

## 廃棄物処理等科学研究費補助金 総合研究報告書概要版

- ・ 研究課題名=廃棄物系バイオマスからの粉炭燃料の製造可能性と有害物質除去方法の研究
- ・ 研究番号=K1807, K1945
- ・ 国庫補助金精算所要額 (円) =34,660,000 (複数年の総計)
- ・ 研究期間 (西暦) =2006-2008
- ・ 代表研究者名=堀尾 正靱 (国立大学法人東京農工大学)
- ・ 共同研究者名=共同研究者名=野田 玲治  
(国立大学法人東京農工大学 2007年10月1日付国立大学法人群馬大学へ移籍)

### ・ 研究目的=

果樹剪定枝、街路樹剪定枝、竹、廃木材等の廃棄物系バイオマスやコーヒー粕や茶殻等の食品廃棄物から、申請者らが福岡県田川郡添田町と共同で別途開発してきた「バイオマス粉炭ストーブ」(給湯器・ボイラーにも発展可能)の燃料として安全に使用できる新しい「粉炭燃料」を製造することを本研究の目的とした。

果樹・街路樹剪定枝については、農薬散布状況を調査し、農薬散布のある場合は、その残留の有無を調べた。農薬を含む場合については、炭化物に残留しない方法を検討すると共に、炭化時に発生するガスやタール等の処理方法も検討した。食品廃棄物については、木質系と同様に取り扱えるか炭化物の密度、硬度、内部表面積、流動性、化学組成、燃焼特性、エミッション特性、灰物性などの指標について測定を行った。竹、廃木材などについても、元素組成等の測定を行い、基礎的評価を行った。

H18年度には、各種廃棄物について、元素分析、工業分析、発熱量分析、熱重量分析を行ない、所期の性能が得られるかどうかを確認した。特に果樹剪定枝の場合に含まれる可能性のある農薬などの有害物を含むサンプルについては、熱分解特性や各炭化生成物への分配状況を確認し、必要な対策を検討した。

H19年度には果樹剪定枝については、炭化時の農薬、その他の有害物質の分配性について樹種を広げて確認し、食品廃棄物については炭の燃焼性、粉碎性等の評価をさらに進めた。また、バイオマス粉炭ストーブにて、各種バイオマスを燃焼させ、燃焼時のNO<sub>x</sub>、ダイオキシン等の排出特性を確認し、改善の必要性を検討した。以上より、果樹・街路樹剪定枝、食品廃棄物からの安全な粉炭燃料製造法の確立可能性を明らかにした。

### ・ 研究方法=

#### 1. サンプルの収集と炭化物サンプルの作成

全国各地の果樹園から、果樹剪定枝サンプル、薬剤散布記録を収集し、剪定枝発生量データを調査した。東京都において、街路樹剪定枝の現状について調査し、ヒアリングとサンプル収集を行った。また、各種食品製造プロセスからのコーヒー粕、茶殻等のサンプルを収集した。

果樹剪定枝は、Figure 1に示す炭化装置を用いて炭化し、炭化物および副生するタール等のサンプルを得た。昇温速度は5°C/min、設定温度まで到達後30分間保持した。Figure 1の氷冷コンデンサー部が、液体副生物(木酢、タール)の回収、氷冷インピンジャー部がガスの回収部である。本研究では、300°Cまでの抽出物を木酢とし、それ以上の高温域での抽出物をタールとした。

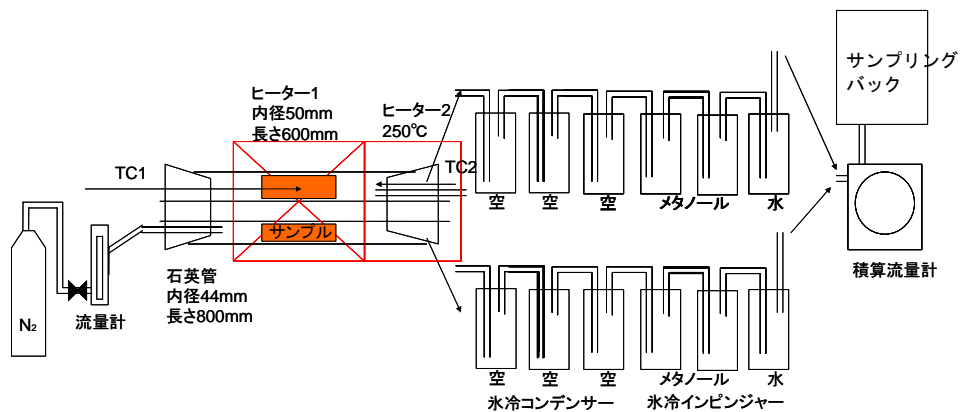


Figure 1 Carbonization Experiment Set-up

食品廃棄物の現状調査とコーヒー粕、茶殻等の収集を行った。

食品廃棄物は以下に定義する短時間炭化と長時間炭化により炭化物を作成した。

短時間炭化は、密封型の電気炉を 200、300、350、400、450、500、600、700 と 900℃に維持しておき、約 1g のサンプルをふた付るつぼに入れて炉の中に入れ、7min 間保持した後、十分に冷却し、デシケータで保管した。

長時間炭化は約 40g のサンプルをふた付るつぼに入れて密封型電気炉（KDF-S70 Φ340mm×380mm×490mm）に入れ、0.3l/min の窒素気流中で、5min 間で 300、400 または 500℃まで昇温するか、10min 間で 600、700 または 800℃まで昇温し、各温度に 2hr 保存した後、炭化炉の電源を止め、十分に冷却した後、デシケータで保管した。

そのほか、籾殻、廃紙、廃木材、竹についても収集した。

### 3. サンプルの分析実験

収集した原料とその炭化物について、CHN、ハロゲン、硫黄、微量金属分析、工業分析、発熱量分析、熱重量分析を行い、基礎的な評価を行った。

果樹剪定枝とその炭化物、炭化副生成物については、農薬分析を行い、剪定枝、炭化物への農薬の残留、木酢液、タールへの農薬分配の可能性について検討した。

食品廃棄物については、コーヒー粕とその炭化物の燃焼実験を行い、燃焼から発生した NO、HCl の分析を行った。また、製造時の必要エネルギーや輸送時の耐衝撃性に関わる強度について炭化条件による違いや木質系の炭化物に比べてどう違うかを調べた。

### 4. 粉炭燃焼器による燃焼実験

粉炭燃焼器にて、各種バイオマスから作成した粉炭の燃焼実験を行い、排ガス中の NO<sub>x</sub>、ダイオキシンについて分析した。

燃焼実験には、粉炭燃焼器として平成 18、19 年度環境省地球温暖化対策技術開発事業「バイオマス粉炭ネットワークのための家庭用・業務用小型粉炭燃焼器の開発」にて開発中のものを使用した。Table 1 にその仕様を示す。

Table 1 Specification of Powder Charcoal Combustor Developed by Horio et al. [1]

最大出力	6kW（10～15畳用）
外形寸法	高さ820mm×幅690mm×奥行き360mm
燃料仕様	150～250μm粉炭
排ガス処理方式	通電加熱型および非通電型アルマイト触媒による浄化方式
制御方式	マイコンによる自動制御式

## 結果と考察

### 1. サンプルの収集と炭化物サンプルの作成

街路樹は緑化事業に伴い、計画的に剪定が行われており、それに伴って街路樹剪定枝が発生している。街路樹剪定枝の発生量は東京都では Table 2 のようになっていた。また、東京都では、病害虫対策に剪定防除など薬剤を使わない対応をしていた。都内 5 箇所から全 6 樹種（イチョウ、ケヤキ、クスノキ、クロマツ、マテバシイ、タブノキ）、12 サンプルを収集した。

Table 2 Potential Production of Pruned Street Trees Branches in Tokyo

年度	発生量 [m3]
H16	6779
H17	9239
H18	10898

\*東京都建設局よりヒアリング(2007.7.2)による

果樹剪定枝は果物の生産に伴って、毎年発生している。Table 3 に果樹剪定枝の推定利用可能量を示す。果物の生産では、Figure 2 に各果樹の農園ごとの年間農薬散布回数を示す。病気、害虫の対策のため数十回程度の農薬が散布されていた。果樹剪定枝には農薬残留の可能性がある。各地の農園の協力によりリンゴ（青森 5 箇所）、ブドウ（広島、山梨）、ナシ（広島）、モモ（山梨）の剪定枝を農薬散布履歴とともに入手した。

Table 3 Potential Production of Orchard pruned Tree Branches

	推定利用可能量 [t/y]
青森県	74,383
愛媛県	63,932
和歌山県	59,129
長野県	46,932
熊本県	38,534
山形県	31,348
静岡県	28,438
山梨県	27,758
...	...
全国合計	764,868

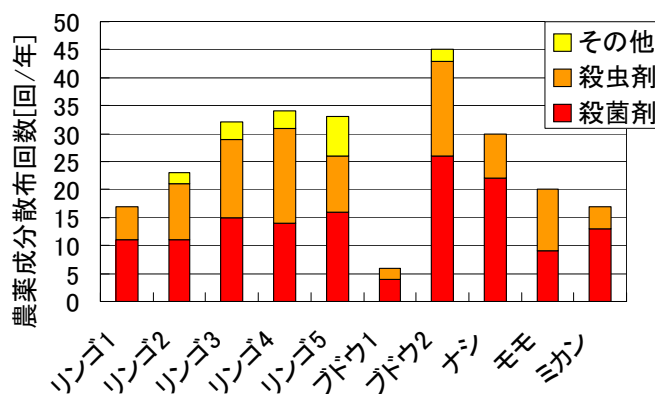


Figure 2 The number of Pesticide and Antifungal Agents Application in a Year

※NEDO バイオマス賦存量・利用可能量の推計データベース[2]

食品廃棄物は、年間約 2145 万 t (2004 年) が工場、レストランや家庭発生しており、そのうち、家庭から発生するものは約 1010 万 t、事業系から発生するものは 1135 万 t となっている。現在、家庭からのものは殆ど焼却処理されている。また、事業系から発生するものは肥料化、飼料化、油脂・油脂製品化、メタン化などにより年間 579 万 t 再利用されているものの、残りの 49% が焼却処分されている。(The Ministry of the Environment, Government of Japan [3])

食品廃棄物サンプルとして、コーヒー粕 4 種、茶殻 8 種、フルーツ残渣 7 種を収集した。

さらに比較の為、古紙サンプル 4 種、籾殻、菌床、竹サンプル 2 種、スギ、ヒノキを収集した。



イチョウ剪定枝



リンゴ剪定枝



コーヒー粕

Figure 3 Pruned Ginkgo Branches, Pruned Apple Tree Branches and Coffee Residue.

## 2. サンプルの分析実験

CHN 分析と工業分析、塩素、硫黄分析の結果を Table 4 に示す。比較のために、スギ、ヒノキについて載せた。水素、炭素、揮発分、固定炭素に大きな違いはなかった。スギ、ヒノキの幹と比べると、枝、茶殻、コーヒー粕は窒素分、灰分が高い。中でも、茶殻、コーヒー粕には窒素分が高い。塩素、硫黄分は、葉中の濃度が高い。

Table 4 Ultimate and Proximate Analyses of Biomass

	H	C	N	灰分	揮発分	固定炭素	塩素	硫黄
	[wt%-daf]			[wt%-daf]		[ppm-daf]		
リンゴ 5 枝	6.68	49.23	1.07	1.97	79.3	18.7	481	181
ブドウ 1 枝	6.16	51.09	1.29	2.55	77.6	19.8	152	204
モモ枝	6.81	50.30	1.11	2.54	79.1	18.3	84	163
ナシ枝	6.42	52.20	0.94	3.45	77.2	19.4	173	200
イチヨウ 3 枝	7.08	52.5	1.52	4.75	75.9	19.3	77	216
イチヨウ 4 枝	7.80	56.7	1.77	6.86	74.6	18.6	127	370
マテバシイ 1 枝	6.55	50.5	0.76	3.98	75.6	20.4	128	137
マテバシイ 2 枝	6.69	51.1	0.82	2.08	77.5	20.5	299	111
マテバシイ 1 葉	7.64	57.5	1.77	5.10	75.7	19.2	886	329
マテバシイ 2 葉	7.70	56.6	1.97	5.17	76.6	18.3	1255	291
スギ幹	6.66	51.4	0.18	0.48	79.5	20.0	111	107
ヒノキ幹	6.20	50.2	0.11	0.05	84.0	15.9	63	97
コーヒー粕 A	7.82	54.0	2.49	2.27	79.5	18.2	16	16
コーヒー粕 B	8.33	53.8	2.02	0.90	83.1	16.0	15	18
茶殻 A	6.96	52.4	4.69	3.94	70.6	25.5	65	123
茶殻 B	7.78	53.5	6.44	3.10	75.5	21.4	92	176
オレンジ皮	7.07	45.7	1.19	3.07	76.9	20.1	440	66
籾殻	7.05	47.6	0.45	20.35	61.5	18.2	47	12
菌床	6.58	48.0	0.81	2.09	78.0	19.9	93	47
新聞	6.37	46.4	0.10	8.50	76.8	14.7	35	17
竹(幹)	6.76	48.1	0.24	1.12	77.6	21.3	920	57

\*同じ樹種間の添え数字は場所が違うことを示す。同じ物間の添え英字は種類が違うことを示す。

Figure 4 にリンゴ 5 剪定枝炭化時の各炭化温度ごとに各成分の枝から炭への収支を示す。灰分はほぼ 100%炭へ移行し、窒素、炭素、熱量は約 50~60%炭へ残ることが分かった。塩素、硫黄分は炭化により大幅に減らせることが分かった。

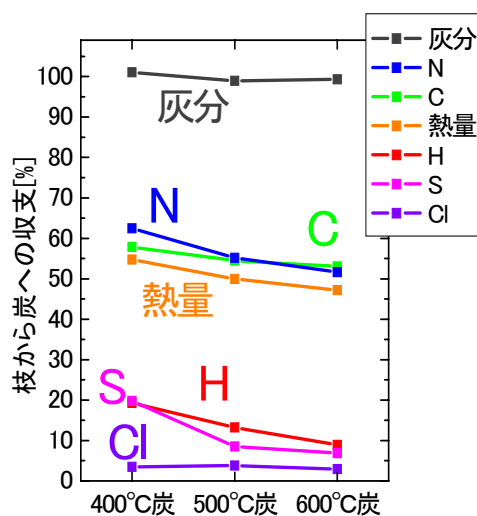


Figure 4 Distribution of Contents in Carbonization

Table 5 に街路樹剪定枝、コーヒー粕、茶殻等の重金属分析の結果を示す。街路樹剪定枝については、場所による大きな違いは見られなかった。また、バイオマス種間にも大きな違いは見られなかった。葉にはホウ素、マンガン含有率が枝と比べて、高いことが分かった。

Table 5 Heavy-metal Analyses of Pruned Street Trees Branches , Food Waste, etc.

	ホウ素	マンガン	銅	亜鉛	ヒ素	カドミウム
[ppm-dry]	B	Mn	Cu	Zn	As	Cd
イチョウ 1 枝	34	12	5.7	27.8	0.16	0.02
イチョウ 2 枝	45.7	12.4	6.2	38.4	0.1	0
クスノキ 1 枝	14.8	7.3	9.2	49.2	0.07	0.1
クスノキ 2 枝	9.9	10.7	7	22.6	0.05	0.06
クスノキ 1 葉	42	94.4	12.5	42.2	0.12	0.04
クスノキ 2 葉	38.8	150.4	13.7	37.3	0.17	0.08
マテバシイ 1 枝	7.9	16.9	5.3	30.6	0.04	0.12
マテバシイ 2 枝	7.9	20.9	6.1	24.9	0.05	0.05
マテバシイ 1 葉	30.7	106.7	7.9	37.2	0.11	0.07
マテバシイ 2 葉	40.3	118.6	9.1	38.8	0.12	0.07
コーヒー粕 A	27.0	29.0	26.4	24.3	0.55	0.40
コーヒー粕 B	36.4	33.0	26.5	32.9	0.18	0.97
緑茶 A	19.6	382.5	20.4	59.6	0.02	4.65
緑茶 B	15.3	130.9	6.6	115.5	-	0.26
オレンジ皮	20.9	10.9	5.1	49.5	-	0.42
籾殻	29.0	273.3	4.7	75.1	0.27	0.46
菌床	27.9	151.8	10.0	142.9	0.16	1.36
新聞	28.0	19.4	16.0	106.6	0.06	1.21
竹(幹)	38.5	2.0	5.3	88.5	0.07	1.13

\*添え数字は場所が違うことを示す。

Table 6 に果樹剪定枝とその炭化物の微量金属分析の結果を示す。B(ホウ素)、Mn(マンガン)、Cu(銅)、Zn(亜鉛)は炭化物に濃縮され、As(ヒ素)、Se(セレン)、Cd(カドミウム)は、炭化温度を上げることで炭中への残留量は少なくなる傾向があった。

Table 6 Heavy-metal Analyses of Pruned Orchard Tree Branches and Their Charcoal

	B	Mn	Cu	Zn	As	Cd
リンゴ 5 枝	14.38	29.20	10.76	52.39	0.21	0.08
リンゴ 5 枝炭 400°C	24.37	46.23	16.75	89.36	-	0.16
リンゴ 5 枝炭 500°C	33.65	71.25	23.49	120.27	-	0.02
リンゴ 5 枝炭 600°C	37.50	88.22	31.24	165.97	-	-
ナシ枝	23.67	36.81	16.30	21.66	0.23	0.10
ナシ枝炭 400°C	55.77	67.70	37.03	31.33	-	0.19
ナシ枝炭 500°C	61.63	81.06	43.87	47.85	-	0.05
ナシ枝炭 600°C	72.84	101.57	39.79	43.38	-	-

果樹剪定枝

Figure 5 にリンゴ剪定枝とその炭化物の農薬含有量を示す。リンゴ剪定枝には農薬が残留しているが、炭化物の場合、炭化温度 500℃以上であれば農薬が残留しないことがわかった。また、剪定枝の樹皮と木部では樹皮中の濃度が高かった。他、ブドウ 1、ブドウ 2、モモ、ナシ、ミカンの各剪定枝にて農薬の残留を確認したが、炭化温度 500℃の炭化物について分析した結果、農薬の残留は無かった。

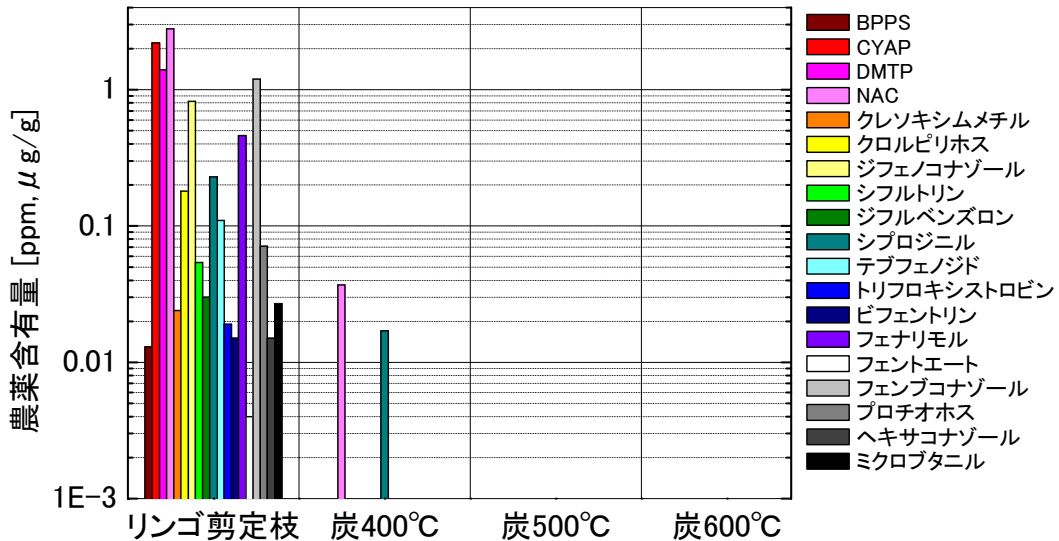


Figure 5 Contents of Pesticides and Antifungal Agents in Pruned Orchard Tree Branches and Their Charcoal Obtained at Different Carbonization Temperatures.

Figure 6 にリンゴ 5 剪定枝炭化時の農薬の各炭化生成物への分配挙動を示す。収率が 0%だった CYAP (殺虫剤)、DMTP (殺虫剤) や NAC (摘果剤) は、炭化時に分解されたと考えられる。他 4 つは殺菌剤であるが、これらは木酢液、タールへ一部分配されることが分かった

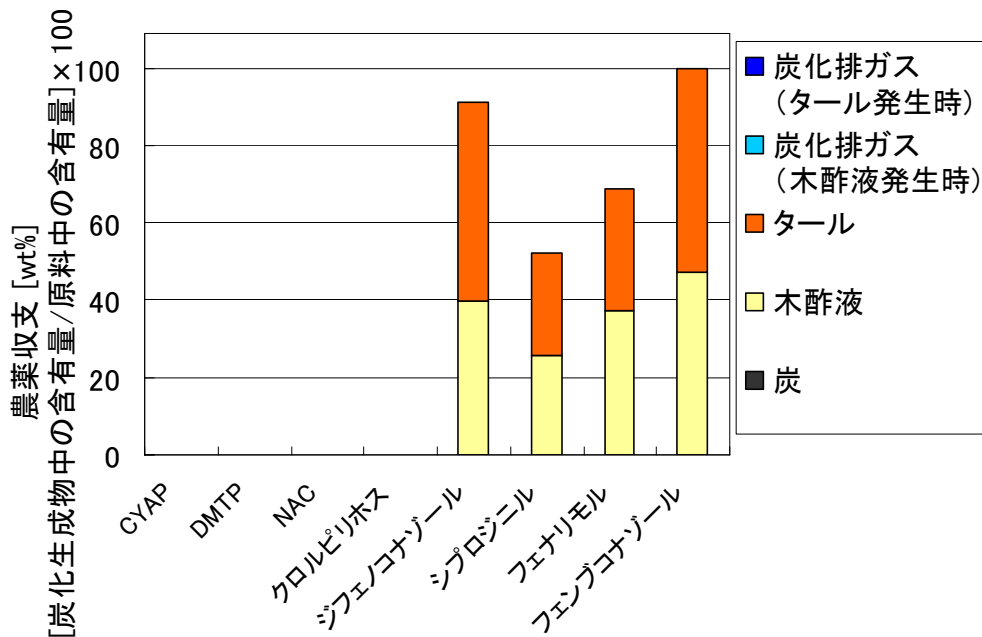


Figure 6 Distribution of Pesticides into Gas, Tar, Wood Vinegar and Charcoal at Carbonization (at 600℃) of Pruned Apple Tree Branch.

食品廃棄物

Table 7 に N<sub>2</sub>、Ar、He ガス雰囲気中で長時間炭化したコーヒー粕 A 炭化物（300、400、500℃）の CHN 分析結果を示す。窒素ガス雰囲気とその他の雰囲気では差は殆どないことを確認した。

Table 7 CHN analyses of charcoal made in different gas atmosphere

Gas atmosphere	Element	Carbonization temperature[°C]	Ultimate analysis [wt% dry (coffee charcoal)]		
			300	400	500
N <sub>2</sub>	H		7.0	5.0	3.2
	C		75.5	81.9	87.0
	N		3.6	4.2	4.2
Ar	H		7.1	4.5	3.0
	C		75.3	81.0	86.2
	N		3.7	4.3	4.2
He	H		7.4	4.7	3.2
	C		75.4	83.1	89.1
	N		3.5	4.2	4.2

Figure 7 はコーヒー粕と短時間炭化した炭化物、Figure 8 はコーヒー粕と長時間炭化した炭化物の燃焼から発生した排ガス中の NO 濃度変化を示す。400℃以上で炭化の効果が顕著となり、炭化温度が高いほど、また、長時間炭化物のほど減少した。これは、Figure 9 に示すように炭化温度が高いほど、また、長時間炭化のものほど炭化中の N 分の含有量が減少するためである。

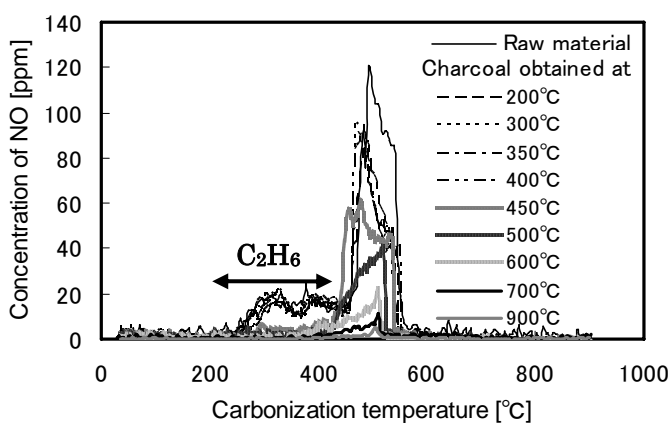


Figure 7 NO emission during combustion of Charcoal made by short time carbonization by TG-MS

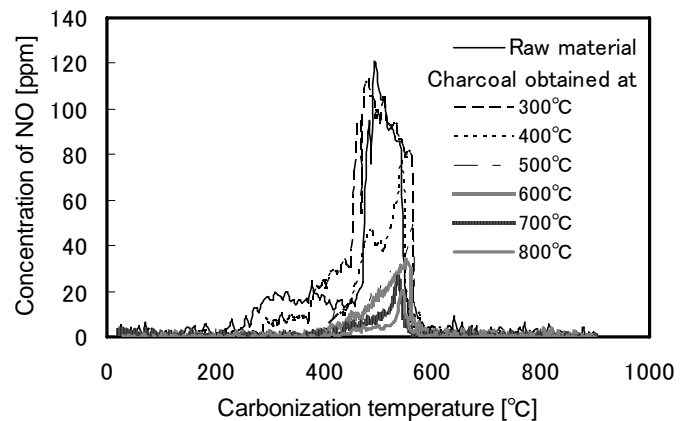


Figure 8 NO emission during combustion of Charcoal made by long time carbonization by TG-MS

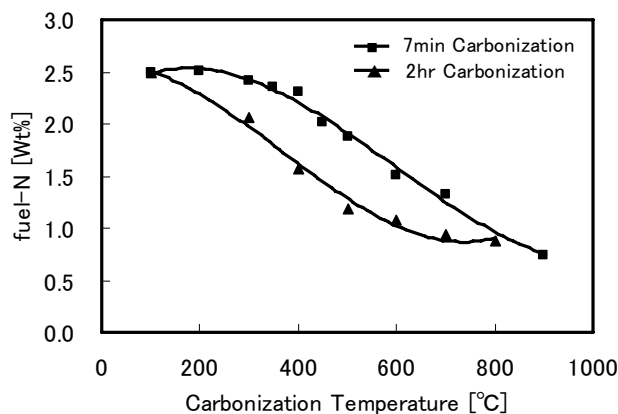


Figure 9 Fuel-N vs. carbonization temperature

排ガス中 NO 濃度の応答から、その面積を計算し、原料 N の NO への転換率を計算した。Figure 10 に炭化条件と転換率の関係を示す。同じ炭化温度でも短時間炭化物の転換率は長時間炭化物のものよりも低かった。

炭化物中の N 含有量と NO 転換率の関係を Figure 11 に示す。短時間炭化物については、炭化温度が高くなるにつれ、N 含有量が少なくなり、NO への転換率が下がっている。一方、長時間炭化物については、低温度炭化物の燃焼では、転換率は fuel-N 濃度 2%程度で高くなる傾向が見られ、その後、N 分 2.5%ではほぼ同一の値となった。これは短時間炭化の場合、残留揮発分による還元効果が存在するためかもしれない。

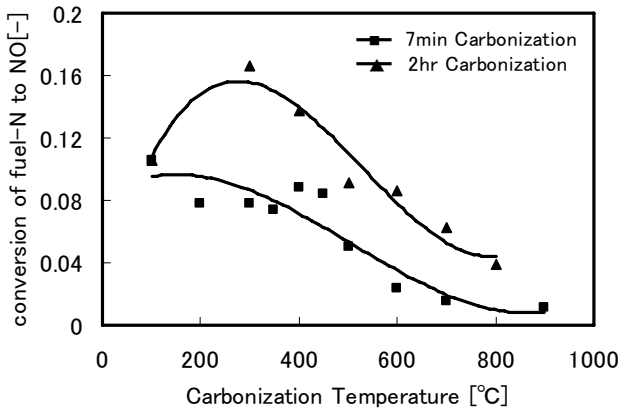


Figure 10 Conversion of Fuel-N to NO vs. Carbonization Temperature

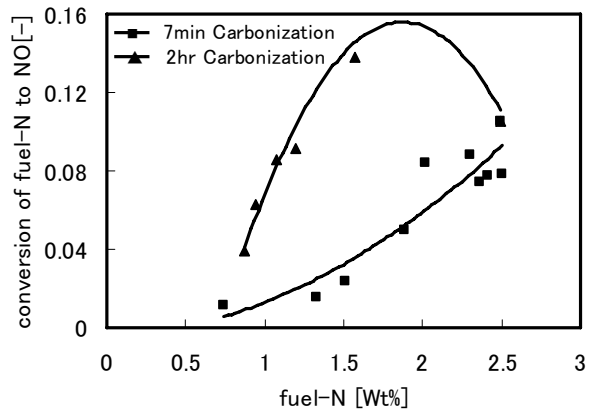


Figure 11 Conversion of Fuel-N to NO vs. Fuel-N

強度測定に先立つ参考資料としてコーヒー粕の原料と各炭化温度毎の炭化物の細孔径分布を Figure 12 に示す。コーヒー粕の原料とその炭化物 (300、400、500 および 800°C) について変形と荷重との関係を Figure 13 に示す。乾燥コーヒー粕原料の場合、変形は加重の増加につれ、大きくなるが、5N になっても、完全には圧壊されなかった。400°Cの炭化物の場合、低荷重で圧壊が始まり、小さくみに進行した。800°Cの炭化物は400°Cの場合に比べ、より高荷重で圧壊が始まり、段階的に進行した。

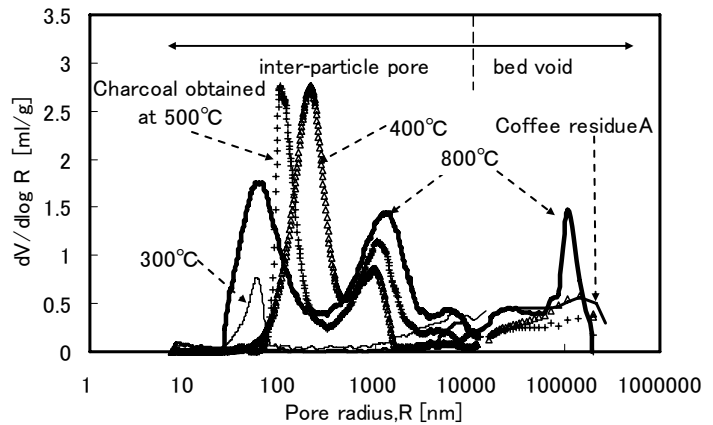


Figure 12 Differential Pore-size Distribution Curves of Coffee Residue and Its Charcoal for Different Carbonization Temperatures. (Short Time Carbonization)

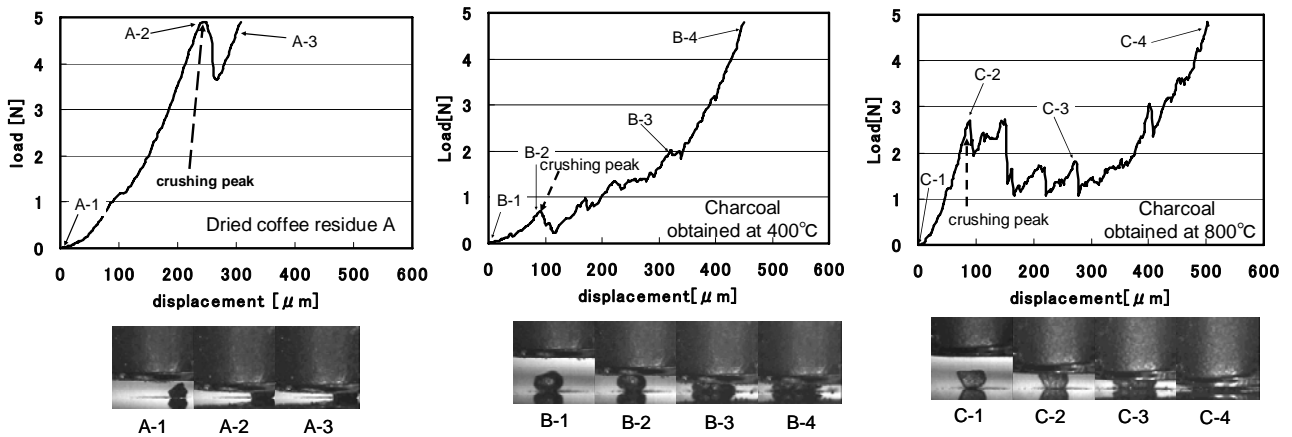


Figure 13 Comparison of Crushing Force Curves for Fried Coffee Residue and Charcoal Derived from It



Figure 14 に各炭化温度で短時間炭化したコーヒー粕炭化物の圧壊強度と粒径の関係（左）とそのワイブル分布（右）を示す。500℃の炭化物がもっとも強度が小さいことが分かった。これは、Figure 12 の細孔径分布で 400-500 では 100-500nm の細孔が多くなったのに対し、800℃では 100nm 以下と 1 $\mu$ m 程度に 2 極化しており、材料の骨格製造が 400-500℃で多孔質的になり、ぜい弱化するものと思われる。

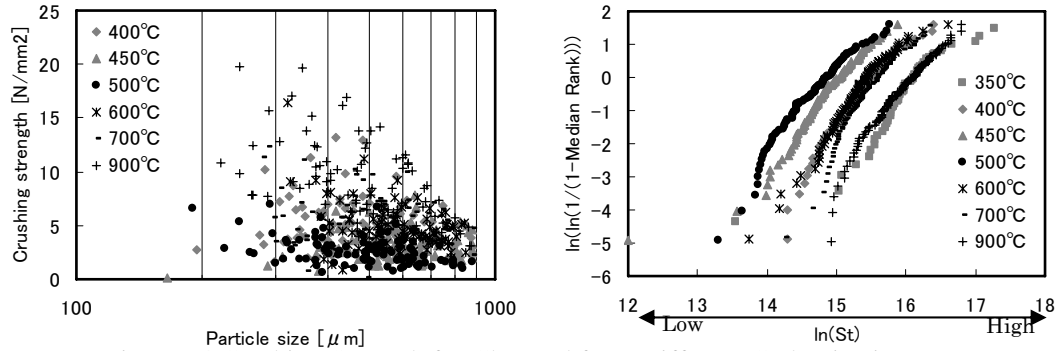


Figure 14 Crushing Strength for Charcoal from Different Carbonization Temperatures (Short time carbonization)

Figure 15 に各炭化温度で長時間炭化したコーヒー粕炭化物の圧壊荷重と粒径の関係（左）およびそのワイブル分布（右）を示す。圧壊強度は 300℃のものを除き、短時間炭化炭と大差のない結果であるといえる。Figure 15 中に比較のために示したナラ炭（岩手黒炭）粉砕粉のデータと比較しても、コーヒー粕は粉炭として十分な強度をもつといえる。

上記のコーヒー粕炭と長時間炭化炭（粒径約 800 $\mu$ m）のデータ（Figure 13）から、粉炭が圧壊されるまでのエネルギー（圧壊されるまでの面積）を求め、Figure 16 に示す。コーヒー粕の圧壊エネルギーは約  $1.3 \times 10^{-3}$  J となったが、400℃で  $0.05 \times 10^{-3}$  J まで減少し、その後、高温になるにつれ増加し、800℃で  $0.6 \times 10^{-3}$  J となった。すなわち、原料であるコーヒー粕の圧壊エネルギーをベースに考えると、粉砕に要するエネルギーは、700℃では 28%、また 800℃では 47%で済むことが分かった。

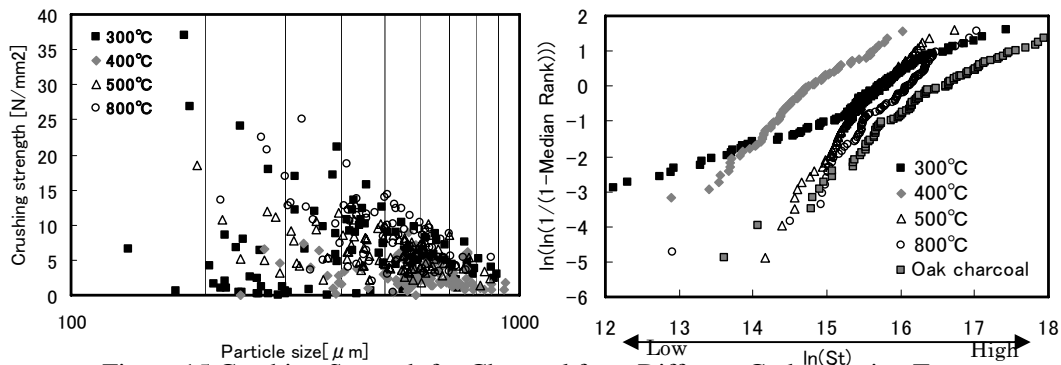


Figure 15 Crushing Strength for Charcoal from Different Carbonization Temperatures. (Long Time carbonization)

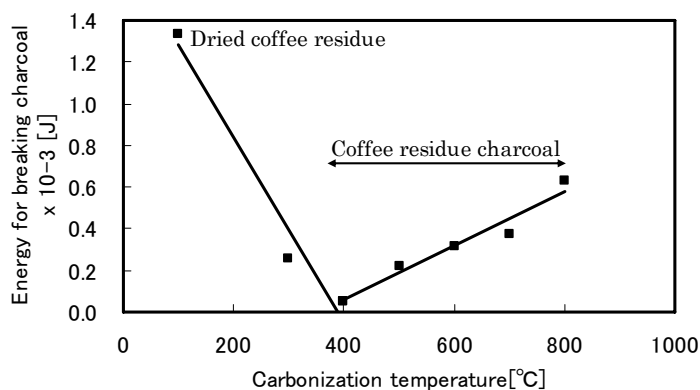


Figure 16 Energy for Breaking Coffee Residue Charcoal as a Function of Carbonization Temperature.

### 3. 粉炭燃焼器による燃焼実験結果

Table 8 に粉炭燃料排ガスの毒性当量を示す。Table 9 に示すように、燃料中の塩素、銅濃度が様々であっても、ダイオキシン類対策特別措置法の排出基準（廃棄物焼却炉 2t/h 未満 5ng-TEQ/m<sup>3</sup>N）を大きく下回ることが確認された。

Table 8 Dioxin (Toxicity Equivalent) Content in Exhaust Gas from Powdered Charcoal Combustion (O<sub>2</sub>12%conversion)

	PCDDs+PCDFs [ng-TEQ/m <sup>3</sup> N]	コプラナー PCB [ng-TEQ/m <sup>3</sup> N]	ダイオキシン類 [ng-TEQ/m <sup>3</sup> N]
ナラ炭	N.D.	0.000335	0.00034
コーヒー粕炭	N.D.	0.000044	0.000044
リンゴ剪定枝炭	N.D.	0.000039	0.000039

Table 9 Contents of Chlorine and Copper in Powdered Charcoal

	塩素 [μg/g-dry]	銅 [μg/g-dry]
ナラ炭	44	4.7
コーヒー粕炭	29	7.9
リンゴ剪定枝炭	3814	870

Table 10 に粉炭燃焼灰のダイオキシン毒性当量を示す。ダイオキシン類対策特別措置法のばいじん・焼却灰の基準である 3ng-TEQ/g を大きく下回ることが確認された。

Table 10 Dioxin (Toxicity Equivalent) content in ash from powdered charcoal combustion

	PCDDs+PCDFs [ng-TEQ/g]	コプラナー PCB [ng-TEQ/g]	ダイオキシン類 [ng-TEQ/g]
リンゴ剪定枝炭の灰	0.00652	1.4E-06	0.0065
コーヒー粕炭の灰	1.8E-06	5E-07	2.3E-06

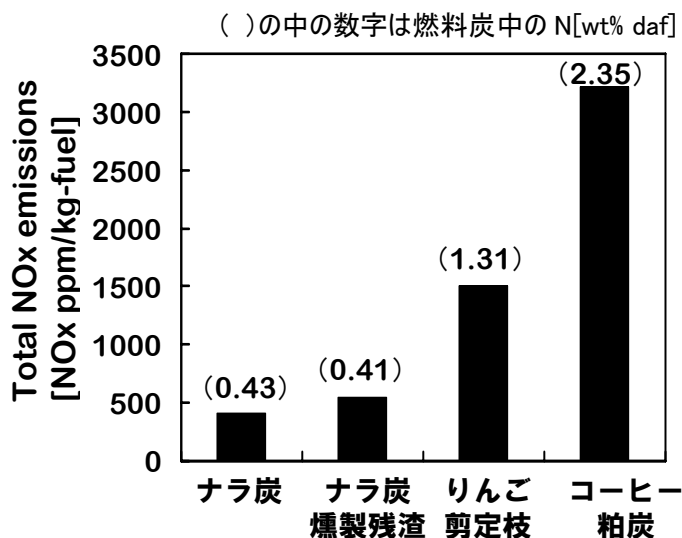


Figure 17 NO<sub>x</sub> emission from various charcoal combustion

Figure 17 に粉炭の種類別の NO 排出量を示す。ナラ炭は NO 排出量が少ないのに対して、N 分の多いコーヒー粕炭では多く排出された。

## 結論=

果樹剪定枝、街路樹剪定枝、食品廃棄物からの粉炭燃料製造可能性について、サンプル収集、炭化実験、原料と炭化生成物の元素分析、工業分析、熱重量分析、農薬分析等を行い検討した。

剪定枝に関しては以下の知見を得た。

1. 果樹剪定枝に関しては、500℃以上の炭化温度であれば、炭化物に農薬が残留しないことを6種類のサンプル（リンゴ5剪定枝、ブドウ1剪定枝、ブドウ2剪定枝、モモ剪定枝、ナシ剪定枝、ミカン剪定枝）にて確認した。一部農薬成分が木酢液、タールへ分配されることが分かり、適切な処理が必要となる可能性がある。炭化生成物への微量元素の分配を確認した結果、重金属にB(ホウ素)、Mn(マンガン)、Cu(銅)、Zn(亜鉛)は炭化物に濃縮され、As(ヒ素)、Se(セレン)、Cd(カドミウム)は、炭化温度の上昇とともに炭中への残留量が少なくなる傾向があった。また、炭化物の塩素、硫黄の含有濃度は原料と比べて約10%~60%と大幅に低くなることが分かった。

2. 街路樹剪定枝に関しては、都内5箇所から収集した全6樹種（イチョウ、ケヤキ、クスノキ、クロマツ、マテバシイ、タブノキ）、12サンプルについて、葉と枝に分け、元素分析、工業分析にて性状を検討した。灰分、窒素、塩素、硫黄は、枝よりも葉の含有濃度が高いことが分かった。収集場所による違いよりも、樹種による違いが大きい傾向が見られた。

上記の結果より農薬散布のない街路樹剪定枝は粉炭燃料源として問題ないことを確認した。

食品系廃棄物に関しては、以下の知見を得た。

1. 食品廃棄物はドライな状態であれば炭素、水素、発熱量ともに木質系と大差なかった。茶殻、コーヒー粕は窒素分が多いことが分かった。

2. 食品系廃棄物の微量重金属の中には重金属（Cr、As、Cd、Pb）とCuのようなダイオキシン生成触媒が含まれることがわかった。また、Cuは燃焼後も灰中に残留することがわかった。

3. コーヒー粕炭からのNO発生は、短時間炭化、長時間炭化のいずれの場合でも、炭化温度が高いほど、減少した。窒素含有量は、長時間炭化の方が短時間炭化より少なかったが、NOへの転換率については短時間炭化のほうが少なく、総合的には、高温短時間炭化が低NOx化にとっては効果的であることが分かった。

4. 短時間炭化炭の圧壊強度は処理温度300℃までは原料とほとんど同じで、破壊現象は見られず、5N以上の圧壊荷重となったが、炭化温度500℃まで、圧壊荷重が減少し、500℃の炭化物でもっとも低かった。500℃以後の炭化物では、炭化温度が高いほど、圧壊荷重が増加した。一方、長時間炭化炭の強度はばらつきが多く、300℃では圧壊荷重の参考は異なっていたが、500℃以上で、温度とともに増加する傾向および圧壊強度の数値は短時間炭と同じになった。また、コーヒー粕炭を圧壊するのに必要なエネルギーはコーヒー粕に比べ、47%であり、炭化後に粉碎することが、エネルギー効率的に有利であることがわかった。

以上より、食品廃棄物、とくにコーヒー粕は700-800℃程度の温度で炭化を行う限り、木質系粉炭に匹敵する燃料資源となる可能性をもつことがわかった。

また、粉炭燃焼器にて木炭、剪定枝炭、コーヒー粕炭の燃焼を行い、排ガス中のダイオキシン、とNO、灰中のダイオキシンについて、含有量の分析を行った結果、以下の知見を得た。

1. 排ガス、灰共にダイオキシン類対策特別措置法の排出基準（排ガス：5ng-TEQ/m<sup>3</sup>N（廃棄物焼却炉2t/h未満の施設）、灰：3ng-TEQ/g）を大きく下回ることを確認した。

2. NOについては、コーヒー粕炭は木炭より窒素が多く、燃焼によってNOが多く発生した。

以上、バイオマス粉炭燃料の製造・利用時の物質の分配特性、製品特性等の基礎データを得、街路樹剪定枝、果樹剪定枝、食品廃棄物からの安全な粉炭燃料製造の可能性を示した。

## 英語概要

- ・ 研究課題名 =

「Research of Powder Charcoal Production Potential from a Variety of Biomass Wastes and Method of Removing Toxic Substances」

- ・ 研究代表者名及び所属 = M.Horio, Tokyo University of Agriculture and Technology (TUAT)

- ・ 要旨 (200 語以内) =

Carbonization and char combustion characteristics of biomass and food wastes from various sources were investigated. From the following results confirmed was the potential of pruned wood biomass and food wastes as clean fuel.

The distribution of pesticides and antifungal agents into carbonization products was examined for pruned branches of orchard and/or street trees and food wastes. It was found that, for wood biomass, ash, nitrogen, chlorine and sulfur concentrations were all higher in leaves than in branches. In the case of *lithocarpus edulis*, chlorine content was 128 ppm in branches but 886 ppm in leaves. For food wastes their nitrogen content was much higher than wood's. The TG-MS analysis of NO emission from coffee residue charcoal obtained from carbonization at different temperature programs showed that high temperature rapid carbonization is effective for low NOx emission. From the crushing test of coffee residue charcoal the strength was similar to wood charcoal and the crushing energy was as low as 46% of the raw wastes for 800°C carbonization. Dioxin emission was also examined for the exhaust gas of oak, apple branch and coffee residue charcoal combustion with the automatic combustor developed by us in another project funded by the Ministry of Environment.

(200 語)

キーワード (5 語以内) = global warming、biomass waste、powder charcoal、carbonization、emission

## 引用文献

- [1] 堀尾正靱 平成19年度地球温暖化対策技術開発事業「バイオマス粉炭ネットワークのための家庭用・業務用小型粉炭燃焼機器の開発」成果報告書
- [2] NEDO バイオマス賦存量・利用可能量の推計(<http://app1.infoc.nedo.go.jp/>)
- [3] The ministry of the environment, government of Japan (2004) (<http://www.env.go.jp/recycle/food/>)