

석탄화력발전소 이산화탄소 배출량 산정을 위한 연료분석법과 연속측정법의 특성

최현호*, 유호선**†

*한국서부발전(주), **†승실대학교 기계공학과

Characteristics of the Continuous Measurement and the Fuel Analysis for Emission Calculation of Carbon Dioxide in a Coal Fired Power Plant

Hyun-Ho Choi*, HoSeon Yoo**†

*Korea Western Power Corp., Taean 32140, Korea

**†Department of Mechanical Engineering, Soongsil University, Seoul 06978, Korea

ABSTRACT : This study calculates carbon dioxide emissions using the fuel analysis and the continuous measurement from 500 MW-class coal-fired power plants and evaluates the characteristics of each method. The emissions calculation using fuel analysis was the lowest calculation among the emissions calculation methods. This is because of low net calorific value analysis. When using the low calorific coals, it is beneficial to utilize the fuel analysis. Also it showed the characteristics of the lower calculation emissions when used the as fired coals than the as received coals. However, the difference is negligible to less than 2%. As sample analysis personnel and equipment are limited in the present circumstances, it is also deemed appropriate to use the as received coals to fuel analysis. Continuous measurement showed somewhat higher emissions than the fuel analysis, and lower emissions than calculation method using domestic emission factors. Thus, if the calculated emission using fuel analysis increases with the coal type changes, it is beneficial to using modified flow rate measurement method.

초 록 : 500 MW급 석탄화력발전소를 대상으로 연료분석법 및 연속측정법을 사용하여 이산화탄소 배출량을 산정하고 특성을 알아보았다. 연료분석법은 산정방법 중 배출량이 가장 낮게 산정되는 것을 확인하였다. 이는 순발열량이 낮게 분석되기 때문에 저열량탄을 사용하는 경우 연료분석법을 활용하는 것이 유리하다. 또한 입하탄 보다 소비탄을 시료로 사용하였을 때 배출량이 낮게 산정되는 특성을 보인다. 하지만 차이는 2% 미만으로 미미하여, 분석 인력 및 장비가 한정된 현 여건에서는 입하탄을 연료분석에 사용하여도 적정하다고 판단된다. 연속측정법은 연료분석법 대비 배출량이 다소 높게 산정되지만 국내외 제시된 배출계수를 사용한 산정량보다 낮게 산정된다. 따라서 석탄 탄종 변화로 연료분석법에 의한 산정량이 증가할 경우, 유량 측정방법을 보완하여 사용한다면 배출량 산정 시 유리할 것이다.

Key words : emission(배출량), fuel analysis(연료분석), continuous measurement (연속측정), carbon dioxide(이산화탄소), calculation(산정)

- 기호설명

C : 농도 (%)

E : 배출량 (ton)

Q : 유량 (m^3/s)

† Corresponding author

E-mail address: hsyoo@ssu.ac.kr

석탄화력발전소 이산화탄소 배출량 산정을 위한 연료분석법과 연속측정법의 특성

T : 온도 (°C)

1. 서론

이산화탄소, 메탄가스 등 온실가스의 대기 중 농도가 상승하여 야기되는 지구온난화 문제는 지구에 갖가지 악영향을 초래하고 있다. 이에 따라 온실가스로 인한 지구 온도 상승을 억제하기 위하여 전 세계적으로 많은 노력을 하고 있다.

기후변화협약에 따르면, 모든 당사국들은 온실가스 배출 감축을 위한 국가 전략을 자체적으로 수립, 시행하고 이를 공개하여야 하며, 국가보고서를 작성하여 당사국 총회(The Conference of the Parties, COP)에 제출하도록 의무화되어 있다.

우리나라의 경우 2012년 1월 1일부터 온실가스 목표관리제가 시행됨에 따라 지침^[2]에 의거 하여 정확한 온실가스 배출량을 산정하고 결과를 제출하도록 요구하고 있다. 역청탄을 사용하는 석탄화력발전소는 우리나라 전체 온실가스 배출량의 24%^[3]를 차지하는 최대 단일 배출원으로, 온실가스 배출량 중 80% 이상을 차지하는 성분인 이산화탄소의 배출량 산정방법에 대한 연구가 어느 때 보다 중요한 시점이다. 이와 관련하여 다양한 연구가 진행되고 있으나 이전에 발표된 논문들은 주로 온실가스 배출계수 개발에 대한 연구들로써^{[4][5][6]}, 실제 화력발전소에서 사용중인 이산화탄소 배출량 산정방법에 대해서는 구체적인 특성과 적정 활용 방안에 관한 연구가 미흡한 상황이다. 본 논문에서는 규정에서 제시하고 있는 이산화탄소 배출량 산정방법에 따라 500 MW급 석탄화력발전소를 대상으로 연료분석법과 연속측정법에 의해 정확한 이산화탄소 배출량을 산정하고, 각 산정방법에 따른 특성을 비교 분석하여 적정 활용방안에 대해 논하고자 한다. 본 연구의 결과는 실제 가동중인 발전소에서 석탄 연료 채취 및 배출가스 분석을 수행하였기 때문에 동일 규모의 타 발전소에서 이산화탄소 배출량 산정방법에 대한 참고 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 본론

2.1 방법 및 기준

국내 이산화탄소 배출량 산정방법은 네 가지로 구분된

다. 첫 번째는 국제적으로 통용되는 매개변수 값을 사용하여 배출량을 산정하는 방법, 두 번째는 국가가 시험 및 분석을 통하여 개발한 매개변수 값을 사용하는 방법, 세 번째는 사업자가 배출시설을 대상으로 시험 및 분석을 통하여 개발한 매개변수 값을 사용하는 연료분석법이다. 네 번째는 자동측정기기로 연돌에서 배기가스 유량과 이산화탄소 농도를 실측하는 연속측정법이다. 국내의 제시된 배출계수 및 연료분석법에 의한 이산화탄소 배출량 E_{i,CO_2} 는 식(1)과 같다.

$$E_{i,CO_2} = Q_i \times EC_i \times EF_{i,CO_2} \times f_i \times 10^{-6} \quad (1)$$

여기서 Q_i 는 석탄 사용량(ton), EC_i 는 석탄의 열량계수중 순발열량(MJ/kg), EF_{i,CO_2} 는 이산화탄소 배출계수(kgCO₂/TJ), f_i 는 산화계수를 각각 나타낸다. 이산화탄소 배출계수(EF_{i,CO_2})는 식(2)와 같다.

$$EF_{i,CO_2} = EF_{i,C} \times 3.664 \times 10^3 \quad (2)$$

여기서 EF_{i,CO_2} 는 석탄의 탄소 배출계수(kgC/GJ), 3.664는 이산화탄소의 분자량(44.010)/C의 원자량(12.011)을 각각 나타낸다.

석탄의 탄소 배출계수($EF_{i,C}$)는 식(3)과 같다.

$$EF_{i,C} = C_{ar,i} \times \frac{1}{EC_i} \times 10^3 \quad (3)$$

여기서 $C_{ar,i}$ 는 석탄 중 탄소의 질량 분율을 나타낸다. 석탄의 산화계수(f)는 이산화탄소로 산화하는 탄소의 비율을 의미하며 불완전연소로 재속에 남은 탄소를 배출량에서 제외하기 위하여 다음의 식과 같이 산출한다.

$$f_i = 1 - \frac{C_{a,i} \times A_{ar,i}}{(1 - C_{a,i}) \times C_{ar,i}} \quad (4)$$

여기서 $C_{a,i}$ 는 재(Ash) 중 탄소의 질량 분율, $A_{ar,i}$ 는 연료내 재 $A_{ar,i}$ 의 질량 분율, $C_{ar,i}$ 는 연료 중 탄소의 질량 분율을 각각 나타낸다.

연속측정에 의한 이산화탄소 배출량 E_{CO_2} (gCO₂/30min)는 식(5)과 같다.

$$E_{CO_2} = K \times C_{CO_2d} \times Q_{sd} \quad (5)$$

여기서 C_{CO_2d} 는 30분 CO₂ 평균농도(%), Q_{sd} 는 30분 적산유량(Sm³), K는 변환계수로 표준상태에서 1kmol이 갖는 공기부피와 이산화탄소 분자량 사이의 계수(1.964×10)를 각각 나타낸다.

2.2 산정대상 발전소

본 연구는 2006년 12월 준공되어 운전중인 출력 500 MW급 역청탄 전소 화력발전소인 태안화력 8호기를 대상으로 하였다. Fig. 1은 8호기의 석탄취급설비(Coal handling system)부터 연돌까지의 개략도이다. 연료 운탄선에서 부두에 설치된 하역기(Ship unloader)를 이용하여 석탄을 하역하고 옥외저탄장(Coal depot)에 석탄을 일정기간 저장한다. 저장된 석탄을 컨베이어 벨트 및 상탄설비를 이용하여 혼탄조(Blending bin)에 운반하여 두 종류의 석탄을 혼합하며 분배설비(Tripper)를 통해 6대의 소내 저탄조(Coal silo)에 공급한다. 소내 저탄조에 저장된 석탄은 급탄기(Coal Feeder)에서 보일러에 필요한 양을 조절하여 미분기(Pulverizer)로 공급하고 연소에 적합한 크기로 분

쇄된 다음, 필요한 공기와 함께 보일러에 투입한다. 보일러에서 연소 후 발생하는 배기가스는 전기집진기(Electric precipitator)에서 먼지를 제거한 후 두 대의 통합 유인송풍기(Combined induced draft Fan)를 통해 탈황설비(Flue gas desulfurization, FGD)로 이송하고, 최종적으로 황 성분이 제거된 클린 가스가 연돌로 배출된다.

2.3 연료분석 산정 방법

석탄화력발전소에서는 특성이 서로 다른 두 종류 이상의 개별 석탄을 혼합하여 석탄의 품질과 균질성을 향상시키는 혼탄 방법을 일반적으로 운영 중이다. 이에 따라 연료 분석을 위해 사용되는 석탄시료는 혼탄 여부 따라 혼탄 되기 전 탄종인 입하탄(As received coal)과 혼탄 후 보일러에 공급되기 직전 탄종인 소비탄(As fired coal)으로 구분된다. 입하탄은 운탄선에서 입고되는 단일 탄종의 석탄으로 하역시 시료 채취하며 소비탄은 혼탄조에서 주탄과 보조탄을 1:9~9:1 까지 혼탄하여 실제 연소되는 두 종류 이상의 혼합 탄종으로 일 3회 시료 채취한다. 현재 500 MW급 석탄화력에서 연료분석에는 입하탄을 사용하여 탄종별 성분을 분석한 다음, 혼탄 비율에 따라 성분을 계산하는 방법을 활용하고 있다. 혼탄 설비의 한계로 인해 정확한 비율로 혼탄이 불가하므로 혼탄 비율로 계산하는 방법은 실제 사용되는 석탄을 분석하는 방법에 비하여 성분 측정 결과에 오차가 발생한다. 이러한 이유에도 입하탄을 연료분석의 시료로 사용하는 이유는 입하탄은 하역 후 단일 탄종을 분석하는데 반하여 실제 연소에 사용되는 소비탄은 매 혼탄시 마다 3회/일 이상 분석해야 하므로 시료 채취인력, 분석 장비 등이 부족하기 때문이다. 이번 연구에서는 연료분석법에 의한 이산화탄소 배출량 산정 특성과 시료의 위치에 따른 산정량을 확인하기 위해 31일간 입하탄과 소비탄을 각각 시료 채취하여 분석용 시료로 사용하였다. 입하탄과 소비탄은 각각 하역 컨베이어 벨트 전송타워(Transfer tower)와 분배장치 상부 컨베이어 밸브에 설치된 자동 시료채취 장비를 이용했으며 매 221톤당 1회, 1kg을 채취하였다.

연료분석을 통한 이산화탄소 배출량 산정에 필요한 성분은 총수분, 탄소함량, 순발열량, 회함량, 회중의 탄소함량이다. 총수분은 24시간 실내 건조 후 칭량하고 신속히 8mesh로 분쇄 후 밀봉하여 107±7℃에서 항량까지 건조

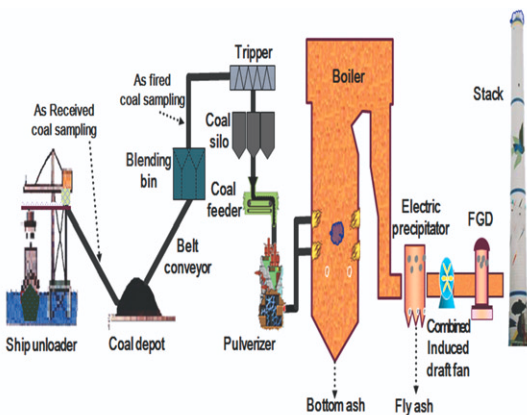


Fig. 1 Schematic drawing of coal handling system in coal fired power plant

석탄화력발전소 이산화탄소 배출량 산정을 위한 연료분석법과 연속측정법의 특성

후 칭량하였다. 원소분석은 자동원소분석기를 이용하여 시료의 적정량을 1시간 이상 $107 \pm 2^\circ\text{C}$ 에서 건조한 후 무수기준(dry basis)으로 탄소, 질소, 황, 수소 함량을 분석하였다. 발열량은 실내 건조 후 60mesh 이하로 분쇄하여 자동열량 분석기로 분석하였다. 공업분석은 자동공업 분석기를 사용하였으며, 고유수분, 휘발분, 회분, 고정탄소를 분석하였다. 미연탄소분 분석을 위한 비산재(Fly ash)는 전기집진기 저장조에서, 바닥재(Bottom ash)는 바닥재 저장조 출구에서 시료를 채취하였으며 미연탄소 자동분석기로 회분의 탄소 성분을 분석하였다. 석탄 소비량은 보일러 급탕기에서 실제 소모되는 석탄량을 측정하였다.

2.4 연속측정 산정 방법

연속측정을 통한 이산화탄소 배출량 산정을 위하여 연돌에서 이산화탄소 농도와 유량을 동일기간 측정하였다. 연돌은 총 높이 146m, 지름은 18m, 분석기 설치 위치는 지상에서 58m 높이로 배기 덕트의 내부 온도는 91°C , 내부 압력은 38 mmHg , 속도는 18 m/sec 로 설계되었다.

유량측정 분석기는 열식 온도계 방식(thermal mass flowmeter)으로 EPI사의 9601MP 모델을 사용하였다. 열식 온도계 방식 유량계는 두 개의 센서로 구성되어 하나의 센서는 유속 측정과 가열의 기능을 가지고 있고, 다른 하나는 유체의 온도를 측정한다. 가열된 센서는 배기가스에 의해 열이 소모되기 때문에 이를 보상하기 위한 전류 요구량이 증가하며, 전류 요구량은 유속에 비례하여 증가함에 따라 이를 통한 유속을 측정하여 굴뚝의 단면적과의 곱으로 유량을 계산한다. 정밀도는 Span 값의 0.5%, 측정범위는 $0.07 \text{ m/sec} \sim 30 \text{ m/sec}$ 이고 한국환경공단인 형식승인으로 성능을 인증받았다. 유량 편차를 감안하며 유량계를 2대 설치하고 평균값을 사용하였다.

이산화탄소 분석기는 비분산적외선 방식(non-dispersive infrared method)으로 동일그린시스사의 DIGS-170 모델을 사용하였다. 비분산적외선 방식은 가스 여과기에 적외선을 통과시켜 센서에서 흡수되어지는 주파수차를 이용하여 이산화탄소 농도를 측정하는 방법이다. 혼합가스의 모든 파장의 적외선을 쪼여주면 특정 가스 농도에 비례하여 특정파장의 적외선을 선택적으로 흡수하는 특성을 이용한 방식이다. 측정범위는 $0 \sim 25 \text{ vol\%}$ 이고 한국산업기술시험원에서 정도검사 기준을 통과하여 성능

을 인증 받았다.

2.5 연료분석 결과

시험 기간인 31일간 연료분석에 사용된 석탄 소비량은 총 $154,510 \text{ ton}$ 으로 일평균 $4,984 \text{ ton}$ 을 사용하였다. 탄소 함량은 인수식 기준으로 $57.52 \sim 58.52 \%$, 건식 기준으로 $69.41 \sim 71.29 \%$ 로 소비탄이 다소 적게 나타났으며, 수소 성분과 회 성분은 소비탄이 각각 0.03% , 1.88% 높게 나타났다, 총수분은 소비탄이 0.81% 적게 나타났으며, 순 발열량은 소비탄이 133 kcal/kg 적게 나타났다. 일평균 이산화탄소 배출량은 입하탄이 $10,608 \text{ ton}$, 소비탄이 $10,401 \text{ ton}$ 이었으며, 31일간 전체 배출량은 입하탄이 $328,860 \text{ ton}$, 소비탄이 $322,437 \text{ ton}$ 으로 산정되었다. 입하탄이 일평균 약 207 ton , 전체 산정량은 $6,423 \text{ ton}$ 배출량이 많게 산정되는 특성을 확인하였으며, 두 산정량의 편차는 약 1.9% 이다.

입하탄이 소비탄보다 배출량이 높게 산정되는 이유는 순 발열량이 높게 분석되기 때문으로 이는 석탄이 하역되어 보일러까지 이송과정에서 일부 수분이 제거되고 두 종류의 석탄이 혼탄 과정에서 예측 발열량보다 실제 발열량이 다소 낮아지기 때문으로 추정된다. 정확한 연료분석을 위해서는 실제 보일러에 공급되는 소비탄을 사용하여야 배출량 산정 오차를 줄일 수 있을 것으로 보인다.

2.6 연속측정 결과

연돌에서 31일 동안 이산화탄소 농도와 배기가스 유량을 측정한 결과, 이산화탄소 농도는 평균 13.90% , 산소는 5.04% 였으며, 배출가스 온도는 84.73°C 로 측정되었다. 이산화탄소 배출량 산정결과는 일평균 $11,006 \text{ ton}$, 전체 산정량은 $341,178 \text{ ton}$ 으로 입하탄 연료분석에 의한 방법보다 많게 산정되는 특성을 확인하였다. 측정값을 분석하여 보면 비교적 안정된 값을 보이는 이산화탄소 농도에 비교하여 유량값은 편차가 다소 크게 발생함을 확인하였다. Fig. 2는 연돌에서 측정한 유량을 나타내었다. 여기서 보면 유량은 30분 평균값으로 $839,865 \text{ Sm}^3$ 였으나 최대 $83,557 \text{ Sm}^3$ 까지 약 10% 정도의 편차가 발생하는 것을 확인하였다. 또한 표준편차 계산결과 $22,091$ 로 평균값 대비 다소 높은 편차가 있음을 확인하였다. 이는 배기가스의

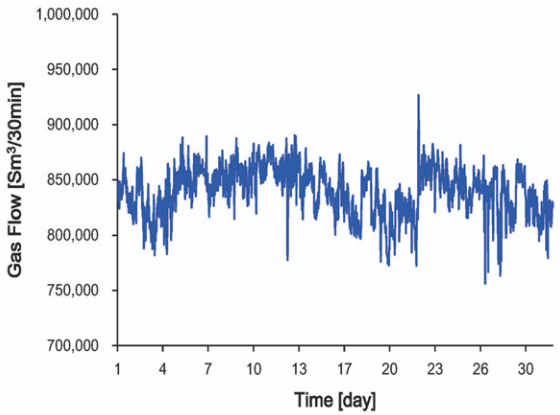


Fig. 2 Flow rate measurement of exhaust gas in stack with time

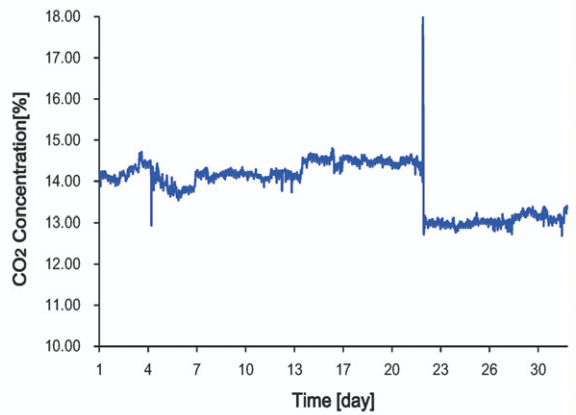


Fig. 3 CO₂ concentration of exhaust gas in stack with time

빠른 유속과 편류 때문에 판단된다. Fig. 3는 연돌에서 측정된 이산화탄소 농도를 나타내었다. 이산화탄소 농도는 30분 평균값으로 13.90 % 였고, 순간적으로 18 %까지 상승한 1회를 제외하고는 편차는 1 % 미만으로 비교적 안정된 수치를 보였다. 연속측정에 의한 이산화탄소 배출량 산정방법은 초기 분석 장비만 설치하면 소모성 자재 교체 비용 이외에는 운영상 큰 비용이 발생하지 않아 경제성 측면에서 매우 유리하다. 운영 측면에서도 최소한의 유지보수 인력만으로 운영이 가능하여 일일 분석 인력이 다수 소요되는 연료분석법 대비 편리하다. 따라서 이 방법을 적극적으로 활용하기 위해서는 유량 측정 편차를 줄일 수 있는 분석 장비의 신뢰도 향상 및 측정 방법에 대한 보완이 필요할 것이다.

2.7 비교 및 고찰

연료분석법과 연속측정법에 의한 이산화탄소 배출량 산정결과와 국내의 제시된 배출계수로 산정한 이산화탄소 배출량을 비교하여 Fig. 4에 나타내었다. 국내의 계수 중 국제적 배출계수로 산정결과가 377,109 ton으로 가장 많았으며 국가배출계수로 산정한 결과는 360,066 ton으로 연료분석과 연속측정에 의한 산정량보다 많게 산정되는 특성을 확인하였다. 연료분석과 연속측정에 의해 산정한 배출량이 기존 배출계수를 사용하는 방법보다 낮게 나타났으며 그 중 연료분석에 의한 방법이 가장 낮게 산정됨을

확인하였다.

산정 방법에 따라 이산화탄소 배출량 차이 발생 원인을 분석하기 위해서 각 방법의 배출계수, 순발열량, 산화계수를 계산하여 Table 1에 나타내었다. 이산화탄소 배출계수는 연속측정에 의한 방법이 99.64 tCO₂/TJ으로 가장 높았으며, 연료분석에 의한 방법이 96.80 tCO₂/TJ으로 그 다음이었다. 순발열량은 연료분석이 22.16 MJ/kg으로 가장 낮았으며 국가 계수는 24.70 MJ/kg, 국가 계수는 25.80 MJ/kg 순으로 나타났다. 순발열량을 열량단위인 kcal/kg로 환산하면 각각 5,292 kcal/kg, 5,890 kcal/kg, 6,162 kcal/kg 이고, 산화계수는 연료분석이 0.992, 국가 계수는 0.990, 국제 계수는 1로써 큰 차이를 보이지 않았다.

연료분석에 의한 방법이 이산화탄소 배출량이 가장 낮게 산정되는 이유는 순발열량이 낮게 분석되기 때문으로 이는 실제 저열량탄을 연료로 사용함에 따른 결과로 보여진다. 태안화력 8호기 설계 순발열량은 5,830 kcal/kg이나, 2010년 이후 저열량탄 연소 확대정책에 따라 5,600 kcal/kg 이하의 석탄을 연료로 사용중에 있다.

국제 배출계수의 순발열량은 6,162 kcal/kg, 국가 배출계수의 순발열량은 5,890 kcal/kg으로 두 계수 모두 고열량탄 기준으로 발열량이 제시된 것으로 보인다. 따라서 현 저열량탄 공급 상황에서는 연료분석에 의한 배출량 산정 방법이 기존 배출계수를 활용하는 방법보다 배출량 산정에 유리할 것으로 보인다. 하지만 저열량탄 사용에 따른 보일러 튜브 누설 등의 설비 고장 빈도 증가와 전력예비율

석탄화력발전소 이산화탄소 배출량 산정을 위한 연료분석법과 연속측정법의 특성

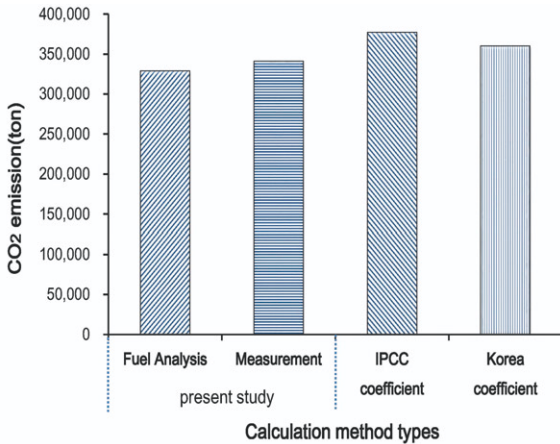


Fig. 4 Comparison of total CO₂ emission by calculation method types

상승으로 전기 공급의 여유가 확보됨에 따라 저열량탄 사용은 점차 감소할 것으로 예상되고 고열량탄을 연료로 사용한다면 연료분석에 의한 이산화탄소 배출량도 국내외 배출계수로 산정한 배출량에 근접할 것으로 판단된다.

3. 결론

본 논문에서는 500 MW급 석탄화력발전소를 대상으로 이산화탄소 배출량 산정방법 중 연료분석법 및 연속측정법의 특성을 알아보기 위해 동일기간 각 방법에 의해 배출량을 산정하였다. 연료분석법에서는 입하탄 시료 및 소비탄 시료를 사용하여 순발열량, 탄소, 회, 수분 함량 등을 분석하였고, 연속측정법에서는 연돌에서 이산화탄소 농도와 배기가스 유량을 실측하였다. 두 방법의 결과와 국내외 제시된 배출계수로 산정한 배출량을 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

연료분석법은 이산화탄소 배출량 산정방법 중 배출량이 가장 낮게 산정되는 특성을 보인다. 이는 순발열량이 낮게 분석되기 때문으로 저열량탄을 사용하는 우리나라의 경우 연료분석법을 활용하는 것이 유리하다. 또한 입하탄 보다 소비탄을 사용하였을 때 배출량이 낮게 산정되는 특성을 보인다. 하지만 차이는 2% 미만으로 미미하여, 분석 인력 및 장비가 한정된 현 여건에서는 입하탄을 사용하여도 적정하다고 판단된다. 하지만 이산화탄소 배출량 규제 강화가 예상됨에 따라 소비탄을 연료분석에 사용 할 수 있도록

Table 1 Results of CO₂ emission factor, net heating value, oxidation quotient

No.	IPCC	Korea	Fuel analysis	Measurement
CO ₂ emission factor (tCO ₂ /TJ)	94.60	95.30	96.80	99.64
Net heating value (MJ/kg)	25.80	24.70	22.16	-
Oxidation quotient	1	0.990	0.992	-

인력 및 장비의 점진적 확충이 요구된다.

연속측정법은 연료분석법 대비 배출량이 다소 높게 산정되지만 국내의 배출계수를 사용한 산정량보다 낮으며, 안정된 농도에 비해 유량은 편차가 큰 특성이 있다. 따라서 석탄 탄종 변화로 연료분석법의 산정량이 증가할 경우, 유량 측정방법만 보완하여 활용한다면 배출량 산정 시 유리할 것이다.

참고문헌

1. IPCC, 2006, Guideline for National Greenhouse Gas Inventories.
2. Ministry of Environment, Climate and Air Quality Management Division, 2014, The Administrative Guideline for the Greenhouse gas Target Management System, 2014-186.
3. Korea Energy Agency, 2013, National Inventory Report
4. Jeon, E. J., 2010, Development of CO₂ Emission Factor by Fuel and CO₂ analysis at Sub-bituminous Fired Power Plant, Journal of Environmental Health Sciences Vol. 36, No. 2, pp. 128~135.
5. Lee, S. J., Kim, S. K., 2010, Calculation of CO₂ Emission for Fossil-Fired Thermal Power Plant considering Coal-Oil Mix Rate, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 24, No. 10, pp. 67~72.
6. Kwon, Y. S., Lee, J. K., 2007, Development of

Emission Factor of Greenhouse Gas(CO₂) in
Stationary Combustion Facilities Using
Continuous Emission Monitoring System, Korean

Society for Atmospheric Environment, pp. 99~
101. 