

4. 木質源バイオマスの利用開発試験

(1) 木質バイオマスエネルギー資源開発

遠竹行俊、中川清子⁽¹⁾、新井一司、村田 仁

〔目的〕

多摩地域における木質バイオマス利用は、廃棄物の資源化とともに、「東京構想2000」の中で自然エネルギーの導入の一つとして提唱されており、エネルギー利用に向けた期待が持たれている。エネルギー利用は、ストーブやボイラーによる暖房や給湯が一般的であり、これらの燃料となる木質ペレットを使った燃焼状況について、昨年引き続き試験を行った。

〔方法〕

燃焼器具は、ストーブ3機種とボイラー1機種である。ストーブ2機種とボイラーはヨーロッパ製、残るストーブ1機種は日本製のペレット専用器具を用いた。燃料は、昨年同様、モミ樹皮なし、スギ(樹皮付き、樹皮なし)、ヒノキ(樹皮付き、樹皮なし)の試験製造した5種類のペレットである。試験項目は、消費者の視点から、燃焼の状況、灰の生成量、ダイオキシン類生成状況等とした。燃焼の状況は、完全燃焼の進み具合を灰の中の炭素(CNコーダー分析)で測定した。ダイオキシン類分析は、ダイオキシン類のハロゲン化合物(塩素)量を分析することで間接的に推定出来るので、これを産業技術研究所との共同研究で分析した。

〔結果〕

1 燃料供給速度による燃焼状況⁽²⁾

ヨーロッパ製ストーブに国内産ペレットを燃焼させた場合、燃料供給速度によって燃焼皿に灰の固まり・クリンカーや黒煙の発生が見られたので、良好な燃焼の条件を求めることとした。燃料供給速度を変え易くするため電子回路の一部を取り出し、目盛り付き可変抵抗をセットした。このストーブで燃焼可能な4種類のペレットを、良好な燃焼が予測される位置(目盛で80)に対して、前後20%の範囲に合計5段階の燃料供給速度で燃焼させた(表-1)。このストーブは燃焼皿に電子制御により落下したペレットが自動点火して燃焼し、燃焼が進むにつれて灰は皿の中から吹き飛ばされて下の受け皿(灰トレイ)に落下したり炉内の壁や熱交換部に付着したりする。このストーブが良好に燃焼するには、燃焼皿にクリンカーが生成せず、燃焼皿の空気穴から十分な空気がペレットに供給されて燃焼し、灰が皿の中から吹き飛ばされる必要がある。

燃焼皿のクリンカーや灰の生成状況については表-1のとおりであった。スギペレットは樹皮の有無にかかわらず、目盛80で灰の量が最小値を示し、最も良く燃焼した。スギ樹皮付きでは目盛60の場合6時間半後の燃焼試験終了と同時にクリンカー生成によって燃焼が停止し燃料供給速度が速すぎたことを示した。ヒノキ樹皮無しは、目盛90のやや遅い燃料供給速度において、最小値になり、ヒノキ樹皮付きは、目盛70のやや速い燃料供給速度が、最小値を示した。このストーブでスギ・ヒノキペレットを最良の条件で燃やすには、スギの樹皮付きは過剰供給に注意し、ヒノキでは樹皮無しをやや遅く、樹皮付きをやや速く供給する必要がある。

灰の総生成量は、ペレットの種類や燃料供給速度によって少し異なり、0.45～0.77%(対燃料比)であった。

上記ストーブの燃焼状況を灰の総生成量中の炭素量の割合から、完全燃焼の程度を推定

⁽¹⁾産業技術研究所精密分析技術グループ

⁽²⁾このペレット専用ストーブの燃料供給方式は、ペレットが燃焼皿に上から自動落下してくる。

した(図-1)。C Nコーダーによる炭素分析の結果、ペレットの樹種による違いに有意差は認められなかったが、樹皮の有無については、有意差が認められ、樹皮付きの方が炭素量が少なく良好に燃焼していた。燃料供給速度の5段階については、有意な差があり目盛100つまり最も少なく供給した際に炭素量が少なく良好に燃焼し、燃料供給速度が上がるにつれて炭素が増えた。

灰の中の炭素量の割合をペレット1kgあたりに換算して燃焼状況を比較したところ、樹種の違いや樹皮の有無によって有意差(S P S Sによる分散分析)はなかったが、燃料供給速度については有意な差があり、最も少なく供給した目盛100に炭素量が少なく良好に燃焼し、燃料供給速度の中庸・目盛80が最も炭素の多い結果となった(図-2)。その原因としてこのストーブは、電気節約型で、煙突の揚力を利用した燃焼を期待しているため、現状では燃焼皿に送り込む空気不足の可能性があり、必要な空気量の推定は今後の課題と思われる。

2 ストーブ3機種の燃焼状況

灰の生成量

ペレット5種類を、発熱量の大きい国産ストーブでは、最小パワーで半日単位の燃焼を繰り返し、ヨーロッパ製2台については、最大パワーで3日間連続燃焼した。3台のストーブはいずれも良好に燃焼したが、灰の生成は国産機が最も多く0.85～1.02%、ヨーロッパ製の1台は0.22～0.37%、他者は0.34～0.50%であった(表-2)。

灰の炭素量

ストーブ3機種の燃焼状況を比較すると、ペレットの樹種・樹皮の有無による有意差はなくどの機種でもペレットの燃焼状況は同様であった。機種間の燃焼の差は、国産機種が最も炭素量が多く、ヨーロッパ製機種の最も少ないタイプと比較すると約10倍あった(図-3)。

3 ボイラーの燃焼状況

このボイラーは、内蔵150ℓ、外付け300ℓの循環式蓄熱槽を持っており、給湯は、300ℓの蓄熱槽内に配管されている40mの水道管内を水道水が通過することで得られる。温度設定80℃を維持するように電子制御した場合、給湯蛇口からは80～70℃の湯が連続的に得られた。

設定温度80℃になるまでの時間と400ℓの給湯を4回繰り返すのに必要なペレット量等を測定した(表-3)。循環水450ℓが設定温度80℃になるまでの時間は、モミが最も速く35分、ヒノキ皮付きが最も遅く68分であった。蓄熱槽が80℃の設定温度に達し、約2tの湯が出来るまでに消費した5種類のペレットは、スギ樹皮無しが最も少ない44kg、ヒノキ皮付きが最も多い約58kgであった。

灰の生成量については、このボイラーが短期間に燃焼と消火を繰り返すのではなく、シーズン中は連続燃焼する目的で製作されているため、5種類のペレットを短期間に入れ替えて燃焼・消火を繰り返した今回の試験では、正確な数値とは言い切れないが、燃焼したペレットの約1%前後の量であった。

4 ダイオキシン類の発生量

灰は、燃焼器具がストーブ3機種とボイラー1機種、燃料がスギ(樹皮付き、樹皮なし)、ヒノキ(樹皮付き、樹皮なし)、モミ樹皮なしの5種類のペレットによるものである。ペレットと燃焼器具の組み合わせにより30種類の灰を検体とし、2mmの篩で選別してそれぞれ約100gを分析に用いた。

有機溶媒で抽出した成分をGC-MS分析⁽³⁾した結果、いずれの検体からもダイオキシン類に相当するハロゲン化合物は検出限界以下であった。

⁽³⁾ 島津製作所製QP1100EXガスクロマト質量分析機による

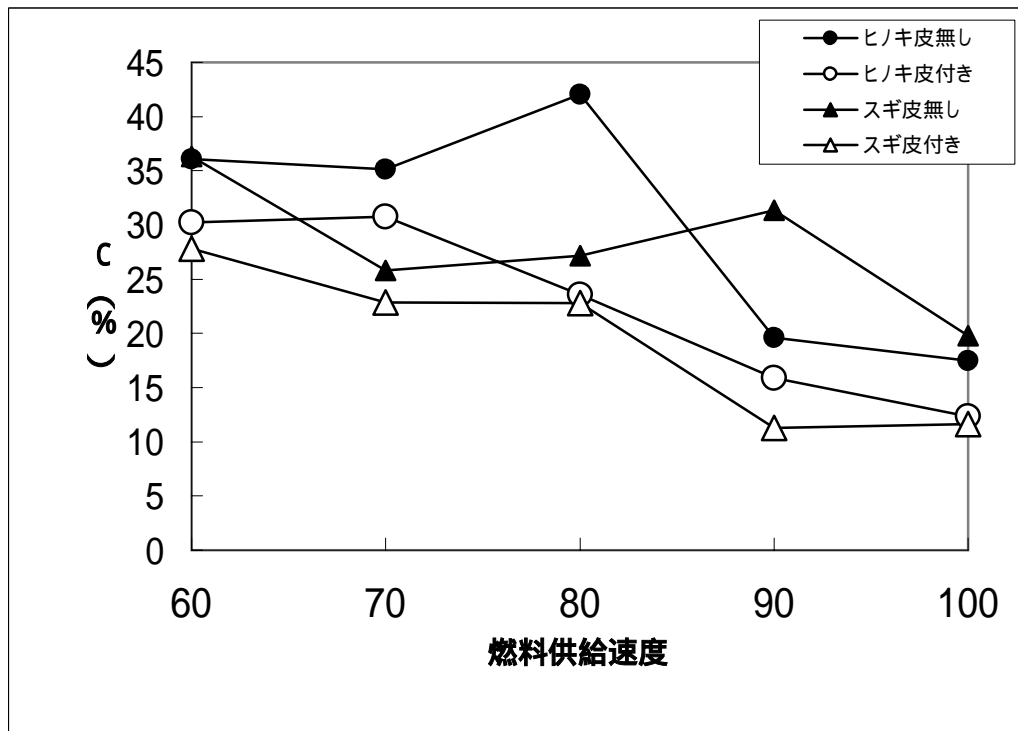
表ー 1 ペレット供給速度を5段階に変えた時のストーブの燃焼状況

ペレット種類	供給速度 目盛り	燃焼量 (kg)	燃焼皿の灰			灰トレイの灰			その他の灰		灰の総量	
			生重 (g)	絶乾重 (g)	比率 (%)	生重 (g)	絶乾重 (g)	比率 (%)	生重 (g)	絶乾重 (g)	絶乾重 (g)	比率 (%)
ヒノキ皮無し	100	4.8	8.4	8.38	0.17	6.9	6.72	0.14	22.6	21.67	36.77	0.77
	90	5.2	8.1	7.98	0.15	8	7.81	0.15	19.4	18.63	34.42	0.66
	80	5.75	9.2	8.98	0.16	9.6	8.99	0.16	11.9	11.25	29.22	0.51
	70	6.88	12.4	11.61	0.17	7.9	7.44	0.11	12.4	11.77	30.82	0.45
	60	7.92	17.4	17.07	0.22	12.6	11.83	0.15	12.4	11.88	40.78	0.51
ヒノキ皮付き	100	4.48	8.6	8.49	0.19	6.9	6.79	0.15	8.2	8.18	23.46	0.52
	90	4.79	8.7	8.45	0.18	11.7	11.25	0.23	10.1	9.61	29.31	0.61
	80	5.55	8.9	8.87	0.16	10.2	9.98	0.18	9.4	9.14	27.99	0.50
	70	6.2	8.9	8.72	0.14	12.8	12.43	0.20	14.7	14.24	35.39	0.57
	60	6.99	10.6	10.4	0.15	14.9	14.4	0.21	16.9	16.31	41.11	0.59
*スギ皮無し	100	4.89	12.6	12.28	0.25	6.5	6.31	0.13	14	13.46	32.05	0.66
	90	4.95	12.2	11.55	0.23	8.1	7.65	0.15	11	10.44	29.64	0.60
	80	6.25	12.4	12.21	0.20	12.7	12.27	0.20	11.2	10.96	35.44	0.57
	70	7.65	18.8	17.91	0.23	11.6	11.41	0.15	12.6	12.36	41.68	0.54
	60	8.65	29	26.11	0.30	7.7	7.22	0.08	14	13.05	46.38	0.54
*スギ皮付き	100	5.7	18.1	17.97	0.32	8.5	8.89	0.16	10.2	10.23	37.09	0.65
	90	5.84	12.2	12.38	0.21	10.3	10.77	0.18	9.7	9.82	32.97	0.56
	80	6.63	12.3	12.31	0.19	15.1	15.39	0.23	16.1	15.93	43.63	0.66
	70	7.1	22.6	21.8	0.31	13.4	12.74	0.18	14.8	14.13	48.67	0.69
	60	8.84	41.9	39.75	0.45	7.9	7.51	0.08	6.3	6.07	53.33	0.60

燃焼時間は、総て6時間半とした。供給速度目盛り100は燃料供給が最も少なく、60は最も多い。

*スギ皮無しの燃料供給レベル60では、ペレットが送り出されずに一時燃焼が中止した。

*スギ皮付きの燃料供給レベル60では、燃焼皿でクリンカーが出来て、燃焼が中止した。



図ー 1 燃料供給速度の違いによる灰の中に含まれる炭素比率

燃料供給速度目盛りは、可変抵抗を最も遅いレベルに絞った時を100として、1メモリ10%ずつ抵抗を減らして燃料供給速度を速くした。

表-2 ストーブ3機種によるペレット5種類の燃焼灰生成状況

ペレットの種類	燃焼器具																				
	国産ストーブ							ヨーロッパ製ストーブタイプ							ヨーロッパ製ストーブタイプ						
	ペレット 燃焼量 (kg)	燃焼灰						ペレット 燃焼量 (kg)	燃焼灰						ペレット 燃焼量 (kg)	燃焼灰					
		2mm未満 (g)	比率 (%)	2mm以上 (g)	比率 (%)	全量 (g)	比率 (%)		2mm未満 (g)	比率 (%)	2mm以上 (g)	比率 (%)	全量 (g)	比率 (%)		2mm未満 (g)	比率 (%)	2mm以上 (g)	比率 (%)	全量 (g)	比率 (%)
ヒノキ皮無し	40.34	143.70	0.36	197.75	0.49	341.45	0.85	59.83	104.46	0.17	27.30	0.05	131.76	0.22	44.34	147.13	0.33	5.67	0.01	152.80	0.34
ヒノキ皮付き	41.66	191.71	0.46	172.95	0.42	364.66	0.88	58.91	147.34	0.25	36.42	0.06	183.76	0.31	42.44	143.14	0.34	4.98	0.01	148.11	0.35
スギ皮無し	35.11	185.66	0.53	163.77	0.47	349.43	1.00	57.04	120.12	0.21	57.68	0.10	177.81	0.31	57.47	225.35	0.39	28.28	0.05	253.63	0.44
スギ皮付き	33.34	187.53	0.56	152.19	0.46	339.71	1.02	58.71	184.91	0.31	32.09	0.05	216.99	0.37	41.83	196.79	0.47	12.75	0.03	209.55	0.50
モミ	44.04	143.92	0.33	250.73	0.57	394.65	0.90	58.44	92.18	0.16	57.30	0.10	149.48	0.26	ペレットが長すぎて燃焼困難						

燃焼灰の比率は、ペレットに対する灰の風乾重量の百分率

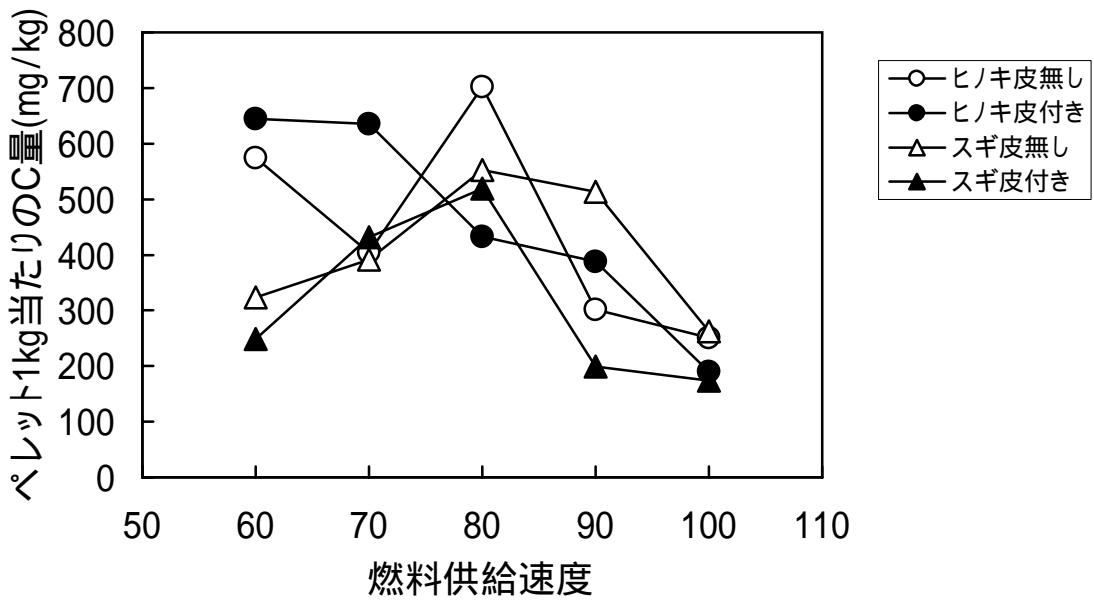


図 - 2 燃料供給速度の違いによるペレット燃料に対する灰に含まれる炭素量変化

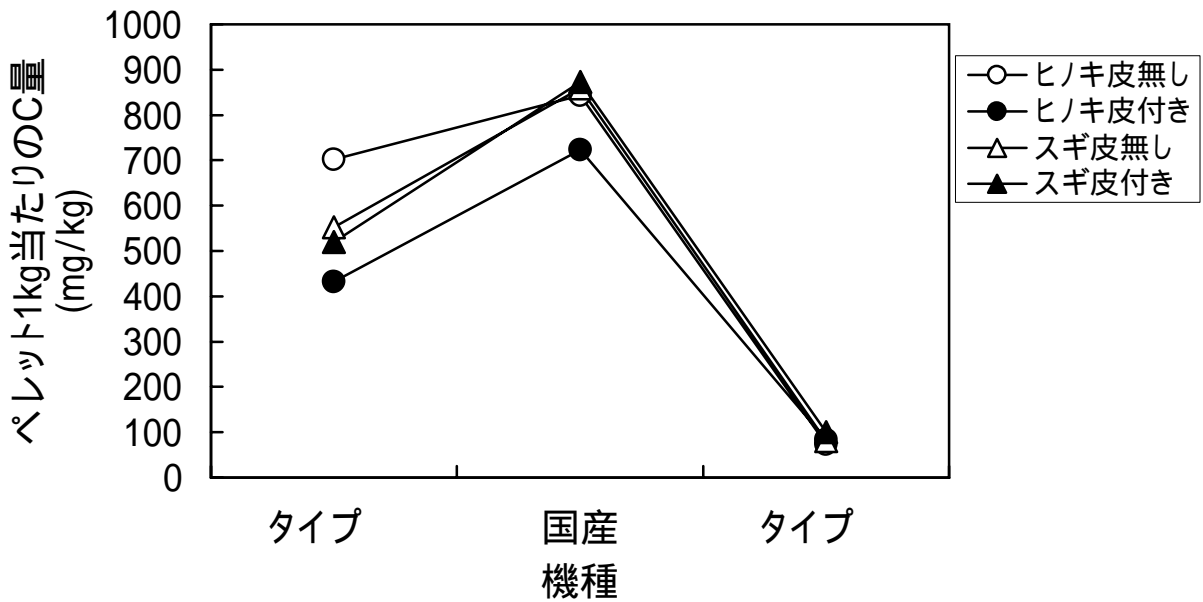


図 - 3 燃焼器具(ストーブ) 3機種 of 燃焼状況比較(灰の炭素量の比較)

表-3 ボイラーの燃焼状況 (給湯量とペレット消費量 / 灰の炭素量)

ペレット種類	燃焼日 (月日)	燃焼時間	作業内容	ペレット消費量(kg)	燃焼灰	
					絶乾重量 (g)	対ペレット 重量比 (%)
ヒノキ皮無し	8月5日	48分	約80 450ℓの設定	45.37	252.4	0.556
	8月5日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月6日	"	" 400ℓ給湯			
	8月7日	"	" 400ℓ給湯			
	8月7日	"	" 400ℓ給湯			
	合計	6時間8分				
ヒノキ皮付き	8月16日	1時間8分	約80 450ℓの設定	58.18	315.2	0.542
	8月16日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月17日	1時間7分	" 400ℓ給湯			
	8月18日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月16日	1時間8分	" 400ℓ給湯			
	合計	6時間3分				
スギ皮無し	8月20日	45分	約80 450ℓの設定	44.53	220.6	0.495
	8月20日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月21日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月21日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月21日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	合計	6時間5分				
スギ皮付き	8月22日	37分	約80 450ℓの設定	45.42	240.7	0.530
	8月22日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月23日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月23日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月23日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	合計	5時間57分				
モミ	8月24日	35分	約80 450ℓの設定	51.88	191.9	0.370
	8月24日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月25日	1時間20分	" 400ℓ給湯			
	8月25日	1時間15分	" 400ℓ給湯			
	8月25日	1時間15分	" 400ℓ給湯			
	合計	5時間45分				