

図 74 排出試験時サイロ上部（時間経過：左上→右上→左下→右下）

3-2-2. 考察

(1) 乾燥試験

チップの下層 1~2m の部分はほぼ均一に昇温し、乾燥したことが確認された。チップを高く積み上げて乾燥させることで、従来の乾燥機ならば高温のまま排出されていた空気を乾燥に有効利用できていることが示された。

(2) 排出試験

12月16日、17日の試験ではブリッジが発生したが、温度測定のために設置していた格子を除去した18日の試験では上層が層を維持し沈下する形でチップが排出されたことで、乾燥チップの優先的な排出が可能であることが示された。

3-3. ガス化発電システム試験

3-3-1. 試験結果

試験結果を表 10、表 11 に、加圧切削チップ、非加圧切削チップ、加圧破碎チップを燃料としたガス化発電システム試験時の炉心温度、発電出力推移をそれぞれ図 75～図 80 に示す。

表 10 ガス化発電システム試験結果（入力熱量、総合効率）

燃料種類		加圧切削		非加圧切削		加圧破碎	
		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
試験No.							
日付		2月13日	3月5日	2月24日	2月25日	2月28日	3月3日
原料供給量	wet-kg	108	79.9	104	100	111	112
原料含水率	%	7.6	6.0	8.3	8.3	8.8	8.8
原料供給量	dry-kg	99.8	75.1	95.4	91.6	101	102
原料低位発熱量	MJ/wet-kg	18.1	18.5	18.0	18.0	17.9	17.9
サイクロン灰捕集量	wet-kg	0.300	0.149	0.800	0.072	0.261	0.398
サイクロン灰捕集含水率	%	68.5	17.8	28.7	33.5	33.6	14.9
サイクロン灰捕集量	dry-kg	0.095	0.123	0.570	0.048	0.173	0.339
サイクロン灰捕集低位発熱量	MJ/wet-kg	5.42	18.2	15.4	14.2	14.2	18.9
炉底チャーアッシュ捕集量	wet-kg	4.1	5.5	3.6	2.5	5.9	9.9
炉底チャーアッシュ含水率	%	2.6	1.2	2.5	2.2	1.4	1.9
炉底チャーアッシュ捕集量	dry-kg	4.0	5.4	3.5	2.4	5.8	9.7
炉底チャーアッシュ低位発熱量	MJ/wet-kg	31.2	31.7	31.2	31.3	31.6	31.5
入力熱量(原料発熱量と サイクロン灰、チャーアッシュ発熱量の差)	MJ	1,830	1,301	1,748	1,717	1,795	1,685
発電電力量	kWh	58.9	63.1	61.0	58.5	60.0	58.4
総合効率	%	11.6	17.5	12.6	12.3	12.0	12.5

表 11 ガス化発電システム試験結果（ガス化工程）

燃料種類		加圧切削		非加圧切削		加圧破碎	
		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
試験No.							
日付		2月13日	3月5日	2月24日	2月25日	2月28日	3月3日
出力	kW	24.8～27.3	27.1～29.3	26.5～28.7	26.3～29.2	24.3～28.4	25.～29.2
試験時間	min	210	215	197	189	199	210
発電時間	min	144	155	132	127	135	135
ガス化炉供給空気量	Nm ³ /h	29.6～41.4	37.3～42.9	36.5～47.8	36.3～42.9	34.7～42.9	32.7～46.9
混合器供給空気量	Nm ³ /h	24.8～61.3	41.3～53.2	41.5～48.4	42.3～56.1	32.9～49.3	42.2～52.4
発生ガス量	Nm ³ /h	63.4～68.5	62.4～65.2	61.8～75.9	61.3～64.7	59.3～70.4	55.0～78.0
(うちH ₂ 比率)	%	13.5～15.7	15.4～24.5	10.2～18.5	14.9～15.8	15.0～16.2	14.4～16.7
(うちCO比率)	%	22.2～24.5	21.9～2.6	21.7～24.2	21.8～24.1	21.6～23.5	20.2～24.3
(うちCH ₄ 比率)	%	2.1～2.6	1.8～12.4	1.6～2.5	1.8～2.6	1.7～2.5	1.1～3.4
(うちCO ₂ 比率)	%	11.6～12.4	10.6～50.3	9.6～12.8	10.4～12.0	10.5～12.8	8.7～13.9
ガス発熱量	MJ/Nm ³	5.0～5.5	5.0～5.5	4.5～5.8	5.1～5.6	5.1～5.4	4.6～5.8
燃料消費量	wet-kg	108	80	104	100	111	112
炉内温度(中)	°C	624～1,161	682～938	609～1,103	676～1,017	698～1,071	618～1,012
サイクロン温度	°C	208～400	213～409	188～393	218～385	251～402	237～428
ダスト濃度	mg/Nm ³	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9
タール濃度	mg/Nm ³	44.0	-	11.6	14.7	15.5	67.1
凝縮水	kg	14.5	10.4	2.6	10.7	12.8	15.8
(冷却器)	kg	8.2	8.0	1.5	6.6	9.7	10.8
(ミストセパレーター)	kg	1.9	0.1	1.0	0.8	0.9	1.2
(バグフィルター)	kg	4.4	2.3	0.2	3.3	2.3	3.9

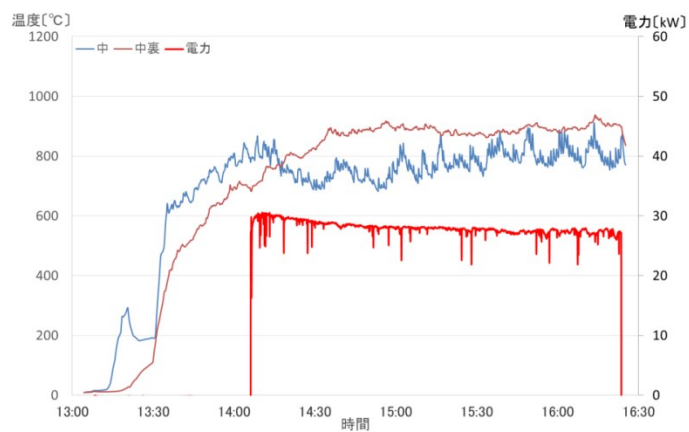


図 75 試験時の炉心温度、発電出力推移（燃料：加圧切削チップ、試験 No.20）

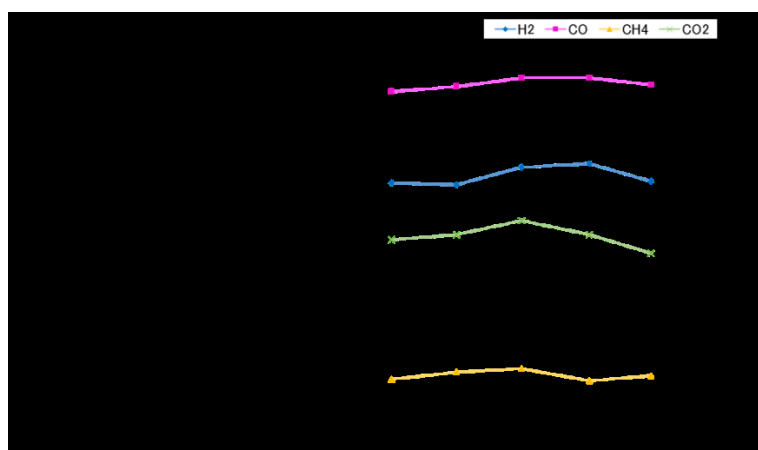


図 76 試験時のガス成分比率推移（燃料：加圧切削チップ、試験 No.20）

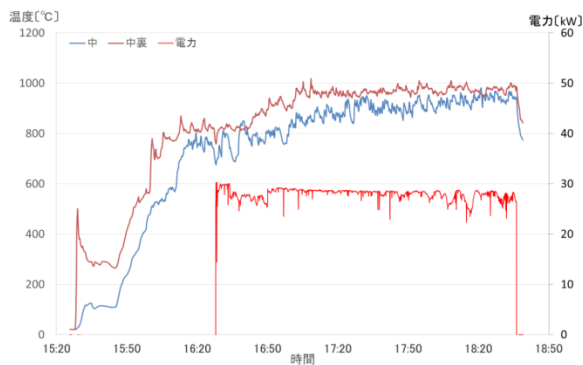


図 77 試験時の炉心温度、発電出力推移（燃料：非加圧切削チップ、試験 No.17）

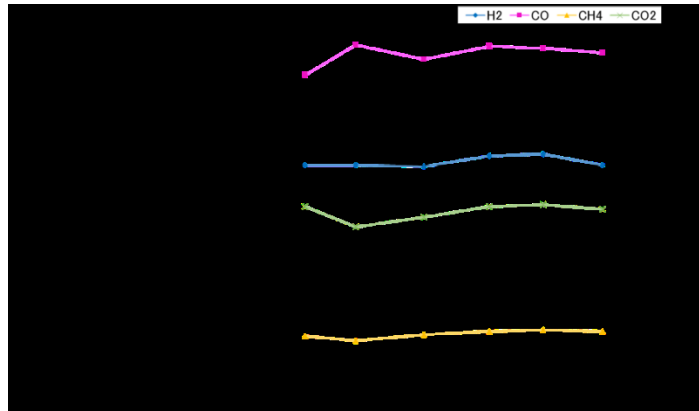


図 78 試験時のガス成分比率推移（燃料：非加圧切削チップ、試験 No.17）

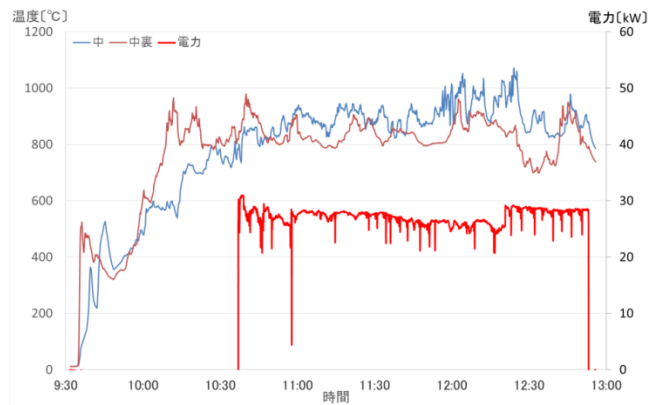


図 79 試験時の炉心温度、発電出力推移（燃料：加圧破碎チップ、試験 No.18）

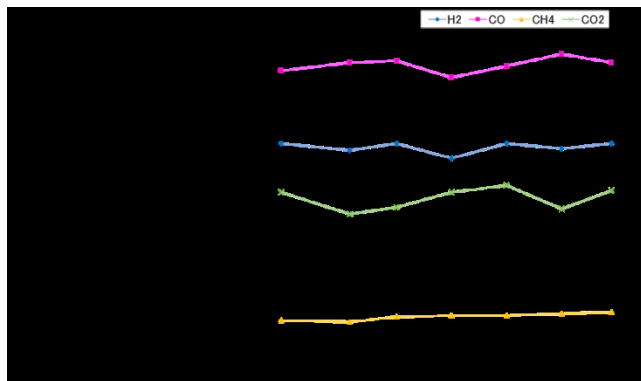


図 80 試験時のガス成分比率推移（燃料：加圧破碎チップ、試験 No.18）

3-3-2. 考察

(1) ガス化炉反応層の垂直温度分布

炉心部分の構造と熱電対配置を図 81 に示す。

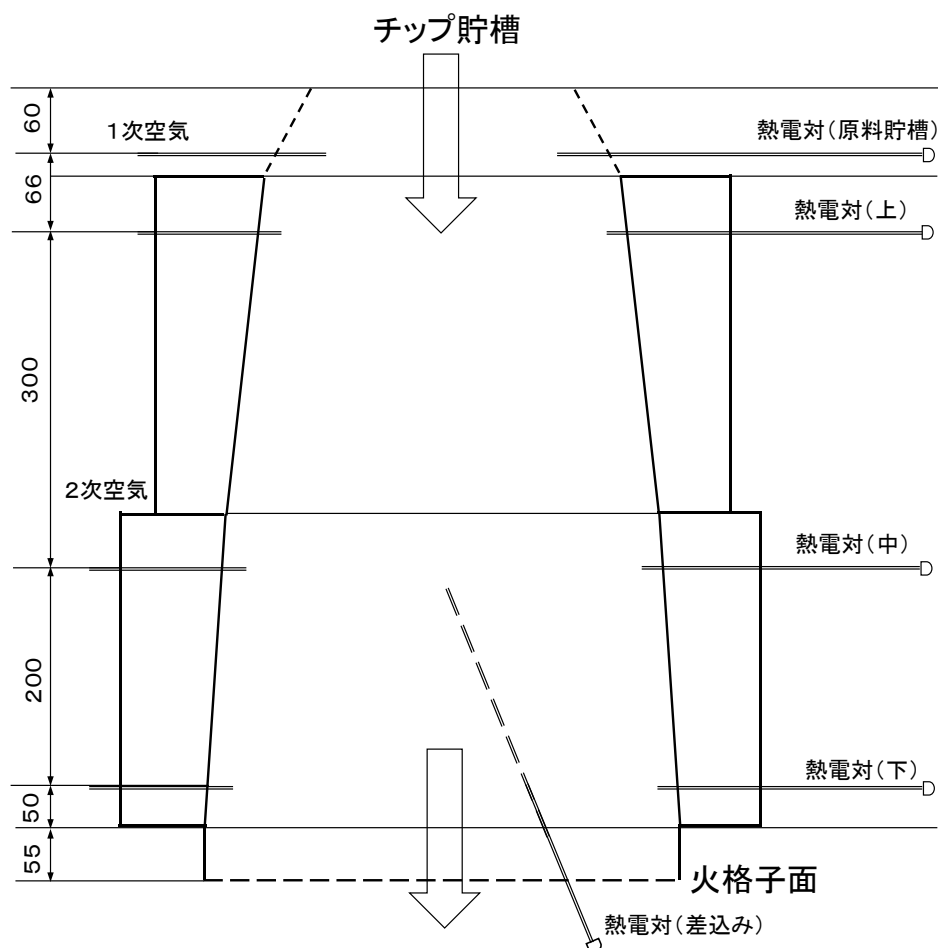


図 81 炉心構造と熱電対配置

炉心部分温度の時間経過を図 82 に示す。この図における下部の熱電対は炉下部のほぼ中央に下方から差し込んだものであり、その位置の温度を示しているが、中部、上部の熱電対は壁際にあり、必ずしも炉横断面を代表した温度を示したものではない。

起動に際して炉下部の火格子部分より着火し、高温部は次第に上昇する。中部の温度が 800°C を越せば、可燃ガスが発生していると予想される。原料貯槽より投入された原料チップは炉上部で表面が 600°C に達し、乾留が進む。中部熱電対位置の上 50mm より 2 次空気が導入され、強烈な酸化反応で温度が最高に達する。その後還元反応が生じ、ガス温度はやや低下して、下部の火格子経由で炉外に出る。図 82 はそれらの温度分布の 1 例を示しているが、ガス化炉としては理想的な状況と言える。

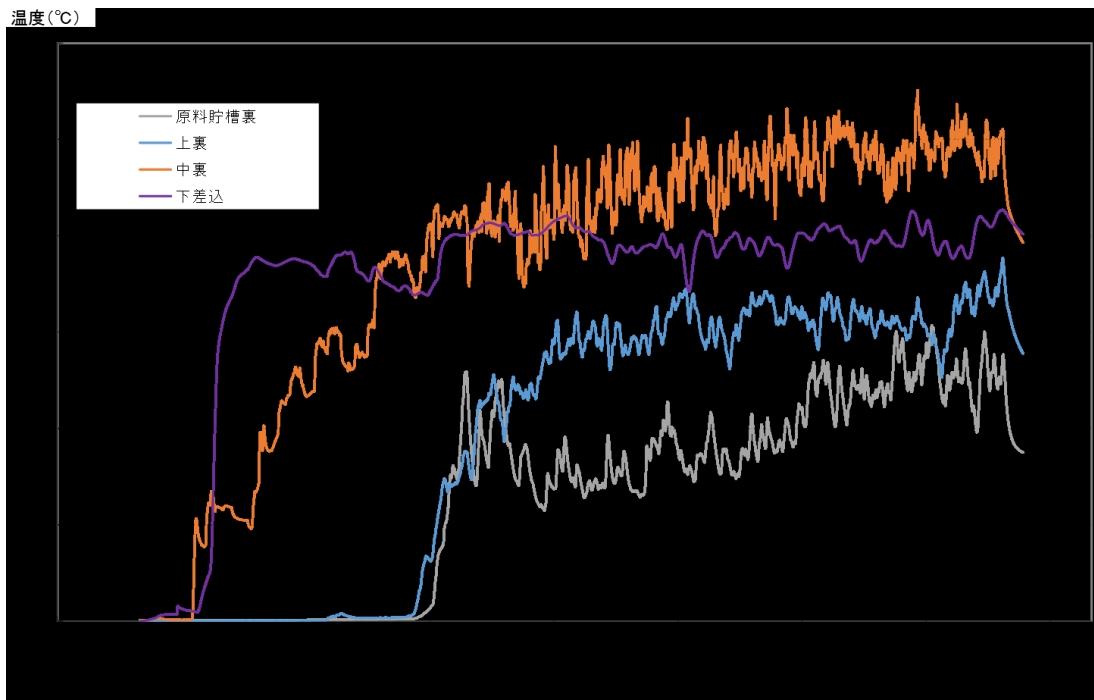


図 82 炉心部分温度の経過（燃料：非加圧切削チップ、試験 No.8）

(2) 炉横断面における温度分布の偏り

炉径が大きくなると温度分布の偏りが生じる。温度の偏りは主に空気の流れの偏りに起因する。流れが大きいほど原料が早く消耗して抵抗が減少し、流れの偏りが増幅される。原料の空隙を消失させるために火格子より反応層を揺動したが、一旦発生した偏りは容易に回復しなかった。同一横断面の対抗する位置に取付けた熱電対の温度経過を図 83 に示す。

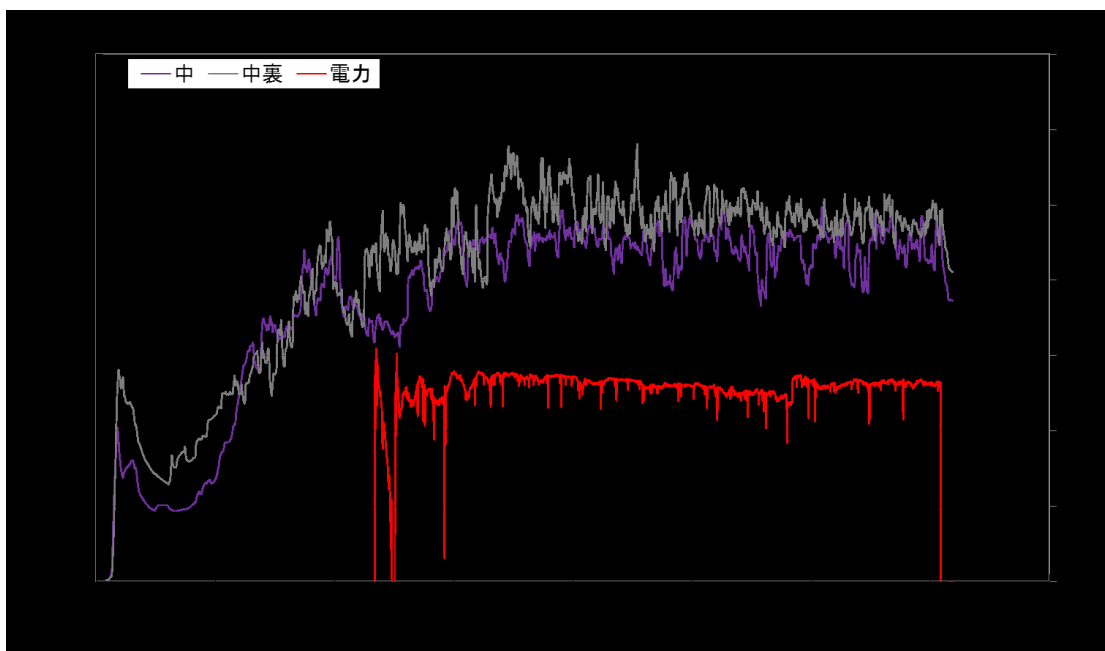


図 83 炉心部分中部温度、発電出力の経過（燃料：加圧切削チップ、試験 No.11）

しかし、反応層全体が必要な温度に達していれば、ガス化には問題がなかった。反応層温度の偏りはガス並びに原料の川下に位置する下部に大きく現れる傾向が見られた。これらの現象は炉径拡大に限界がある事と、偏りを是正する強力な揺動が必要な事を予見させる。

(3) 炉内原料の流下 (特許申請予定)

固定床方式のダウンドラフトガス化炉においては、ガス化による原料の消耗を重力で上方から補充され、反応層が固定した位置にベッド状で存在し続けることが前提になる。しかし、現実には重力による下方への圧力はブリッジを構成する条件にもなり、消耗を補充する下方への流れはブリッジを破壊する機構なくしては達成されない。今回試作したガス化炉においては、メンテナンス上の問題を残す金属製の反応層攪拌機構の代わりに、炉を下方に開いた末広りの円筒にし、下方に位置した火格子を揺動させて原料を流下させる方式を採用した。更に反応層に未反応原料の重力の影響を排除するよう、上方の原料貯槽より消耗した量のみを逐次補充する機構にした。

ガス化しない冷間の状態では原料はスムーズに流下したが、ガス化を開始すると原料は急激にかさ密度を失い、軽くなってそのままの位置に留まることが多かった。その状態で火格子により揺動させると、原料は空隙を埋めるべく一気に下方へ崩落し、上方に留まっていた低温で乾留未完の原料が奥深く進入し、反応層のガス化秩序を乱した。しかし、この問題は揺動を頻繁に実施することで改善され、頻繁に揺動させることによる炉底チャーアッシュの過剰な落下は、火格子構造を変えることで解決した。

反応層揺動方式は安定したガス化を維持し、小型ガス化炉に適合した方式である事が確認できた。

(4) 原料チップの差による温度分布の変化

今回の試験は加圧と非加圧チップの間に原料としての差があるかを確認することが重点の一つであった。試験回数が少なかったこともあるが、出力や効率など得られた試験データにおいて有意差は認められなかった。火格子負荷を上げる過負荷試験や、粗大粒径の原料に挑戦する場合には加圧のメリットが期待できるかもしれない。

破碎チップの場合は原料貯槽内攪拌機で繊維状の原料が丸められた影響か、炉心反応部に落下した後も、炉壁との間に空隙を生じ、1次空気は殆どが原料の中を通過せず、炉壁に沿って下方に流れた。しかし、温度分布から推測すれば2次空気入口以降は燃焼とガス化を開始したと予想され、エンジンの出力に差が無かった。

破碎チップを使用した図 84 は起動着火時の一時的な温度上昇を除き、200℃前後の温度を示しており、熱電対を炉壁より中央に差し込んで計測したときには100℃を下廻っている。上部中央が乾留されていないこの状況は、試験 No.19 の終了後に炉を解体して確認された。

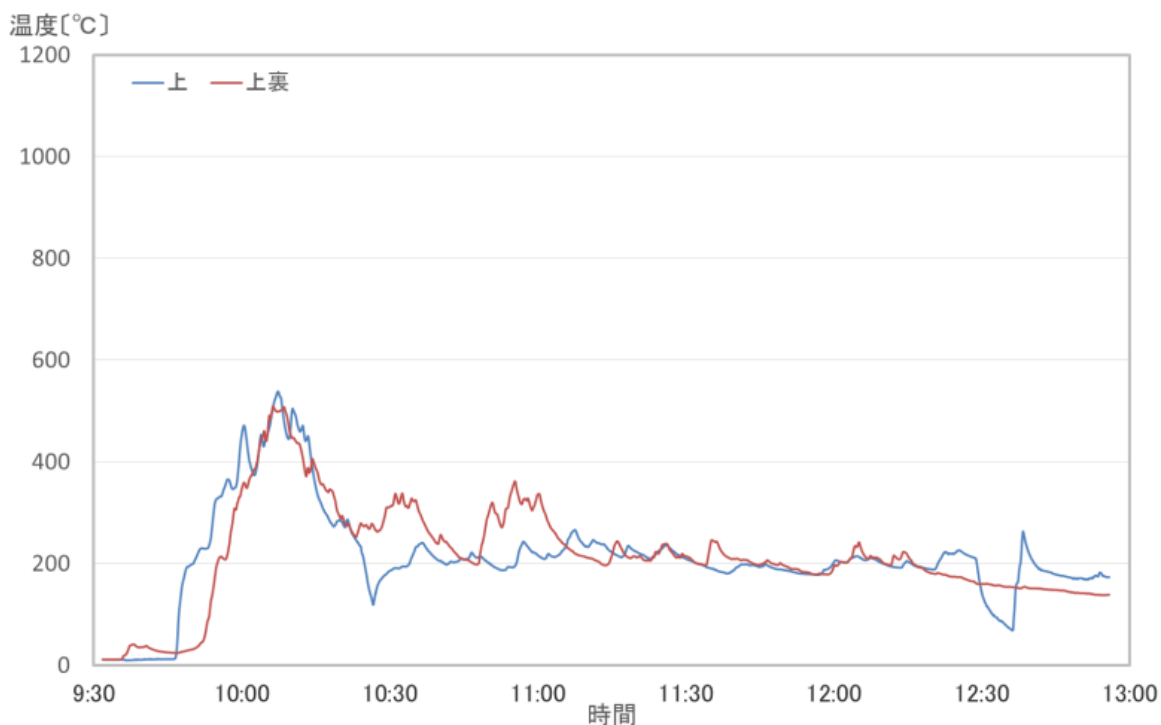


図 84 炉心部分上部温度の経過（燃料：加圧破碎チップ、試験 No.18）



図 85 試験 No.19 終了後の炉上部

破碎チップを使用した図 86 は同じ時期の付近の温度と出力を示している。これらの図では 2 次空気入口以降で原料表面燃焼による急速な乾留と、粒子中央部の乾留未完の原料が最高温部を通過する可能性が予想され、タール発生量が増加する要因になる。破碎チップを用いた試験は 2 回実施したが、試験 No.18 ではタール濃度が非常に少なく、試験 No.19 ではやや多かったが、破碎チップがガス中のタール濃度を増加させるとは現状では言えない。しかし、繊維が多い破碎チップを原料とした場合、原料供給部分に改善が必要である。

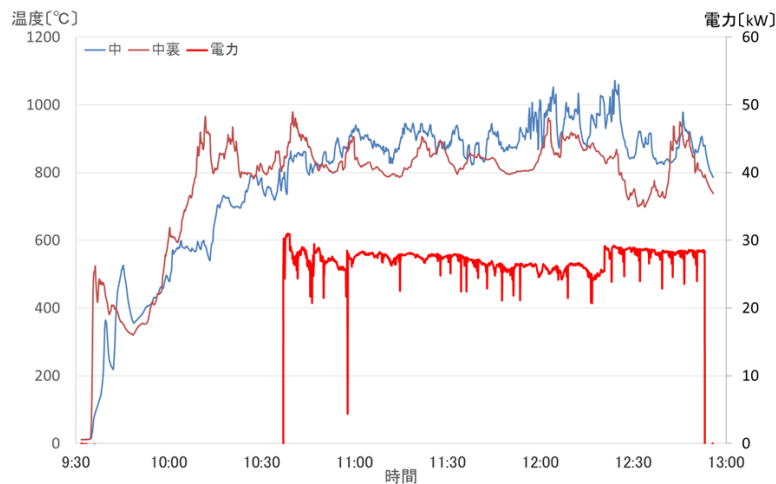


図 86 炉心部分中部温度、発電出力の経過（燃料：加圧破碎チップ、試験 No.18）（再掲）
 (5) タール・ダスト濃度

エンジン入口におけるガス中のタール、ダスト濃度の減少はガス清浄化装置にも依存するが、基本的にはガス化炉内での発生量を抑えることが必要である。タール発生は原料乾留速度に影響される。小型化するために火格子負荷と乾留室負荷を高めた今回の方式はタール発生量が多いかもしれない。それだけに発生したタールを、確実に高温部を通過させて実施するタールクラッキングに期待して、反応部下部での温度分布の偏り防止に努めた。

今回の試験で測定されたタール・ダスト濃度を表 12 に示す。

表 12 タール・ダスト濃度測定結果

燃料種類		加圧切削		非加圧切削		加圧破碎	
		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
試験 No.		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
ダスト濃度	mg/Nm ³	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.9
タール濃度	mg/Nm ³	44.0	-	11.6	14.7	15.5	67.1

世界銀行は『World Bank Technical Paper No.296 』に次のようなエンジンが受け入れる一般的濃度基準を述べているので、エンジン入口までには混合用空気で更に薄められることも含めて、目標は達成したという事が出来る。

ダスト <50 mg/Nm³ acceptable <5 mg/Nm³ preferable

タール <100 mg/Nm³ acceptable <50 mg/Nm³ preferable

しかし、これらの性能が持続可能であり、メンテナンスが容易である事が必要である。

タール濃度が高い試験では、ダスト濃度も相対的に高いことが試験結果から観察された。発生するタール量はガス化炉内高温反応層のクラッキングに影響を受けるが、ダストの量は必ずしも同じ傾向になるとは考えられない。逆に煤の場合は高温にすることにより増加するかもしれない。それにも拘らずタール濃度とダスト濃度が同じ傾向を示すことは、これらの濃度がガス清浄化装置のフィルター性能により強い影響を受けていることが想像される。

フィルターの状況から判断すれば、試験でガス中から捕集されたダストには、多量の煤が含まれているのではないかと推測される。これを利用して次回は、多量の煤、もし

くはサイクロン捕集物にタールを凝縮させ、粘着性を低下させて捕集する試みを再度挑戦したい。フッ素樹脂表面コートフィルターの使用は、今回は結露現象により失敗したが、これはガス温度を制御することで克服できる。サイクロン捕集物等の粉体をプレコートすることで更にメンテナンスを容易にするものと期待される。

加圧チップにおいて組織内物質移動が容易な事から、タール発生が少ないガス化原料になるのではないかと期待したが、今回の試験ではタール濃度がフィルターの使用状況の変化に大きく左右されたと思われるので、評価することができなかった。

(6) 凝縮水量

凝縮水をシステム外に排出せず、排出物に吸収させ、排熱を利用した原料乾燥設備にリサイクルして、100%蒸発させる方式を目標にしたが、工程の遅れから部分的な回収量を測定し、その可能性を調査する段階で留まった。

今回の試験で測定された凝縮水の量を表 13 に示す。

表 13 凝縮水量測定結果

燃料種類		加圧切削		非加圧切削		加圧破碎	
		No.11	No.20	No.16※	No.17	No.18	No.19
試験 No.		No.11	No.20	No.16※	No.17	No.18	No.19
発電出力	kWh	58.9	63.1	61.0	58.5	60.0	58.4
発生ガス量	Nm ³ /h	63.4~ 68.5	62.4~ 65.2	61.8~ 75.9	61.3~ 64.7	59.3~ 70.4	55.0~ 78.0
試験時間	min	210	215	197	189	199	210
発電時間	min	144	155	132	127	135	135
凝縮水	kg	14.5	10.4	2.6	10.7	12.8	15.8
(冷却器)	kg	8.2	8.0	1.5	6.6	9.7	10.8
(ミストセパレータ)	kg	1.9	0.1	1.0	0.8	0.9	1.2
(バグフィルター)	kg	4.4	2.3	0.2	3.3	2.3	3.9
1kWh あたり 凝縮水量	g/kWh	245	164	43	182	213	271

※試験 No.16 の凝縮水量については何らかの測定の誤りがあったと思われる。

凝縮水の発生量は原料水分とガス化炉発生ガスの冷却の程度に関係する。原料水分の低下にはコスト面の限度があり、ガスの冷却はエンジン出力増加の為に必要である。炉内を高温にして水素ガスにする手段もあるが多くを期待出来ない。排出物に吸収させて処理する方法は今後の課題として残った。

加圧チップ使用による影響は見られない。

(7) 冷ガス効率

今回の試験で算定した冷ガス効率を表 14 に示す。

表 14 冷ガス効率

燃料種類		加圧切削		非加圧切削		加圧破碎	
		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
試験 No.		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
消費した原料の発熱量※	MJ	1,830	1,301	1,748	1,717	1,795	1,685
発生ガスの発熱量※	MJ	896	764	913	764	854	801
冷ガス効率	%	49.0	58.7	52.2	44.5	47.6	47.5

※試験中の総量

原料消費量、ガス成分、発生ガス量などの測定には、測定時刻の差などがあり、種々の仮定を設けざるを得なかったが、原料種類や試験条件を比較するために実施した。消費した原料には立上げ時からの消費分も含まれているので、50%を割る数字はやむを得ないと考える。

加圧チップ使用による影響は見られない。

(8) 総合効率

今回の試験で算定した総合効率を表 15 に示す。

表 15 総合効率

燃料種類		加圧切削		非加圧切削		加圧破碎	
		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
試験 No.		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
消費した原料の発熱量※	MJ	1,830	1,301	1,748	1,717	1,795	1,685
発電電力量※	kWh	58.9	63.1	61.0	58.5	60.0	58.4
総合効率	%	11.6	17.5	12.6	12.3	12.0	12.5

※試験中の総量

消費した原料には立上げ時のものも含まれているので、試験 No.20 以外は低い値となった。連続して発電する時間が延びれば改善されると思われる。試験 No.20 は加圧した破碎チップを原料として使用したが、同じチップを使用した試験 No.11 の値は他の値と大差ない。

現状では加圧チップ使用による効率の上昇はないと考えられる。

(9) 発電立上げ時間

ガス化炉の反応部分容積と、炉心構造物の熱容量を出来るだけ小さくし、強力な着火源を用いて、短時間に反応層を構成する効果を試みる予定であったが、数回のガス化試験においては、炉横断面が大きいことも関係して、炉断面全体に偏りのない温度分布を構成するには予想以上の時間を必要とした。着火より発電までに要した時間を表 16 に示す。

表 16 立上げ時間の経過 (着火より発電までの時間)

燃料種類	加圧切削		非加圧切削		加圧破碎	
	No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
試験 No.	No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
着火時刻	9:48	13:05	15:43	15:27	9:34	13:05
発電時刻	10:54	14:05	16:48	16:29	10:38	14:20
経過時間 (min)	66	60	65	62	64	75
着火時状況	埋火冷却	300mm 新炭	150mm 新炭	埋火冷却	埋火冷却	埋火冷却

一時的に送風を停止した場合、炉内各部の温度は放熱でほぼ同様に低下したが、送風

を開始すると急速に温度を回復して発電を開始した。それらの事は炉内耐火素材部分の縮小と共に、炉心部の予熱、炉横断面全体への完全な着火を実施すれば立上げ時間の大幅な削減が可能と見込まれる。

今回の試験では工程の遅れもあってそれらの対策が十分ではなかった。

(10) 排熱回収量

排熱回収量は熱交換する高温部分と低温部分の温度差に左右される。厳寒期に実施した今回の試験では次項でも述べるように、ガス配管中の結露が流量計誤動作など種々の問題を発生させた。そのためエンジン排ガスの熱は試験 No.16 以降、配管の加熱や混合用空気の予熱に使用した。したがって、熱回収量はシステムを総合的に稼働させたものではなく、可能性を示すものとして部分的な量を表し、表 17 に示す。

表 17 排熱回収量

燃料種類		加圧切削		非加圧切削		加圧破砕	
		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
試験 No.		No.11	No.20	No.16	No.17	No.18	No.19
回収熱量※	MJ	99.6	28.1	27.9	23.0	28.3	35.7
(冷却器)	MJ	5.6	28.1	27.9	23.0	28.3	35.7
(排ガス)	MJ	94.0	-	-	-	-	-
発電量※	kWh	58.9	63.1	61.0	58.5	60.0	58.4
入力熱量※	MJ	1,830	1,301	1,748	1,717	1,795	1,685
効率	%	17.0	19.6	14.2	13.6	13.6	14.6
(発電効率)	%	11.6	17.5	12.6	12.3	12.0	12.5
(熱回収率)	%	5.4	2.2	1.6	1.3	1.6	2.1
(冷却器のみ)	%	0.3	2.2	1.6	1.3	1.6	2.1
(排ガスのみ)	%	5.1	-	-	-	-	-

※試験中の総量

試験 No.11 では排ガスから効果的に熱を回収し、蓄熱槽の温度は 45℃を超えて、チップ乾燥に有効な温風を発生させることが出来た。その反面、蓄熱槽の温度上昇は冷却器の熱回収量を減少させ、冷却器から外気に熱回収以上の熱量を失う状況も発生し、試験期間全体としては僅かの熱回収に留まった。

試験 No.16 以降では、排ガスからの回収がないため蓄熱槽の温度上昇が 30℃に達することは無く、一定の熱量を回収できたが、冷却器での冷却温度を保証するためには、排ガスとは別システムの回収システムを考慮する必要がある。

(11) シンターラメラフィルターの使用

今回の試験ではシンターラメラフィルター（フッ素樹脂表面コートフィルター）をバグフィルターの代わりに使用して、タール混じりのダストを粘着性のない状態で回収する予定であった。しかし、厳寒期だったこともあって、冷却器で水蒸気を凝縮して除去した生成ガスが、その後のシステムで更に冷却され、シンターラメラフィルターで結露し、圧力損失が増大して使用不能になった。対応としてバグフィルターに取り換え、試験を続行したが、バグフィルターの圧力損失も毎回変動し、定常状態での試験続行が困難であった。毎回バグフィルターの圧力損失を一定の水準に調整しながら試験を実施し

たが、この状態では持続可能な設備として市場に提供することができない。そのため、シンターラメラフィルターを再度使用することを企画した。

シンターラメラフィルター結露の原因は冷却器でのガス温度以下にフィルター函体の温度が低下したことによる。そのため冷却器以降の配管を加熱して、ガス温度の低下を防止することにした。しかしながら、フィルターエレメントの予熱を実施しなかったため、ガス温度が上昇した段階で先を急いでフィルターを通したため、冷え切ったエレメントの熱容量で内部に結露させ、試験続行を不可能にしてしまった。結露はエレメントを構成する微細な樹脂の隙間埋め、凝縮水の表面張力が圧力損失になる。隙間は微細なので付着した凝縮水の量はごく僅かである。翌日送風機で通風すると、凝縮水は蒸発したのか圧力損失は殆ど回復していた。観察されたこれらの事象により、結露を克服する設備と運転をすれば、十分性能を発揮できるものと予想される。

今後シンターラメラフィルターを使用する時は、入口のガス温度を冷却器出口よりも高温に加熱すると共に、起動時にフィルター函体及びエレメントの温度が冷却器出口より低い場合には、事前に予熱を実施する必要がある。

今回は事前に十分な配慮を欠いたため結露により失敗したが、フッ素樹脂表面コート剥離効果と、更に、サイクロン捕集物でのプレコート効果を実証したい。

(12) 連続運転・過負荷運転

シンターラメラフィルター結露によるトラブルでこれらの試験を実施する事が出来なかった。

4. 今後の展望

4-1. ロール加圧乾燥基礎試験

チップをロール加圧して乾燥することで消費エネルギーを削減できることは明瞭であるが、その効果はチップの樹種、水分、加熱空気温度や圧縮比率、更には乾燥機形式により著しく異なる。したがって、乾燥プロセスに加圧装置を導入する投資効果を判断するには、まだ多くの基礎的なデータの収集が必要である。

今回の事業において、チップを対象としたロール加圧装置を設計する場合に必要な貴重な知見とデータを取得することができた。将来大量の木質チップをエネルギーとして使用する場合、それらの知見を活かして、条件に適合したロール加圧装置が経済性を持って組み込まれるであろう。

今回の事業において、チップのロール加圧を木質バイオマスガス化発電システムに応用する場合次の3点が期待される。

- ① 原料粒子の内部の水分が表面に移動しやすくなるので水分をより低くでき、その結果ガス化プロセスにおける凝縮水の発生を抑制し、水処理設備を不要にできる可能性がある。
- ② より低含水率の原料となることにより、火格子負荷の制約要因になっている着火速度（層内の火が移動する速度）を向上させ、炉断面積当りの出力を増大できる可能性がある。

- ③ ガス化原料粒子の表面と内部の反応タイムラグを減少させる可能性があるので、タールの発生抑制に必要な反応層における滞留時間を短縮させ、炉断面積当りの出力の増大、もしくは大径原料の使用が期待できる。

4-2. チップ乾燥・排出機試験

製作した乾燥チップサイロにより、サイロ下方から乾燥チップを優先的に排出可能になった。今回の事業において、チップ乾燥・排出機を木質バイオマスガス化発電システムに応用する場合、まず安定的に乾燥チップをガス化炉に供給可能となることで、タール発生量が軽減され、その結果としてメンテナンス性が容易になることが期待される。

4-3. ガス化発電システム試験

小規模でも経済性が成立しうる発電システムの問題点を解決するため、次に述べる各課題に取り組み、それぞれについて今後の展望を得た。

(1) 原料性状の制約緩和

破碎チップを分級などの前処理によって粒度を揃え、ガス化炉構造を工夫することなどにより、ガス化原料として使用できる形状範囲の拡大を試みた。

(今後の展望)

破碎チップのうち 5mm 以下のものを篩い分け除去し、網上部分をガス化炉原料として使用し、ガス化炉は繊維状のチップが容易に通過可能な内部構造にした。ガス化は順調に推移しほぼ目的を達成したが、繊維状のチップは空隙率が高い上に炉内分布の偏りも大きい。長時間に渡り運転を安定化させるためには炉内への空気の投入方法の工夫や原料供給システムのさらなる改善が必要となる。将来的には、ガス化には不向きとされた大きな粒径の原料をロール加圧することによってガス化を容易にする可能性も追求されてよい。

(2) 乾燥エネルギーの削減

チップをロール加圧して、組織を破壊し粒子内水分移動を容易にする効果を狙い、被乾燥物の層を厚くして水蒸気が未飽和である温風を飽和に近い状態にまで利用する効果を確認した。

被乾燥物の層を厚くした場合、一般的には部位により乾燥の進行度が異なる。今回試作した乾燥装置は乾燥が一定の深さまでは平均的に進行し、さらに、乾燥が進んだ部位を優先的に排出することに成功した。

(今後の展望)

加圧したチップの積層乾燥基礎試験を実施し、積層乾燥により上層より熱風を無駄に大気中に放出する時間が短縮されることが確認できた。しかし、この処理によって削減される乾燥エネルギーは、乾燥に必要な全エネルギーに対する割合からすると大きいものではないことが分かった。本乾燥方式は設備仕様が複雑化し、加圧によるエネルギー消費分も相殺されることも加味すれば、小規模な発電設備では経済的に不利と判断されるため、本方式の追求は今後行わないものとする。

一方、全底面から通風し、排出する乾燥機を試作し、積層したチップの乾燥の偏りを測定し、一定の高さまではほぼ均一の乾燥が進行することが確認された。また、チップが全断面に渡ってほぼ均一に排出されることが確認されている。このため本乾燥システムは、省スペースで大容量のサイロを設置するようなニーズにおいて採用されることが考えられる。

(3) ガス中のタール・ダストの除去

タール・ダストの濃度が低い、内燃機関が受け入れ可能なガスを発生する小型固定床ガス化炉システムの開発に成功した。

(今後の展望)

1月下旬よりガス化システムを稼働して、エンジン入口でのタール・ダスト濃度を内燃機関が受け入れられる水準まで減少させることに成功した。

今後の課題はこの性能を長期に維持することと、受入可能な原料の品質・形状を拡大することである。

長期に渡る性能維持のためには次の開発を実施したい。

① 実需要を伴う現場において長期運転を実施し、システムに使用した部品材質の耐用時間を予測し、必要に応じた改造を行う。

② タール・ダスト濃度の減少にはガス清浄化システムの能力が大きく影響する。現実には、この性能を維持することが著しいコスト増になっていることが多いと予想される。米国・国立再生エネルギー研究所はガス化炉から排出されるカーボンリッチ・アッシュ、活性炭を”タール”吸着の補完剤として使用する研究を行うことを薦めている。今回の試験で回収された物質について成分からみれば、カーボンリッチ・アッシュは「サイクロン捕集物」、活性炭は「チャーアッシュ」に相当する。「チャーアッシュ」は気相、又は冷却により液相化したタールを吸着し、「サイクロン捕集物」は液相化したタールを捕獲して粘着性を失わせる効果が期待される。この方式を今回のシステムに適用することを検討する。この際に必要となる追加設備としては、冷却器を出た可燃性ガスの再加熱を行うための熱交換設備及びフィルター前配管への粉体注入設備の二つである。今後は、本方式設備改造を実施し、実需要場所への設置の際には、改造し、タール・ダスト濃度のさらなる減少を狙うと共に、フィルターのメンテナンスコストを削減し、捕集したタールの炉内への再投入による有効活用を検討する。

③ 前項で述べたフィルターは従来ガス清浄化システムで使用されてきたバグフィルターを対象基準とする。一方、今回の試験で結露によって圧力損失が増大したことにより継続できなかったシンターセラミックスフィルターについては、冷却器前後に熱交換器を増設し、再加熱を行うことでフィルターに通されるガス化炉発生ガスの湿度を低下させることができれば復活できる可能性がある。これによりタール・ダストの捕集効果とメンテナンス性の向上が期待できる。

(4) 排水処理費用の削減

凝縮水の発生量は原料水分とガス化炉発生ガスの冷却に関係している。原料水分を可能な限り低下させることは排水処理費用の削減に有効であるが、原料乾燥コストが上昇するので限度がある。通常発生する発生ガスの7~9%が水蒸気となっており、温度が下がれば凝縮するが、システム内の凝縮するポイントによって随伴する物質が異なり、処理費用も異なってくる。今回の試験では冷却器の後方に、バスケットに装入した木炭もしくは、炉内で発生するチャーアッシュを利用するフィルターを設置し、これにタールと凝縮水を吸着させた。吸着後の木炭・チャーアッシュは乾燥後、再びガス化原料として使用しタール並びに凝縮水の系内循環を想定したものである。系内循環については今後の試験課題とする。

(今後の展望)

発生炉ガス中に、粘着性が高い高分子のタール及び煤等の未燃炭素が凝縮水と混合して泥状になる物質が系内で発生すれば、管路を閉塞させ、除去もしにくく、メンテナンス性が悪化する。タールと水蒸気の凝縮箇所は温度で制御することにより、それぞれ異なった場所で凝縮させ、取扱いが容易な性状でシステムから排除もしくは再利用することが望まれる。システム内の発生炉ガスの温度の制御を実施することで、凝縮物の回収を容易にすることがメンテナンス性を良好にするため、小型ガス化発電システムの普及にとって重要な事項であると考えられる。

(5) システム起動時間の縮小

試験に際してガス化炉の反応部分を出来るだけ小さくし、強力な着火源を用いて、短時間に反応層を構成する効果を試みたが十分ではなかった。

(今後の展望)

ガス化炉炉心反応層周辺の部材を熱容量が小さい素材に取り換えること及び立上げ時の空気の誘引を強力なものにすることで、起動時間の短縮を図る。

(6) 炉出力の向上

固定床ガス化炉においてタルの発生を抑制するため炉内の温度帯域を安定化させるには、炉径寸法を一定程度以下に抑える必要があると考えられる。今回の試験では炉径400mmにおいて、タール濃度が十分に低いガスの発生が実証された。

(今後の展望)

今回試験したガス化炉は下端部炉径400mm、2次空気入口炉径350mmであり、それぞれ火格子負荷 $320\text{kg/m}^2\cdot\text{h}$ 、 $420\text{kg/m}^2\cdot\text{h}$ でガス化試験を実施したが、タール濃度に一定の成果が得られた。今後は空気流入量を増加させて火格子負荷を増やし、出力を増大させる試験を実施する。現炉径寸法による試験において、既に炉横断面内に温度の偏りが生じていることが観察されており、これ以上の炉径寸法の拡大では、タール発生リスクが増えるものと推定する。従って、今後は現在の炉径を維持しつつ出力を増大させ

ることを試みる。

(7) 建設費の大幅削減

プラントの初期投資額を大幅に低減するためには、市場で容易に入手できる汎用品を中心に構築する。エンジンは、大量生産している汎用 2,000cc オットーサイクルエンジンを利用し、発電機は大量に生産されている低価格の誘導電動機を発電機として利用する回生制動方式により発電する。制御はエンジン入口の空気混合比のみであり、ガス貯留装置も不要になる。

(今後の展望)

2 極誘導電動機を汎用自動車エンジンに接続する方式は支障なく実現できたが、継手の寿命確認は今後の実需要地における連続試験の成果を見なければならない。

今回は 60Hz 区域で試験を実施したが、50Hz 区域で操業するためには排気量が大いエンジンを選択しなければ、同様な出力を発生出来ない。汎用自動車用エンジンには一定出力の発電用としては不必要な制御装置が付属している。したがって、ガス化炉の出力に見合う経済的なエンジンの選択も新しい課題になる。

4-4. 現地実証試験

各課題の解決で得られた展望に基づき、小型ガス化発電システムを需要のある現地に設置し、今回の試験では得られなかった長期運転による使用部材の耐久性とメンテナンスコストを確認する。

次年度の開発項目として現地に設置する設備を次に示す。

(1) 基本方針

今年度実施の試験で認められた不具合を改善したシステムを木質バイオマスが発生し熱需要が存在する場所に設置し、長期間連続運転して実用性を確認する。

(2) システム構成

(チップ)——乾燥機——ガス化炉——サイクロン——1次冷却器——ミスト分離機——チャー吸着器——温度調整器——シンターラメラフィルター——2次冷却器——混合器——エンジン——発電機——系統連系保護装置——(電力系統)

(3) 構成機器

a. 乾燥機

今年度実施した立型底面排出式乾燥機を改め、現地に適合した平面型乾燥機を新たに製作して使用する。

b. ガス化炉

今年度使用したガス化炉を改良する。火格子、供給弁を変更し、炉高の低下を図る。

c. サイクロン——1次冷却器——ミスト分離機——チャー吸着器

今年度実施した機器を使用する。

d. 温度調整器

フィルター部分での結露を防止するために新設する。熱源はサイクロン前後の高温部分と熱交換して回収する。

e. フィルター

今年度試用したフッ素樹脂表面コートシンターラメラフィルターを使用するが、必要によりサイクロン捕集物をプレコート材として使用する。

f. 2次冷却器

エンジンに吸引されるガスの温度を低下させるために新設する。但し、厳冬期にエンジン入口で結露する恐れがある場合は逆に加温する。

g. 混合器——エンジン——発電機——系統連系保護装置——(電力系統)

今年度実施した機器を使用する。但し、エンジンは周波数領域に応じて同一性能のものとの取替、系統連系安全器については逆潮流可能なものに変更する。

h. プラント建屋、基礎。その他ユーティリティー。