

석탄유동층 보일러에 RPF 혼소시 운전조건 및 대기오염물질 배출 특성 변화

윤 균덕, 박 인출, 박 종경, 조 연행, 최 연석¹⁾, 선 도원²⁾, 박 도현³⁾
산업기술시험원, ¹⁾한국기계연구원, ²⁾한국에너지기술연구원, ³⁾부산염색공단

Operating condition and air pollutant emission when do RPF co-combustion in coal fluid bed boiler.

Kyoonduk Yoon, Inchul Park, Jongkyeong Park, Yeonhaeng Cho, Yeonseok Choi,
Dowon Shun, Dohyun Park

Key words : Fluid bed boiler (유동층보일러), Refuse plastic fuel(RPF), Dioxin(다이옥신), Co-combustion(혼소), Air pollutant emission(대기오염배출), Operating condition(운전조건)

Abstract : Because price of fossil fuel rises, necessity about alternative energy was risen. Studied co-combustion of RPF to coal fluid bed boiler by necessity of these alternative energy. Purpose of this study to coal fluid bed boiler RPF when did co-combustion, change operating condition and characteristic of air pollutant examine according to change of fuel characteristic. operating condition examined about combustion chamber temperature, oxygen content etc. and air pollutant examined about material that is included to allowable exhaust standard and dioxin. Co-combustion condition was 5%. It was no peculiar under test result operating condition. Concentration of CO and HCl rose according as do RPF co-combustion and the other pollutants had hardly changed. Dioxin is low concentration level more than 0.1ng-TEQ/Sm³. There was no pollutant that exceed allowable exhaust standard for boiler but SO_x, NO_x were exceeded about allowable exhaust standard for incinerating facility.

subscript

RPF : refused plastic fuel
GAH : gas - air heater
ECO : economizer

1. 서 론

화석연료의 가격 상승으로 인하여 대체에너지에 대한 관심이 어느 때보다 커지고 있고 많은 연구가 진행되어 오고 있다. 현재 우리나라의 대체에너지 계획량 중 폐기물의 비율은 2011년 기준

57%에 이르고 있다. 따라서 대체에너지 목표율을 달성하려면 폐기물을 대체에너지로 활용할 수 있는 다양한 시설의 개발이 필요하다. 이러한 일환으로 현재 법적으로 인정되고 있는 RPF를 석탄 유동층 보일러에 혼소하는 기술을 개발하고 있는데 본 연구의 목적은 혼소할 때 보일러의 운전 조건 변화 및 대기오염물질의 배출 특성의 변화를 살펴보고 현재 폐기물관리법 및 환경대기보전상의 법적기준의 준수가가능성을 검토한 것이다.

1) 산업기술시험원 환경기술본부 환경설비팀, 윤균덕
E-mail : kdyoon@ktl.re.kr
Tel : (02)860-1396 Fax : (02)860-1545

2. 측정조건 및 조사항목

본 실험 및 측정은 4일동안 진행되었으며, 2일은 석탄연소를 하였고, 2일은 1호기에 대해 석탄 95%와 RPF 5%를 혼소하여 운전조건, 대기오염물질 및 다이옥신의 배출 특성을 살펴보았다.

2.1 절 대상시설

혼소 실험을 위하여 사용한 설비는 유동층 보일러이며 시간당 80톤의 석탄보일러 2기와, 시간당 50톤의 LNG 보일러 1기로 구성되어 있으며, 배출가스는 굴뚝으로 통합되어 배출된다. 구성은 연소로와 보일러, 열교환장치, 전기집진기를 거쳐 굴뚝으로 배출되며, 시료는 굴뚝에서 포집하였다.

2.2 절 조사항목

1) 측정 및 운전 조건

측정조건은 다이옥신 시료 채취기준인 등속흡인계수, 표준상태건조가스채취량, 시료채취시간, 먼지포집부 온도, 흡착수지부의 온도에 대해서 조사, 정리하였고 운전조건은 연소성능에 영향을 미치는 O₂, CO 농도 및 각 위치별 온도분포에 대하여 알아보았다.

2) 측정항목

측정항목으로는 다이옥신, 대기오염물질 24종(가스상오염물질 16종, 입자상오염물질 8종)과 비산재중의 Cl성분 함량을 측정·분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 절 시험·운전조건

RPF혼소 시 운전조건 변화상의 특이한 점은 없었으나, 소각시설 성능검사 기준에 적용 시 연소실 출구온도나 CO농도에서 기준을 만족시키지 못했다.

Fig. 1은 석탄연소 시와 RPF를 혼소하여 연소할 때의 위치별 온도상황을 나타내고 있으며, Fig. 2와 3에서는 석탄연소시와, RPF 혼소시에 시간의 경과에 따른 산소 및 일산화 탄소의 농도변화를 비교하였다.

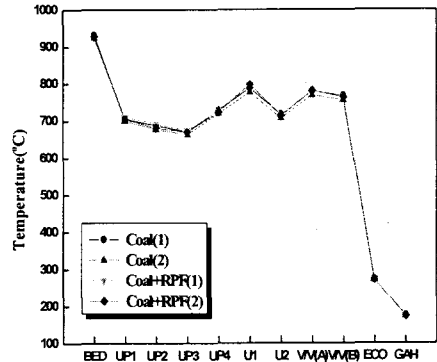


Fig. 1 각 위치별 온도 분포

Fig. 1에서는 석탄연소 및 RPF 혼소시 로내, 로내상부, U-beam, 선화부, 질탄기, 공기예열기에서의 온도 분포를 나타내고 있다. 각각의 위치에서 연료조건에 따른 온도편차는 거의 나타나지 않았다. 하지만 로 내 상부 및 선화부 온도를 보면 약 650°C~800°C 분포를 나타내어, 2ton/hr 이상의 소각시설 성능기준인 연소실 출구온도 850°C 이상을 만족시키지 못하였다.

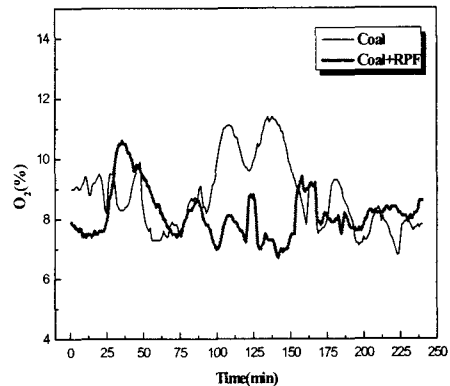


Fig. 2 산소농도 변화

Fig. 2에서는 다이옥신을 측정할 4시간 동안의 산소농도의 변화를 연료조건 별로 나타낸 그림이다. 석탄연소시와 RPF 혼소시 모두 약 7~11% 정도로 적정 범위 내에서 유지되고 있음을 보여주고 있으며 연료조건에 의한 산소농도의 차이는 무시할만한 수준으로 나타났다.

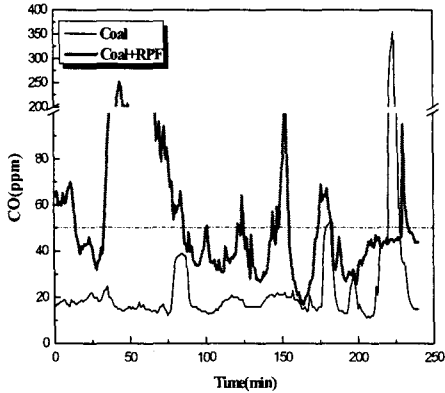


Fig 3. 일산화탄소의 농도변화

Fig. 3 에서는 연료 조건별 일산화탄소의 시간별 농도를 나타내고 있으며 6%의 표준산소농도로 보정한 값이다. 석탄만 연소하였을 때에는 평균농도가 약 32ppm으로 2ton/hr 소각시설의 성능기준인 50ppm 이하로 나타났으며, RPF 혼소시에는 약 73ppm 으로 기준치를 넘었다. 시간대 별로 보면 혼소시에는 반 이상의 구간에서 기준치를 넘어서는 모습을 보이고 있으며 석탄연소 시에는 약 225분 부근에서 기준치를 넘어 약 400ppm에 가까운 농도를 보이고 있으나 이는 연료투입시 일시적인 문제로 사료되며, 그 외의 구간에서는 기준치 아래로 유지되고 있다. 그러나 소각로 기준인 12%의 표준산소농도로 보정하면 혼소시 평균 44ppm으로 기준인 50ppm에 근접하는 수치다.

3.2 질 다이옥신 배출특성

3.2.1 항 다이옥신 시료채취 기준

다이옥신 시료채취 기준으로는 등속흡인계수, 표준상태건조가스채취량, 시료채취시간, 먼지포집부입구온도, 흡착수지부 온도를 감안하여야 하는데, 석탄연소시와 RPF혼소시에서 모두 기준을 만족하였다.

Table. 1 다이옥신 시료채취 기준

채취기준	단위	기준	석탄연소	RPF 혼소
등속흡인계수	%	95~105	99	98.6
표준상태건조가스채취량	sm ³	30이상	3.0315	3.0232
시료채취시간	min	240이상	255	250
먼지포집부입구온도	℃	120이하	53	53
흡착수지부온도	℃	20이하	18.8	18.7

3.2.2 항 다이옥신 측정결과

다이옥신 측정 결과 산소농도를 12%로 보정하였을 때, 석탄연소에서는 0.008ng-TEQ/Sm³ RPF 혼소 시에는 0.003ng-TEQ/Sm³의 농도로 기준치인 0.1 보다 상당히 낮게 측정되었고, RPF혼소에 의한 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.

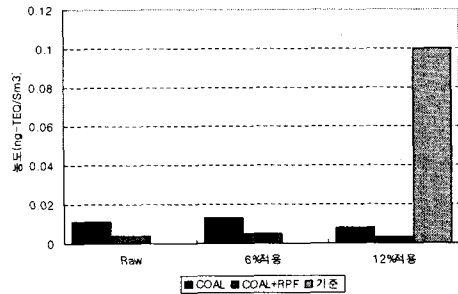


Fig. 4 다이옥신 측정 결과

3.3 질 대기오염물질 배출특성

RPF를 연료로 사용하였을 때나 혼소하였을 시에 적용될 수 있는 법규가 아직 마련되어 있지 않아 기준에 시행되고 있는 보일러기준, 소각기준, 기타기준 등 모든 배출허용기준과 비교하여 RPF 혼소시의 대기오염물질의 배출특성을 파악 하고자 하였다. 배출허용기준 및 측정농도는 입자상물질과 가스상물질로 나누어 Table.2, 3에 나타내었고, 표에서 나타난 소각기준은 2ton/hr 이상의 대형 소각시설의 기준을 적용하였다. 괄호안의 숫자는 표준산소 보정농도를 의미한다. 석탄연소와 RPF혼소의 자료는 표준산소 6%를 보정한 값이다.

Table.2 입자상물질의 측정결과

(unit : mg/sm³, 매연은 도)

	보일러 기준	소각 기준	기타 기준	석탄 연소	RPF 혼소
먼지	50(6)	30(12)	100	7.1	5.85
Cd화합물	-	0.02(12)	0.1	-	-
Pb화합물	-	0.2(12)	5	0.001	-
Cr화합물	-	0.5(12)	1	0.018	0.026
Cu화합물	10	10	10	0.01	0.005
Ni화합물	20	20	20	0.013	0.012
Zn화합물	10	10	10	0.027	-
매연	2	2	2	1	1

Table. 2에 나타난 입자상 8개 물질의 측정결과와 연료조건에 따른 차이도 없을뿐더러, 모든 배출허용기준을 크게 밀도는 수준으로 나타났다.

Table. 3 가스상 오염물질의 측정결과

(unit : ppm)

	보일러 기준	소각 기준	기타 기준	석탄 연소	RPF 혼소
NH ₃	-	-	100	0.01	-
CO	-	50(12)	-	32.15	73.39
HCl	-	30(12)	6	7.58	12.38
Cl	10	10	10	-	-
SO ₂	270(6)	30(12)	500	163	161
NO ₂	350(6)	80(12)	200	201	190
CS ₂	30	30	30	0.54	-
HCHO	10	10	10	-	-
H ₂ S	-	2(12)	10	0.07	0.13
F	-	2(12)	3	-	-
HCN	10	10	10	0.7	0.72
Br	5	5	5	-	-
벤젠화합물 (C ₆ H ₆)	30	30	30	0.43	0.8
페놀화합물 (C ₆ H ₅ OH)	10	10	10	0.06	-
Hg화합물	5	5	5	-	-
As화합물	3	3	3	-	-

Table.3 에 나타난 16개 항목의 가스상 오염물질의 측정 결과 일산화탄소의 농도는 RPF 혼소시 73.39ppm이나 소각기준으로 환산하면 43.97ppm으로 소각기준에 근접하는 값이고, 염화수소는 석탄연소와 RPF 혼소시 각각 7.58ppm, 12.38ppm으로 기타기준으로 환산하면 각각 6.30ppm, 10.69ppm으로 기타시설 기준을 상회하는 수준이다. 또한 황산화물은 석탄연소와 RPF 혼소시에

모두 약 160ppm 으로 소각기준으로 환산하여 비교하면 소각시설기준의 약 3배이상의 수준이다. 질소산화물 역시 약 200ppm 으로 소각기준으로 환산하여 비교하면 소각기준의 약 1.5배 정도 되는 수준이다. 이 외의 물질은 모든 기준보다 상당히 낮은 농도로 측정되어 무시할 만한 수준이었다.

3.4 절 비산재 중의 CI 함량

석탄연소시 비산재의 염소함량은 0.0062%이었으며 RPF 혼소시 비산재의 염소함량은 0.0078%로 다소 증가하였으나 무시할 수 있는 수준으로 판단되었다.

4. 결 론

석탄유동층보일러에서 RPF혼소에 의한 운전 조건 및 대기오염물질 배출특성을 알아본 결과 연소로 출구 온도 및 일산화탄소, 염화수소, 황산화물, 질소산화물농도 등에 대하여 소각로 성능기준 및 대기배출허용기준 등에 대하여 좀 더 검토가 필요한 것으로 나타났다. 왜냐하면 보일러기준과 소각기준, 기타 기준에 비교할 때 각각의 기준에 모두 만족하는 경우가 없고 기준에 따라 기준만족여부가 상대적으로 나타나기 때문이다. 따라서 기존 시설에 RPF를 혼소하여 사용할 때 기존시설기준이나, 소각시설기준, 혹은 기타시설로 일괄적으로 적용하기에는 무리가 있기 때문에 RPF 혼소시설에 대한 합리적인 기준이 설정되어야 할 것으로 판단된다. 그리고 다이옥신의 경우는 소각시설기준보다 상당히 낮은 수치를 나타내는 것으로 보아 석탄유동층 열병합 발전소에 RPF를 혼소시 혼소율에 따라 다르겠지만, 다이옥신 문제는 거의 없을 것으로 판단된다.

본 연구는 에너지 관리공단 에너지자원 기술개발 사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] 환경부, 대기오염공정시험법, 환경부고시 제 2004-156호
- [2] 환경부, 폐기물공정시험법 개정, 환경부고시 제 2004-185호