

### 3C1) 실내공기질 숙련도 시험 평가방법의 비교 및 고찰

## Study for Proficiency Assessment Schemes in Indoor Air Quality Measurement

김미연<sup>1,2)</sup> · 허귀석<sup>1)</sup> · 이동수<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>한국표준과학연구원 삶의질측정표준본부, <sup>2)</sup>연세대학교 화학과

#### 1. 서 론

국내 측정기관을 대상으로 하는 숙련도 시험은 국가 측정능력의 향상 및 신뢰성 재고를 위하여 필수적이다. 숙련도 시험의 결과가 그 타당성을 획득하기 위해서는 신뢰할 수 있는 숙련도 평가 방법의 개발이 우선되어야 한다. 현재 국내 숙련도 시험의 시험분야에서는 z-score에 의한 평가 방법이 널리 쓰이고 있다. 그러나 z-score의 경우 참가기관의 수(N)가 30개 미만인 경우, 그 개수가 줄어들수록 표본(sample)과 모집단(population)의 특성 차이가 커지게 되며, 이러한 경향은 특히 참가기관의 수가 20개 미만인 경우 더 크게 두드러진다(Maria et al., 2007). 총 참가기관이 30개 이상이라고 하더라도 각 참가기관 간의 교차 확인 등을 통한 부정행위를 방지하기 위하여 그룹을 나누고 숙련도 시료 내 성분의 농도를 달리하여 보급하기 때문에 각 그룹별 참가기관의 개수는 20개 미만이 될 확률이 높다. 이러한 점에서 현재의 z-score에 의한 숙련도 평가는 한계점을 가지고 있으며 개선될 필요성이 있다.

본 연구는 실제 실내공기질 숙련도 시험 결과를 다양한 평가방법으로 평가하고 그 경향을 분석하여 숙련도 평가 방법을 개선할 수 있는 방안을 모색하였다. 이로부터 숙련도 시험, 특히 참가기관의 개수가 적은 숙련도 시험에서의 좀 더 신뢰할 수 있는 평가방법을 제안하고자 한다.

#### 2. 연구 방법

지난 2008년에 한국표준과학연구원과 한국교정시험기관인증기구(Korea Laboratory Accreditation Scheme, KOLAS)에서는 국내의 16개 측정기관을 대상으로 하여 흡착관분석법에 의한 실내공기질 측정 숙련도시험을 실시하였다. 각 기관을 3개의 그룹으로 나누어서 각 그룹 별로 서로 다른 농도의 숙련도 시료를 캐니스터에 제조하여 흡착관에 시료를 채취하는 과정을 포함한 측정 전체 과정에 대한 숙련도 시험을 수행하였다. 숙련도 시료는 한국표준과학연구원의 가스상 인증표준물질(Certified Reference Materials, CRM)을 이용하여 그룹 별로 100~150nmol/mol 농도범위에서 성분 별 상대확장불확도 2~5% 수준(신뢰수준 95%, k=2)으로 제조하였다. 각 참가기관은 숙련도 시험의 결과로서 숙련도시료의 농도와 함께 측정 불확도를 평가하여 함께 보고하였다. 본 연구에서는 각 참가기관의 보고값을 1) z-score, 2) 로버스트 분석에 의한 z-score(ISO 13528, 2005), 3) En number 그리고 4) zeta score(Maria et al., 2007)의 4가지 방법으로 평가한 후 그 결과를 비교하였으며, 다음의 표 1에 각각의 평가방법 관련정보를 나타내었다.

Table 1. Proficiency assessment schemes.

평가 방법	관련 식	수행도 평가기준
z-score	$z = \frac{x - X}{s}$	z  ≤ 2 : 만족 2 <  z  < 3 : 의심  z  ≥ 3 : 불만족
Robust z-score	$z = \frac{x_i - \text{median}(x)}{\text{robust } s}$ $\text{robust } s = 1.483 \times \text{median}(x - X)$	
En number	$En = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}}$	En  ≤ 1 : 만족  En  > 1 : 의심
zeta score	$\zeta = \frac{x_i - X}{\sqrt{u_{lab}^2 + u_{ref}^2}}$	ζ  ≤ 2 : 만족 2 <  ζ  < 3 : 의심  ζ  ≥ 3 : 불만족

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 일반적인 z-score와 로버스트 z-score의 비교

먼저 일반적인 z-score와 로버스트 분석에 의한 z-score에 의한 평가결과를 비교하였다. 일반적인 z-score의 경우에는 보고 값(x)과 기준 값(X)의 편기(Differ.%)가 50% 이상인 경우에도 만족 판정이 되는 등 신뢰성이 부족한 결과를 산출하였다. 이에 비하여 로버스트 분석에 의한 z-score는 보고 값과 기준 값의 편기를 대체적으로 잘 반영하는 결과를 보여주었다. 아래의 표 2에 benzene을 예로 들어서 나타내었으며 위에서 언급한 경향을 기관 A-11과 A-13에서 확인할 수 있다.

Table 2. Comparison between z-score and robust z-score for indoor VOC proficiency test.

Lab. Code	A-01	A-02	A-03	A-04	A-05	A-06	A-07	A-08
Differ.%	-18.2	-4.9	-6.1	-2.6	38.0	-16.8	-31.1	-8.6
Robust z-score	-1.1	0.1	-0.1	0.3	<b>3.9</b>	0.2	-0.3	0.4
z-score	-0.9	-0.3	-0.3	-0.1	1.9	-1.8	<b>-3.3</b>	-0.9
Lab. Code	A-09	A-10	A-11	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16
Differ.%	-22.4	-29.6	173.1	0.5	-50.0	1.9	6.9	-8.9
Robust z-score	0.0	-0.2	<b>16.8</b>	-0.1	<b>-5.1</b>	0.0	0.5	-0.3
z-score	<b>-2.4</b>	<b>-3.2</b>	2.0	0.0	-0.6	0.0	0.1	-0.5

이처럼 로버스트 분석에 의한 z-score는 일반적인 z-score의 취약점을 보완할 수 있는 방법이다. 그러나 특히 참가기관의 개수가 적은 경우에는 속해 있는 그룹 간의 능력 차이에 따라서 각 기관의 능력에 관계 없이 결과에 영향을 받는다는 약점을 여전히 가지고 있다. 즉 속하여 있는 그룹의 결과가 전체적으로 좋지 않으면 분모인 robust s의 값이 커지게 되어 최종적인 z-score에서 불공평한 이익을 받을 수 있게 된다.

#### 3.2 En number와 zeta score의 비교

참가기관들의 보고 값에 의존하는 숙련도 평가 대신 신뢰할 수 있는 기준 값과의 직접 비교를 통한 숙련도 평가를 수행함으로써 이러한 문제점을 해결해 나갈 수 있다. 앞에서 언급한 En number와 zeta score에 의한 숙련도 평가가 그 세부적인 대안이라고 할 수 있다. 목표 성분들 중 benzene을 예로 들어서 나타낸 표 3에서 확인할 수 있듯이 보고 값과 기준 값의 편기 20% 내외에서 만족과 불만족이 결정되어 z-score보다 더 엄격하고 신뢰할 수 있는 평가가 가능하다. 표 3에서도 나타나 있듯이 En number와 zeta score는 만족과 불만족 평가에서 대체적으로 유사한 경향을 보여주고 있다.

기준 값과의 직접 비교를 통한 숙련도 평가가 가능하기 위해서는 신뢰할 수 있는 기준 값의 설정이 우선되어야 한다. 또한 참가기관의 불확도 평가 결과가 숙련도 평가에 제대로 반영되기 위해서는 참가기관의 불확도 평가 능력 확보가 필요하다. 실제로 기관 A-06과 A-16의 경우에는 불확도 요인이 누락되거나 지나치게 엄격하게 평가되어서 보고 값이 기준 값으로부터 크게 벗어나지 않았음에도 불구하고 불만족 판정을 받았다.

참가 기관으로부터 불확도 평가의 근거 자료를 제출하도록 하여 그에 대한 타당성을 확인하기 위해서는 많은 시간과 인력이 필요하다. 또한 이러한 방법에만 의존하는 것은 장기적으로 보았을 때에도 발전적인 해결책이 아니므로 국내 측정기관을 대상으로 한 지속적인 불확도 평가 방법을 통하여 취약점을 개선해 나갈 필요가 있다. 또한 한국표준과학연구원에서 개발한 PRISM과 같이 측정 값 계산 및 불확도 평가에 이용할 수 있는 소프트웨어의 활용 역시 하나의 대안이 될 것이다.

Table 3. Comparison between En number and zeta-score for indoor VOC proficiency test.

Lab. Code	A-01	A-02	A-03	A-04	A-05	A-06	A-07	A-08
Differ. %	-18.2	-4.9	-6.1	-2.6	38.0	-16.8	-31.1	-8.6
En number	-1.5	-0.4	-0.5	-0.3	<b>3.0</b>	<b>-3.9</b>	<b>-3.4</b>	-0.6
zeta-score	<b>-3.0</b>	-0.8	-0.9	-0.5	<b>5.9</b>	<b>-7.8</b>	<b>-6.9</b>	-1.3

Lab. Code	A-09	A-10	A-11	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16
Differ. %	-22.4	-29.6	173.1	0.5	-50.0	1.9	6.9	-8.9
En number	<b>-5.4</b>	<b>-4.4</b>	<b>8.4</b>	0.0	<b>-9.3</b>	0.2	0.3	<b>-1.7</b>
zeta-score	<b>-10.9</b>	<b>-8.8</b>	<b>16.9</b>	0.1	<b>-18.7</b>	0.3	0.7	<b>-3.3</b>

#### 4. 결 론

본 연구에서는 실내공기질 숙련도 시험 결과를 바탕으로 하여 다양한 숙련도 평가방법을 비교 분석함으로써 참가기관의 개수가 적은 숙련도 시험을 포함한 현재의 숙련도 평가방법을 개선할 수 있는 방안을 모색하였다. 다음의 표 4와 그림 1은 benzene을 예로 하여 동일한 보고 값으로부터 도출한 로버스트 z-score와 zeta score를 비교한 그래프이다. 총 16개 참가기관 중 만족 평가를 받은 기관은 로버스트 z-score에 의한 경우가 12개 기관이었고, zeta score에 의한 경우가 7개로 zeta score에 의한 평가가 더 엄격하였다. 이처럼 신뢰할 수 있는 숙련도 시료의 개발과 더불어서 국내 측정기관의 불확도 평가 능력을 향상시킴으로써 En number와 zeta score와 같이 각 참가 기관의 능력을 독립적으로 평가할 수 있는 숙련도 평가가 가능할 것으로 기대한다.

Table 4. Comparison between robust z-score and zeta-score for indoor VOC proficiency test.

Lab. Code	A-01	A-02	A-03	A-04	A-05	A-06	A-07	A-08
Differ. %	-18.2	-4.9	-6.1	-2.6	38.0	-16.8	-31.1	-8.6
Robust z-score	-1.1	0.1	-0.1	0.3	<b>3.9</b>	0.2	-0.3	0.4
zeta-score	<b>-3.0</b>	-0.8	-0.9	-0.5	<b>5.9</b>	<b>-7.8</b>	<b>-6.9</b>	-1.3

Lab. Code	A-09	A-10	A-11	A-12	A-13	A-14	A-15	A-16
Differ. %	-22.4	-29.6	173.1	0.5	-50.0	1.9	6.9	-8.9
Robust z-score	0.0	-0.2	<b>16.8</b>	-0.1	<b>-5.1</b>	0.0	0.5	-0.3
zeta-score	<b>-10.9</b>	<b>-8.8</b>	<b>16.9</b>	0.1	<b>-18.7</b>	0.3	0.7	<b>-3.3</b>

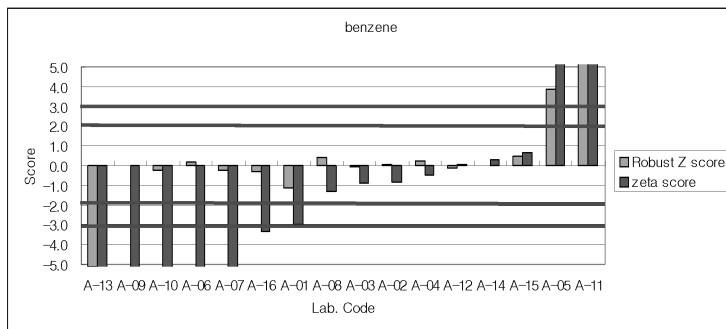


Fig. 1. Comparison between robust z-score and zeta-score for indoor VOC proficiency test.

### 참 고 문 헌

ISO 13528:2005 (2005) Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons.  
Maria Belli, Stephen L.R. Ellison, Ales Fajgelj, Ilya Kuselman, Umberto Sansone, and Wolfhard Wegscheider (2007) Implementation of proficiency testing schemes for a limited number of participants, Accred Qual Assur 12, 391-398.