

RDF流動層ボイラ実証実験

Demonstration Test of RDF Fluidized-bed Boiler

野口博嗣* 小畑恒夫*

Hirotsugu Noguchi, Tsuneo Obata

近年、ごみの排出量の増大と資源としての有効利用の観点から、固形燃料（RDF：Refuse Derived Fuel）化が注目されている。RDFは貯蔵性・輸送性に優れるとともに、性状（形状、発熱量など）が均一で、安定した燃焼が可能なため、小規模の焼却処理施設におけるダイオキシン類削減対策の一つとしても期待されている。また、高発熱量であることから、小規模ボイラでも十分エネルギー回収が可能である。当社ではRDFの「製造」から「燃焼・熱回収」の一貫設備を建設し、平成10年2月から同年9月まで実証試験を実施した。

本報では「燃焼・熱回収」にあたるRDF流動層ボイラ実証試験設備の概要および主要な試験結果を報告する。

Recently, from a point of view of increasing the amount of municipal solid waste and effective utilization as resources, RDF(Refuse Derived Fuel) attracts people's attention. RDF is excellent in qualities of storage and transportation, and stable combustion can be achieved because of the uniformity of its property (shape, calorific value, etc.). That's why it is expected as one of the measures to reduce Dioxins from municipal waste incinerator on a small scale. And also it is possible to recover energy efficiently on boiler, because it has a high calorific value. KURIMOTO, LTD. has constructed the full system from production of RDF to combustion and heat recovery, and carried out a demonstration test. This paper describes the outline of RDF fluidized-bed boiler (combustion and heat recovery) as a demonstration plant and the result of the test.

1. はじめに

近年、ごみの持つエネルギーの有効利用およびダイオキシン類などの微量有害物質の排出抑制の観点から、ごみの固形燃料（RDF）化が注目され、国内においても、既に約20施設のRDF化施設が稼働中（あるいは建設中）である。

このような社会的背景の中、当社では京都府綾部市殿の御協力を得て、同市清掃工場敷地内にRDF製造設備およびRDF流動層ボイラ設備を建設、「製造」から「燃焼・熱回収」まで一貫した実証試験を行なった。

本稿では主に「RDF流動層ボイラ実証試験」について報告する。なお本実証試験は株式会社クボタ、パプコック日立株式会社および当社の三社共同で行なわれた。

2. 実証試験設備の概要

2.1 RDF製造設備

RDF製造実証設備の概略フローを図1に示す。

原料となる可燃ごみは、綾部市の収集一般ごみを用いた。供給されたごみは1軸破碎機にて50mm以下に破碎された後、ロータリードライヤで高温高湿度雰囲気にて、水分10～15%（wet）程度まで乾燥される。乾燥されたごみは磁選機にて鉄分が、さらに風力振動併用式の選別機にて不燃物（ガラス・陶器・石など）が除去される。このようにして乾燥・選別されたごみに添加剤（消石灰）を供給し、2軸スクリー式成形機で、均質化しながら、圧縮成形し、密度の高い保形性の良いRDFを製造する。

製造されたRDFを図2に、その性状（一例）を表1に示す。

*開発室 環境開発グループ

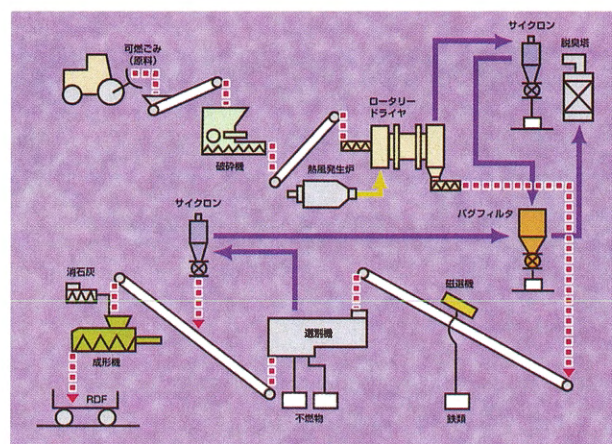


図1 RDF製造実証設備フロー

Fig.1 Flow diagram of demonstration plant for RDF processing system



図2 RDF

Fig.2 Example of RDF

表1 RDF性状
Table 1 RDF analysis

項目	単位	綾部RDF	表示ベース
密度	—	1.492	無水
かさ比重 (粗)	—	0.445	到着
かさ比重 (密)	—	0.551	到着
三成分	水分	%	2.65
	灰分	%	14.16
	可燃物	%	85.84
元素分析	C	%	44.1
	H	%	6.3
	N	%	1.26
	O	%	33.21
	S	%	0.11
	Cl	%	0.97
	Ca	%	2.29
低位発熱量	MJ/kg {kcal/kg}	17.25 {4120}	到着

2.2 RDF流動層ボイラ設備

RDF流動層ボイラ実証設備の概略フローおよび外観をそれぞれ図3、図4に示す。また本設備の主仕様を表2に示す。

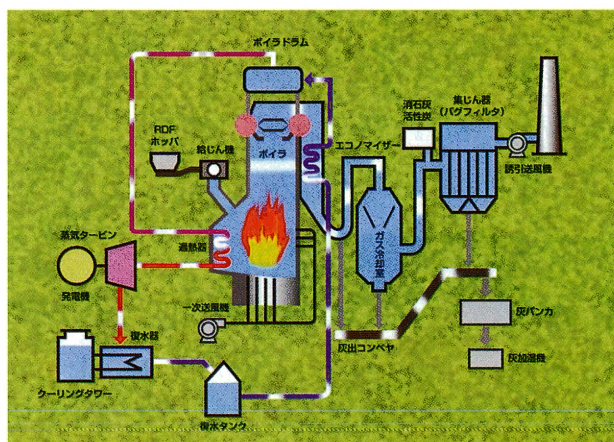


図3 RDF流動層ボイラ実証設備フロー

Fig.3 Flow diagram of demonstration plant for RDF fluidized-bed boiler

ボイラは流動層式焼却炉にメムレン構造のボイラを組み合わせたものである。燃料となるRDFは計量コンベヤで供給量を制御しつつ、ロータリーバルブを介して炉内へ定量供給され、高温で流動している砂との攪拌混合にて焼却される。

焼成ガスは炉上部の廃熱ボイラで熱回収され、ガス冷却塔にて水噴霧により160～180℃まで冷却される。それから消石灰、活性炭の吹き込みとバグフィルタで処理された後、煙突より大気放出される。

ボイラで発生した飽和蒸気は流動層内過熱器に通気され、過熱蒸気として取出された後、押込送風機用の電動機（誘導電動機）と自動クラッチにて連結されたタービンへ送られ、同送風機の駆動源として仕事をする。余剰



図4 RDF流動層ボイラ外観

Fig.4 Appearance of RDF fluidized-bed boiler

表2 RDF流動層ボイラ主仕様

Table 2 Main specifications of RDF fluidized-bed boiler

項目	仕様
炉形式	流動層焼却炉
RDF焼却量	200kg/h at 16.33MJ/kg {3900kcal/kg}
ボイラ形式	単胴式強制循環式廃熱ボイラ
廃熱回収	メムレンパネル+蒸発水管 +層内過熱器+節炭器
蒸気条件	300℃×2.94MPa {30kg/cm ² } G
蒸気量	1.1t/h
排ガス冷却方式	廃熱ボイラ+水噴霧式冷却塔
排ガス処理方式	消石灰・活性炭吹込み+バグフィルタ

分は誘導発電により逆潮電力として所内動力に使用される。

焼却飛灰についてはキレート剤による加湿処理を行なった。

流動層炉部分の構造を図5に示す。特徴は以下の通りである。

1) 高効率熱回収と層温の安定化

流動層内に配置された伝熱管により、高い熱伝達率による熱回収が可能である（ボイラのコンパクト化）。また、層温度の制御が可能である。

2) 高温高压化

炉内に隔壁（仕切板）を設けることで、腐食性ガスが発生する燃焼室と、熱媒体のみを循環させる熱回収室とに分割し、熱回収室に配した伝熱管の高温腐食抑制を図る。

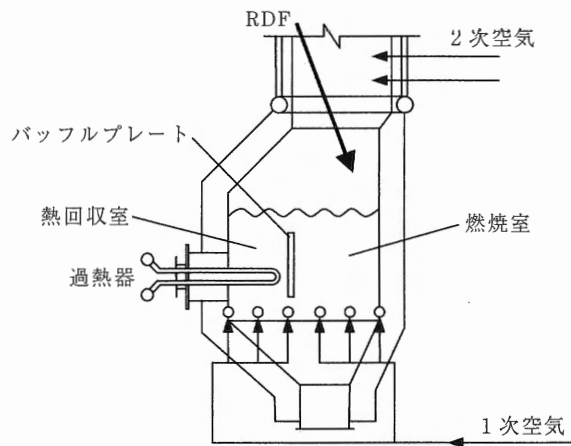


図5 流動層部概略図

Fig.5 Schematic diagram of fluidized-bed

3. 運転結果

3.1 炉内温度

RDF 燃焼時の炉内温度の経時変化を図6に示す。

都市ごみと比較して高発熱量で揮発性の高いRDFを本設備のような小規模炉にて燃焼しているにもかかわらず、層温度（800～850℃）、炉空塔部温度（950℃前後）とも変動がなく安定した燃焼状態を示した。

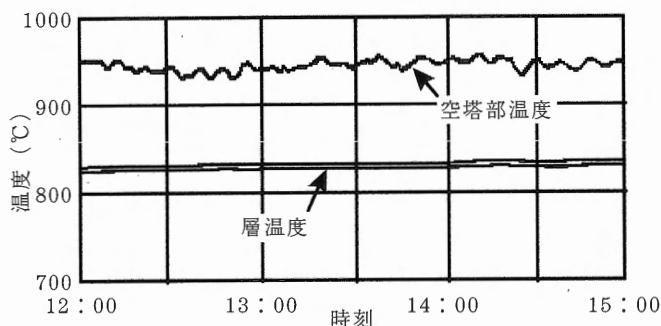


図6 炉内温度

Fig.6 Trend of furnace temperature

3.2 排ガス特性

排ガス性状の経時変化を図7に示す。

排ガス中のCO濃度は4時間平均値で10ppm前後と安定しており、瞬時値でもピーク値の発生がほとんどなく、最大でも40ppmと良好な燃焼状態であった。

NO_xは200ppm前後と高い値であるが、今回は行なわなかった脱硝対策（尿素吹込みなど）により改善することが可能である。

排ガス中のダイオキシン類、HCl、SO_xなどの分析結果を表3に示す。

ダイオキシン類の濃度はボイラ出口において1～3ng-TEQ/m³N、バグフィルタ出口で0.01～0.04ng-TEQ/m³Nと十分低い結果が得られた。

また、HCl、SO_xなどについても低濃度の結果となった。

表3 排ガス分析結果

Table 3 Result of exhaust gas analysis

Data No.		1	2	3
空気比（一次/二次）		—	1.0/0.5	1.0/0.45
RDF燃焼量		kg/h	200	200
ボイラ出口	PCDDs	ng/m ³ N	85	25
	PCDFs	ng/m ³ N	160	61
	PCDDs+PCDFs	ng/m ³ N	240	86
	PCDDs+PCDFs(TEQ)	ng/m ³ N	3.3	1.2
煙突入口	PCDDs	ng/m ³ N	1.7	1.8
	PCDFs	ng/m ³ N	2	2.3
	PCDDs+PCDFs	ng/m ³ N	3.7	4.1
	PCDDs+PCDFs(TEQ)	ng/m ³ N	0.041	0.041
	O ₂	%	9.8	9.7
	CO(4時間平均値)	ppm	7	7
	ばいじん	mg/m ³ N	2	2
	HCl	ppm	23	3.1
	SO _x	ppm	1.3	<2
	NO _x	ppm	140	140

備考：排ガス分析値は12%O₂換算値

3.3 飛灰性状

飛灰中のダイオキシン類分析結果を表4に、飛灰の溶出試験結果を表5に示す。

ダイオキシン類濃度は良好な燃焼状態を反映して、比較的低濃度であった。また、溶出試験結果も、いずれも基準内の値で問題となる溶出成分は認められていない。

表4 飛灰中のダイオキシン類濃度

Table 4 Dioxin concentration of fly ash

Data No.		1	2	3
PCDDs	ng/g	66	14	49
PCDFs	ng/g	28	6.2	19
PCDDs+PCDFs	ng/g	94	20	68
PCDDs+PCDFs(TEQ)	ng/g	0.72	0.15	0.48

表5 飛灰溶出試験結果

Table 5 Result of elution test of fly ash

成分	単位	RDF燃焼飛灰	土壤環境基準環告46号
R-Hg	mg/l	<0.0005	検出されないこと
T-Hg	mg/l	<0.0005	0.0005以下
Cd	mg/l	<0.001	0.01以下
Pb	mg/l	<0.005	0.01以下
O-P	mg/l	<0.1	検出されないこと
Cr ⁶⁺	mg/l	0.02	0.05以下
As	mg/l	<0.005	0.01以下
CN	mg/l	<0.1	検出されないこと
PCB	mg/l	<0.0003	検出されないこと
Se	mg/l	<0.005	0.01以下
Cu	mg/l	<0.005	—
Zn	mg/l	<0.01	—
Be	mg/l	<0.05	—
T-Cr	mg/l	<0.1	—
Ni	mg/l	<0.005	—
V	mg/l	<0.1	—
PH	—	11.2(23.3℃)	—

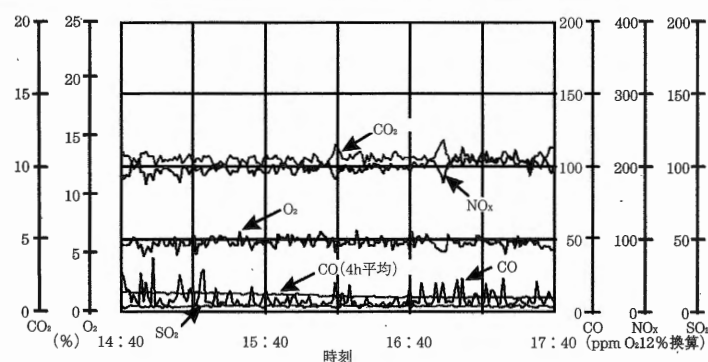


図7 排ガス性状

Fig.7 Trend of exhaust gas

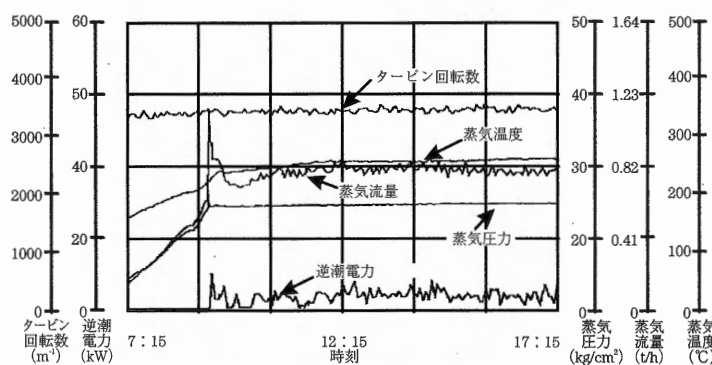


図8 蒸気条件・逆潮電力

Fig.8 Trend of steam condition and reverse electric power

3.4 蒸気条件

発生蒸気の経時変化を図8に示す。

蒸気圧力、流量、温度とも、ほぼ一定で安定している。逆潮電力についても、所内負荷の変動により、若干影響を受けているもののほぼ安定している。

4. まとめ

運転結果より以下のことが確認できた。

- 1) RDFは形状が均一 ($\phi 20\text{mm} \times L20 \sim 30\text{mm}$) なので、ハンドリングが容易で炉内への定量供給ができ、供給による燃焼への影響が少ない。
- 2) 供給の安定かつ、その性状（水分、発熱量）が均一なため、都市ごみ焼却に比して、空気比を小さくしても安定燃焼が可能である。本試験では空気比1.4～1.5で安定燃焼が確認できた。
- 3) 排ガス中CO濃度は10ppm前後で推移し、ピークもほとんどなく安定しており、ダイオキシン類についても、小規模炉にかかわらず、低濃度に抑制できた。

消石灰＋活性炭の吹込みとバグフィルタによる排ガス処理で充分、 $0.1\text{ng-TEQ}/\text{m}^3\text{N}$ のガイドラインをクリアできることが確認できた。

4) NO_x 対策としては、尿素噴霧やバグフィルタ後段での脱硝触媒の設置を考慮する必要がある。

5) ボイラの蒸気量変動が少なく、安定した発電が確保することができる。また、発電量の燃料（RDF）制御が容易である。

6) 焼却飛灰についてはキレート処理で十分対応可能で

ある。

5. おわりに

今回のRDF製造・燃焼・熱回収の一貫実証試験で得られた結果・経験をもとに、今後求められる「ごみエネルギー利用の効率化」と「ダイオキシンなどの有害物質の排出抑制」に対応できるシステムとして高性能化をめざしていきたい。

謝辞

本実証試験に際し、京都府綾部市殿には、設備設置場所・原料ごみ・用水のご提供をはじめ、多大なご指導とご協力を頂いたことに対し謝意を表します。

執筆者

野口博嗣

Hirotsugu Noguchi

平成6年入社

環境関連機器の設計・開発に従事

小畑恒夫

Tsuneo Obata

昭和48年入社

環境関連機器の設計・開発に従事
技術士（衛生工学部門）

