

불확도 원고

## 불확도 지침 개선안

대일이엔씨기술(주) 연구원장      김종술

([jskim0715@empas.com](mailto:jskim0715@empas.com)    010 3799 1162)

검증심사원

## 발표순서

<주제(theme)>   <사례(Case)>   <쟁점(Issue)>   <분석 및 평가(Analysis and Evaluation Issues)>

1.현황

2.수정방안

3.수정 제안내용

<p>&lt;주제(theme)&gt;</p> <p>●명세서 작성시 활동자료 불확도 표기 및 불확도 검증과정/적합성평가 시 지침 “별표 9 불확도 산정 절차 및 방법”에 따르면 일의적이고 두루 같이 인식하는 불확도를 명세서에 기재할 수 있고 항상 동의하는가. 이를 검토하고자 하며, 개선하는 개정안을 제안</p>
<p>&lt;사례(Case)&gt; 지침의 문구 중 오류 또는 상호 불일치, 실현 불가 사례:</p> <p>●할당대상업체에서 보고해야 할 불확도는 확장불확도를 최적 추정값(<u>평균</u>)으로 나누고 100을 곱하여 백분율로 표현한 상대확장불확도(%)이다.</p> <p>●할당대상업체는 아래 온실가스 측정 불확도 산정절차 중 <u>2단계까지의 불확도</u>를 산정하여 보고한다.</p> <p>●<u>측정을 외부 기관에 의뢰하는 경우 측정값</u>에 대한 시험기관, 교정기관, 검사기관에 의하여 주기적인 정도검사를 받는 경우 불확도가 함께 제시되므로, 산정절차의 <u>2단계는 생략될 수 있다.</u></p>
<p>&lt;쟁점(Issue)&gt;</p> <p>가. 할당대상업체에서 보고해야 할 계량값(주로 활동자료로서 에너지/원료 사용량)은 복수의 측정을 하지 않음. 따라서 ‘확장불확도를 최적 평균값으로 나누고 100을 곱하여 백분율로 표현한 상대불확도이다’ 라고 위 지침 별표9에 제시하고 있으나 최적 평균값 과정이 없으므로 이는 불가능한 산정 절차임.</p> <p>나. ‘할당대상업체는 온실가스 측정불확도 산정절차 중 2단계까지의 불확도를 산정하여 보고 한다’ 라고 했으나 바로 아래에서는 ‘산정절차의 2단계는 생략될 수 있다’ 라고 함.</p> <p>다. ‘측정을 외부 기관에 의뢰하는 경우 측정값에 대한 시험기관, 교정기관, 검사기관에 의하여 주기적인 정도검사를 받는 경우 불확도가 함께 제시되므로, 산정절차의 2단계는 생략될 수 있다’ 에서 측정을 외부에 의뢰하는 경우는 없으므로 ‘측정’을 ‘검교정’으로 수정하고, ‘생략될 수 있다’가 아니고 ‘생략한다’로 바꾸어야 함.</p> <p>라. 불확도(%)가 아닌 정확도, 오차한계로 표현된 경우 또는 실제 단위(mA 등)로 표현된 경우에는 어떻게 하는가?</p> <p>마. Range별로, 오리피스별로, 또 각 계절별로 사용 측정 배관 라인이 다른데 모든 온/압, 유량차압 계측기의 교정결과가 각각 함께 제시될 때 불확도 기재 칸은 단 하나이며, 할당대상업체, 검증심사원, 적합성 평가단계 등 모든 과정의 검토자가 지금까지 동일한 불확도 하나에 동의했는가? 동의하거나 지금까지 이의 제기 없는 것은 왜 타당한가?</p> <p>바. 계기가 검교정이 완료되고 출고할 때에 자료에 교정이 완료됨, 불확도가 모두 0%, 불확도 라는 낱말 대신 입력값과 동일함, 또는 정확도 등이 모두 0일 때 어떻게 하는가?</p> <p>사. 입증된 자료 해당수치(성적서, 규격, 오차율/정확도)를 <math>\sqrt{3}</math>으로 나누는 근거는 무엇인가?</p>
<p>&lt;분석 및 평가(Analysis and Evaluation Issues)&gt;</p> <p>●2. 불확도 산정절차&lt;표-1&gt;2단계 불확도 산정: 할당대상업체 해당없음, 본문2)불확도 산정(2단계): 할당대상업체는 해당없음을 추가하여 명료하게 개정함.</p> <p>●불확도의 종류 본문에 한국표준과학원이 제시하는 B형 불확도 평가를 소개하고 채택.</p> <p>●단일 배출시설에 복수의 시험성적서 자료가 제시될 때, 단위 표기가 다를 때, 오차한계 또는 정확도로 표시된 경우, 정확도로 표기된 경우 <math>\sqrt{3}</math>으로 나누는 이유 등을 설명.</p>

## 1.현황

할당대상업체 활동자료 산정시 1회의 계측값(주로 적산값)을 기록  
공급기관 사용량 통보 과정 또한 같음

단일계량기에 대해 복수(별표9의 표본 채취 횟수  $n$ )의 측정값,  
표본측정값 대비 표준편차  $s$  등, 지침 별표9의 불확도 산정절차  
2단계를 산정하지 않음

활동자료 적산치 측정을 외부에 의뢰하는 경우는 없음.

## 별표9 불확도 산정 절차

“확장불확도는 표준불확도에 신뢰구간을 특정짓는 포함인자를  
곱하여 결정하는 것으로 포함인자 값은 관측값이 어떤 신뢰구  
간을 택하느냐에 따라 달라진다.”

“할당대상업체에서 보고해야 할 불확도는 확장불확도를 최적  
추정값(평균)으로 나누고 100을 곱하여 백분율로 표현한 상대  
확장불확도(%)이다.”

“측정을 외부기관에 의뢰하는 경우 측정값에 대한 불확도가  
함께 제시되므로, 산정절차의 2단계는 생략될 수 있다”

한국표준과학원 측정불확도 표현지침(ISO/IEC GUIDE  
98-3:2008, Guide to the Expression of Uncertainty in  
Measurement(GUM:1995)에 따라 불확도의 A형 및 B형 평가

n개의 반복 관측값으로부터 그 표준편차와 산술평균으로부터  
추론하는 A형 불확도

반복 관측으로 얻어지지 않는 단 하나의 측정량은 과거 유사  
측정 데이터, 관련 계기의 특성, 계기제작자 규격, 교정 및 기  
타 인증서에 주어진 데이터, 핸드북에서 인용한 참고자료의 불  
확도 등으로부터 판단하는 B형 불확도

시험기관에서 제시한 성적서를 인용하여 해당 활동자료 전체  
불확도를 산정하는 과정을 구체적으로 설명 필요함.

할당대상업체,

적합성평가지,

검증심사원 >>>>>>> 동일한 개념 인식 지침

일의적이고 동일한 불확도로서

판단하기 쉽고

구체적이며

인용가능한 기준/이유 설명 필요

할당대상업체>>>>>>

연료나 원료의 사용량 측정을 외부에 의뢰하지 않고, 단 1회로 적

산전력량계, 적산유량계 등 계량기 값을 활동자료로서 기록

공급기관으로부터 단 1회로 확정된 공급물량을 문서로 통보 받음.

외부에 의뢰 >>>>>>

- 자체 설치한 계량기: 자체 표준 시험시설과 인력이 없을 경우
- KOLAS 인증체계가 아닌 할당대창업체로서는 **정도검사 또는 교정요**

**청**

(계량기 요소별로 해체하거나 현장에 와서 검사 실시)

>>>>>> 성적서를 발부 받고 불확도를 제시 받음,

**\*\* 할당대창업체가 대상 계량기의 개별 요소에 대해 지침 별표 9에**

따라 n 회 동일 측정을 하며 불확도를 산정하는 경우는 없음.

## 2. 제안 방안(수정 또는 간소화 방안)

산정절차 2단계는 생략될 수 있다 >>>산정절차의 2단계는 해당없음 으로 수정

입증된 자료(측정기 성적서, 제작사 규격, 오차율 등)를 이용할 경우

\*관련 가이드라인을 적용하여 해당 수치를  $\sqrt{3}$  으로 나눈 값의 의미보다 쉽고 그 근거를 알 수 있도록 수정함.

4.3.3 만일 추정값  $X_i$ 를 제작자의 규격, 교정성적서, 핸드북, 혹은 다른 출처로부터 인용하고, 그 인용된 불확도가 표준편차의 특정 배수라는 것이 언급되어 있다면, 표준불확도  $U(X_i)$ 는 인용된 값을 그 배수로 나눈 값으로 하여야 하고...

예: 명목값 1 kg인 스테레스강 표준분동의 성적서에 질량 값과 불확도가 다음과 같이 명시되어 있다고 하자.

표준분동의 질량:  $M_s = 1\,000.000\,325\text{ g}$

질량값의 불확도:  $U = 240\text{ }\mu\text{g}$ (3  $\sigma$  수준)

$240\text{ }\mu\text{g} / 3 = 80\text{ }\mu\text{g}$  가 불확도 이며 %로 불확도를 나타내면

$80\text{ }\mu\text{g} / 1000\text{g} = 0.000008\%$

자연수로 표시한 상대표준불확도  $S = 80 \times 10^{-9}$ 에 해당한다.

추정값  $x_i$ 의 인용된 불확도가 4.3.3에서와 같이 반드시 표준편차의 배수로 주어지는 것은 아니고, 신뢰의 수준 90 %, 95 %, 혹은 99 %를 가지는 구간을 정하여 인용된 불확도를 명시해주는 경우도 있다.

달리 명시되어 있지않으면 정규분포를 사용하여 인용된 불확도를 계산한 것으로 가정하고, 인용된 불확도를 정규분포의 적절한 인자로 나누어  $x_i$ 의 표준불확도를 구할 수 있다. 신뢰의 수준 90 %, 95 %, 99 %에 대응하는 인자는 각각 1.64, 1.96, 그리고 2.58이다.

G.1.3 명시된 신뢰의 수준  $p$ 에 대응하는 구간을 제공하는 포함인자  $k_p$ 의 값을 얻기 위해서는 측정결과와, 그와 연관된 합성표준불확도에 의해 정해지는 확률분포의 자세한 정보가 요구된다. 예를 들어 평균  $\mu_z$ 와 표준편차  $\sigma$  인 정규분포로 표현되는 양  $z$ 에 대해, 구간  $\mu_z \pm k_p \sigma$ 를 만들고 그 분포의 비율  $p$ 만큼을 포함하며, 따라서 포함확률 또는 신뢰의 수준  $p$ 를 가지는  $k_p$ 의 값을 쉽게 계산된다. 몇 가지 예를 표 G.1에서 보여 준다.

표 G.1 - 정규분포일 경우 신뢰의 수준  $p$ 를 가지는 구간을 만들어 내는 포함인자  $k_p$ 의 값

신뢰의 수준 $p(\%)$	포함인자 $k_p$
68.27	1
90	1.645
95	1.960
95.45	2
99	2.576
99.73	3

주: 한편,  $z$ 가 평균이  $\mu_z$ , 표준편차가  $\sigma = a/\sqrt{3}$  ( $a$ 는 분포의 반너비, \*기대값이 절대 넘지 않는 한계,  $a$ )인 직사각형분포이면

신뢰의 수준  $p$ 는  $k_p = 1$ 에 대해 57.74 %이고,

$k_p = 1.65$ 에 대해 95 %, 그리고

$k_p \geq \sqrt{3} \approx 1.73$ 에 대해 100 %이다.

직사각형분포는 유한 범위이고 꼬리가 없기 때문에 정규분포보다 더 좁다.



위 표G.1의 포함인자  $kp$ 는 지침 별표9의 참고자료 <표-2> 신뢰수준, 포함인자 $k_p$ 에서 무한대  $\infty$  측정횟수의 경우(최량의 경우)에 해당하는 최소의 포함인자이다.

정규분포의 예는 신뢰수준과 포함인자는 쌍으로서 제시되며, 예컨대 95% 신뢰수준과 포함인자1.96 으로 제시된다.

표준편차  $\sigma$ 로 주어지면  $kp$  배 이내로,  
직사각형 방식, 기대값이 절대 넘지 않는 한계, 즉  $a$  로 주어지면  $a/kp$  이내로,  
각각의 해당 표의 신뢰의 수준을 가진다.

**직사각형 분포**는 신뢰수준과 포함인자를 쌍으로서 제시하자면,

예컨대 57.74% 신뢰수준과 포함인자 1 로 제시된다.

95%	=	1.6435
100%	=	1.73

정규분포  $2\sigma$  이내에 있을 신뢰도 수준 95.45%(별표9 참고자료의 <표2>측정횟수 $\infty$  경우),  
 $\pm a$  의 직사각형 분포일 때,  $a/1.732$  안에 있을 신뢰도 수준은 100% 이다.

## 실제 성적시험서

- 불확도가 입력 Range별로 4~5개 제시됨
- High/Low Range 로 나뉘어 동일 오리피스를 사용함
- 계절별로 오리피스 교체 사용함. 각각의 자료를 제시함

## 불확도 값 표현 사례

- %가 아니고 실제 입력치(예: mA)로 제시됨 >>>> %로 환산 필요
- 지침, 명세서 및 모니터링계획에는 불확도 기재란 >>> 단 한 줄로, 단위는 보통 %로 인식함.

## 변환용 전송기, 유량적산전자계산기 >>>

- 불확도로 표기하지 않을 경우도 있음.
- 오차율 또는 정확도로서 표기
- 0%이거나 제시되지 않는 경우도 있음.

온도 압력 교정 결과를 오리피스라인별로,

입력 Range별로 제시>>>

-명세서에 기록해야 할 단일 불확도/절대로 넘지 않는 불확도

-사후 불확도 검토시 반복적으로 자료를 검토할 때마다

검증심사원

할당대상업체의 담당자

적합성 평가시 >>>>동일 인식/이해 필요

[별표 9]

## 불확도 산정 절차 및 방법 (제13조제2항 관련)

### 1. 일반사항

#### 1) 불확도의 개념

계측에 의한 값이나 계산에 의한 값 등 어떠한 자료를 이용해 도출된 추정치는 계측기에 의한 불확실성, 계측 당시 환경 조건이 표준 조건과 차이에 의한 불확실성, 산정식에 의한 불확실성 등 다양한 불확실성 요인에 의해 영향을 받게 된다. 이에 따라 추정치는 미지의 참값과의 편차(bias)를 보이게 되며, 추정치가 반복 측정값인 경우는 평균값을 중심으로 무작위(random)로 분산되는 양상을 보인다. 이러한 편차와 분산을 유발하는 불확실성 요인을 정량화하여 불확도(Uncertainty)로 표현하고 있다.

#### 2) 불확도 관리 목적 및 범위

불확도는 온실가스 배출량의 신뢰도 관리와 제도 운영과정에서 배출량 산정과 관련된 방법론 및 방법 변경의 타당성을 입증하는 목적으로 평가·관리된다.

온실가스 배출량은 활동자료, 배출계수 등 매개변수의 함수로 표현되며 배출량 불확도는 활동자료와 배출계수 불확도를 합성하여 결정한다.

### 3) 불확도의 종류

불확도는 표준불확도, 확장불확도, 상대불확도, 합성불확도 등으로 구분할 수 있으며, 표준불확도는 반복 측정값의 표준오차로서 표현된다. 확장불확도는 표준불확도에 신뢰구간을 특정짓는 포함인자를 곱하여 결정하는 것으로 포함인자 값은 관측값이 어떤 신뢰구간을 택하느냐에 따라 달라진다. 상대불확도는 불확도를 비교 가능한 값으로 환산하기 위해 불확도를 최적 추정값(평균)으로 나누고 100을 곱하여 백분율로 표현하고 있다. 일반적으로 여러 배출원의 불확도를 비교하기 위해 상대불확도를 많이 사용하고 있다. 합성불확도는 여러 불확도 요인이 존재하는 경우 각 인자에 대한 불확도를 합성하여 결정한 불확도이다.

일반적으로 온실가스 배출량 불확도 산정에서는 특정 확률분포(t-분포)에서 95% 신뢰수준의 포함인자를 합성불확도에 곱한 확장불확도를 사용하고 있다. 한편 할당대상업체에서 보고해야 할 불확도는 확장불확도를 최적 추정값(평균)으로 나누고 100을 곱하여 백분율로 표현한 상대확장불확도(%)이다.

한국표준과학원 측정불확도 표현지침(ISO/IEC GUIDE 98-3:2008, Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement(GUM:1995)에 따라 불확도의 A형 및 B형 평가 중 B형 즉, 일련의 관측값의 통계적인 분석이 아닌 다른 방법으로 불확도를 평가하는 방법을 선택하여 기록한다.

n개의 반복 관측값으로부터 그 표준편차와 산술평균으로부터 추론하는 A형 불확도가 있음.

반복 관측으로 얻어지지 않는 단 하나의 측정량은 과거 유사 측정 데이터, 관련 계기의 특성, 계기제작자 규격, 교정 및 기타 인증서에 주어진 데이터, 핸드북에서 인용한 참고자료의 불확도 등으로부터 판단하는 B형 불확도가 있고, 할당대상업체에서는 B형불확도 평가를 따른다.

## 2. 불확도 산정절차

일반적인 온실가스 배출량의 측정 불확도 산정절차는 다음과 같으며, 할당대상업체는 아래 온실가스 측정 불확도 산정절차 중 2단계까지와 를 제외한 불확도를 산정하여 보고한다. 측정을 외부 기관에 의뢰하는 경우 측정값에 대한 시험기관, 교정기관, 검사기관에 의하여 주기적인 정도검사를 받는 경우 불확도가 함께 제시되므로, 산정절차의 2단계는 생략될 수 있다. 생략한다. 불확도 산정 시 동 지침의 별표 9를 우선 적용하나 사업장 현황에 따라 아래 제시된 방법을 우선순위로 적용 가능하다.

① 시험성적서상의 불확도 : 시험기관이 아닌 제측기 사용자인 할당대상업체는 시험성적서상에 총괄적으로 %로 표현된 불확도 값은 그 값을 기록.

mA 또는 mm 등으로, 단위가 %가 아닌 개별단위로 표현된 불확도의 경우: mA 중 최대치를 분자로 택하고, 이에 대비한 100% 표준기의 입력값에 대한 비율을 %로 기록.

(측정불확도가 mA로 표기되고, 그 중 최대치0.04mA/표준기 입력 최대치mA 100%, 20mA 를 넣어 계산함. 즉, 예:

$0.04\text{mA}/20\text{mA} = 0.002$ , 0.2%로 기록)

단일계측기의 측정불확도가 4 ~ 5개의 입력 범위에 따라 4 ~ 5개의 측정불확도가 제시된 경우(25%표준입력에서는 0.42%, 50%표준입력에서 0.40%, 75%표준입력에서 0.40%, 100%표준입력에서 0.40%로, 불확도가 네개가 제시되면 0.42%로 기록) : 최대치를 기록.

유량 계측기의 측정불확도가 다수(동시에 수개의 배관 계열 사용, 계기를 High/Low Range를 선택적 사용 또는 동,하절기 오리피스를 교체사용 등) 오리피스 포함 배관 계열별과 각 요소별로 제시된 경우: 예: 한 배출시설에 3개의 오리피스 배관계열별로 오리피스내경, 차압, 온도, 압력, 전송기, 유량적산전자계산기(전자계산기는 보통 하나임) 등으로 배관계열별 6개 등 총 18개 불확도가 제시된 경우: 유량계 배관계열별로 6개 요소(오리피스내경 ~ 유량적산전자계산기) 중 최대치를 하나씩 선택하여 가감법((식-4), 즉 요소별 개별불확도의 제곱의 합을 다시 제곱근으로 표현한 값)에 의한 3개 배관계열의 총괄 불확도값으로서 3개가 도출되고 셋중에서 최대값 하나를 기록

제시된 성적서에 개별불확도(예:길이부분, 95% 신뢰수준에서 0.5%의 불확도)로 표시되지 않고 오차한계 또는 정확도로서 %로만 표시된 것들을 식-4에 의해 위와 같이 가감법 합산할 경우 굳이  $\sqrt{3}$ 으로 나누지 않아도 된다. 왜냐면 더 큰 불확도로 합산하기 때문임.

제시된 성적서에 불확도로 표시를 하지 않고, 보정한

결과로서만 나타나 있고, 오차한계 또는 정확도로서 %로 표시되었으며, 모두 교정한 후의 값인 0%으로만 표시된 경우는 불확도를 0으로 표기하거나, 불확도 합산이 필요할 경우는 0으로 채택하여 가감법(식-4)을 다룬다.

② 입증된 자료(측정기 성적서, 제작사 규격, 핸드북 등의 오차율, 정확도, 편차, 분해능 등 참고자료에 제시된 오차율 또는 정확도에 몇 %는 절대 넘지 않으리라는 값, 즉 해당 값의 분포가 +또는-오차율(정확도)(예: +/-0.5%를 포함한 직사각형 이내에 참값이 존재함이 확실하다 등)을 이용할 경우 ~~관련 가이드라인을 적용 하여 해당수치를~~ 제시된 오차율 또는 정확도를  $\sqrt{3}$  으로 나눈 값.

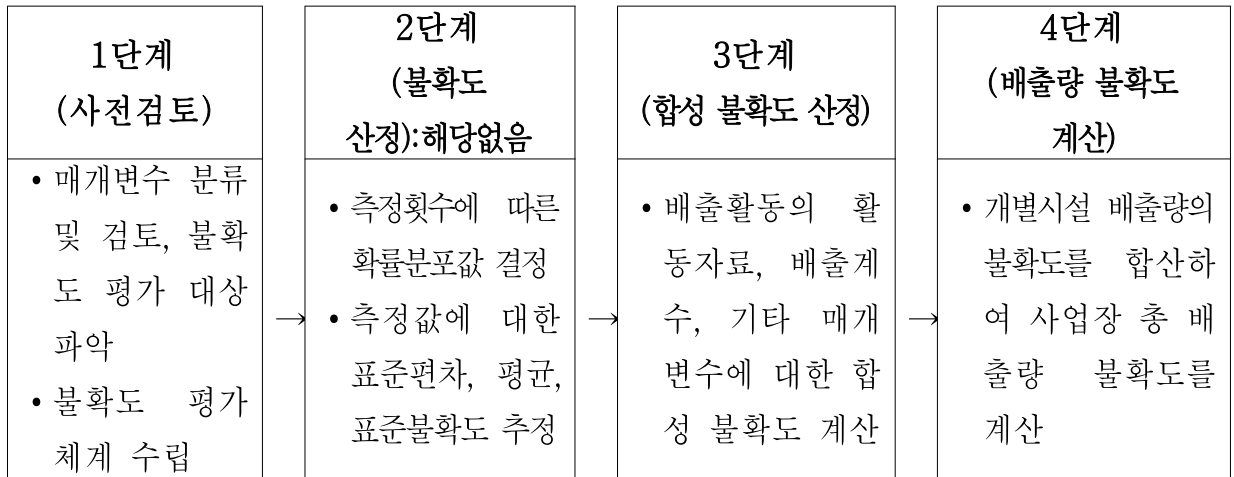
$\sqrt{3}$  으로 나눈 값을 적용하는 이유는 오차한계 값이 하한선(예: -0.5%)과 상한선(+0.5%)으로 제시되고 그 추정 참값 분포가 직사각형으로 균일하고 상, 하한선 밖에 참값이 존재할 확률은 0 이라 했으므로  $\sqrt{3}$  (1.732)포함인자에 대해 신뢰수준 100%로 이해할 수 있기 때문이다. 즉 직사각형분포는 유한범위이고 꼬리가 없기 때문에 정규분포보다 더 좁다.(이에 비해 정규분포 경우는 포함인자 1.96에 대해 95% 신뢰수준)

※산업체의 온실가스 에너지 목표관리를 위한 불확도 산정관리 가이드 ('12.3, 한국에너지공단), 폐기물 부문 온실가스 배출시설 모니터링 바로 알기 안내서 ('14.6, 한국환경공단) 측정기기 불확도 확인방법을 준용하여 산출

③ 동 지침의 불확도 : Tier1 : 7.5%, Tier2 : 5%, Tier3 : 2.5%



<표-1> 온실가스 측정 불확도 산정절차



### 1) 사전검토 (1단계)

할당대상업체 내 배출시설 및 배출활동에 대하여 배출량 산정과 관련한 매개변수의 종류, 측정이 필요한 자료, 불확도를 발생시키는 요인 등을 파악하고 규명하는 단계이다. 예를 들면 배출량 산정 시 실측법을 활용할 경우 농도, 배출가스 유량 등이 불확도와 연관되는 자료이며, 계산법을 적용할 경우 활동자료와 발열량, 배출계수, 산화계수 등 각각의 변수들이 온실가스의 측정 불확도와 연관된 변수들이다. 불확도 산정을 위한 사전검토 단계에서 각 매개변수별 자료값의 취득방법(예, 단일계측기, 다수계측기, 외부시험기관 분석 등)을 검토하여 불확도 값을 구하기 위한 체계를 수립한다.

### 2) 불확도 산정(2단계): 할당대상업체는 해당없음.

불확도 산정은 신뢰구간에 의해 접근된다. 따라서 매개변수의 불확도는 보통 통계학적 방법으로 시료 수, 측정값 등을 통하여 신뢰구간과 오차범위 형태로 제시된다. 일반적으로 온실가스 배출량 산정과 관련한 불확도의 산정에서는 표본채취에 대한 확률분포가 정규분포를 따른다는 가정 하에 95%의 신뢰구간에서 불확도를 추정하는 것을 요구한다.

특정 매개변수와 관련된 불확도의 추정절차는 다음과 같다.

① 활동자료 표본수에 따른 확률분포값을 계산

아래 제시된 [참고자료]-'표본수( $n$ )에 따른 포함인자( $t$ )를 구하기 위한  $t$ -분포표'를 활용하여 활동자료 등의 측정횟수(표본횟수)에 따른 포함인자( $t$ )를 결정한다. 이는 표본의 확률밀도함수가  $t$ -분포를 따른다는 가정 하에 표본으로부터 얻은 측정값이 특정 구간에 존재할 때의 포함인자( $t$ )는 신뢰수준과 표본수( $n$ )에 의해 결정된다.

② 측정값에 대한 통계량(표본 평균과 표본 표준편차), 표준불확도, 확장불확도 계산

표본평균( $\bar{x}$ )과 표본표준편차( $s$ )를 「식-1」, 「식-2」에 따라 각각 구한다.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_k, \quad (\text{식-1})$$

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (x_k - \bar{x})^2} \quad (\text{식-2})$$

측정값이 정규분포를 따른다고 가정하면 표준불확도(표준오차)는 평균( $\bar{x}$ )의 표준편차로서 「식-3」에 따라 구한다.

$$U_s = \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{식-3})$$

매개변수( $p$ )의 확장불확도는 95% 신뢰수준에서의 포함인자( $t$ )와 표본수( $n$ ), 표준편차( $s$ )를 이용하여 식-4」에 의해 구한다.

$$U_p = t \times \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (\text{식-4})$$

$\bar{x}$  : 표본측정값의 평균

$n$  : 표본채취(샘플링) 횟수

$x_k$  : 개별 표본의 측정값

$s$  : 표본측정값의 표준편차

$U_s$  : 표본측정값의 표준불확도(표준오차)

$U_p$  : 95% 신뢰수준에서의 확장불확도

$t$  :  $t$ -분포표에 제시된 95% 신뢰수준에서의 포함인자

### ③ 각 매개변수에 대한 상대확장불확도( $U_i$ ) 계산

$t$ -분포표에 제시된 95% 신뢰수준에서의 포함인자( $t$ )와 표본수( $n$ ), 표본측정값의 표준편차( $s$ )를 이용하여 「식-5」에 따라 매개변수의 상대확장불확도( $U_{r,p}$ )를 구한다.

$$U_{r,p} = \frac{U_p}{\bar{x}} \times 100 \quad (\text{식-5})$$

$U_{r,p}$  : 매개변수  $p$ 의 상대확장불확도(%)

$U_p$  : 매개변수  $p$ 의 확장불확도

$\bar{x}$  : 표본측정값의 평균

할당대상업체가 보고해야 할 불확도는 「식-5」의 상대확장불확도로서 표준불확도(식-3), 확장불확도(식-4)를 단계별로 산정한 다음에 결정해야 한다.

### 3) 합성 불확도 산정(3단계)

계산법에서 배출량은 일반적으로 활동자료와 배출계수를 곱하여 산정하며, 경우에 따라서는 두 매개변수 이외에 다른 매개변수가 배출량 산정에 관여하는 경우도 있다. 배출량이 여러 매개변수의 곱으로 표현되는 경우 합성방법 중의 하나인 승산법에 따라 각 매개변수의 상대불확도를 합성하여 「식-4」에서 보는 것처럼 배출량의 불확도를 결정한다. 이 경우 개별 매개변수가 서로 독립적인 경우에 유효하다.

$$U_{r,E} = \sqrt{U_{r,A}^2 + U_{r,B}^2 + U_{r,C}^2 + U_{r,D}^2 + \dots} \quad (\text{식-4})$$

$U_{r,E}$  : 배출량( $E$ )의 상대확장불확도(%)

$U_{r,A}$  : 활동자료( $A$ )의 상대확장불확도(%)

$U_{r,B}$  : 배출계수( $B$ )의 상대확장불확도(%)

$U_{r,C}$  : 매개변수  $C$ 의 상대확장불확도(%)

$U_{r,D}$  : 매개변수  $D$ 의 상대확장불확도(%)

#### 4) 불확도의 조합 - 가감법

사업장 혹은 할당대상업체의 온실가스 배출량은 개별 배출원 혹은 배출시설의 합으로 표현되며, 합으로 표현되는 값에 대한 불확도는 가감법에 따라 개별 불확도를 합성하여 산정한다. 즉 「식-4」에 따라 개별 배출원 혹은 배출시설별 온실가스 배출량에 대한 불확도를 산정한 이후, 개별 배출원의 불확도로부터 사업장 혹은 할당대상업체의 총 배출량에 대한 불확도는 「식-5」에 의해 계산한다.

$$U_{r,E_T} = \frac{\sqrt{\sum (E_i \times U_{r,E_i} / 100)^2}}{E_T} \times 100 \quad (\text{식-5})$$

$U_{r,E_T}$  : 사업장/배출시설 총 배출량( $E_T$ )의 상대확장불확도(%)

$E_T$  : 사업장/배출시설의 총 배출량(이산화탄소 환산 톤)

$E_i$  :  $E_T$ 에 영향을 미치는 배출시설/배출활동( $i$ )의 배출량(이산화탄소 환산 톤)

$U_{r,E_i}$  :  $E_T$ 에 영향을 미치는 배출시설/배출활동( $i$ )의 상대확장불확도(%)

[참고자료] 포함인자( $t$ )를 구하기 위한  $t$ -분포표

<표-2> 신뢰수준 및 표본수( $n$ )에 따른 포함인자( $t$ )

측정 횟수( $n$ )	신뢰구간					
	68.27%	90%	95%	95.45%	99%	99.73%
2	1.84	6.31	12.71	13.97	63.66	235.8
3	1.32	2.92	4.30	4.53	9.92	19.21
4	1.20	2.35	3.18	3.31	5.84	9.22
5	1.14	2.13	2.78	2.87	4.60	6.62
6	1.11	2.02	2.57	2.65	4.03	5.51
7	1.09	1.94	2.45	2.52	3.71	4.90
8	1.08	1.89	2.36	2.43	3.50	4.53
9	1.07	1.86	2.31	2.37	3.36	4.28
10	1.06	1.83	2.26	2.32	3.25	4.09
11	1.05	1.81	2.23	2.28	3.17	3.96
12	1.05	1.80	2.20	2.25	3.11	3.85
13	1.04	1.78	2.18	2.23	3.05	3.76
14	1.04	1.77	2.16	2.21	3.01	3.69
15	1.04	1.76	2.14	2.20	2.98	3.64
16	1.03	1.75	2.13	2.18	2.95	3.59
17	1.03	1.74	2.12	2.17	2.92	3.54
18	1.03	1.73	2.11	2.16	2.90	3.51
19	1.03	1.73	2.10	2.15	2.88	3.48
20	1.03	1.73	2.09	2.14	2.86	3.45
25	1.02	1.71	2.06	2.11	2.80	3.34
30	1.02	1.70	2.05	2.09	2.76	3.28
35	1.01	1.70	2.03	2.07	2.73	3.24
40	1.01	1.68	2.02	2.06	2.71	3.20
50	1.01	1.68	2.01	2.05	2.68	3.16
100	1.005	1.66	1.98	2.025	2.63	3.08
$\infty$	1.00	1.645	1.96	2.00	2.576	3.00

비고) 표본의 분포는 정규분포를 따른다고 가정한다.