妥当であることを得た。

謝辞

本研究は、平成26年度卒業、理工学部機械工学科・浅山 拓也君の実験ノートによった。ここに謝意を表します。

【マレーシア産のヤシを原料とするバイオコークスとその特性】

1. 緒言

人類社会はこれまでその生存基盤をバイオマスに依存してきた。なかでも森林は、陸域生命圏に在って、有史以来人類の最も手近な食料・資材・エネルギー供給の場であり、直接的で基本的な生活基盤であった。現在でも森林は陸域面積の約30%相当の40億haを占めている。中でも、ASEAN諸国は、熱帯雨林地域に位置しており、豊富なバイオマスが潜在する再生可能な貴重な供給源となる。森林は、生命圏にあっては生物の多様性を保持する必要不可欠のエコシステムを構築し、物質循環の重要な構成要素である炭素を貯蔵する機能を有して

いる。

本研究では、ASEAN諸国を代表するマレーシアのヤシを原料としたバイオコークス（BIC）を成型し、その機械的特性を調べ、新しい固形燃料としての利活用の検討を行った。

2. 原料および実験方法

本実験では、マレーシア産のヤシを原料として用い、粉碎粒径1.0mm以下、1.0~2.4mm、2.4~4.8mm、4.8~9.5mmで前処理を行い、初期含水率3%、5%、7%に対して、加熱温度を443K、453K、初期含水率10%に対しては、433K、443KのヤシBICをそれぞれ成型した。製造直後の重さと高さ、ならびに、製造後気乾状態で1週間置いた後の状態を計測して、ヤシBIC

表2 ヤシヒゲのバイオコークス

含水率	1.0mm以下		
温度	180℃		
試験片NO.	2		
上	横	下	

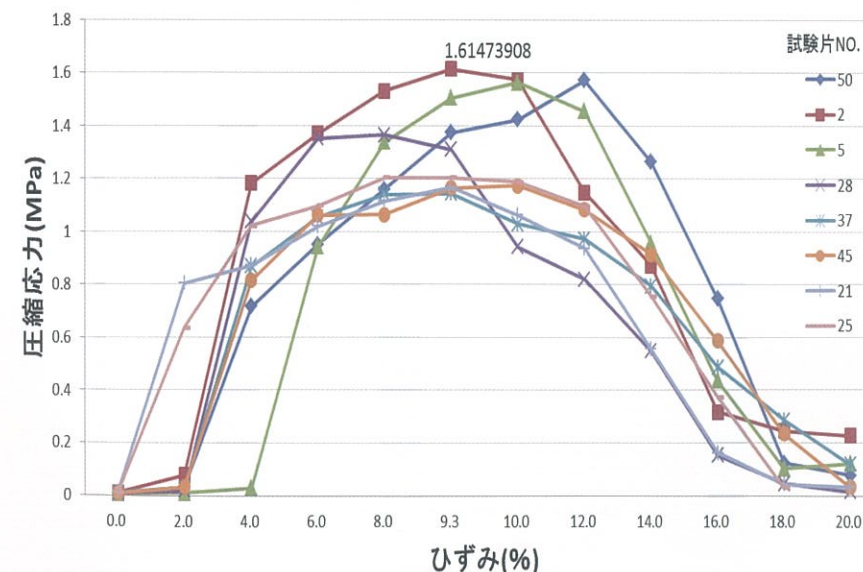


図1 応力-ひずみ線

の冷間/熱間圧縮試験を行った。冷間および熱間圧縮試験の荷重速度は1.5mm/min。とし、応力-ひずみ線図からヤシBICの最高圧縮強度を求めた。さらに、熱間圧縮試験では、雰囲気温度を973Kの窒素雰囲気下で強度試験を行った。

成型したヤシBICを表1に示す。

3. 実験結果および考察

ヤシBICの最大圧縮強度とひずみの関係を以下の図1に示す。

熱間圧縮試験の結果、初期含水率10%、粒度1.0mm以下、453Kのバイオコークスが最大圧縮強度を示した。粒度初期含水率に関わらず、成型温度が高いほど最大圧縮強度はおおむね高くなることが分かった。しかし、粒度が大きいほうが最高圧縮強度は低下傾向にあることが分かった。特に、ひずみ率が8~12%のときに最大圧縮

強度に達し、その後、劇的に崩壊過程に転じ、強度低下していくことが分かった。

4. 結言

ヤシを原料とするバイオコークスを成型し、次のことが分かった。

ヤシヒゲを石炭コークスの代替燃料であるバイオコークスへ転換できることを示し、初期含水率10%、粒度1.0mm以下、成型温度453Kのバイオコークスが最大圧縮強度であることを見出した。

謝辞

本研究は、平成26年度卒業、理工学部機械工学科・中尾 将人君の実験ノートによった。ここに謝意を表します。

【雑紙を原料とするバイオコークスの形成とその特性】

1. 緒言

世界の紙の消費量は2012年で約40万tである。この内、国内消費量は約2万7千tと世界で3番目に多い。森林破壊の問題から再生紙などリサイクルの意識が高まりつつあり、2008年の約3万tから約10%減少している。しかし、紙のリサイクル率は世界で57%、国内では64%しか再生利用されていない実情を抱えている。一方、ビール缶などのパッキングに雑紙が使用され、各家庭で廃棄処理される実情も抱えている。

本研究では、回収が容易な雑紙を対象として、バイオコークス（以後BICと略す）を成型し、その特性を検



図1 4種類の雑紙の色彩

討した。特に、パッキングや区切り紙などの雑紙を実務的な分別を考え、目視による色彩度によって選別し原料とした。ここでは、雑紙BICの物理的特性である冷間及び熱間圧縮試験により、その特性を検討した。

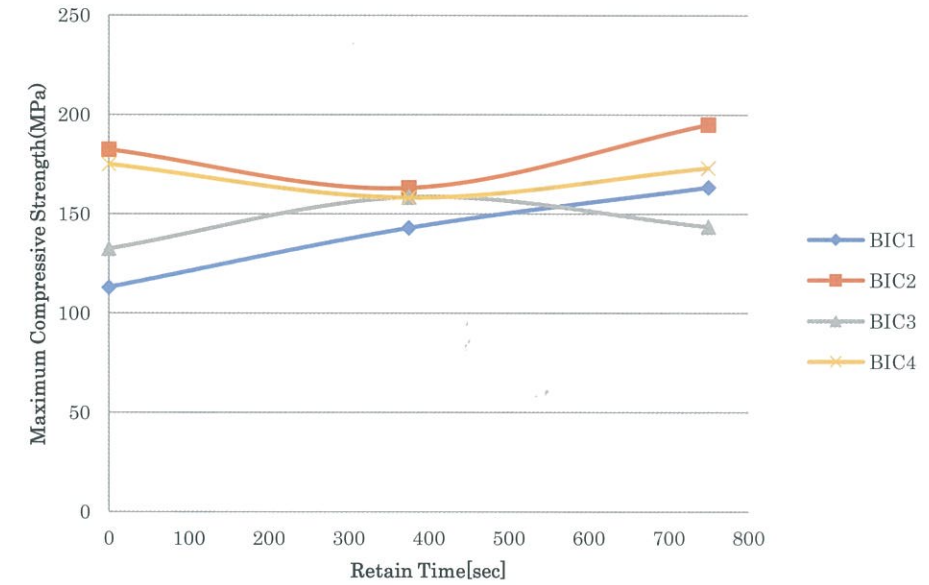


図2 冷間圧縮試験の最大圧縮強度

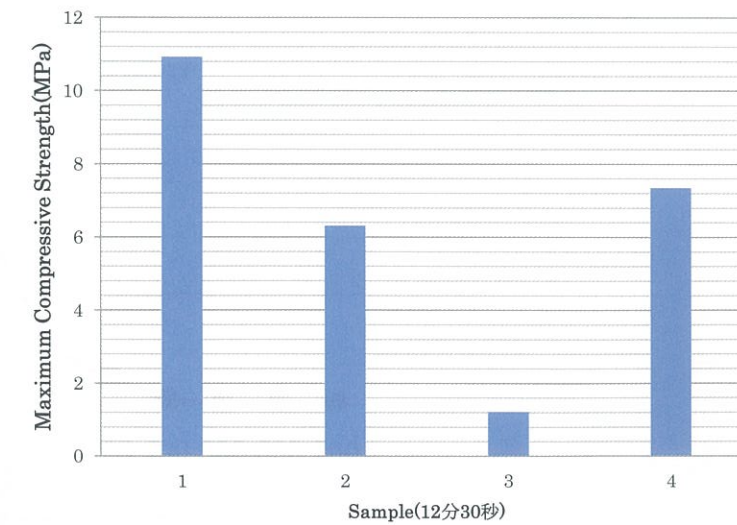


図3 熱間最大圧縮試験強度

2. 実験装置及び方法

本研究では、生活市場に出回っている雑紙をその色彩により4種類に分けた。その色彩を図1に示す。成型原料は、試料量:8g, 含水率:約10%, 加熱温度:443K, 加荷重:700kPa, 加熱保持時間:0秒・6分15秒・12分30秒として成型した。これらの雑紙BICの冷間および熱間強度試験を載荷速度:1.5mm/minとしひずみ-応力線図を求め、最高圧縮強度を抽出した。

3. 実験結果および考察

冷間圧縮試験と熱間圧縮試験の結果を図2と図3に示す。結果、冷間圧縮試験で、加熱保持時間12分30秒のBIC2が195.0MPaの最高強度圧縮値を示した。

図3に熱間最高圧縮試験結果を示す。BIC1の雑紙BICが10.9MPaと熱間最高圧縮強度を有していることが分かった。鋳物用石炭コークス12MPaに匹敵する強度であることが分かった。

4. 結言

雑紙BICを成型し、実用的な圧縮強度特性を有していることを定量評価することができた。

謝辞

本研究は、平成26年度卒業、理工学部機械工学科・渡鍋 諒君の実験ノートによった。ここに謝意を表します。

【バイオコークスの熱間圧縮強度特性の耐試験温度の影響】

1. まえがき

一般的なコークス品質の評価基準の一つとして、熱間での強度特性が挙げられる。これは高炉内解体調査を契機にコークスの高温内における反応性や高炉内での挙動解析に対する関心が高まったため究明が求められる特性である。

本研究では現在バイオコークス化(以下、BICと称す)の実証実験の対象とされているパーム油がとれるアブラヤシの搾りかすのヒゲ部分を原料とし、その熱間圧縮強度の特性から耐試験温度の影響について検討した。

2. 原料および方法

本実験に用いるBICの製造条件は粒径1mm²以下、初期含水率10%、製造圧力14MPaとする。

熱間圧縮試験に用いるアブラヤシBICの製造条件を確定させるために、第一段階として製造温度120℃、150℃、180℃のBICに対してそれぞれ冷間圧縮試験を行う。

その後冷間圧縮試験で最も強度の高かった製造条件の

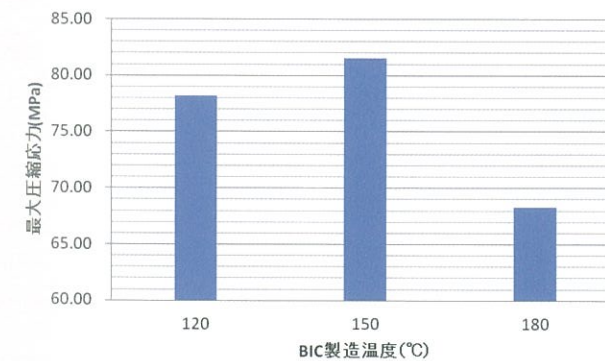


図1 冷間圧縮試験結果

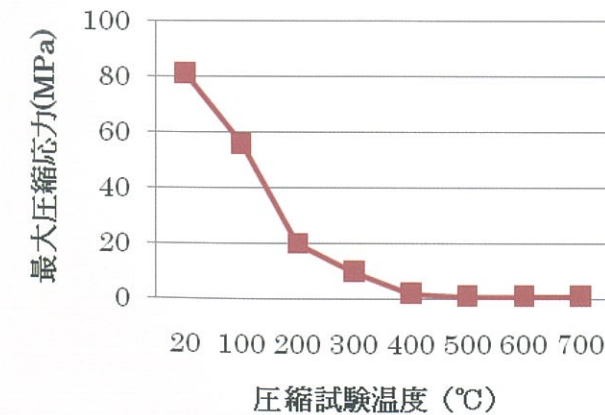


図2 熱間圧縮強度と耐試験温度の関係

BICに対して100℃、200℃、300℃、400℃、500℃、600℃、700℃の温度下で熱間圧縮試験を行い、それぞれの耐試験温度と圧縮強度の関係性を調べる。

アブラヤシBICの初期状態は圧縮強度の検討に必要な資料と成り得るため、製造直後の高さや重さを製造後1週間気乾環境下に置いた状態と計測比較している。

3. 実験結果および考察

アブラヤシBICの冷間圧縮試験結果を以下図1に示す。

図1より最も強度の高い製造温度150℃のアブラヤシBICが本研究に最適と考えられる。熱間圧縮強度と耐試験温度の関係を図2に示す。

図2より、試験温度100℃~200℃間で最も強度が低下した後、400℃までは緩やかになりつつも強度が下がっていく傾向が見てとれる。さらに試験温度が上昇した400℃以上では最大圧縮応力約1MPaで一定値に近づく。

4. 結言

アブラヤシ・バイオコークスを成型し、強度特性の耐試験温度の影響を調べ、次のことを得た。

- 1) 熱間圧縮強度は、常温から400℃では試験温度が上昇するにつれて強度が下がる。
- 2) 熱間圧縮強度は、400℃以上で一定値に近づくことが分かった。

謝辞

本研究は、平成26年度卒業、理工学部機械工学科・木地 涼佑君の実験ノートによった。ここに謝意を表します。

活動報告

【研究活動】

□平成28年度 私立大学研究ブランディング事業

「世界のエネルギー資源の礎となる近大バイオコークスのネットワークを活かしたブランディング」【継続】

参画組織：近畿大学バイオコークス研究所

□文部科学省・科学研究費助成事業・基盤研究(C)一般

「高灰分バイオマス固形燃料のクリンカー形成機構に関する研究」【継続】

研究代表者：釧路工業高等専門学校・川村 淳浩、

分担研究代表者：井田 民男

□平成30年度環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対

策部委託事業・CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証業務・委託事業・補助金交付事業・平成31年度CO₂排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業（多原料バイオコークスによる一般廃棄物処理施設及び鋳物製造業でのCO₂排出量削減の長期実証）

研究代表者：一般財団法人 石炭エネルギーセンター

共同研究：日本礪研株式会社、近畿大学バイオコークス研究所

平成30年度（2018年度） バイオコークスカー使用実績

月日曜	イベント名・内容	様子（写真）
7月2日（月）	<p>附属小学校の模擬授業・施設見学</p> <p>近畿大学附属小学校の児童が模擬授業の一環として、バイオコークスカーの見学を訪れた際に、バイオコークスの説明ならびに製造実演を実施した。</p>	
7月22日（日） 8月25日（土） 8月26日（日） 9月23日（日） 平成30年 3月24日（日）	<p>近畿大学 オープンキャンパス</p> <p>本年度の全てのオープンキャンパスにおいて、バイオコークスカーの展示ならびに製造実演を行った。</p> <p>また、3月24日のオープンキャンパスにおいては、足湯設備を併設し、バイオコークス利用の一つのモデルとして説明を行った。</p>	
4月上旬～5月中旬	<p>宮古島におけるバイオコークスの製造</p> <p>宮古島で大量に廃棄されているバガス、トラッシュ、月桃から、どのような成型条件でバイオコークスが製造可能か抽出するとともに、原料からバイオコークスまでの生産性を確認するために、バイオコークスカーを用い、バイオコークスの試作・検討を行った。</p>	
通年	<p>実験用バイオコークスの製造</p> <p>31号館の機械工作実習工場前にて、バイオコークスカーを用いて溶解実験用のバイオコークス製造を実施した。</p>	

近畿大学バイオコークス研究所報告

第17号 2019

令和元年12月1日印刷

令和元年12月1日発行

発行者 近畿大学バイオコークス研究所

印刷所 近畿大学 管理部 用度課（出版印刷）



近畿大学

KINDAI UNIVERSITY