若松 PFBC ボイラにおける高効率脱硝

— 1999.10.5 受理 —

電源開発株式会社 作野 慎一, 上田 八郎

1. まえがき

PFBC では燃焼温度が低いため、発生する NO_x 濃度も低く抑えることができる。しかし排出基準が極めて厳しく、実機ではボイラ出口にさらに脱硝装置を設置し、 NH_3 を注入してもう一段濃度を低減することが要求される。これにより約 80~90 % の脱硝効率が得られている。しかし、我々は触媒脱硝装置（以降 SCR）に加えて無触媒脱硝装置（以降 SNCR）を付加し、より高度な環境特性を目指し試験を実施している。

本論文では、SNCR と SCR を組み合わせることにより、より高効率の脱硝が得られたので、これについて紹介する。

2. 装置概要および試験方法

Fig.1 に 71 MWe PFBC 系統図を示す。PFBC ボイラは、内部に CaCO_3 を主成分とする流動媒体（BM）を燃料と同時に下部より燃焼用加圧空気を注入し、流動層を形成し燃焼する。

流動層の温度（層温）すなわち燃焼温度は流動層高を調整し、流動層内での収熱量を調整することで 825~865℃ の範囲で制御する。おおよそ 50 % 負荷では層高約 2 m、炉内圧約 6 kgf/cm²、排ガス O_2 約 6 % で運転され、100 % 負荷では層高 3 m、炉内圧 10 kgf/cm²、排ガス O_2 約 3 % で運転される。

層高は、負荷に比例して増減する。層内に設置された伝熱管は、層高でみると 0.6 m から 3.5 m の高さまでほぼ均等に配置されている。このため、層高が低い部分負荷帯では流動層上に伝熱管が露出して、発生した燃焼ガスの熱を奪い排ガス温度を低下させる。ボイ

Fig.1 Schematic diagram of PFBC system

ラ出口の排ガス温度は、50 % 負荷ではおよそ 650 °C、100 % 負荷で 850 °C となる。

排ガスは灰循環サイクロン（以下CTF）で粗脱塵された後、セラミックフィルタ高温脱塵装置で 1 mg/m³N 以下に脱塵されガスタービンを駆動する。その後脱硝装置で NO_x を環境基準値以下まで還元し、排ガスクーラ、バグハウスを経由して煙突より排出される。

PFBC ボイラ内や排ガスラインへ NH_3 水を注入し、無触媒で脱硝を行う設備も備えている。 NH_3 水は排ガスダクト中に設けたポイント（ボイラ出口マニホールド、CTF 出口ガス管）から注入を行うことができる。

3. 結果及び考察

ここでは BA 炭での燃焼試験結果を示す。まず Table 1 に運転条件を示す。この条件のもとに試験を実施した。50 % 負荷においては Fig.1 に示す注入ポイント①にモル比 0.5、100 % 負荷においては注入ポイント②にモル比 1 で注入を行っている。Table 1 の条

件のもと、Fig.1 のシステムで試験を行った結果を Fig.2 に示す。

Table 1 Operating condition of 50% and 100 % load

	Bed temperature	O ₂ concentration at boiler outlet	Boiler outlet pressure
50 % load	860 [°C]	6.7 [%]	6.4 [kg/cm ²]
100 % load	860 [°C]	3.3 [%]	10.2 [kg/cm ²]

Fig.2 Relation between total [NH₃]/[NO_x] mol ratio and total DeNO_x efficiency

これまで SCR による脱硝方法では、SCR 出口のリーク NH₃ の制限等により、モル比 1 未満とされており、そのため高い脱硝効率が得られなかった。これに対し、SCR と SNCR の 2 段で脱硝を行うことによりモル比 1 以上で注入可能となり、さらに高い脱硝効率が得られている。

		50 % load		100 % load	
		before	after	before	after
NH ₃ mol ratio (amount of NH ₃ injection [kg/h])	(1)	—	0.50 (14.3)	—	1.00 (26.6)
	(2)	0.97 (27.7)	0.54 (15.5)	0.81 (21.5)	0.30 (8.1)
	total	0.97	1.04	0.81	1.30
DeNO _x efficiency [%]	(3)	—	25.1	—	14.7
	(4)	90.6	95.2	75.9	95.1
	total	90.6	96.4	75.9	95.8
NO _x concentration [ppm]	(5)	289.9	289.9	146.7	146.7
	(6)	289.9	217.1	146.7	125.2
	(7)	27.2	10.4	35.4	6.1

Fig.3 NH₃ balance and deNO_x efficiency (NH₃ injection point is 50 % L : ①, 100 % L : ②)

また 95 % 以上の高い脱硝効率が得られる際の NH₃ バランス、脱硝効率及び NO_x 量について Fig.3 に示す。SNCR で脱硝反応しない NH₃ は後段 SCR で NO_x の還元に参加していることが、SCR への NH₃ 注入量を減らしても脱硝効率が上昇していることから確認できる。また SCR への NH₃ 注入量を抑えられていることから、結果としてリーク NH₃ 量が減少していると考えられる。

50 % 負荷では、Fig.1 における注入ポイント①へモル比 0.5 にて注入すると、NO₂ の NO への還元反応はあまり進まず、NO が分解されることが分かっている。

そのため、NO と NO₂ の比が 1 : 1 に近づき、後段 SCR においては、

という反応速度の速い反応が起こることになる。その他 NO, NO₂ については、

という反応が起こるが、NO₂ が多くなると SCR ではより多くの NH₃ が必要となってしまう。

100 % 負荷については、NO₂ 量が少ないことから、NH₃ は NO を分解するのみとなっている。Table 2 に 50 % 負荷及び 100 % 負荷時の NO と NO₂ の発生量を示す。

Table 2 NO and NO₂ concentration of boiler outlet at 50 % and 100 % load

	NO concentration at boiler outlet	NO ₂ concentration at boiler outlet
50 % load	153.1 [ppm]	68.2 [ppm]
100 % load	144.9 [ppm]	8.9 [ppm]

4. 結 論

脱硝方法について、SCR のみであるとモル比 1 以内という制限があったが、SNCR と SCR を組み合わせることでモル比 1 以上にすることが可能となった。結果 100 % 負荷にて、注入モル比 1.3、脱硝効率 95.8 %、SCR 出口の NO_x : 6.1 ppm と、十分な環境対応が可能であることが確認できた。

今後 SNCR と SCR の組み合わせによる最適な脱硝方法を、注入量、NO₂ の NO への移行量、脱硝効率、リーク NH₃ 等より検討していくこととする。

参考文献

- 1) 飯田, 触媒, 35 (5), 272 (1993)
- 2) 阿部, ほか 4 名, 日本エネルギー学会誌, 78 (3), 191 (1999)

High efficiency NO_x reduction in Wakamatsu PFBC Boiler

Shinichi SAKUNO and Hachiro UEDA

(Electric Power Development Co., LTD.)

SYNOPSIS : — 71MWe PFBC demonstration plant has been operated since 1992 in EPDC Wakamatsu Work. At PFBC boiler the temperatures of combustion is low, so concentration of NO_x in the exhaust gas is kept low. But selective catalytic reaction (SCR) system is adapted for the environmental demand for coal thermal power plants in Japan. Still more, we introduce the selective non-catalytic reaction (SNCR) system and verify the characteristic.

In the test, we investigate high efficiency NO_x reduction by increase of amount of NH₃ injection. Amount of NH₃ injection is suitable for more than 1 by [NH₃]/[NO_x] molar ratio. So far amount of NH₃ injection is limited by less than 1 at SCR because of limit of slip NH₃ at SCR outlet. But amount of slip NH₃ at SCR and SNCR system is as same as one at SCR system.

In this paper, we introduce the high efficiency NO_x reduction at SCR and SNCR system.

Key Words

NH₃ injection, SNCR, PFBC