

4. 実証試験データの結果分析

4-1. 燃焼灰

- ・ 飛灰の軟化点が、前回より高くなっており、熱交換器や炉壁への付着成長の可能性は低くなると考えられる。
- ・ ナトリウム、カリウム等のアルカリ金属が少なくなっており、灰が伝熱管や熱交換器に付着して灰付着層を形成するファウリングは軽減されると考えられる。
- ・ 塩素濃度が下がっていることから、塩化物の反応で生成する腐食性の強い塩素ガス(Cl₂)の生成量も減り、伝熱管などの腐食反応は弱まると考えられる。
- ・ 全体として、前回同様、プラントへの腐食などの影響は小さいと考えられる。

灰成分		今回		前回		今回の試験方法
		飛灰	炉床灰	飛灰	炉底灰	
分析項目	単位	2022/2/9	2022/2/9	-	-	
熱灼減量	%	7.58	2.45	8.00	1.07	強熱法
炭素	%	3.07	1.22	3.79	1.15	熱伝導度法
硫黄	%	0.68	0.02	1.14	0.04	燃焼-イオンクロマトグラフ法
塩素	%	1.66	0.02	2.14	0.05	燃焼-イオンクロマトグラフ法
ナトリウム	%	0.58	0.58	1.33	1.19	原子吸光光度法
カリウム	%	3.68	2.01	8.13	8.11	原子吸光光度法
軟化点	℃	1,375	1,225	1,180	1,255	JIS M 8801準拠
球軟化点	℃	1,400	1,240	1,230	1,270	JIS M 8801準拠
溶融点	℃	1,410	1,270	1,250	1,280	JIS M 8801準拠
流動点	℃	1,425	1,390	1,320	1,330	JIS M 8801準拠

4. 実証試験データの結果分析

4-2. 肥料成分

- ・木質燃焼灰は肥料の種類の中で草木灰に近く、肥料取締法における特殊肥料となる。
- ・草木灰（植物体を燃焼させたかす。一般に、植物の茎葉、種子皮殻を比較的低温で燃焼させたもの。原料はさまざまであるため含有成分量は一定しない。アルカリ性を示す。）の成分比率の例：
リン酸3~4%、カリ4~9%、カルシウム20~30%等
以上より、いずれの数値も低いため、草木灰としての使用は難しいと考える。

灰肥料成分		今回		前回		MBEでの分析結果(参考)	
		炉床灰	飛灰	炉床灰	飛灰	炉床灰	飛灰
分析項目	単位	2022/2/9	2022/2/9	-	-	2021/5/24	2021/5/24
窒素全量(T-N)	%-wet	0.02	0.02	0.03	0.04	0.009	0.009
りん酸全量(P2O5)	%-wet	0.55	1.1	2.4	2.2	0.51	0.53
加里全量(K2O)	%-wet	2.36	3.71	6.74	7	1.2	1.5
石灰全量(CaO)	%-wet	11.3	25.3	16	12	10.1	13.3
苦土全量(MgO)	%-wet	1.7	2.1	2.4	2.9	-	-
ケイ酸(SiO2)	%-wet	52	8.8	43	40	-	-
銅	mg/kg-wet	48	120	59	96	28	53
アルミニウム	%-wet	3.5	3.4	4.3	4.7	-	-
水素イオン濃度(pH)	-	12.4/22.1	12.6/21.7	12.4	12.4	-	-
マンガン	mg/kg-wet	1,700	1,900	1,500	1,400	-	-
鉄	mg/kg-wet	29,000	20,000	30,000	41,000	-	-
ナトリウム	mg/kg-wet	5,600	4,900	5,700	6,200	-	-
クロム(*)	mg/kg-dry	76	63	32	39	460	130
チタン	mg/kg-wet	1,400	1,100	2,900	2,800	-	-
水分含有量	%	2.8	16.3	0.1未満	0.3	21.7	40.2
炭素窒素比	-	3.7	7.4	-	-	-	-

*：クロムの汚泥肥料における有害成分の最大量:500mg/kg-dry

4. 実証試験データの結果分析

4-3. 溶出試験

- ・ 今回の燃焼灰の溶出試験の結果を示す。
- ・ 基準値は廃棄物の処置及び清掃に関する法律(廃掃法)による産業廃棄物の燃え殻などの溶出判定基準を示す。
- ・ 今回の試験結果は、前回同様、基準値を下回っており、特別管理産業廃棄物に該当しない。
- ・ MBEでの過去の分析結果とほぼ同じ試験結果となった。

灰溶出試験		今回		前回		基準値	MBEでの分析結果(参考)			
		炉床灰	飛灰	炉床灰	飛灰		炉床灰		飛灰	
分析項目	単位	2022/2/9	2022/2/9	-	-		2020/9/28	2021/5/24	2020/9/28	2021/5/24
アルキル水銀化合物	mg/L	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	不検出	N.D	N.D	N.D	N.D
水銀又はその化合物	mg/L	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.0005 未満	0.005以下	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満
カドミウム又はその化合物	mg/L	0.001 未満	0.001 未満	0.009 未満	0.009 未満	0.09以下	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満
鉛又はその化合物	mg/L	0.005 未満	0.024	0.03 未満	0.28	0.3以下	0.019	0.005未満	0.005未満	0.005未満
六価クロム化合物	mg/L	0.02 未満	0.05	0.15 未満	0.3	1.5以下	0.03	0.03	1.1	0.06
砒素又はその化合物	mg/L	0.001 未満	0.001 未満	0.03 未満	0.03 未満	0.3以下	0.001未満	0.001未満	0.001未満	0.001未満
セレン又はその化合物	mg/L	0.002 未満	0.002 未満	0.03 未満	0.04	0.3以下	0.002未満	0.002未満	0.004	0.002未満
1,4-ジオキサン	mg/L	0.005 未満	0.005 未満	0.05 未満	0.05 未満	0.5以下	0.005未満	0.005未満	0.005未満	0.005未満
ダイオキシン類	ng-TEQ/g	-	-	0.00018	0.53	3	-	-	-	-
熱灼減量	%	2.5	7.6	1	6.5	-	-	-	-	-
カルシウム (C a)	mg/L	300	570	1200	100	-	-	-	-	-
塩化物イオン	mg/L	9.9	1100	21	1400	-	-	-	-	-

4. 実証試験データの結果分析

4-3. 分析試験結果報告書（炉床灰、飛灰）

分析試験結果報告書

No. oZ2100704-001

枕崎バイオマスエナジー 合同会社 様 2022年 3月 3日

計量証明事業登録第82号
株式会社 東洋環境分析センター
福岡県福岡市博多区博多駅前2丁目5番10号
Tel 092-588-7850 092-588-7751

受付日	2022年 2月 10日	受付方法	受取	
採取日	2022年 2月 9日	時刻	-	
天候	-	温度	-	
検査期間	2022年 2月 10日 ~ 2022年 3月 2日			
採取者	依頼者			
試料名	炉床灰	外観	-	
採取場所	枕崎バイオマスエナジー 合同会社			
臭気				-

御依頼されました試料の検査結果を下記により報告致します。

分析項目	単位	分析の結果	分析の方法
熱灼減量	%-dry	2.45	強熱法
炭素	%-dry	1.22	熱伝導度法
硫黄	%-dry	0.02	燃焼-イオンクロマトグラフ法
塩素	%-dry	0.02	燃焼-イオンクロマトグラフ法
ナトリウム	%-dry	0.58	原子吸光度法
カリウム	%-dry	2.01	原子吸光度法
軟化点(酸性雰囲気)	℃	1225	JIS M 8801 準拠
球軟化点(酸性雰囲気)	℃	1240	JIS M 8801 準拠
熔融点(酸性雰囲気)	℃	1270	JIS M 8801 準拠
流動点(酸性雰囲気)	℃	1390	JIS M 8801 準拠
		-以下余白-	
備考			

分析試験結果報告書

No. oZ2100704-002

枕崎バイオマスエナジー 合同会社 様 2022年 3月 3日

計量証明事業登録第82号
株式会社 東洋環境分析センター
福岡県福岡市博多区博多駅前2丁目5番10号
Tel 092-588-7850 092-588-7751

受付日	2022年 2月 10日	受付方法	受取	
採取日	2022年 2月 9日	時刻	-	
天候	-	温度	-	
検査期間	2022年 2月 10日 ~ 2022年 3月 2日			
採取者	依頼者			
試料名	飛灰	外観	-	
採取場所	枕崎バイオマスエナジー 合同会社			
臭気				-

御依頼されました試料の検査結果を下記により報告致します。

分析項目	単位	分析の結果	分析の方法
熱灼減量	%-dry	7.58	強熱法
炭素	%-dry	3.07	熱伝導度法
硫黄	%-dry	0.68	燃焼-イオンクロマトグラフ法
塩素	%-dry	1.66	燃焼-イオンクロマトグラフ法
ナトリウム	%-dry	0.58	原子吸光度法
カリウム	%-dry	3.68	原子吸光度法
軟化点(酸性雰囲気)	℃	1375	JIS M 8801 準拠
球軟化点(酸性雰囲気)	℃	1400	JIS M 8801 準拠
熔融点(酸性雰囲気)	℃	1410	JIS M 8801 準拠
流動点(酸性雰囲気)	℃	1425	JIS M 8801 準拠
		-以下余白-	
備考			

4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測の写真



煙突入口排ガスサンプリング中



サンプリングガスの冷却



排ガス量等の計算



ガス成分の計測中

4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測

- ・今回は塩素濃度を分析していないが、前述の通り、飛灰中の塩素濃度が下がっていることから塩素濃度も前回同様、低くなると想定される。
- ・硫黄酸化物、窒素酸化物とも大気汚染防止法の法令値以下であった。
- ・過去のMBEの排ガス量と大きな差は見られない。

排ガス成分		今回	前回	法令値	MBEでの分析結果(参考)		
					2020/9/1	2021/3/2	2021/8/30
排ガス温度	℃	153	171				
排ガス流速	m/sec	14.2	8.8				
排ガス水分	vol%	16.7	16.2				
排ガス量(湿り)	Nm ³ /h	25,700	22,200		26,100	24,900	25,400
排ガス量(乾き)	Nm ³ /h	21,400	18,600		20,300	20,300	20,300
排ガス組成 CO ₂	vol%	13.1	11.2				
O ₂	vol%	8.7	8.2				
CO	vol%	0.1 未満	0.0029				
ばいじん濃度	g/m ³ N	0.01	—		0.018	0.018	0.017
	g/m ³ N*	0.01	—	0.3	0.018	0.018	0.017
硫黄酸化物濃度	volppm	19	11		2.5	2.1	4
	Nm ³ /h	0.404	0.2	17.8(16.1)	0.051	0.043	0.081
窒素酸化物濃度	volppm	120	110		47	95	99
	volppm*	150	130	350	54	128	112
塩化水素濃度	mg/Nm ³	47	—		5.6	4.2	33.6
	mg/Nm ³ *	57	—	700	5.9	5.6	38.1
塩素濃度	ppm	—	0.08未満		—	—	—
	mg/Nm ³	—	0.3未満		—	—	—

* : 酸素濃度6%換算値

4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測（計量証明書）（1/7）

計量証明一覧表

事業所名 枕崎バイオマスエナジー 合同会社

施設名	枕崎バイオマス発電所(排気筒出口)								
設置年月日	2020年								
燃料の種類									
報告 No.	oT2100009 001								
測定年月日	2022/2/4								
測定項目	単位	測定結果	規制値	測定結果	規制値	測定結果	規制値	測定結果	規制値
標準酸素 (0n)	vol%	6							
排ガス温度	℃	153							
排ガス流速	m/sec	14.2							
排ガス水分	vol%	16.7							
湿り排ガス流量	m ³ /h	25700							
乾き排ガス流量	m ³ /h	21400							
排ガス組成	CO ₂	vol%	13.1						
	O ₂	vol%	8.7						
	CO	vol%	0.1 未満						
ばいじん濃度	g/m ³ s	0.010							
酸素換算値	g/m ³ s	0.010	0.30 (法令)						
硫黄酸化物濃度	volppm	19							
硫黄酸化物排出量	m ³ /h	0.404	17.77 (法令)						
窒素酸化物濃度	volppm	120							
酸素換算値	volppm	150	350 (法令)						
塩化水素濃度	mg/m ³ s	47							
酸素換算値	mg/m ³ s	57							

4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測（計量証明書）（2/7）

測定結果報告書

枕崎バイオマスエネルギー 合同会社 様

枕崎バイオマス発電所(排気筒出口)
第1号ボイラー

測定日 2022年2月4日

株式会社 東洋環境分析センター
〒880-0855 宮崎県宮崎市田代町100番地
TEL 0985-24-1122
FAX 0985-24-1166

計量証明書

報告書No. oT2100009
2022年2月22日

枕崎バイオマスエネルギー 合同会社 様

計量証明事業登録(宮崎県)登録第1号
株式会社 東洋環境分析センター
宮崎県宮崎市田代町100番地
TEL 0985-24-1122
FAX 0985-24-1166
環境計量士 清野 将 希

ご依頼受けました、濃度に保わる計測結果を次の通り証明致します。

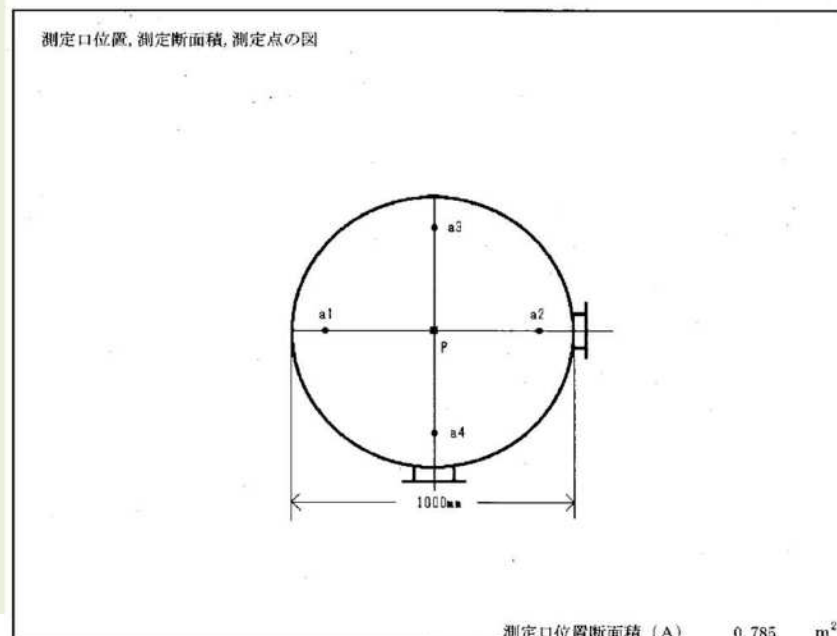
施設名及び型式名	枕崎バイオマス発電所(排気筒出口) 第1号ボイラー		
測定年月日	2022年2月4日 09時50分～11時10分		
測定者氏名	榎本 昭博 四元 正一郎 鶴田 隼樹		
計量の対象	計量の結果	計量の方法	
ばいじん濃度	実測値	0.010 g/m ³	JIS Z 8808
	酸素 0s vol%換算	0.010 g/m ³	1型円筒濾紙法
硫黄酸化物濃度	実測値	19 volppm	JIS K 0103
	排出量	0.404 m ³ /h	イソマトグラフ法
窒素酸化物濃度	実測値	120 volppm	JIS K 0104
	酸素 6 vol%換算	150 volppm	化学発光法
塩化水素濃度	実測値	47 mg/m ³	JIS K 0107
	酸素 6 vol%換算	57 mg/m ³	イソマトグラフ法
		— 以下 余 白 —	
備考			

4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測 (計量証明書) (3/7)

ばい煙量等測定結果総括書 報告 No. oT2100009					
事業所名 枕崎バイオマスエナジー 合同会社		2022年2月22日			
施設名 枕崎バイオマス発電所(排気筒出口)					
測定年月日	2022年2月4日	測定時刻	09:50~11:10	測定箇所	煙突
測定者名	榎本 昭博 四元 正一郎 鶴田 隼樹		燃焼状態	通常燃焼	
測定方法	ばいじん濃度 JIS Z 8808 硫酸化物濃度 JIS K 0103 窒素酸化物濃度 JIS K 0104 塩化水素濃度 JIS K 0107 —以下余白—		1型円筒濾紙法 イソプロパノール法 化学発光法 イソプロパノール法		
排出ガス組成	二酸化炭素 (CO ₂)	酸素 (O ₂)	窒素 (N ₂)	空気比	
	13.1 vol%	8.7 vol%	78.2 vol%	1.72	
燃料使用量	[] 実測 [] 聞き取り [] 不明 [] その他 ()				
使用燃料	下記の数値は、[] 燃料メーカー試験成績表より転記 [] 一般文献値 [] 分析値				
	種類				
	組成	密度 — g/cm ³ , 15℃	硫黄分 — vol%	窒素分 — vol%	
高発熱量	— Kcal/Kg (— KJ/Kg)				
焼却物 (測定当日)					
測定項目	単位	測定結果		規制基準値	
		平均	最大		
排ガス	温度	℃	153		
	酸素濃度	vol%	8.7		
	流速	m/s	14.2		
	水分	vol%	16.7		
排ガス量	湿り	m ³ /h	25700		
	乾き	m ³ /h	21400		
ばいじん濃度	実測値	g/m ³	0.010	0.011	
	酸素0s vol%換算	g/m ³	0.010	0.30 (法令)	
硫酸化物濃度	実測値	volppm	19	24	
	排出量	mg/h	0.404	17.77 (法令)	
	k 値		0.40	17.5	
窒素酸化物濃度	実測値	volppm	120	130	
	酸素6vol%換算	volppm	150	350 (法令)	
塩化水素濃度	実測値	mg/m ³	47	66	
	酸素6vol%換算	mg/m ³	57		
備考	判定：排出基準内にあり適合。				

ばい煙発生施設の概要 報告 No. oT2100009			
主として届出値		測定年月日 2022.2.4	
ばい煙発生施設の名称および形式		枕崎バイオマス発電所(排気筒出口) 第1号ボイラー	
設置年月日		2020年	
規模	伝熱面積	— m ²	蒸発量 — kg/h
	処理能力	— kg/h	
	最大排出ガス量	— m ³ /h	排ガス温度 — °C
排気設備	測定箇所の形状、寸法	円形 1.0 φ m	断面積 0.785 m ²
	煙突頂口の形状、寸法	円形 1.0 φ m	断面積 0.785 m ²
	煙突の高さ	22.0 m	笠の区分 無
処理施設	発電用木質バイオマスボイラー		
燃料の種類			
その他			



4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測 (計量証明書) (4/7)

ガス組成分析記録							報告No. oT2100009
JIS K 0301 (連続分析方式)							測定年月日 2022.2.4
No.	測定時刻	測定点	二酸化炭素 CO ₂ (vol%)	酸素 O ₂ (vol%)	一酸化炭素 CO (vol%)	窒素 N ₂ (vol%)	空気比 m (kg/m ³)
1	09:55	P	13.2	8.1	< 0.1	78.7	1.266
2	09:57	P	13.2	9.4	< 0.1	77.4	
3	10:01	P	12.8	8.6	< 0.1	78.6	
			13.1	8.7	< 0.1	78.2	

水分量測定記録								
JIS Z 8808 (吸湿管による方法)								
No.	測定時刻	測定点	吸引ガス量 Vm	ガス温度 θm	飽和水蒸気圧 Pv	ガス圧力 Pm	吸湿水分質量 ma	水分量 Xw
			g	℃	kPa	kPa	g	vol%
1	10:00~10:04	P	10.02	10.7	0.00	0.00	1.78	18.7
2	10:04~10:08	P	10.02	11.1	0.00	0.00	1.34	14.8
3								
							平均	16.7

空気比の計算式

$$m = \frac{N_2}{N_2 - 3.76(O_2 - 0.5 \times CO)}$$

温度0℃、気圧101.32kPaに換算した湿り排ガスの密度の計算式

$$\rho_o = \frac{1}{22.4 \times 100} \left[(44 \cdot CO_2 + 32 \cdot O_2 + 28 \cdot CO + 28 \cdot N_2) \frac{100 - X_w}{100} + 18 \cdot X_w \right]$$

排ガス中の水蒸気の体積百分率の計算式

$$X_w = \frac{\frac{22.4}{18} \times ma \times 100}{Vm \times \frac{273}{273 + \theta_m} \times \frac{Pa + P_m - P_v}{101.32} + \frac{22.4}{18} \times ma}$$

大気圧 (Pa) 101.32 kPa

流速・流量測定記録										報告No. oT2100009
JIS Z 8808 傾斜マノメータ										測定年月日 2022.2.4
ピトー管 ウェスタン型		ピトー管係数 C		0.856		拡大率		5 倍		
封液密度 ρm		1.020		ρo		1.265 kg/m ³		密度量 ρ		0.810 kg/m ³
大気圧 Pa		101.32 kPa								
番号	測定時刻	測定点	静圧 Ps (kPa)	零点読 h'1 (Pa)	動圧読 h'2 (Pa)	動圧差 h' = h'2 - h'1 (Pa)	実動圧 Pd (Pa)	排ガス温度 θs (℃)	流速 v (m/s)	
1	09:50	a1	-0.028	110	640	530	108.12	153	13.98	
2	09:51	a2	-0.028	110	680	570	116.28	153	14.50	
3	09:52	a3	-0.023	110	660	550	112.20	153	14.24	
4	09:53	a4	-0.024	110	650	540	110.16	153	14.11	
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
平均静圧	Ps	(kPa)								-0.026
平均排ガス温度	θs	(℃)								153
平均流量	v	(m/s)								14.2
湿り排ガス流量	QN	(m ³ /h)								25700
乾き排ガス流量	Q'N	(m ³ /h)								21400

ダクト内における排ガスの密度の計算式

$$\rho = \rho_o \times \frac{273}{273 + \theta_s} \times \frac{Pa + Ps}{101.32}$$

流速の計算式

$$v = \sqrt{\frac{2 Pd}{\rho}} \times C$$

湿り排ガス流量の計算式

$$Q_N = A \times 3600 \times \frac{273}{273 + \theta_s} \times \frac{Pa + Ps}{101.32} \times v$$

乾き排ガス流量の計算式

$$Q'_N = Q_N \times \left(1 - \frac{X_w}{100}\right)$$

水分量 (Xw) : 16.7 vol%
測定口位置断面積 (A) : 0.785 m²

4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測 (計量証明書) (5/7)

ばいじん濃度測定記録												報告 No. oT2100009	
JIS Z 8808 (1型円筒濾紙法)												測定年月日 2022.2.4	
ばいじん濃度測定方法	採集形式		1型円筒濾紙法				採集材質		シリカ				
	採取方法		移動採取法										
測定条件	測定点	d mm φ	v m/s	θs °C	Ps kPa	qm ℓ/min	測定点	d mm φ	v m/s	θs °C	Ps kPa	qm ℓ/min	
	a1	8	13.98	153	-0.028	23.4							
	a2	8	14.50	153	-0.028	24.3							
	a3	8	14.24	153	-0.023	23.8							
	a4	8	14.11	153	-0.024	23.6							

採取時刻		10:15~10:42	10:35~11:06
採取点		a1~a2	a3~a4
吸引ガス量 Vm (ℓ)		600.58	600.21
ガス温度 θm (°C)		15.5	16.2
飽和水蒸気圧 Pv (kPa)		0.00	0.00
ガス圧力 Pm (kPa)		0.00	0.00
乾きガス量 V'N (m³)		0.5683	0.5666
酸素濃度 Os (vol%)		8.7	
ろ紙質	md (g)	0.00620	0.00533
ばいじん濃度 C _N (g/m³)		0.011	0.009
平均ばいじん濃度 C _N (g/m³)		0.010	
酸素 Os vol%換算 C' _N (g/m³)		0.010	

ガスメータにおける等速吸引流量の計算式

$$q_m = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times v \times \left(\frac{100 - X_w}{100} \right) \times \frac{273 + \theta_m}{273 + \theta_s} \times \frac{P_a + P_s}{P_a + P_m - P_v} \times 60 \times 10^{-3}$$

標準状態における吸引した乾き排ガス流量の計算式

$$V'_N = V_m \times \frac{273}{273 + \theta_m} \times \frac{P_a + P_m - P_v}{101.32} \times 10^{-3}$$

乾き排ガス中のばいじん濃度計算式

$$C_N = \frac{m_d}{V'_N}$$

ばいじん濃度換算値の計算式

$$C'_N = \frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_{s1} + \dots + \frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_{sn}$$

全断面積の平均ばいじん濃度の計算式

$$\bar{C}_N = \frac{C_{N1} \cdot A \cdot v_1 + C_{N2} \cdot A \cdot v_2 + \dots + C_{Nn} \cdot A \cdot v_n}{A \cdot v_1 + A \cdot v_2 + \dots + A \cdot v_n}$$

排ガス中のばいじん濃度の計算式

$$S = \bar{C}_N \times Q'_N \times 10^{-3}$$

断面積 (A): 0.785 m²
 排ガス温度 (θs): 153 °C
 水分量 (Xw): 16.7 vol%
 大気圧 (Pa): 101.32 kPa
 乾きガス流量 (Q'_N): 21400 m³/h

窒素酸化物濃度測定記録					報告 No. oT2100009	
JIS K 0104 (化学発光法)					測定年月日 2022.2.4	
使用機器名称	NOx 計	NOA-7100	O ₂ 計	CGT-7100		
窒素酸化物濃度	使用レンジ	0 ~ 250 volppm	校正ガス濃度		250.3 volppm	
酸素濃度	使用レンジ	0 ~ 25 vol%	校正ガス濃度		24.5 vol%	
測定時刻	09:55 ~ 10:15					
番号	測定時刻	NOx (volppm)	O ₂ (vol%)	換算値 (volppm)		
1	09:55	121	8.1	141		
2	09:57	122	9.4	158		
3	09:59	125	9.2	159		
4	10:01	129	8.6	156		
5	10:03	123	9.0	154		
6	10:05	120	9.4	155		
7	10:07	112	8.8	138		
8	10:09	111	8.8	136		
9	10:12	124	8.3	146		
10	10:14	113	8.2	132		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						
窒素酸化物濃度	Cs (volppm)	120				
採集時の平均酸素濃度	Os (vol%)	8.8				
酸素 6 vol%換算値	C _N (volppm)	148				

窒素酸化物換算値の計算式

$$\bar{C} = \frac{\frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_{s1} + \dots + \frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_{sn}}{n}$$

4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測（計量証明書）（6/7）

塩化水素濃度測定記録				報告 No. oT2100009
JIS K 0107 (イオンクロマトグラフ法)				測定年月日 2022.2.4
採取番号	1	2	3	
採取時刻	10:11~10:21	10:22~10:32		
採取点	P	P		
採取条件	吸引ガス量 V (ℓ)	20.02	20.03	
	ガスメータ温度 θ _m (°C)	12.5	13.1	
	飽和水蒸気圧 P _v (kPa)	0.00	0.00	
	ガスメータ圧力 P _m (kPa)	0.00	0.00	
	標準状態における乾き吸引ガス量 V _s (ℓ)	19.14	19.11	
分析	捕集時の酸素濃度 O _s (vol%)	8.7	8.7	
	試料の溶液量 V ₀ (mℓ)	100	100	
	検量線で求めた量 a (mg/ℓ)	12.269	5.090	
	空試験で求めた量 b (mg/ℓ)	0.000	0.000	
	塩化水素濃度 C _s (mg/m ³)	66.0	27.4	
塩化水素濃度 C _s ' (volppm)	40.5	16.8		
平均塩化水素濃度 C̄ _s (mg/m ³)			46.7	
平均塩化水素濃度 C̄ _s ' (volppm)			28.6	
平均酸素 6 vol%換算値 C̄ (mg/m ³)			57.0	
平均酸素 6 vol%換算値 C̄' (volppm)			34.9	
<p>標準状態の試料ガス採取量の計算式</p> $V_s = V \times \frac{273.15}{273.15 + \theta_m} \times \frac{P_a + P_m - P_v}{101.32}$				
<p>塩化水素濃度の計算式</p> $C_s = \frac{1.03 \times (a-b) \times V_0}{V_s}$		<p>塩化水素濃度 (volppm) の計算式</p> $C_s' = C_s \times \frac{0.632}{1.03}$		
<p>塩化水素換算値の計算式</p> $\bar{C} = \frac{\frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_{s1} + \dots + \frac{21 - O_n}{21 - O_s} \times C_{sn}}{n}$				
大気圧 (P _a) : 101.32 kPa				

硫黄酸化物測定記録				報告 No. oT2100009
JIS K 0103 (イオンクロマトグラフ法)				測定年月日 2022.2.4
採取番号	1	2	3	
採取時刻	10:11~10:21	10:22~10:32		
採取点	P	P		
採取条件	吸引ガス量 V (ℓ)	20.02	20.03	
	ガスメータ温度 θ _m (°C)	12.5	13.1	
	飽和水蒸気圧 P _v (kPa)	0.00	0.00	
	ガスメータ圧力 P _m (kPa)	0.00	0.00	
	標準状態における乾き吸引ガス量 V _s (ℓ)	19.14	19.11	
分析	試料の溶液量 V ₀ (mℓ)	100	100	
	検量線で求めたSO ₂ 量 a (mg/ℓ)	19.628	11.377	
	空試験で求めたSO ₂ 量 b (mg/ℓ)	0.000	0.000	
	硫黄酸化物濃度 C (volppm)	23.9	13.9	
	平均硫黄酸化物濃度 C̄ (volppm)			18.9
硫黄酸化物排出量 S (m ³ /h)			0.404	
<p>試料ガス採取量の計算式</p> $V_s = V \times \frac{273.15}{273.15 + \theta_m} \times \frac{P_a + P_m - P_v}{101.32}$				
<p>試料ガス中の硫黄酸化物の体積濃度の計算式</p> $C = \frac{0.223 \times (a - b) \times V_0}{V_s}$				
<p>硫黄酸化物排出量の計算式</p> $S = Q_N \times \bar{C} \times 10^{-6}$				
大気圧 (P _a) : 101.32 kPa 乾きガス流量 (Q _N) : 21400 m ³ /h				

4. 実証試験データの結果分析

4-4. 排ガス計測（計量証明書）（7/7）

硫黄酸化物排出基準計算書

報告 No. 6T2100009

測定年月日 2022.2.4

1. 計算条件（等無し）

排出ガス温度	θ_s	℃	153
排出ガス流量	Q_N	m^3/h	25700
排出口断面積	A	m^2	0.785
排出口高さ	H_0	m	22.0

排出ガスの排出速度（V）の計算

$$V = \frac{273 + \theta_s}{273} \times \frac{Q_N}{3600 \times A} \quad [m/s]$$

15℃における排出ガス量の計算

$$Q = \frac{A \times V \times (273 + 15)}{273 + \theta_s} \quad [m^3/s]$$

2. 補正された排出口の高さ（He）の計算

$$He = H_0 + 0.65 \times (H_m + H_t) \quad [m]$$

$$H_m = \frac{0.795 \times \sqrt{Q \times V}}{1 + \frac{2.58}{V}} \quad [m]$$

$$H_t = 2.01 \times 10^{-5} \times Q \times (273 + \theta_s - 288) \times \left\{ 2.30 \log(J) + \frac{1}{J} - 1 \right\} \quad [m]$$

$$J = \frac{1}{\sqrt{Q \times V}} \times \left\{ 1460 - 296 \times \frac{V}{273 + \theta_s - 288} \right\} + 1 \quad [m]$$

H_m : 排出ガスの速度による上昇高さ (*1)

H_t : 排出ガスの浮力による上昇高さ (*2)

3. 硫黄酸化物許容排出量（q）の計算

$$q = K \times 10^{-3} \times (He)^2 \quad [m^3/h]$$

4. 測定時のk値

$$k = \frac{S \times 10^3}{(He)^2}$$

5. 計算結果のまとめ

補正後排出高さ	He	m	31.9
硫黄酸化物許容排出量	q	m^3/h	17.77
硫黄酸化物排出量（実測値）	S	m^3/h	0.404
K 値			17.5
k 値（実測値）			0.40

(*1) : 煙突から放出された煙は一定の速度で放出されるため、運動量を持っており、この運動量によって上昇する高さという。即ち、排出ガスの上向き速度が大きいと風に行ち勝って上昇するがある点迄達するとエネルギーを失い上昇速度がなくなる。この上限高さという。

(*2) : 煙突から放出された煙の温度は大気の数度より高いため、お互いの密度が異なる。その密度差が浮力となって煙は上昇するが、大気温度に等しくなり密度差がなくなると上昇がとまる。この浮力によって上昇した高さという。

4. 実証試験データの結果分析

4-5. 総括

- ・以下の表にこれまでの結果をまとめる。
- ・今回の結果から、竹の混焼による、クリンカやファウリングの発生、水管への塩素腐食の発生を、前回の結果と比較して、より抑制できると考えられる。

項目	成分	結果	効果(*)
原料	カリウム	前回より低い	より抑制できる
	カルシウム	前回より高い	より抑制できる
	塩素	前回と同程度	同程度は抑制できる
灰成分	軟化点	前回より高い	より抑制できる
	ナトリウム、 カリウム	前回より低い	より抑制できる
	塩素	前回より低い	より抑制できる
排ガス	塩素	(灰の塩素が低い)	同程度は抑制できる
運転データ	温度、炉内圧力、 発電量など	試験期間中は安定 試験期間前後との差はない	同程度は抑制できる

* : 「鹿児島県竹バイオマスエネルギー利用化実証研究事業業務報告書2021年3月15日」の
「クリンカ・ファウリングの発生、水管への塩素腐食の発生を抑制することが確認できた」

なお、竹齢により竹に含まれるカリウムや塩素が多くなり（前回報告書において、カリウムは竹齢1年は竹齢3年以上の3～4倍多い）、また放置または管理竹林により竹に含まれるカリウムに差があり（前回報告書において、3年以上の放置竹林ではカリウムは低くなる）、更に鹿児島県の地域別のバラツキも見られたため、これらの要素についても注意する必要がある。

5. 各事業者からのコメントや課題など

5-1. 得られた知見とコメントなど

・以下の表に県内各発電事業者より得られた知見とコメントなどをまとめる。

発電事業者(発電出力,燃料,ボイラー型式)	得られた知見やコメント
B社 (5.75MW、未利用材・一般材、CFBボイラー)	<ul style="list-style-type: none"> ・実証事業として実際に燃焼試験を行ってもらい今回、燃料比率5%程では問題ない知見となったが、杉と比較してカリウムが4.4倍ある事からあまり比率は上げられないのではないかとと思われる。 ・今回の燃焼実験も10日間と短いこともあり、半年連続操業での結果も見てみたい。弊社では6カ月連続でもかなり過熱器への灰付着が多い為。
C社 (49.9MW、地域材・PKS、輸入木質ペレット、CFBボイラー)	<ul style="list-style-type: none"> ・今回の試験はストーカー炉での試験で燃焼に大きな影響はないとのこと竹チップの有効利用は可能と考える。 ・排ガス分析でNO_x値が高いので、鹿児島市は150ppmが規制値ですのどの程度の影響が出るか評価が必要だろう。
D社 (1.99MW、未利用材、トラベリングストーカー炉)	<ul style="list-style-type: none"> ・地域でどの程度発生し、処理できるかが課題だろう。 ・木材もコストアップしている、地域の竹を使えば、win-winの関係になる。 ・メーカー保証後に試験を考えたい。 ・ブランクと竹の比較ができるようなデータを持っておきたいので、できれば、もう1年ブランクで運転した後に竹を入れたい。
E社 (1.99MW、未利用材、トラベリングストーカー炉)	<ul style="list-style-type: none"> ・今まで「竹」は燃料に向かないという都市伝説？が無くなった。 ・ただし長期間での使用でどんな影響がでるのか？はわからない（ボイラ・灰の成分）設備投資側として不安が残るところ。 ・そこで、長期的なデータを得るために、 →竹チップ使用に県から補助金を当てがい、燃料代を安くすることで長期使用をする事業者も名乗りをあげるのではないかと →または未利用材としての認定と木材相場に影響を受けない価格設定をもうける ・なお、ボイラーメーカーから「10日間の実証報告として拝見した範囲では大きく気になった点はない」と回答があった。

5. 各事業者からのコメントや課題など

5-2. 導入可能性と課題や方策など-1

・以下の表に県内各発電事業者より頂いた導入可能性と課題・方策などをまとめる。

発電事業者(発電出力,燃料,ボイラー型式)	導入可能性	課題や方策など
B社 (5.75MW、未利用材・一般材、CFBボイラー)	<ul style="list-style-type: none"> ・導入するにあたっては、竹が未利用材として認められることが上げられると思われる。 ・また、今回の燃焼データからは5%程であれば燃焼可能な量になるのかと思われるが、弊社はピット&クレーンにて燃料投入しており燃料を上手く混ぜられない現状がある為、どう上手く竹燃料を投入できるかが課題になると思われる。(レイアウトの問題より別途投入ラインを追加できるか) 	
C社 (49.9MW、地域材・PKS、輸入木質ペレット、CFBボイラー)		<ul style="list-style-type: none"> ・今回の試験はストーカー炉での試験だったが、弊社CFBでの竹チップ5%で燃焼におけるベッド材(珪砂)のアグロメ生成等の影響が出るのか検証する必要がある。評価するには一定期間燃焼させる必要があるが、5%で約40t/日の燃料及び供給体制の検討が必要だろう。 ・試験にあたっては、FIT認定設備であり、監督官庁の承認、手続き等が必要になる場合も想定される。 ・間伐材チップはコンベヤで搬送しているが、竹チップ搬送での影響も検討する必要がある。 ・以上の試験等(燃焼によるアグロメ(注記*1)、ファウリング、排ガス規制)をクリアし竹チップがFIT認定になれば導入は可能と考える。 ・九州電力より出力制御指令(55%送電出力)を要請されるため、燃料比率を変えて運転する必要がある。 ・以上の課題を踏まえ、今後とも本協議会の検討動向を見ながら竹チップ導入可否を検討する必要があると考える。

5. 各事業者からのコメントや課題など

5-2. 導入可能性と課題や方策など-2

・以下の表に県内各発電事業者より頂いた導入可能性と課題・方策などをまとめる。

発電事業者(発電出力,燃料,ボイラー型式)	導入可能性	課題や方策など
D社 (1.99MW、未利用材、トラベリングストーカー炉)	・5%なのでそれほど影響が出ないと思っていたので、特に驚きはない。	・量を増やす場合、リアルタイムでのモニタリング手法の開発が必要だろう。
	・ストーカー炉なので、運転データも変動せず安定するだろう。	・実際の使用を考えた時には未利用材にしたい。
	・少量であれば問題ないと思う。	・価格設定をどうするか。
		・荒れている竹林整備に補助が出ると良い。 ・DXなどを採用し、もっとデジタルな運転をできないかと思う。 ・竹の試験を行っても、年次点検時に竹の影響を確認する必要がある。
E社 (1.99MW、未利用材、トラベリングストーカー炉)	・燃料として使用にたえるのであれば、竹は成長が早いので、バイオマス燃料としての竹栽培を行いエネルギーのサイクルが作れたら良いのではないか？ →竹林は根も広範囲に張り巡るので、治山に役立てばさらに価値があり土地の有効利用にもつながる。	
	・厄介者の処理として竹を使うことを考えるより、燃料として「竹」を捉えて、栽培、伐採収穫、輸送、チップ化、燃料使用、灰の処理方法などを確立する方法を検討するべきと思う。	
	・これによりF I T終了後もバイオマス発電の持続可能性が広がり、地産地消エネルギーとして継続できる。	

(*1) CFBではベッド材(珪砂)を炉底に入れてバイオマス燃料を流動させて燃焼していますが、燃料中のナトリウムやカリウム成分が析出し珪砂と融着することでアグロメ(生成物の塊)が出来て流動を阻害する場合があります。

6. 協議会運営など

6-1. 竹バイオマスエネルギー利用普及促進協議会 名簿

1 委員

	区分	氏名	所属
1	学識経験者	寺岡 行雄	国立大学法人 鹿児島大学農学部 副学部長
2	発電事業者	半崎 亮平	中越パルプ工業株式会社 川内工場 施設動力部動力課 課長
3	発電事業者	中園 龍二	七ツ島バイオマスパワー合同会社 所長
4	発電事業者	近藤 嗣紀	枕崎バイオマスエナジー合同会社 開発営業部長
5	発電事業者	小松 錦四郎	さつま町バイオマス発電合同会社 所長
6	木質チップ利用事業者	原田 大五	中越パルプ木材株式会社 取締役原料部長
7	燃料供給事業者	安藤 克也	北薩森林組合 販売課長
8	燃料供給事業者	上枝 学	夢笠山株式会社 代表取締役
9	自治体	堀ノ内 孝	薩摩川内市産業戦略課長
10	自治体	櫻 伸一	さつま町耕地林業課長
11	県	松枝 英隆	鹿児島県森林経営課長
12	県	鮫島 典治	鹿児島県エネルギー政策課長

6. 協議会運営など

6-2. 協議会の開催支援

以下2回の「竹バイオマスエネルギー利用普及促進協議会」の開催を支援した。

竹バイオマスエネルギー利用普及促進協議会

(第1回)

日時: 令和4年1月24日(月)14:00~16:00
場所: マリンパレスかごしまカトレア(Web)

会次第

1. 開会
2. 挨拶
3. 議事
 - (1) 今年度実証事業の説明
 - (2) 質疑応答、意見交換
 - (3) 今後の予定について
 - (4) その他
4. 閉会

資料1: 今年度実証事業内容について

資料2: 竹バイオマスエネルギー利用に向けた取組について

竹バイオマスエネルギー利用普及促進協議会

(第2回)

日時: 令和4年3月14日(月)14:00~16:00
場所: 鹿児島県庁 会議室(Web)

会次第

1. 開会
2. 挨拶
3. 議事
 - (1) 今年度実証事業の結果報告
 - (2) 質疑応答、意見交換
 - (3) 普及の方策について
 - (4) その他
4. 閉会

資料1: 分析結果と考察

7. まとめ

今回の実証試験の結果、1,990kWの蒸気タービン方式の木質バイオマス発電所で5%程度の竹を混焼しても、運転上大きな影響はないという結論が得られた。前年に実施した試験とは発電プラントや燃料比率等で異なる点が多々あり、単純に比較することはできない。しかし、前年度とは異なり、FIT適用発電所で、かつ当初設計として竹を使用することを想定していない発電所で今回の結果が得られたことは、これまで竹はバイオマス燃料としては不向きであるという定説に対して、竹利用に向けての重要な示唆であると言える。

ただし、実際に竹を木質バイオマス発電所で使用できるのかについてはクリアすべき課題がある。1点目として、未利用材の区分で取り扱えるかがある。現在の木質バイオマス発電所の多くはFITでの売電を行っており、使用する燃料は未利用材区分であることが望ましい。逆に、未利用材区分で取り扱えない場合、発電所の事業収支上、利用は難しいと考えられる。2点目にコストを含めた供給体制が挙げられる。従前から竹は中が空洞であることから、木材に比べて生産コストが高くなると言われてきた。そこで、事業として竹を生産する際には機械化や効率化が必要であるが、実際には従事者の高齢化等の人材不足が深刻であり、安定的な調達体制の構築が必要である。

今年度は需要先としての利用可能性が示唆されたが、竹の利用拡大に向け、今後は供給体制の構築が求められる。