 국립환경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0 제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 1/9
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	

1. 목적

이 지침은 고체연료의 Tier 3 고유배출계수에 대한 검증 세부기준을 제시하는 데 있다.

2. 적용원칙 및 방법

본 가이드라인에서는 고체연료에 대한 사업장고유배출계수 검증 시 확인해야할 사항들에 대하여 설명하고자 한다. 먼저 사업장 고유배출계수 검증을 위해 업체에 요청해야할 문서는 다음과 같다.

- 명세서 [10-1 사업장 고유(Tier3) 직접 배출계수 개발 결과]
- 모니터링 계획서 [7-1 사업장 고유(Tier3) 직접 배출계수 개발 계획]
- 사업장 온실가스 시험·분석의 적절성 평가표
- 사업장 고유배출계수 개발 엑셀 sheet(계산 엑셀시트 및 Raw data 엑셀시트)
- 고체연료 성분 분석데이터 확인 가능한 증빙자료 등


위의 확보된 자료들을 토대로 다음의 단계에 따라 사업장 고유배출계수 개발 결과에 대한 검증을 수행하여야 한다.

1) 명세서 입력 정보 확인

가장 먼저 명세서에 입력되는 사업장 고유배출계수 개발 결과 정보 중 (3) 개발대상 ~ (21) 증빙자료의 정보가 누락없이 입력되었는지 확인한다.

10-1 사업장 고유(Tier3) 직접 배출계수 개발 결과 (자가소비)

(1)	배출활동[참고1]	코드	1	0	0	1	배출활동명				고체연료 연소		
(2)	배출시설[참고2]	일련번호	001				배출시설명				GT11		
번호	(3) 개발 대상 (활동자료명)	(5) 분석 항목	(6) 시험·분석 규격	(7) 시험·분석기관		(8) 분석기준 (베이스)	(9) 세부 분석 항목	(10) 분석값	(11) 단위	(12) 분석 주기	(13) 시료채취 지점	(14) 시료채취 규격	(15) 특이사항
				외부기관명/ 자체실험실	공인여부/ 자체실험실 적합 여부								
1	연료용 유연탄	탄소함량	원소분석기	OO 시험연구원	예	건식	C	72.89	%	월 1회	연료상차시	KS E 3709	
		고유수분, 총수분	ASTM D 7582	OO 시험연구원	예	인수식	고유수분, 총수분	1.41, 2.40	%	월 1회	연료상차시	KS E 3709	
		발열량	KS E 3707	OO 시험연구원	예	기건식	총발열량	6,917	kcal/kg	월 1회	연료상차시	KS E 3709	
		(4)매개변수명						(16)계수값	(17)단위	(18)불확도	(19)계수 선정 방법론	(20)계수 산정식	(21)증빙자료
		CO2 배출계수						93,225	kgGHG/TJ				

 국립환경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0 제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 2/9
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	

(5) 분석항목의 입력 정보에 대하여 **고체연료에서는 1) 탄소질량분율, 2) 순발열량, 3) 산화계수, 4) 총 수분, 고유수분** 네가지가 누락없이 모두 입력되었는지 확인한다. 산화계수의 경우 고체연료연소 후 바닥재 또는 비산재 발생량에 대한 관리가 이루어진다면 별도로 산정할 수 있다. 반면, 별도 관리가 이루어지지 않는 경우에는 산화계수의 개발 없이 Tier2 산화계수를 적용할 수 있다. 주로 발전소의 발전기의 경우 산화계수를 개발하고 있으며, 그밖에 제조업에서 사용하는 고체연료 사용시설에서는 산화계수를 별도로 개발하고 있지 않고 있다.


발전기 등의 배출시설에서 산화계수를 개발하는 경우, 다음의 절차에 따라 개발하게 된다.

- ① 비산재 및 바닥재를 각각 샘플링
- ② 비산재 및 바닥재의 탄소질량분율 측정·분석
- ③ 비산재 및 바닥재의 발생비를 측정
- ④ 비산재와 바닥재의 탄소함량을 발생비로 가중평균하여 재의 탄소질량분율 산정
- ⑤ 고체연료의 기건식 재(灰)질량분율을 인수식 재(灰)질량분율로 베이스 환산
- ⑥ 산화계수 산정식에 따라 고체연료의 산화계수(Fi)를 개발

이때 비산재와 바닥재의 발생비에 대한 측정이 불가능할 경우에는 해당 배출시설의 설계값을 사용할 수 있으며, 이때 해당 설계값에 대한 증빙자료를 확인하여야 한다.

(8) 분석기준(베이스)는 각 분석항목별로 분석 대상이 되는 시료의 상태에 따라 각각 건식, 기건식, 인수식으로 구분하여 입력하였는지 확인한다. 각 상태별 정의는 다음과 같다.

상태	정의
인수식	상업적 거래용으로 널리 사용하고 도착탄이 함유하는 전수분을 포함시킨 상태를 말하며, 보통 시료가 실험실에 도착하였을 때를 기준으로 한다. 즉, 수분, 회분, 광물질들이 혼합되어 있는 형태로서 국제적으로 석탄이 거래되는 형태이다.
기건식	시료를 실험실의 Oven 또는 공기중에서 수분을 제거한 것으로 시료를 건조장치에 넣어 실온보다 10~15℃ 높게 유지하며 공기로 건조시킨 상태를 기준으로 한다. Oven의 온도는 최고 40℃가 넘지 않아야 하며 대기온도가 40℃를 넘을 때는 대기온도로 한다.
건식	수분을 100% 제거한 상태로 Moisture Free Basis라 칭하기도 하며, 시료(3mm 이하)를 건조기 107±3℃에서 60분간 가열하여, 시료의 부착수분과 고유수분을 제거한 시료를 기준으로 한다.

 국립한경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0 제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 3/9
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	

(6) 시험분석규격, (12) 분석주기, (13) 시료채취 지점, (14) 시료채취 규격 입력 항목에 대해서는 모니터링계획서에 첨부된 자체 분석실 적절성 평가표의 정보를 확인하고 해당 정보가 동일하게 입력되어 있는지 확인한다. 해당 정보는 이미 모니터링계획서 검증 시 검증심사원이 적합 여부를 최종 판정한 결과임에 따라 적절성평가표의 최종 검증의견이 '적합'일 경우 정보를 그대로 활용할 수 있다.

사업장 온실가스 시험·분석의 적절성 평가표						
사 업 장	:(주)OO발전_00 발전소			원 료 / 연 료 명	유연탄	
평 가 자 / 평 가 일	통일동/2018.3.18			분 석 항 목	조성성분	
요구사항	항목	No	평 가 내 용	평점	증빙문서 및 근거자료	평가의견
2. 필수 요건	2.1 시험방법		모든 시험절차에서 공인된 표준(KS, ISO 등) 및 승인된 방법을 이용하고 있는가? 만약 공인된 방법 이외의 규격을 사용하는 경우 채택된 방법이 사용 목적에 적합하며 유효성이 확인되었는가?	적합	연료 분석표준(asdf-1204)	승인된 방법에 따라 시험 분석을 실시하고 있음.
	2.2 시료채취주기		시료채취 주기 또는 횟수는 온실가스에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침 별표23에서 요구하는 최소 주기 기준을 만족하는가?	부적합	연료 검사표준(asdf-1222)	유연탄은 입고 및 모선 반입시 마다 분석 실시하고 있음
	2.3 시료채취 및 취급		시료의 대표성을 확보할 수 있도록 채취방법, 채취지점, 채취시간, 채취량 등을 절차에 따라 채취하고 있는가?	적합	연료 검사표준(asdf-1215)	승인된 방법에 따라 시험 분석을 실시하고 있음.
	2.4 장비		정확한 시험을 실시하는데 필요한 장비와 시험성적서를 갖추고 있는가? (샘플링, 시험 품목 준비, 시험 데이터 처리 및 분석 등을 포함한 필요한 장비)	적합	교정 업무표준(asdf-1221) 계측기 관리대장	매년 1월 교정 대상 등록 후 교정 실시, 외부 검교정 업체에서 교정 실시 2017. 2. 11. 실시
	2.5 표준물질		사용목적에 맞고 유효기간을 충족하는 성적서 또는 인증서를 보유하고 있는가?	적합	시약 관리 업무표준(asdf-1224) 표준물질 관리대장	매번 입고 시 마다 표준물질 관리대장에 기록 관리하고 있음 (2017.10.31 입고)
	2.6 검정곡선 주기		검정선의 주기 또는 횟수는 온실가스에너지 목표관리 운영 등에 관한 지침 별표 23에서 요구하는 최소주기 기준을 만족하는가?	적합	검량선 해당사항 없음	월1회 Calibration 측정

[자체 분석실 적절성 평가표 예시]


(16) 매개변수 값은 현재 NGMS 상에서 5장 배출활동별 세부 배출량 현황(세부)에 입력된 배출활동별 배출계수가 자동으로 연동되어 입력됨에 따라 시스템 오류에 따른 누락 여부 정도로만 확인하는 것이 바람직하다.

2) 배출계수 개발 결과 확인

배출계수 개발 결과의 정확성을 확인하기 위하여 확보된 고체연료 배출계수 개발에 대한 검토는 크게 1) 원소 및 수분함량 분석, 2) 발열량, 3) 최종 매개변수 전환 4) 최종 배출계수 결정 4단계로 구분할 수 있다.

가) 원소 및 수분함량 분석

첫 번째로 확인해야 하는 사항은 분석주기에 맞춰 입력되어야 하는 ④ 연료사용량 및 ⑤ ~ ⑦의 원소분석 및 수분분석값이 누락없이 입력되었는지 확인하여야 한다. 고체연료

 국립환경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0 제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 4/9
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	

의 경우 최소분석주기가 월1회 또는 연료입하 시 중 더 빠른 주기임에 따라 해당 분석주기 이상으로 연료사용량 및 각 분석 값이 입력되었는지 확인하여야 한다.

주기	② 연료명	③ 분석일시	④ 연료사용량	⑤ 원소함량(%)				⑥ 공업분석(%)		⑦ 총수분
			(ton)	탄소	수소	산소	질소	재함량	고유수분	(%)
			인수식	무수	무수	무수	무수	기건식	기건식	인수식
1월	유연탄	01.24	293,970	72.60	3.20	10.30	1.80	12.10	1.29	212
2월	유연탄	02.24	281,630	71.30	3.40	10.60	1.60	12.10	1.22	214
3월	유연탄	03.24	1,024,900	73.10	3.10	10.30	1.60	12.10	1.29	211
4월	유연탄	04.24	562,360	72.40	3.50	10.50	1.60	13.10	1.29	212
5월	유연탄	05.24	420,760	72.80	3.50	10.70	1.20	12.10	1.29	211
6월	유연탄	06.22	388,210	73.60	3.10	10.30	1.90	12.10	1.29	215
7월	유연탄	07.24	1,142,770	74.10	3.50	10.60	1.20	12.30	1.29	212
8월	유연탄	08.24	1,212,330	71.60	3.80	10.90	1.60	12.30	1.09	252
9월	유연탄	09.24	1,156,500	72.20	2.90	10.40	2.10	11.90	1.49	259
10월	유연탄	10.24	1,198,810	73.70	2.40	10.50	2.90	11.40	1.69	282
11월	유연탄	11.10	1,086,840	72.60	2.60	10.90	2.10	12.40	1.59	263
12월	유연탄	12.24	1,234,120	73.40	2.80	10.70	2.30	12.80	1.67	242
가중평균 or 합계			10003.200	72.89	3.08	10.59	1.91	12.22	1.41	240


[사업장 고유배출계수 산정 시트 예시(원소, 수분분석)]

두 번째로 ④ 연료사용량에 대한 값을 확인하여야 한다. 연료사용량은 월별 가중평균을 적용하기 위한 데이터가 됨에 따라 여기에 입력된 연간 총 연료사용량은 명세서 5. 배출 활동별 배출량 현황에 입력된 활동자료와 동일한지 여부를 확인하여야 한다. 이때 중요한 것은 활동자료로 입력된 값이 인수조건의 활동자료인지 수분율을 제거한 건식 조건인지에 대하여 확인하여야 한다. 업체가 사용하는 활동자료의 상태에 따라 최종 발열량 및 배출 계수 개발 시 분석값에 대한 변환조건이 달라지게 됨에 따라 반드시 고체연료 활동자료의 상태에 대하여 확인하여야 한다.

세 번째로 ⑤ 원소함량과 ⑥ 공업분석, ⑦ 총수분의 정보가 정확하게 입력되었는지 확인한다. ⑤ ~ ⑦의 분석값과 관련하여 발행된 성적서 및 내부 분석 시스템의 기록 등의 증빙자료를 토대로 일관되게 입력되었는지 확인하여야 한다. 이때 입력되는 분석값은 %에 해당되므로 단위에 맞춰 값이 입력되었는지 확인하여야 한다.

나) 발열량

고체연료의 발열량은 직접 측정방식에 의해 산출된다. 발열량계로 측정한 발열량 값으로부터 순발열량 및 기건식, 인수식으로의 전환을 통해 최종 발열량을 산출하게 된다.

 국립환경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0 제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 5/9
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	


고체연료 발열량에 대한 검증 시 다음의 내용들을 확인하여야 한다.

첫 번째 발열량의 측정값 정보가 정확하게 입력되었는지 확인한다. 발열량계로 측정된 발열량 값은 총발열량에 해당되며, 가장 일반적인 발열량 분석방법인 KS E 3707의 경우 규격에 따른 분석결과 값은 기건식 형태로 적용하고 있다.

주기	② 연료명	③ 분석일시	㉔ 총발열량		㉕ 발열량 변환기준 (적용 근거 입력)	㉖ 순발열량
			(kcal/kg)			(kcal/kg)
			기건식	인수식		인수식
1월	유연탄	01.24	6,990	6,931	KS E 3707	6,754
2월	유연탄	02.24	6,940	6,875	KS E 3707	6,688
3월	유연탄	03.24	6,930	6,872	KS E 3707	6,701
4월	유연탄	04.24	6,490	6,435	KS E 3707	6,243
5월	유연탄	05.24	6,950	6,892	KS E 3707	6,700
6월	유연탄	06.22	6,995	6,934	KS E 3707	6,763
7월	유연탄	07.24	6,990	6,931	KS E 3707	6,739
8월	유연탄	08.24	6,970	6,869	KS E 3707	6,663
9월	유연탄	09.24	6,880	6,803	KS E 3707	6,642
10월	유연탄	10.24	6,830	6,751	KS E 3707	6,616
11월	유연탄	11.10	6,980	6,630	KS E 3707	6,760
12월	유연탄	12.24	6,990	6,937	KS E 3707	6,779
가중평균 or 합계			6,917	6,818		6,677

[사업장 고유배출계수 산정 시트 예시(발열량)]

두 번째 발열량계에서 측정된 분석값으로부터 배출량 산정에 적합한 형태의 값으로 전환되었는지 확인하여야 한다. 총발열량 값으로부터의 변환 순서는 총발열량(기건식) → 총발열량(인수식) → 순발열량(인수식) 순으로 적용하여야 한다. 총발열량(인수식)에서 순발열량(인수식)으로 전환 시 적용되는 표준규격에 따라 각각 다른 산정식을 적용하여야 하며, 이때 적용되는 식은 다음과 같다.

 국립환경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0 제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 6/9
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	

- 총발열량(기건식) → 총발열량(인수식)

$$= \text{총발열량(기건식)} \times (100 - \text{총수분}(\%) / (100 - \text{고유수분}(\%)))$$
- 총발열량(인수식) → 순발열량(인수식)
 - 1) KS E 3707

$$= \text{총발열량(인수식)} - 600 \times (9H(\%) + M(\%))$$
 - 2) 2006 IPCC G/L

$$= \text{총발열량(인수식)} - 50.6 \times H(\%) - 5.85 \times M(\%) - 1.91 \times Y(\text{산소}\%)$$
 - 3) ASTM D 2015

$$= \text{총발열량(인수식)} - 5.72 \times 9 \times \text{Har}$$

$$(\text{Har} = H(\%) \times (100 - M(\%) / 100) + 0.1119 \times M(\%))$$


위의 각 발열량 전환 식에 따라 총발열량(인수식), 순발열량(인수식)으로의 전환값이 정확하게 이루어졌는지 확인하여야 한다.

다) 최종 매개변수 전환

이번 단계는 매개변수(배출계수 및 발열량)를 개발하기 위해 최종적으로 단위 및 형태의 전환하는 단계이다. 이번 단계는 두가지로 구분할 수 있다. 1) 발열량 단위 전환, 2) 탄소 형태 전환이다.

주기	② 연료명	③ 분석일시	총발열량	순발열량	탄소함량
			(GJ/Ton)	(GJ/Ton)	(%)
			인수식	인수식	인수식
1월	유연탄	01.24	29.02	28.28	71.06
2월	유연탄	02.24	28.79	28.00	69.77
3월	유연탄	03.24	28.77	28.06	71.56
4월	유연탄	04.24	26.94	26.14	70.87
5월	유연탄	05.24	28.86	28.05	71.26
6월	유연탄	06.22	29.03	28.31	72.02
7월	유연탄	07.24	29.02	28.21	72.53
8월	유연탄	08.24	28.76	27.90	69.80
9월	유연탄	09.24	28.48	27.81	70.33
10월	유연탄	10.24	28.27	27.70	71.62
11월	유연탄	11.10	27.76	28.30	70.69
12월	유연탄	12.24	29.04	28.38	71.62
가중평균 or 합계			28.55	27.96	71.14

[사업장 고유배출계수 산정 시트 예시(최종매개변수 전환)]

 국립환경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0 제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 7/9
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	

첫 번째로 첫 번째 발열량 단위 전환에서는 앞서 개발된 **총발열량(인수식)**과 **순발열량(인수식)**의 단위가 kcal/kg임에 따라 이를 지침의 배출계수의 단위로 일치시키기 위하여 **GJ/ton으로 전환**한다. 그러므로 검증심사원은 전환된 값이 정확하게 환산되었는지 확인하여야 한다. 이때 중요한 것은 kcal에서 J로 변환 시 **변환계수를 지침에서 명시하고 있는 4.1868 J/cal**를 사용하였는지 확인하는 것이다.

두 번째로 **탄소함량의 값을 인수식으로 최종 전환**하는 것이다. 원소분석규격에 따라 분석된 원소분석 값은 건식형태로 나타난다. 그러므로 건식상태의 탄소함량을 인수식 형태로 전환이 정확하게 이루어졌는지 확인하여야 한다.

라) 최종 CO₂ 배출계수

최종 CO₂배출계수는 각각 계산된 탄소함량(인수식), 순발열량(인수식) 값을 토대로 최종 값을 산정한다.


연료	배출계수	총발열량	순발열량	탄소함량
	(kgCO ₂ /TJ)	(GJ/Ton)	(GJ/Ton)	(%)
유연탄	93,225	28.55	27.96	71.14

이 단계에서 중요한 것은 각각 산출된 **탄소함량, 순발열량 값들이 월별 사용량을 토대로 가중평균** 되었는지 여부를 확인하는 것이다.

월별 가중평균이 반영된 각 인자들은 사업장 고유배출계수 개발 가이드라인에 명시된 각 인자별 소수점 자리수에 맞춰 ROUND처리가 되었는지 확인한다. 고체연료의 사업장 고유배출계수를 개발하는 계산과정에서는 유효숫자자리를 맞추지 않으며, 최종 배출계수를 계산하는 본 단계에서 유효숫자자리에 맞춰 계산하도록 하여야 한다.

매개변수	소수점자리
탄소함량(%)	소수점 셋째자리에서 반올림하여 둘째자리 기입
순발열량(GJ/ton)	소수점 셋째자리에서 반올림하여 둘째자리 기입
배출계수	소수점 첫째자리에서 반올림하여 정수자리까지 기입

각 인자별로 소수점 자리수가 확인되면 최종적으로 배출계수 개발식에 따라 계산이 정확하게 이루어졌는지 확인한다. 이때 한가지 중요한 사항은 **탄소함량(%)를 CO₂ 배출계수로 전환 시 전환계수를 지침에서 명시한 3.664를 적용**하였는지 반드시 확인하여야 한다.

 국립환경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0 제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 8/9
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	

3. 적용사례

사업장 고유배출계수 개발 가이드라인 고체연료연소 개발 사례 참고

4. 적용이슈

1) 분석주기 적용 이슈

고체연료 분석주기 적용과 관련하여 월보다 입하 시 주기가 더 많은 경우 월별 성분분석값은 사업장고유배출계수에서 명시한 바와 같이 측정한 분석값을 산술평균하여야 한다.

조성분석 자료					배출계수 산정 자료			
분석 일시	활동 자료	순발 열량	탄소 질량 분율		분석 일시	활동 자료	순발 열량	탄소 질량 분율
2월08일 06시	10.000ton	56.401	0.6154	산술 평균 →	2월08일	10.000ton	56.723	0.5997
2월08일 12시		56.912	0.5473					
2월08일 18시		58.105	0.6522					
2월08일 24시		55.474	0.5838					
:	:	:	:		:	:	:	:


만약 할당대상업체에서 입하 시 마다 실시한 분석값에 대하여 입하량을 반영하여 가중 평균을 실시한다고 할 경우 해당 분석값도 인정 가능하다. 이때는 월 분석값은 해당 월에 입하된 양에 따라 가중평균된 월 분석값을 도출하고 최종 배출계수는 월별 연료사용량에 가중평균을 실시하여 연 분석값을 도출하여 개발하도록 한다.

2) 연료 상태 적용 이슈

원소분석기는 기본적으로 수분에 민감함에 따라 분석 시 시료를 완전 건조시켜 분석을 실시하므로 분석결과는 건식으로 산출된다. 발열량 분석의 경우 발열량계 분석 표준에 따라 실시할 경우 기건식 형태로 결과가 산출된다.

하나, 몇몇 할당대상업체에서는 고체연료의 모든 데이터 관리를 건식형태로 하는 경우가 있다. 이러한 경우 활동자료의 상태인 건식형태의 배출계수를 개발 후 배출량 산정에 적용해도 무관하다.

이러한 경우 원소분석결과는 건식형태의 결과값을 그대로 사용하며, 발열량 분석값은

 국립환경과학원	검증세부지침(One Point Guide)	문서번호: OPG-B-32 제·개정번호: Rev.0
	고체연료 고유배출계수 검증 가이드라인	제·개정일자: 2018.12.01. 페이지: 9/9

총발열량(기건식)에서 총발열량(건식)으로 전환 후 최종적으로 순발열량(건식)으로 개발하여야 한다. 만약 업체에서 발열량 분석값 자체도 건식으로 관리하고 있다고 한다면, 그 전환과정에 대해 분석실을 직접 방문하여 확인 후 타당성 여부를 확인한 후에 총발열량(건식)에서 순발열량(건식)으로 전환여부를 확인하여야 한다.

5. 참조문서

1. KS E 3707
2. 사업장 고유배출계수 개발가이드라인