

신재생연료 혼소를 통한 미분탄 화력 발전소의 CO₂ 저감 방안 도출

김태현* · 최상민* · 양원**†

Approach to Reduce CO₂ by Renewable Fuel Cofiring for a Pulverized Coal Fired Boiler

Taehyun Kim*, Sangmin Choi*, Won Yang**†

ABSTRACT

The cofiring of renewable fuel in coal fired boilers is an attractive option to mitigate CO₂ emissions, since it is relatively low cost option for efficiently converting renewable fuel to electricity by adding biomass as partial substitute of coal. However, it would lead to reduce plant efficiency and flexibility in operation, and increase operation cost and capital cost associated with renewable fuels handling and firing equipment. The aim of this study is to investigate reduction of carbon dioxide at varying percentage of biomass in fuel blend to the boiler biomass, and estimate operation and capital cost. Wood pellet, PKS (palm kernel shell), EFB (empty fruit bunch) and sludge are considered as a renewable fuels for a cofiring with coal. Several approaches by the cofiring ratio are chosen from past plant demonstrations and commercial cofiring operation, and they are evaluated and discussed for CO₂ reduction and cost estimation.

Key Words : Cofiring, Biomass, Carbon dioxide reduction, Cost estimation

혼소 방식은 전력 생산 산업에서 매우 효과적인 바이오매스 이용방식으로 기존 석탄 화력 발전용 보일러에 석탄 투입의 일부를 바이오매스로 대체하는 것이다. 혼소방식은 바이오매스, 폐기물 에너지 등의 재생에너지 이용을 통한 순 CO₂ (Net CO₂ emission) 배출량을 줄일 수 있고, 황성분이 적은 바이오매스를 이용함으로써 황산화물 배출도 저감시킬 수 있다. 또한 신재생에너지 전용 보일러를 건설할 경우 많은 비용이 발생하게 되지만, 혼소방식의 경우 기존의 보일러를 개조하여 충분히 사용할 수 있으므로 비교적 저비용으로 신재생에너지를 사용하는 하나의 방법이 될 수 있다. 하지만, 바이오매스 혼소 시에 보일러 효율 감소가 일어나기 때문에 경제적 손실이 있을 수 있으며, 바이오매스의 구입비용, 운송비용, 보관비용, 전처리 비용 등의 추가적인 비용이 발생된다. 혼소 비율을 높이기 위해서는 별도의 분쇄기, 바이오매스 전용 버너 등의 추가적인 설비가 필요하며 이에 따라 자본투자비용 및 추가 운전비용이 필요하다.

본 연구에서는 1000 MW급의 미분탄 보일러를

대상으로 적용 가능한 바이오매스의 혼소 방안을 도출하였다. 또한 도출된 방안에 따른 이산화탄소 저감 효과를 확인하고 투자비용 분석과 설비 영향에 대한 정성적인 평가를 수행하는 것을 목표로 하였다.

계산에 사용된 설계탄의 발열량은 고위발열량 기준으로 5240 kcal/kg 이며, 수기식의 수분함량인 22.5% 를 고려하여 저위발열량은 4914 kcal/kg으로 계산하여 사용하였다. 우드 펠렛 (Wood pellet), PKS (Palm Kernel Shell), EFB (Empty Fruit Bunch) 과 하수슬러지 (Sludge)를 혼소 대상 연료로 선택하였다.

혼소 방식 Case는 크게 혼소율이 작은 경우, 동시 미분이 어려운 경우 그리고 혼소율이 높은 경우로 선정하였다. 각 경우에 대해서 혼소방식의 차이가 존재하며 기존 연구 자료를 바탕으로 적절한 혼소율과 혼소방식을 택하여 Case를 선정하였다. 따라서 혼소율에 따라 앞서 기술한 혼소 방식이 변하게 되며 선정된 Case는 아래와 같다.

Case 1: 3% 혼소율, 동시 미분

Case 2: 10% 혼소율, 별도 미분 석탄 버너 이용

Case 3: 15% 혼소율, 별도 미분 석탄 버너 이용

Case 4: 20% 혼소율, 가스화 연료로 변환 사용

* 한국과학기술원 기계공학과

** 한국생산기술연구원 에너지시스템연구그룹

† 연락처, yangwon@kitech.re.kr

TEL : (041) 589-8265 FAX : (041) 589-8323

보일러에서 바이오매스의 혼소율에 상관없이 입열량은 고정되었고, 바이오매스의 투입량에 의한 보일러 효율 감소를 고려하였다. 이산화탄소 저감량은 석탄 저감량에 직접적으로 영향을 받으며, 혼소로 인한 석탄 저감량을 이용하여 계산하였다 [1]. 또한 기존 연구의 바이오매스 혼소비율에 따른 보일러 효율 감소에 대한 관계식을 사용하여 보일러 효율 감소를 고려하였다 [2].

비용 계산에서는 case 1의 경우 동시 미분만 고려되고 case 2의 경우 신재생연료의 저장, 처리, 압축 및 건조의 비용을 합하여 계산된다. case 3의 경우 case 2의 비용과 더불어 개별 버너의 비용이 추가되어 계산된다. Case 4의 경우 다른 설비 없이 신재생연료의 용량에 따른 가스화기의 설치비가 고려된다. 기존 연구자가 제안한 비용발생 상관식을 통해서 계산을 수행하였다 [3]. 또한 전력생산 감소로 인한 손실액은 일종의 운전비용으로 생각하여 고려하였다.

Fig. 1은 신재생 연료의 종류와 case 별 CO₂ 저감량을 나타내었다. 바이오매스로 인해 발생하는 이산화탄소는 포함하지 않으며, 석탄 감소량에 의해 저감된 이산화탄소량을 계산하였다. 혼소율에 따라 동일한 열량만큼의 석탄이 감소되었기 때문에 어떤 연료인지 상관없이 혼소율에 따라 이산화탄소 저감량은 같다.

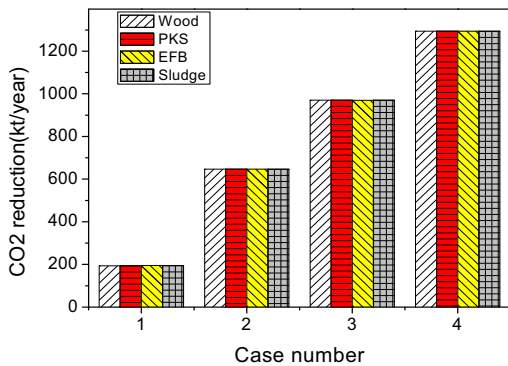


Fig. 1 CO₂ reduction at different cofiring cases

Case 1의 경우 추가적인 설비가 거의 필요 없으므로 약 17억 원의 가장 낮은 투자비를 보이거나 혼소 가능한 범위가 매우 작다. Case 2와 case 3는 별도의 신재생 연료의 파쇄 및 처리를 하고, case 3의 경우 별도의 버너를 사용하므로 약 300억 원 규모의 투자비가 발생한다. 그리고 대체된 연료의 전력 생산량에 좌우되므로 연료의 종류에 크게 차이가 나지 않는다. 하지만 case 4는 가스화기를 설치해야 하므로, 신재생 연료의 처리량이 주요 인자가 되어, 따라서 발열량이 낮아 동일한 혼소율에도 더 많은 연료가 투입되어야 하는 EFB의 경우 가스화기 설치에 가장 많은 투자

비인 약 7000억 원 가량이 예상된다.

Fig. 2는 신재생 연료 사용에 따른 발전량 감소로 인해 발생하는 손실 금액을 비교한 그래프이다. 효율 감소가 바로 전력 생산 감소로 이어지고 이는 전력 판매를 통한 이익 감소를 뜻한다. 이 이익 감소 금액은 혼소방식에서 운영비 측면으로 고려하였다. 기존 연구에 따르면 혼소율이 높아지면 보일러 효율이 감소하므로 전력 생산 감소 손실은 혼소율에 비해 더 크게 나타남을 확인 할 수 있었다. 또한 발열량이 낮은 EFB의 경우에 더 많은 바이오매스가 사용되므로, 효율감소분이 증가하여 전력 판매 손실액이 가장 컸다.

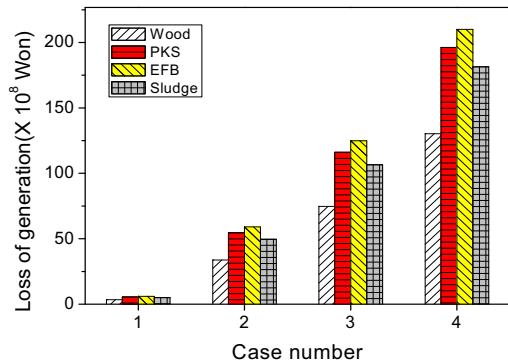


Fig. 2 Losses by decreased electricity generation

참고 문헌

- [1] S. De, M. Assadi, "Impact of Cofiring Biomass with Coal in Power Plants - A Techno-economic Assessment", Vol. 33, No. 2, 2009, pp. 289-293.
- [2] D. A. Tillman, "Biomass Cofiring: the Technology, the Experience, the Combustion Consequences", Vol. 19, No. 6, 2000, pp. 365-384.
- [3] A. C. Caputo, M. Palumbo, P. M. Pelagagge, F. Scacchia, "Economics of Biomass Energy Utilization in Combustion and Gasification Plants: Effects of Logistic Variables", Biomass and Bioenergy, Vol. 28, No. 1, 2005, pp. 35-51.