

近畿大学

# バイオコークス研究所報告

2022 第20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

# 近畿大学バイオコークス研究所報告

## 第20号 (2022)

---

### 目 次

#### 「技術論文」

- 草本系バイオコークスを用いた鋳造プロセスにおける加炭/加窒素効果  
..... 富田 義弘 ... 1
- 緑茶に含まれる副成分が熱流動性に及ぼす影響  
..... 金田 奈実 ... 5

#### 「研究紹介」

- 近畿大学バイオコークス研究所の研究紹介  
バイオコークス研究所における取組事例  
..... 吉國 幸治 ... 9

#### 「社会貢献活動」

- 最先端再生可能エネルギー研究 ジュニアセミナー ..... 13

# 草本系バイオコークスを用いた鑄造プロセスにおける加炭／加窒素効果

富田 義弘

(近畿大学バイオコークス研究所)

## 【緒言】

鑄鉄鑄物を生産する際に鑄物コークスや加炭材などの化石資源が用いられている。化石資源を燃焼させることで発生する二酸化炭素などは、鑄造業界においても持続可能な社会に向けて削減が求められている。そこで、本研究では化石資源を、バイオマス起源とするバイオコークス（以下、BIC）に代替することで二酸化炭素の排出量削減を検討している。

バイオマスには様々な種類があり、廃棄物系バイオマス、未利用バイオマス、資源作物の3種類に大別されるが、その中で廃棄物系バイオマスである花卉に着目した。花卉とは花が咲く草の総称であり、観賞用の花をはじめ、多くの花卉が廃棄物として処理されている。花卉は切られた瞬間から劣化が始まるため、日にちが経つにつれて商品としての価値がなくなるためである。農林水産省の令和3年度の出荷量は国内で32億4,900万本と記載<sup>1)</sup>されており、花卉の廃棄率は30~40%であることから、廃棄率を30%としても年間廃棄本数は約9.8億本である。そこで、大量廃棄されている花卉を原料として製造したBICを、加炭材の代替材料として鑄造に使用することで、廃棄物の再利用そして自然環境に配慮した鑄物製造が期待できると考えられる。

本研究では、銑鉄レス鑄造で鑄鉄を製造するときに、花卉BICを加炭材の代替材料として用いることで、加炭性を調査すると共に、主要5元素と窒素量を調査する。また、鑄鉄へ材質への影響として引張強さ、ブリネル硬さなどの機械的性質を調査し、加炭材として代替の可能性を評価する。

## 【花卉、花卉 + 杉混合バイオコークス】

BIC原材料には花卉と杉を用いた。花卉と杉の諸特性をTable 1に示す。花卉、花卉 + 杉混合BICの製造条件は花卉を10mm以下、杉を1mm以下に粉碎し、水分量を約8wt.%に調湿した。調湿した材料をφ48mmのシリンダーに詰め、22MPaで加圧しながら180℃ま

Table 1 Specifications of raw materials (wt.%)

	C	H	N
Flower	3.48	5.65	1.54
Cedar	49.9	6.21	0.10

で昇温し、15分保持した。保持後、30分間空冷し取り出した。

製造した花卉100%BICと杉100%BICの冷間圧縮強度を測定した結果、花卉BICは43MPaであった。また、杉100%BICは78MPaであった。杉に比べ花卉の圧縮強度が低い結果となったが、これは花卉は粒度を10mm以下としたため、かさ密度が小さくなったことから花卉の粒度が影響したと考えられる。しかし、キュボラ炉での使用の際に求められる20MPaを超えていることから、BICとしての条件は満たしているといえる。

## 【花卉単体バイオコークスを用いた銑鉄レス鑄造】

### 1. 実験方法

花卉BICを10個（各100g）と鋼くず（S45C）5000g、加珪材としてFe-75mass%Si合金42gをFig.1のように黒鉛るつぼ（日本ルツボ株式会社：#15）内にセットした。この際、溶解中にBICが浮上するため鋼くずをBICより上にセットし鋼くずの重みで浮上を抑えた。このるつぼを高周波誘導溶解炉にて1500℃まで昇温させ10分間保持後、Fe-75mass%Si合金42gで接種し、分析用鑄型に流し込み、発行分光分析装置（SPECTROLAB）にて化学組成を調査した。分析用鑄型に鑄込んだ後、残りの溶湯をセラミックフィルターが溶口に設置してある

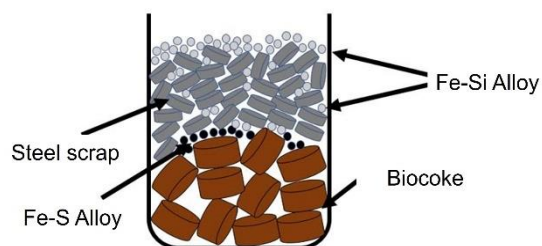


Fig. 1 Schematic view of graphite crucible cross-section

横型丸棒用シェル鑄型（Φ30mm × 300mm）に鑄込んだ。これより JIS Z2201 8C 丸棒試験片に加工し、引張強さ、ブリネル硬さ試験を行った。

## 2. 実験結果

3回ずつ行った鑄造実験で作成した試験片の主要5元素と窒素の分析結果の値を Table 2 に示す。また、比較材として同様の方法で杉 BIC を用いて鑄造した鑄鉄の化学組成を示す。

Table 2 Chemical composition of cast iron (wt. %)

		C	Si	Mn	P	S	N(ppm)
Flower	No.1	1.92	2.43	0.681	0.040	0.071	>150
	No.2	1.97	2.42	0.679	0.038	0.067	>150
	No.3	1.99	2.47	0.683	0.037	0.072	>150
Cedar	No.1	3.28	2.44	0.671	0.014	0.073	95

鋼くずの C 量は 0.45 wt. % であることから、花卉 BIC を用いることで加炭効果が確認できた。しかし、杉 BIC と比較すると加炭効果が小さいことが分かった。Si、Mn、P、S 量の大きな違いは見られなかった。また、Table 1 に示すように花卉 BIC には含まれる N 量が高いため、鑄造後の試料から 150 ppm を超える値が検出された。なお、検出器の N 量の最大値は 150 ppm である。Fig. 2 に引張試験用の形状に旋盤加工した試験片を示す。N 量が高くなると鑄鉄中に溶け込めなかった窒素が凝固時に凝固組織から放出され、膨張した鑄鉄となり、鑄鉄内部に中心から半径方向に多くの巣が発生していることが観察された。よって機械的性質の測定は行うことができなかった。

以上の結果より、花卉 BIC を用いた鑄造は引け巣欠陥が生じるため不可能であることがわかった。そこで、窒素含有量の低い杉をベースとする花卉との混合 BIC を作製し、鑄造実験を行った。



Fig. 2 Tensile test piece (Diameter of parallel part : 20 mm)

## 【花卉 + 杉混合バイオコークスを用いた 銑鉄レス鑄造】

### 1. 実験方法

目標組成を C : 3.2 wt. %、Si : 2.4 wt. % とし、FC200 相当の鑄鉄を製造することとした。前章の結果をもとに花卉と杉の配合割合を目標組成となるよう花卉 20 : 杉 80 に決定した。花卉 + 杉の混合 BIC の溶解実験方法は前章と同じとし、溶解後、分析用金型と引張試験用砂型に鑄込んだ。引張試験後、マイクロカッターでブリネル硬さ試験用と組織観察用の試験片を採取した。

### 2. 実験結果

試験片の主要5元素と窒素の分析結果を Table 3 に示す。また、比較用として花卉 BIC、杉 BIC を用いた鑄造結果の化学組成を示す。

Table 3 Chemical composition of cast iron (wt. %)

		C	Si	Mn	P	S	N(ppm)
Flower + Cedar	No.1	3.13	2.50	0.726	0.017	0.075	>150
	No.2	2.99	2.47	0.681	0.020	0.074	>150
	No.3	3.02	2.46	0.726	0.018	0.070	>150
Flower	No.1	1.92	2.43	0.681	0.040	0.071	>150
Cedar	No.1	3.28	2.44	0.671	0.014	0.073	95

杉の割合を小さくしたため、杉 BIC 単体の場合よりも加炭効果は小さくなったが、花卉単体の BIC の C 量と比べると加炭効果が大きくなったことが確認できた。Si、Mn、P、S 量の違いは見られなかった。また、N 量は 150 ppm を超えていた。しかし、Fig. 3 に示すように試験片には引け巣は発生していなかった。よって 150 ppm を超えていたが花卉単体 BIC を用いた場合よりも低くなっていると推察され、鑄鉄中に溶け込めなかった窒素は鑄鉄から排出することが出来たと考えられる。

試験片の機械的性質の結果を Table 4 に示す。引張強さの値は JIS 規格 FC200 の引張強 200 N/mm<sup>2</sup> 以上となった。また、ブリネル硬さ 223 以下であることから JIS 規格内ではあるが、比較的大きい値となった。これは C 量が低くなったこと、N 量が高いため基地組織



Fig.3 Tensile test piece (Diameter of parallel part : 20mm)



Table 4 Mechanical properties of cast iron

Blended BIC of flower and cedar (20 : 80)	Tensile strength (MPa)	Brinell hardness (HB)
No.1	320	182
No.2	338	182
No.3	361	187

【考察】

Table 3より窒素の割合が多くなると、引張強さが増加する傾向がみられる。また、引張強さが増加傾向にある要因は、Fig.4の組織観察よりフェライトの減少、パーライトの増加であると考えられる。フェライトの減少理由は窒素の増加により遊離フェライトの析出を防止したことが影響していると考えられる。鋳鉄の引張強さは黒鉛形態と基地組織によって決められている。これは、基地組織中のパーライトと比べるとフェライトは硬度が低い組織であるためである。つまり、窒素量が増加することでフェライト面積が小さくなったため引張強さ大きくなったと言える。

の強度が高くなったことが要因であると考えられる。

次に、各試験片の3wt.%ナイトール腐食前と腐食後の組織観察結果をFig.4に示す。黒い細長い部分が黒鉛であり、形状から片状黒鉛であると判断できる。全ての試験片に細かいA型黒鉛が観察でき、強度が高く片状黒鉛鋳鉄としては機械的性質の良い組織となった。また腐食後の黒鉛周りはパーライトであり、No.1の黒鉛周りにだけ分布している白い部分がフェライトである。No.1の強度が低くなった要因は黒鉛の周りに析出したフェライトであることがわかる。鋳鉄中の窒素量が高くなるとフェライトの析出が抑えられる<sup>2)</sup>ことから、No.1よりもNo.2、3の方が窒素量が高いと推察される。

すべての試験片で引張強さの値がJIS規格FC200の引張強さ200MPa以上となり、ブリネル硬さの値がJIS規以下となったが、窒素量が100ppm以下である一般的な鋳鉄品よりも高い強度を示した。そこで、鋳鉄としての使い勝手を評価するためRHによる評価を行った。RHは引張強さとブリネル硬さから計算される硬さの比である。比較硬さ<sup>3)</sup>(Relative Harte)は指標として示されており、下記の式で表すことができる。RHは1.0以下であれば、同じ引張強さでも硬さが低いことになり、硬さ名が低いことは切削性が良好な鋳鉄を意味する。つまり、同じFC200であってもRHが低いという

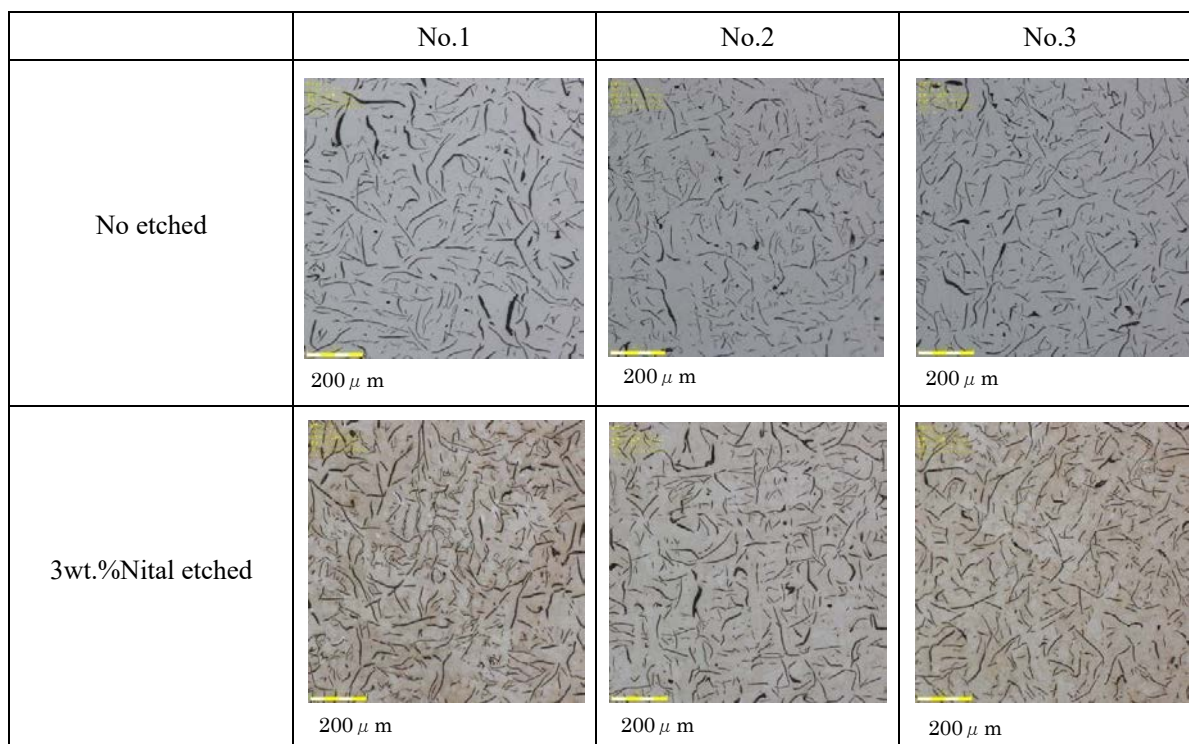


Fig. 4 Microscopic structure of cast iron

ことは鋳鉄品として有利となる。

(1) 式、(2) 式により RH を求めた。

$$H_{Bn} = 100 + 4.3 \sigma_t \div 9.81 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$RH = \frac{H_B}{H_{Bn}} = \frac{H_B}{100 + 4.3 \sigma_t} \quad \dots\dots\dots (2)$$

No.1 の場合 (●)

$$H_{Bn} = 100 + 4.3 \times 320 \div 9.81 = 240.3$$

$$RH = 181.7 \div 240.3 = 0.76$$

No.2 の場合 (▲)

$$H_{Bn} = 100 + 4.3 \times 338 \div 9.81 = 248.2$$

$$RH = 181.7 \div 248.2 = 0.73$$

No.3 の場合 (◆)

$$H_{Bn} = 100 + 4.3 \times 361 \div 9.81 = 258.2$$

$$RH = 181.7 \div 258.2 = 0.72$$

計算結果より求めた RH 値を Fig. 5 に示す。

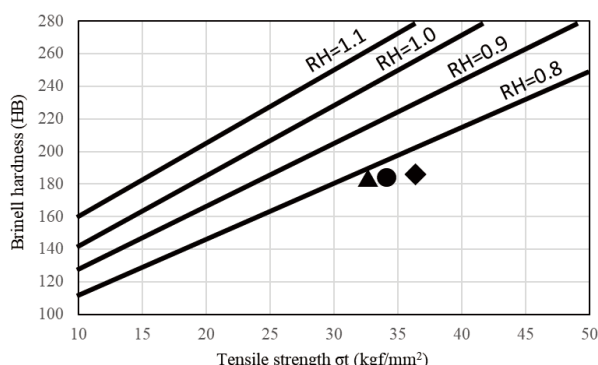


Fig. 5 Relationship between tensile strength and Brinell hardness<sup>3)</sup>

Fig. 5 より、各試験片の RH の値が 1.0 以下であり被削性が良いことが分かる。一般的に、黒鉛形状が A 型の場合 RH は 0.9 以下となり、加炭材を用いて作成された鋳鉄の RH 値も 1.0 以下であるため、加炭材の代替として花卉 + 杉混合 BIC を用いた鋳鉄レス鋳造によって作成した鋳鉄は機械的性質も被削性もよい鋳鉄であることがわかる。

## 【結 言】

未利用かつ廃棄処分されている花卉を原料とする BIC を作成し、化石資源の代替として、花卉 BIC と花卉 + 杉の混合 BIC を加炭材として鋳鉄レス鋳造を行い、鋳鉄の成分分析、機械的性質の調査、黒鉛形態の観察を行い以下の結果を得た。

1. 花卉 BIC は、杉 BIC と比較すると冷間最大圧縮強度は低いが、鋳造用石炭コークスの強度より高く、鋳鉄溶解でのコークスの代替や加炭材の代替として使用可能であることが示唆された。
2. 花卉 BIC に含まれる N 量が高く、鋳鉄中に溶解しなかった N が凝固時に放出されず、膨張した鋳鉄ができ、鋳鉄内部に中心から半径方法に多くの巣が発生した。
3. 花卉 + 杉の混合 BIC も N 量 150 ppm を超えていたが、鋳鉄に引け巣が発生しなかったため、鋳造が可能であることを示した。
4. 花卉 + 杉の混合 BIC を鋼屑 5 kg に対して 1 kg 添加することで鋳鉄中の C 量を 3 wt. % に加炭できることを示した。
5. 花卉 + 杉の混合 BIC を用いて製造した鋳鉄は RH 値が 1.0 以下であり、花卉 + 杉の混合 BIC を加炭材の代替として製造した鋳鉄の切削性は良好である。

以上の結果より、花卉 + 杉の BIC 用いた鋳鉄レス鋳造を行うことで加炭効果を確認することができ、普通鋳鉄に対し遜色のない鋳鉄が製造することができることを示した。

## 【謝 辞】

本研究は、近畿大学理工学部機械工学科学生（当時）の松熊耕資君の協力を得て実施された。ここに謝意を表します。

## 【参考文献】

- 1) 農林水産省：令和 3 年産花きの作付（収穫）面積及び出荷量（2022.6）。
- 2) 中江秀雄：鋳造工学（産業図書）（2000）p.77.
- 3) 中村光吉, et al.：鋳鉄の科学（社団法人日本鋳物工業会）（2005）p.137.

# 緑茶に含まれる副成分が熱流動性に及ぼす影響

金 田 奈 実

(近畿大学バイオコークス研究所)

## 【緒 言】

バイオマスの高密度・高強度固形化はエネルギー密度を向上させ、貯蔵・備蓄や輸送コストを低減するだけでなく、緩慢な燃焼特性を実現させる。ホットプレス法により製造される高強度固体バイオ燃料（バイオコークス）は、見かけ密度  $1.3\text{--}1.5\text{ g/cm}^3$ （真比重に達する）を有し、高温雰囲気下で形状維持または自己収縮を生じることで、試料内部へのガス拡散を阻害し、表面燃焼の長時間持続を可能にした<sup>1)</sup>。筆者らは高密度固形化メカニズムの解明のため、バイオマスの軟化・熱流動性とバイオコークス強度の関連性について着目し、検討を実施してきた。その中で、副成分が熱流動性や成形性に影響を与えることが確認された<sup>2)</sup>。そこで、本研究では副成分を多く含む緑茶を用いて、有機溶媒／熱水に抽出される成分が熱流動性に及ぼす影響について調査した。熱流動性の指標として流動開始温度を用いた<sup>2)</sup>。

## 【実験方法】

### ・試料作製

緑茶（Green tea : GT）は粉砕機で粉砕し、 $53\text{ }\mu\text{m}$ 以下に調整した。粉砕した緑茶にソックスレー抽出法にて有機溶媒による脱脂処理を施し、有機溶媒抽出緑茶（Green tea without organic solvent extractives : GT<sub>OSE</sub>）を作製した。GT<sub>OSE</sub>の収率は79.2 mass%であり、有機溶媒抽出物は20.8 mass%であることを得た。また、緑茶（未粉砕）を熱水抽出法にて抽出処理を施し、熱水可溶成分抽出緑茶（Green tea without hot water extractives : GT<sub>HWE</sub>）を作製した。GT<sub>HWE</sub>の収率は63.4 mass%であり、熱水可溶成分は36.6 mass%であることを得た。GT<sub>HWE</sub>は熱水抽出処理の乾燥工程にて凝集するため、処理後に粉砕し、 $53\text{ }\mu\text{m}$ 以下に調整した。作製試料の写真をFig. 1に示す。GT<sub>OSE</sub>はGTと比べて薄い緑色となっている。これは色素に含まれる葉緑素（クロロフィル）が有機溶媒に溶解したことを示している。有機溶媒には油脂（精油）、ロウ、葉緑素など、



(a) GT (b) GT<sub>OSE</sub> (c) GT<sub>HWE</sub>

Fig. 1 Appearance of each sample.

熱水には糖類、ペクチン類、タンニン（カテキン）、アミノ酸（テアニン）、カフェイン、色素の一部などが溶解、溶出する<sup>3-5)</sup>。

### ・熱流動性試験

GT、GT<sub>OSE</sub>、GT<sub>HWE</sub>を用いて、熱流動性試験を実施した。試験方法は既報の通りである<sup>2)</sup>。測定条件をTable 1に示す。さらに、混合試料に対し、初期含水率10 mass%で熱流動性試験を実施した。

Table 1 Thermal fluidity test conditions.

Material	GT, GT <sub>OSE</sub> , GT <sub>HWE</sub>
Particle size ( $\mu\text{m}$ )	Less than 53
Initial moisture content (mass %)	5, 10, 15
Quantity (g)	3.0
Load (kN)	15
Maximum temperature (K)	473

## 【実験結果および考察】

### ・単一試料の熱流動性

各試料の流動開始温度をFig. 2に示す。すべての試料において、初期含水率が増加するにつれて、流動開始温度は低下した。GT<sub>OSE</sub>の流動開始温度が最も高く、次いで、GT<sub>HWE</sub>、GTの順であった。このことより、有機溶媒および熱水により抽出された成分には熱流動を促進させる効果があることが認められた。しかし、初期含水率が増加するにしたがって、熱流動促進効果は低下し、初期含水率15 mass%では流動開始温度は一定値に収束されることがわかる。

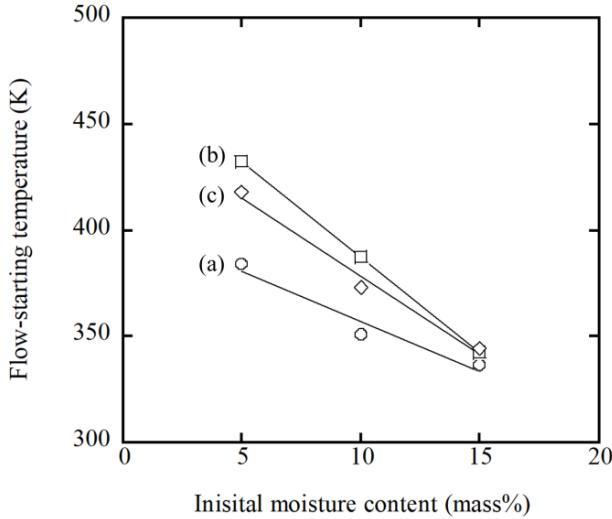


Fig. 2 Flow-starting temperature of each sample : (a) GT, (b) GT<sub>OSE</sub>, (c) GT<sub>HWE</sub>.

・混合試料の熱流動性

GT に GT<sub>OSE</sub> または GT<sub>HWE</sub> を混合した試料の流動開始温度を Fig. 3 に示す。流動開始温度は GT<sub>HWE</sub> 混合率に対し、直線的に上昇することがわかった。一方、GT<sub>OSE</sub> の場合、混合率 50 mass % 以下では GT<sub>HWE</sub> と同程度の熱流動性であったが、混合率 50 mass % を超えると流動開始温度は上昇し、流動性が低下することがわかる。

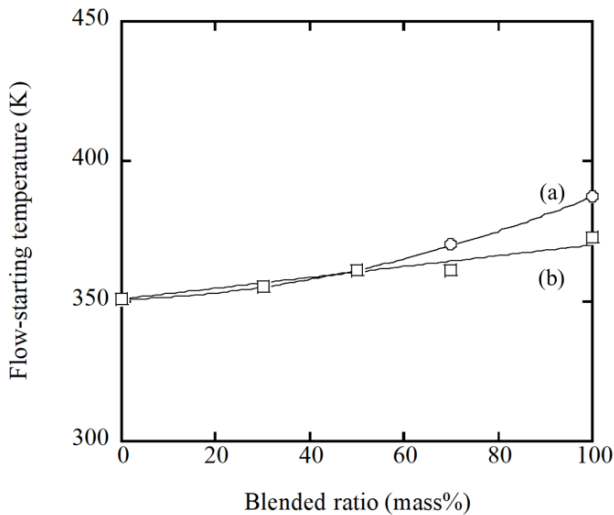


Fig. 3 Flow-starting temperature of each blended sample : (a) GT and GT<sub>OSE</sub> mixture, (b) GT and GT<sub>HWE</sub> mixture.

・副成分が流動開始温度に及ぼす影響

GT に GT<sub>OSE</sub> または GT<sub>HWE</sub> を混合した混合試料に含まれる有機溶媒抽出物または熱水可溶成分の含有率（計算値）と流動開始温度との関係を Fig. 4 に示す。流動開始温度と熱水可溶成分の含有率は直線的な関係にあり、熱水可溶成分が 1 mass % 増加すると、流動開始温

度は 0.6 K 低下することがわかった。一方、GT<sub>OSE</sub> を混合した場合、流動開始温度は 15 mass % 付近でサチュレートしている。この結果より、有機溶媒抽出物、熱水可溶成分ともに流動開始温度を低下する効果が認められるが、有機溶媒抽出物では、一定量を超えると流動開始温度の効果が低減することが示唆される。

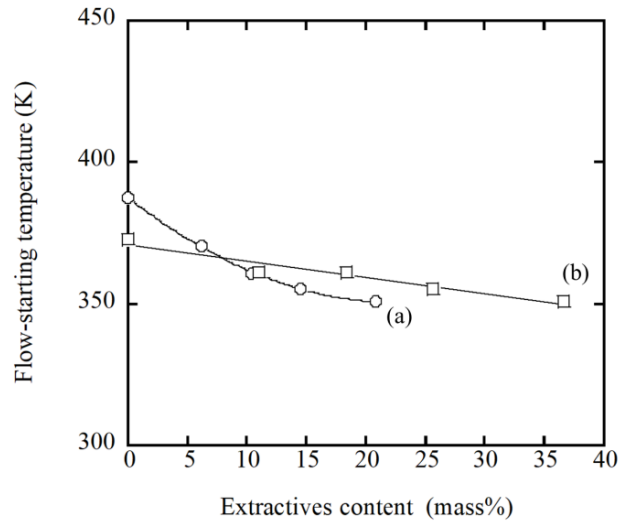


Fig. 4 Effect of extractives on flow-starting temperature : (a) organic solvent extractives, (b) hot water extractives.

【結 言】

緑茶の副成分が流動性に及ぼす影響を調査するため、有機溶媒抽出物または熱水可溶成分を除去した緑茶試料の流動開始温度を測定した結果、次のことを得た。

- (1) 緑茶に含まれる有機溶媒抽出物および熱水可溶成分は熱流動を促進させる効果があることがわかった。しかし、初期含水率が高くなるにつれて、その効果は低減する。
- (2) 有機溶媒抽出物、熱水可溶成分ともに流動開始温度を低下する効果が認められる。しかし、有機溶媒抽出物は、一定量（15 mass %）を超えるとその効果は低減することが示唆される。
- (3) 熱水可溶成分の含有率が 1 mass % 増加するにしたがい、流動開始温度は 0.6 K 低下する。

【謝 辞】

本研究は、近畿大学理工学部機械工学科学生（当時）の野原敦也君の協力を得て、実施された。ここに謝意を表します。

**【参考文献】**

- 1) 井田民男, バイオ新固形エネルギー: バイオコークスによる超緩慢燃焼分野を拓く, 日本燃焼学会誌, 57 (18), 214-221 (2015).
- 2) Nami TAGAMI, Tamio IDA, Solidification characteristics of green tea as raw material of solid fuel, Mechanical Engineering Journal, 6 (1), 18-00294 (2019).
- 3) 右田伸彦, 米沢保正, 近藤民雄, 木材化学, 共立出版, 4 (1968).
- 4) 前田清一, 緑茶の化学, 調理科学, 2 (2), 73-77 (1969).
- 5) 石垣幸三, お茶の化学成分, 味・香りと茶樹の栽培, 化学と生物, 19 (5), 278-285 (1981).





# バイオコークス研究所における取組事例

吉 國 幸 治

(近畿大学バイオコークス研究所)

## 【緒 言】

近年、各国において環境問題について対策がなされており、特に地球温暖化問題については、二酸化炭素削減目標を設定するなど、様々な取り組みが行われている。我が国日本では、地球温暖化対策推進本部において、2030年までの二酸化炭素削減目標を2013年度比46%減とする目標が提示された。そのような中、化石燃料から、再生可能エネルギーへの転換が急がれ、石炭/石炭コークスの代替燃料として、高密度・高硬度固体バイオ燃料であるバイオコークスが注目されている。バイオコークス（以下、BIC）については、主に高炉での使用を想定し、研究開発が行なわれており、現状、約30%代替が検証されている。しかし、高炉だけでなく、石炭コークス及びその他固形燃料が必要とされる様々な場合において、その代替エネルギーとして、実証試験等が行われている。そのような中、更なる代替比率の向上、使用用途の拡大を図るため、BICの機能性向上が必要であると考えられる。

本研究では、BICの代替比率の向上、使用用途の拡大を目指し、その機能性向上に関する研究を行った。また、原料確保及び廃棄物の有効利用に資するため、様々な原料を用いBICの成型を行った。

## 【汚泥バイオコークスの炭化特性】

下水汚泥については、日本では、2006年3月に閣議決定されたバイオマス・ニッポン総合戦略においても、バイオマスエネルギーとして触れられている。しかし、その資源化については、粉体炭化処理され、電力分野にエネルギーとして利用されているものの、さらなる活路が期待される。本研究では、未利用バイオマスである下水汚泥を原料としたバイオコークスの機能性向上のため炭化処理を行い、特性の検討を行った。

### ・実験と考察

本研究では、未利用バイオマスである下水汚泥を原

料とし、高密度・高硬度固体バイオ燃料であるバイオコークスを成型し炭化処理を行った。バイオコークスは、 $\phi 100$  mm、高さ約100 mm、重量約1100 gのものを用いた。バイオコークスの炭化処理においては、昇温を10 K/min.とし、炭化時間を2hとした。炭化後、物体形状を維持した炭化物の燃焼試験を行った。炭化過程で物体形状を維持できなかった場合、炭化時間を1h、0.5hと短時間にした。炭化温度は、673 K、773 K、873 Kとした。

燃焼試験は、約1000 Kの空気雰囲気下に試験体を投入し、その重量変化を時系列で測定した。測定は、時系列重量変化から5 min.の移動平均値を算出し、重量減少率が毎分0.2%を下回った時点で終了とし、灰分重量率まで延長した時点を総燃焼時間として求めた。

Fig. 1に原料である汚泥の熱分解特性を示す。固定炭素分が約20重量%と標準的な値に対し、灰分が約20重量%と高く、全体の約40重量%を占めている。特に、DTA値の第2ピーク値が、主なバイオマス特性と比較し、発現温度が低くなっている。これは、消化発酵により炭素の低級化が進んだものと考えられる。

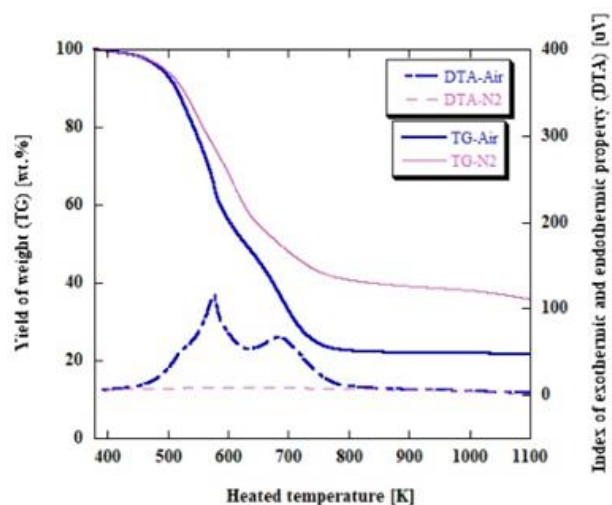


Fig. 1 下水汚泥の熱分解特性

Fig. 2に炭化バイオコークスの外観を、Table 1にその炭化重量特性変化を示す。炭化後、物体形状を維持したものは、炭化温度873 Kにおいて、炭化時間0.5h、

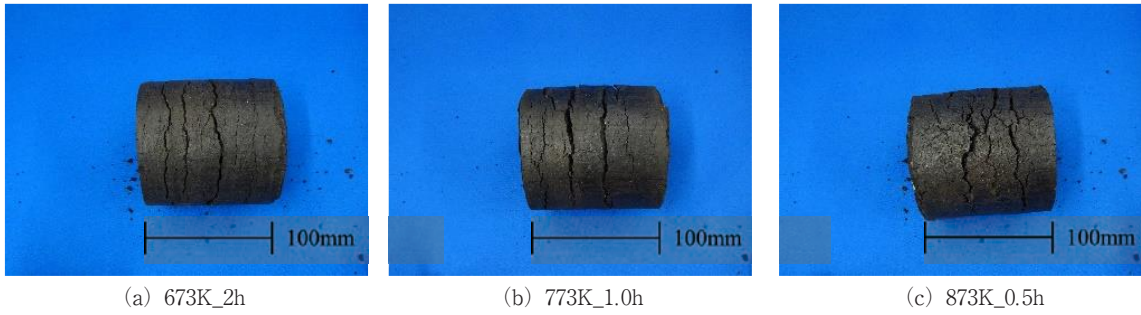


Fig. 2 炭化バイオコークスの外観

Table 1 炭化重量変化 (単位: wt.%)

7200	0.811	×	×
	-	-	-
3600	0.896	0.736	×
1800	-	0.856	0.705
	673	773	873

炭化温度 773K では、炭化時間 1.0h 以下、炭化温度 673K で炭化時間 2.0h 以下であった。いずれにおいても、炭化温度が高く、炭化時間が長いほど、重量収率が下がる傾向にあることが分かった。

次に、Fig. 3 に汚泥バイオコークスとその炭化物との燃焼試験比較した結果を示す。バイオコークスとその炭化物との燃焼変化に、重量減少と燃焼時間に大きな差が見られた。約 20 分 (0.05 min./g) までは、バイオコークスは、揮発分の揮発過程に相当し、炭化物バイオコークスは表面の着火過程が支配的であると考えられる。このため、バイオコークスが急激な重量減少変化に対し、炭化物の表面での着火過程による緩やかな重量減少が生じている差が観察された結果と考える。約 20 分後からは、重量減少の傾きが平行となり、バイオコークスの内

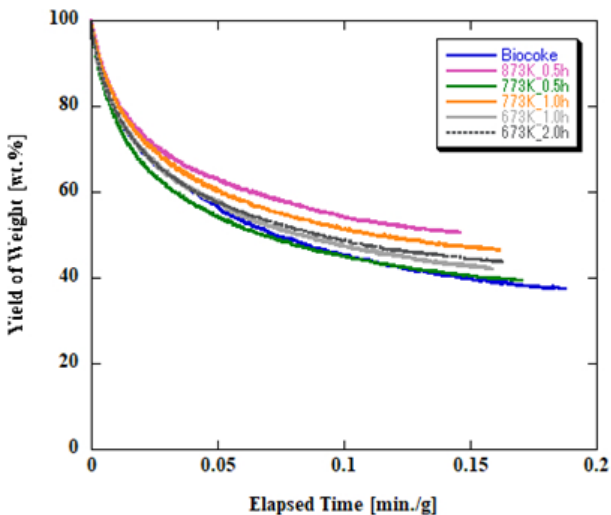


Fig. 3 燃焼試験による相対重量収率

部への炭化進行と、炭化バイオコークスとの差異が少なくなったためと考えられる。

Fig. 4 に、Fig. 1 と Fig. 3 から推定される汚泥バイオコークスとその炭化物の総燃焼時間を比較した結果を示す。バイオコークス > 炭化バイオコークスの関係にあり、最大約 3 倍の差があることがわかった。炭化バイオコークスは、炭化温度、炭化時間による影響が少ないことが分かった。今後、密度、比表面積等から差がないことを検討する。

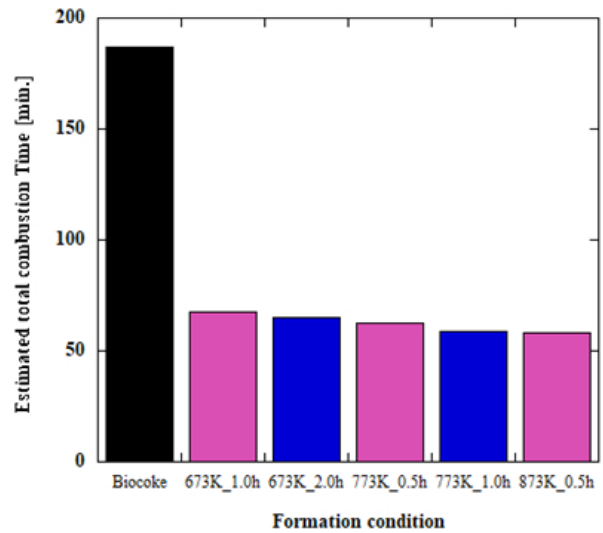


Fig. 4 推定総燃焼時間の差

### 【恵庭研究所における取組】

恵庭研究所においては、様々な原料を用い、BIC の試作を行っている。以下にその一例を示す。原料によっては、様々な分析装置を用い、熱分解特性、発熱量等を分析することがある。また、試作においては、発熱量向上、比重の向上、成型における固形化のしやすさ等、BIC の機能性向上のため、原料を複数混ぜて試作する場合もある。

・カカオシェル

カカオ豆の外皮であるカカオシェルを原料とし、BICを成型した。Fig.5に原料の熱分解特性、Fig.6にBICの外観を示す。

熱分解特性より、灰分が約3%、固定炭素が約37%であることがわかる。また、BICの比重は、1.34である。BICは、冷間圧縮試験を行い、その最大圧縮強は、24.2MPaであった。これらより、カカオシェルを原料とするBICは、十分な比重、冷間圧縮強度を持つことがわかった。また、灰分が少ないため、燃焼時に生じる灰が少なく、比較的取扱いの容易なBICであると考えられる。

・天ぷら滓

天ぷら調理時に生成する天ぷら滓についてもBICの原料として用いた。BIC成型時には、その油分が成形を

困難にしていると考えられ、圧搾することにより油分を除去した。Fig.7に原料の外観、Fig.8にBICの外観を示す。

天ぷら滓を原料としたBICは、比重1.34、冷間最大圧縮強度34.0であり、上記カカオシェルを原料としたBICと同様、十分な性能を持つことがわかった。

また、天ぷら滓においては、その油分がBICとしての成形を困難にしているため、その油分対策として、原料に、その工場が生じる廃棄物を混合させた。Fig.9に、

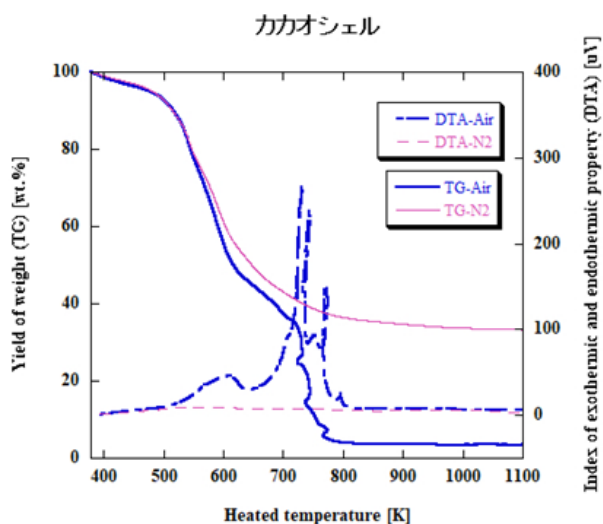


Fig. 5 熱分解特性



Fig. 6 外観

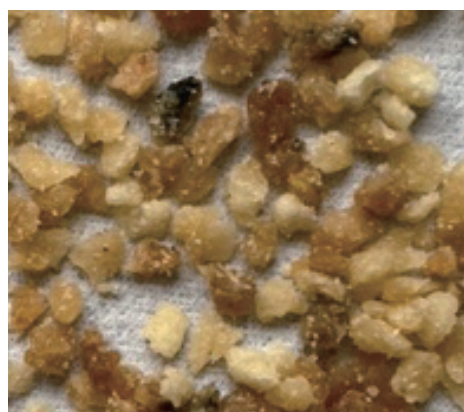


Fig. 7 天ぷら滓の外観

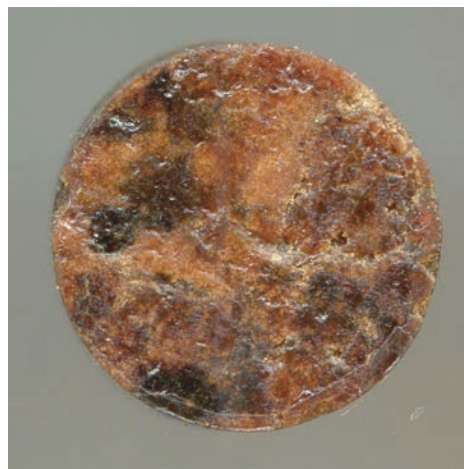


Fig. 8 天ぷら滓 BIC



Fig. 9 天ぷら滓・廃棄物 BIC

その外観を示す。天ぷら滓と廃棄物は、重量割合1：1で混合した。成形されたBICの比重は、1.37と天ぷら滓だけを原料とした時よりも向上したものの、冷間最大圧縮強度については、12.9 MPaと減少した。この強度でも十分な数値ではあるが、固形化のしやすさ、更なる機能性向上のために、天ぷら滓と混合させる原料については、検討が必要であると考えられる。

## 【参考文献】

- 1) 井田民男, 吉國幸治, 中館朋江, 水野諭, 高密度バイオ固体燃料：バイオコークスからの2段炭化特性, 第17回木質炭化学会研究発表会 (2019)
- 2) 吉國幸治, 井田民男, 高密度バイオ固体燃料バイオコークスの2段炭化特性, 第18回木質炭化学会研究発表会 (2020)
- 3) 吉國幸治, 井田民男, 汚泥を原料とする高密度・高硬度固体バイオ燃料の炭化特性, 第20回日本炭化学会研究発表会 (2022)



# 社会貢献活動

## 2021年度 ジュニアセミナー

吉 國 幸 治

(近畿大学バイオコークス研究所)

### 【社会貢献活動について】

近畿大学バイオコークス研究所においては、長年、地域への社会貢献活動として、公開講座を行ってきた。各回、バイオコークス研究所の教員を中心に、近畿大学の教員による講演を行い、多数の参加者に集まって頂ける公開講座であった。しかし、現下のように新型コロナウイルスがまん延した状況では、多数の参加者を集めた講演は、その開催が困難になってきた。そこで、比較的、コロナ対策が容易であるよう参加者を少人数にし、セミナーを開催することとした。

新しくセミナーを開催するにあたり、地域の高等教育機関の責務として、地域の未来に貢献するよう、対象を、小中学生とした。内容は、バイオコークス研究所の教員の専門分野であるとともに、今後の社会において重要ではあるが、小中学生においては学ぶ機会の少ない、エネルギーについて特化したものとした。セミナーは、講義と実験、実習を行い、研究所見学も併せて行った。この取組は、2020年度より恵庭市の小中学生を対象に開始した。大変好評であり、近隣の北広島市からも参加者申込があったため、2021年度では、北広島市の小中学生対象に開催し、さらに、恵庭市、北広島市対象に第2回のセミナーも開催した。それぞれ開催にあたり、恵庭市、恵庭市教育委員会、北広島市、北広島市教育委員会に、ご後援を頂いた。以下に、その概要、参加者の反響等を記す。

### 【ジュニアセミナー概要】

セミナーは、「近畿大学バイオコークス研究所 最先端再生可能エネルギー研究 ジュニアセミナー」とし、いずれも恵庭市にあるバイオコークス研究所において行った。

#### ・近畿大学バイオコークス研究所

##### 最先端再生可能エネルギー研究 ジュニアセミナー

日時：2021年7月31日13時から17時

##### セミナー内容

再生可能エネルギー講義	(井田所長／教授)
水力エネルギー実験	(井田所長／教授)
バイオエネルギー講義	(澤井副所長／教授)
熱エネルギー講義	(淵端教授)
熱エネルギー実験	(淵端教授)

後援：北広島市、北広島市教育委員会

#### ・近畿大学バイオコークス研究所

##### 最先端再生可能エネルギー研究 第2回ジュニアセミナー

日時：2022年3月26日13時から17時

##### セミナー内容

再生可能な固体バイオ燃料とは？	(澤井副所長／教授)
固体バイオ燃料からの熱エネルギーとは？	(淵端教授)



セミナーの様子（講義、実習）

バイオコークスによる CO<sub>2</sub> 削減とは？

(井田所長 / 教授)

バイオコークス製造実習

バイオコークス燃焼による小型直接発電装置の見学

後援：恵庭市、恵庭市教育委員会、北広島市、  
北広島市教育委員会

### 【参加者アンケート等】

本セミナーにおいては、終了後、参加者にアンケートを行い、セミナーの難易度、興味等を調査している。その結果については、次回以降の内容、難易度等の参考にしている。また、メール等で講義内容、それらに関する

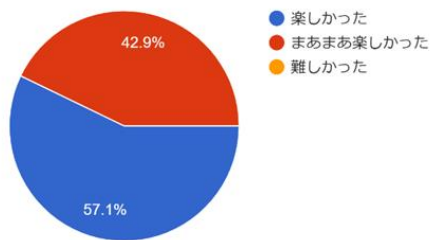
質問なども送られてきた。参加者からは、近畿大学やバイオコークスに興味をもった等の声も頂いた。以下に、アンケートの一部を示す。

#### その他

- ① 貴重なお話に興味を持ったので、バイオコークスを自由研究のテーマにしています。そこで質問があります。原料が黒くないものでもバイオコークスにすると黒っぽくなるのはなぜですか？
- ② 今回バイオコークスジュニアセミナーに参加してから、電気のつけっ放しに気をつけるようになりましたし、バイオコークスが主の電力になるのは何年後になるのかなど、家族みんなが環境のことを考える貴重な機会となりました。

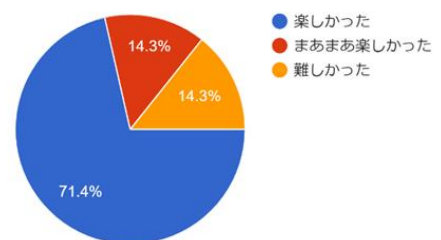
【1-1】セミナー 1：再生可能エネルギーって何？

7件の回答



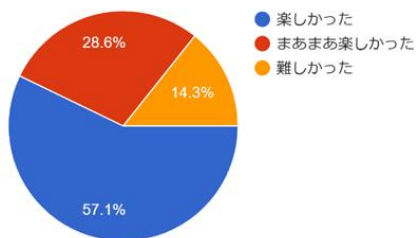
【1-3】(2) セミナー 3：熱エネルギーって何？

7件の回答



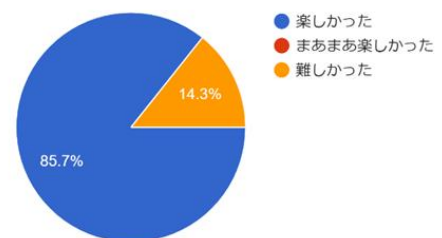
【1-2】セミナー 2：水力エネルギーを実感してみる実験

7件の回答



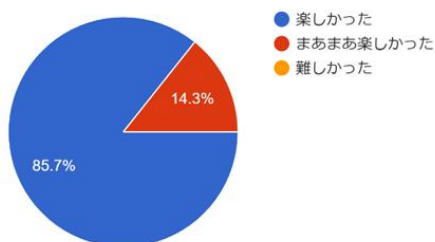
【1-4】セミナー 4：熱エネルギーを実感してみる実験

7件の回答



【1-3】(1) セミナー 3：バイオエネルギーって何？

7件の回答



2021 年度  
近畿大学 バイオコークス研究所  
【最先端再生可能エネルギー研究 ジュニアセミナー】

後援：北広島市・北広島市教育委員会

## 科学・再生可能エネルギーに興味のある方、集まれ！

近畿大学バイオコークス研究所は、小学生高学年、中学生向けのジュニアセミナーを開催します。エネルギー実験を間近で見てみたい方、科学・再生可能エネルギーに興味のある方、是非ご応募ください。研究所の見学もできます！

セミナー名：最先端再生可能エネルギー研究 ジュニアセミナー

日時：2021年7月31日（土曜日） 13：00-17：00

締め切り：7月21日（水）

対象：小学生高学年・中学生（2名／組、親子、兄弟、友達等）

人数：10組20名以下 ※先着順

開催場所：近畿大学バイオコークス研究所（恵庭市南島松 157-1）（駐車可能）

セミナー内容：1 再生可能エネルギーって何かな？  
2 バイオエネルギーって何かな？  
3 熱エネルギーって何かな？  
4 熱エネルギーで動く未来のエンジンを作ってみる！  
5 バイオコークス研究所の見学

お申込み方法：メールによる申し込み限定： kindaieniwa@gmail.com

氏名、学年、性別、住所、電話番号、保護者同伴の有無を送ってください。

受理され、参加確定者には、確認電話します。

アクセス



## ◆ 講師紹介 ◆



井田 民男 (いだ たみお)

【プロフィール】 豊橋技術科学大学大学院修了 博士 (工学)  
近畿大学バイオコクス研究所 所長/教授

【専門分野】 バイオエネルギー工学、燃焼工学

【コメント】 再生可能 (さいせいかのう) って何だろう? 地球のシステムエネルギーを部分的 (ぶぶんてき) にもらう再生可能エネルギーをかんがえてみましょう。さらに、未来のエネルギーについて考えてみましょう。



澤井 徹 (さわい とおる)

【プロフィール】 大阪大学大学院工学研究科修了 博士 (工学)  
近畿大学理工学部教授、バイオコクス研究所副所長

【専門分野】 熱工学、バイオエネルギー工学

【コメント】 バイオマスって何だろう? バイオマスから作られるエネルギーや燃料は、太陽エネルギーの恵みを蓄 (たくわ) えた地球に優しいエネルギー資源 (しげん) とも言えます。バイオマスとバイオエネルギーについて考えてみましょう。



淵端 学 (ふちはた まなぶ)

【プロフィール】 大阪大学大学院工学研究科修了 博士 (工学)  
近畿大学理工学部教授

【専門分野】 燃焼工学, 熱工学

【コメント】 エネルギーって何だろう? 電気? 自動車? ストープ? また、エネルギーはどうやって皆さんのところへやって来て、使ったエネルギーはどこへ行くのでしょうか? 普段、エネルギーを便利 (べんり) に使っているしくみを考えてみましょう。

当日、参加受付でご協力ください!

マスク着用、手指の消毒、検温

37.5 度以上の発熱がある方、発熱・咳・咽頭通などの症状がある方、同居家族や身近な知人に感染が疑われる方いる場合、過去 14 日以内に政府から入国制限、入国後の観察期間を必要とされている国、地域等へ渡航又は当該在住者との濃厚接触がある場合は、参加を見合わせて下さい。ご協力をお願い致します。

# 近畿大学バイオコークス研究所報告

第20号 2022

令和4年12月1日印刷  
令和4年12月1日発行

発行者 近畿大学バイオコークス研究所





近畿大学  
KINDAI UNIVERSITY