

토양분야 환경오염공정시험기준과 KS ISO규격의 일원화에 관한 연구

김지인¹ · 김보경¹ · 김정화¹ · 이군택² · 이상욱¹ · 안문성¹ · 임태숙¹ · 한진석¹ · 이원석[†]

¹국립환경과학원 환경측정분석센터, ²서울대학교 농생명과학공동기기원

A Study on the Unification between Environmental Standard and KS ISO Standard for Soil Quality

Ji In Kim¹, Bokyoung Kim¹, Jounghwa Kim¹, Goontek Lee², Sanguk lee¹, Munseong Ahn¹,
Taesook Lim¹, Jin-Seok Han¹, and Won Seok Lee[†]

¹Environmental Measurement & Analysis Center, National Institute of Environmental Research Environmenral,
Research Complex, Incheon 404-708, Korea

²National Instrumentation Center for Environmental Management, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea

Received August 1, 2012/Revised September 25, 2012/Accepted September 30, 2012

Korea has two type of the environmental official test methods, environmental standards enacted by ministry of environment (ES) and Korean industrial standard enacted by ministry of knowledge and Economy (KS), which causes the confusion of users. The main purpose of this study is to compare ES with KS and to make solutions to unify two types of standards. futhermore, We found the ways to improve ES and KS considering many countries aligned domestic standards with international standards. ES for soil quality consisted of sixty official test methods. We focused on thirty official test methods in ES except for the introduction, sampling methods and leak test methods and compared them with the corresponding KS just translated from ISO standard without any technical changes. By reviews and comparative tests between ES and KS we classified them into "No corresponding standards", "Pre-unification completed", "Pre-unification impossible", "Unification completed" and "Unification impossible". There were eighteen standards possible to unify, six standards impossible to unify and six standards corresponding no KS. We suggested that ESs for CN, phenols and Cr⁶⁺ were needed to adopt parts of the procedures in KS for improving recoveries and reducing the pre-treatment time and labor. We also found that both standards had to include detailed information about wavelength to analyze metals for user's convenience.

Key words: Environmental Standard for Soil Quality, KS, ISO standard, unification

1. 서 론

환경부는 각국의 기술규정에 따른 무역장벽 해소를 위한 시험방법 표준화 추세에 따라 환경분야 시험·검사 등의 기준 및 운영체계의 선진화를 위하여 환경 시험·검사 발전 기본계획을 수립하고, 그 일환으로 국가표준의 일원화 및 국제표준화를 추진하고 있다. 환경분야 국가표준은 환경오염공정시험기준과 산업표준(KS)으로 이원화 되어 이용자들의 혼란을 초래하고 있어 이

를 해소하고 국제환경규제대응을 지원하기 위하여 국립환경과학원과 기술표준원 간에 MOU를 체결('09.04)하여 환경분야 국가·국제 표준 업무 협력을 추진해오고 있다.

1994년에 도입된 TBT(Agreement on Technical Barriers to Trade) 협정은 표준(Standard), 기술규정(Technical Regulations), 적합성평가(Conformity Assessment) 절차를 달리 함으로써 발생될 수 있는 국제 통상 상의 기술적 장벽을 방지하기 위하여 국제표준(ISO

[†]To whom correspondence should be addressed.

Tel: +82-(0)32-560-8390, Fax: +82-(0)32-560-7905, E-mail: boystone@korea.kr

standard)의 전체 또는 일부를 채택해야 함을 규정하고 있다(박동준·강인선, 2009). 이러한 최근 추세에 따라 산업표준은 국제표준인 ISO규격을 가감 없이 번역하여 국제표준과 부합시킨 반면, 환경오염공정시험기준은 국내 환경기준과 국제동향을 고려하여 제정하고 있다. 특히 토양오염공정시험기준은 실증실험을 거쳐 내용 및 형식을 표준화하여 국제적 동등성이 확보된 시험법으로 2009년 전면 제·개정되었다.

본 연구에서는 토양오염공정시험기준과 KS I ISO규격(국제표준을 기술적 가감 없이 번역하여 도입한 한국 산업표준을 말하며, 이하 “KS규격”이라 함.) 간의 비교를 통해 국가표준의 일원화 방안을 마련하고, 향후 환경오염공정시험기준과 국제표준 간의 동등성을 확보하기 위한 개선방안을 검토하였다.

2. 재료 및 실험방법

2.1. 일원화 판정 대상 및 방법

토양오염공정시험기준은 총 60개 시험방법으로 구성되어 있으며, 본 연구에서는 총칙, 정도보증/정도관리, 시료 채취, 시료 조제 및 누출검사시험방법을 제외한 30개 항목별 시험방법을 대상으로 하였다. KS규격은 ISO/TC 190 토양의 질(Soil Quality) 관련 110개 규격 중 토양오염공정시험기준과 대응하는 14개 규격과 일부 ISO규격(또는 개발 중 규격)을 대상으로 하였다.

일원화 판정은 두 규격을 Fig. 1와 같이 규격명 비교, 세부내용 비교 및 비교시험의 3단계에 걸쳐 최종적으로 사전일원화 완료, 일원화 가능, 사전일원화 불가, 일원화 불가, 대응규격 없음으로 구분된다. 토양오염공정 시험기준에 대응하는 KS규격이 없는 경우 대응규격 없음으로 1단계 분류를 하였고, 두 규격에서 제시하고 있는 적용범위, 용어, 시약 및 표준용액, 기기 및 기구, 분석절차, 정량방법을 비교·검토하여 사전일원화 완료 또는 불가를 분류하였다. 여기서 사전일원화 완료는 분석원리가 동일하고 적용범위 및 분석방법, 최종 분석결과 산출방법이 동일한 경우를 의미한다. 마지막 단계에서는 비교시험을 통하여 최종적으로 일원화 여부를 판정하였다.

2.2. 비교시험 및 통계학적 평가를 통한 일원화 판정

비교시험은 미국ERA 등 국제공인기관의 인증표준물질(CRM, certificated reference material)을 이용하여 수행하였으며, CRM을 확보하지 못할 경우 표준물질(RM, reference material), 매질주입시료(MSS, matrix spiked sample) 또는 균질시료(HS, homogenized sample)로 대체하였다. 유기물오염토양은 오염되지 않은 농경지 토양에 오염물질을 주입하여 조제하였으며, 중금속오염토양은 광산지역의 실제 오염토양을 균질화하여 조제하였다.

토양오염공정시험기준의 항목별 시험방법과 그에 대

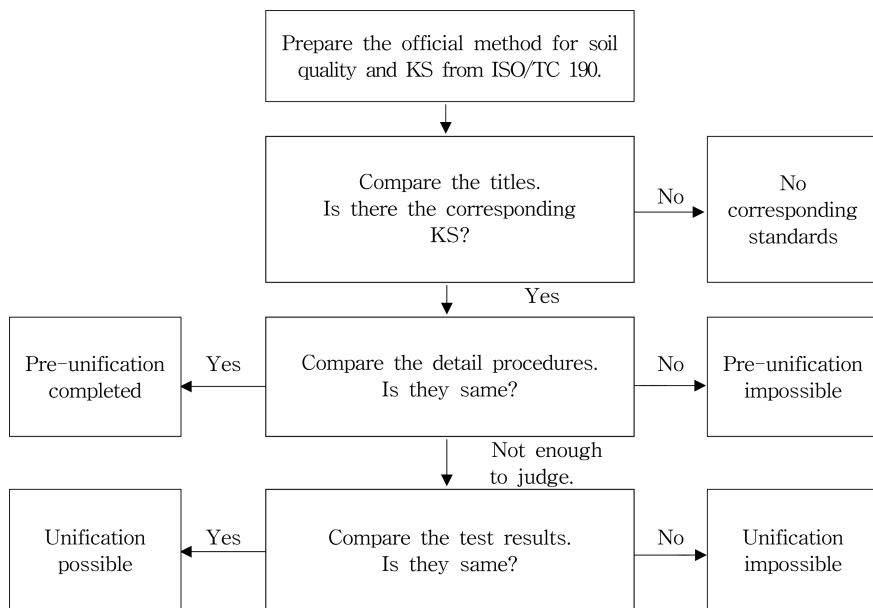


Fig. 1. The procedure of the judgement of unification classification.

응하는 KS규격에 따라 얻은 시험결과에 대해 95% 신뢰수준에서 분산분석의 일원배치법을 사용하여 최종일원화 여부를 평가하였다. 귀무가설(H_0 : 분석결과 간의 차이 없음)과 대립가설(H_a : 분석결과 간의 차이 있음)을 설정하고 각 시험방법별 반복 측정값에 대한 분산비(F_{ratio})를 도출하여 $\alpha=0.05$ (양측검정)에서 이를 기각치($F_{critical}$)와 비교하여 $F_{ratio} < F_{critical}$ 이면 분석결과 간에 차이가 없는 것으로 평가하였고, $F_{ratio} > F_{critical}$ 이면 분석결과 간에 차이가 있는 것으로 평가하였다(전홍석 외, 1998).

3. 결과 및 고찰

3.1. 항목별 규격 비교 결과

토양오염공정시험기준 상의 개별 시험기준에 대응하는 KS 규격을 조사하여 Table 1에 나타내었다. 전체 30개 기준 중 6개 기준은 대응규격이 없는 것으로 조사되었으며, 두 규격 간의 세부내용을 비교해본 결과 사전일원화 완료에 해당하는 규격은 없으나 사전일원화 불가로 분류된 기준은 3개로 조사되었다. 규격 비교 단계에서 판정이 어려운 항목은 추가적인 비교시험 수행을 통해 최종적으로 일원화 가능성을 살펴보았다.

3.1.1. 수분 함량

토양오염공정시험기준(ES 07301.1)은 생토기준의 수분함량이고 KS I ISO 11465 규격은 건조토양 기준 수분함량이므로 개념적으로 완전히 상이하여 “사전일원화 불가”로 분류하였다.

3.1.2. 수소이온농도(pH)

토양오염공정시험기준(ES 07302)은 토양 10 g을 정제수 50 mL에 혼합하여 유리막대로 저어주면서 1시간 후에 pH를 측정하고, KS I ISO 10390규격은 토양 10 cm³를 정제수 50 mL와 혼합하여 기계적으로 5분간 세계 흔들어 준 다음 2시간 방치 후 측정한다. 두 규격은 시료량 및 분석절차가 다르므로 비교시험을 통해 측정값의 차이를 검토할 필요가 있다고 판단된다.

3.1.3. 시안

시안은 적용범위에 따라 유리 시안, 시안화물, 시안착화합물, 총시안의 형태로 정량가능하며, 분석법에 따라 자외선/가시선분광법, 이온전극법 및 적정법으로 분류된다. 두 규격 간에 비교 가능한 시안분석법은 자외

선/가시선분광법으로 적용범위, 증류시간, 증류방식, 증류액량, 증류시약 및 측정과장이 서로 다르다. 토양오염공정시험기준(ES 07352.1)의 경우 시안화합물을 측정하는 방법으로 증류시간이 대략 30분정도 소요되고 가압증류방식으로 냉각관을 통해 증류가스가 응축되어 수기로 포집되는 방식이며, 증류액량은 최종 100 mL로 하여 620 nm에서 흡광도를 측정한다. KS I ISO 11262의 경우 방출되기 쉬운 시안, 시안착화합물을 구분하여 측정하는 방법으로 증류시간이 2시간 소요되며 시안화 가스를 진공흡입하는 과정으로 증류액량은 40 mL이며, 606 nm에서 흡광도를 측정한다. 두 규격은 시험절차가 원리적으로는 동일하나 세부절차 상의 차이가 있으므로 비교시험을 통해 측정값의 차이를 검토할 필요가 있다고 판단된다.

3.1.4. 구리, 납, 니켈, 비소, 수은, 아연 및 카드뮴

토양오염공정시험기준은 구리, 납, 니켈, 비소, 수은, 아연 및 카드뮴을 위한 11개 개별 시험방법을 가지고 있다. 이에 대응하는 KS 규격과 비교하면 추출방법, 기기조건 및 정량방법이 거의 일치하나 추출시 정치시간, 검정곡선 범위, 분석과장과 관련한 사항이 일부 다르다. 추출시 정치시간은 시료 중 유기물함량에 따라 결과에 영향을 미칠 수 있으나 국내 토양 중 평균 유기물 함량의 약 6배 수준까지 조절하여 분석해 본 결과 두 시험방법으로부터 얻은 분석결과에는 유의한 차이가 없으며, 단 검정곡선의 범위가 서로 다른 것으로 인한 분석결과와의 차이가 발생할 수 있으므로 동일한 검정곡선 범위에서 분석할 경우 전처리에 의한 분석결과와의 영향은 없는 것으로 알려져 있다(신건환 등, 2012). 따라서 두 규격은 일원화가 가능한 것으로 판정되었다.

한편, 원자흡광광도계를 이용하여 납을 분석할 시에 선택할 수 있는 파장은 283.3 nm와 217.0 nm이 있는데, 283.3 nm에서의 감도는 217.0 nm에서의 감도의 약 절반수준이지만, 배경농도에 덜 예민하고, 바탕선의 낮아서 일반적으로 환경매질을 대상으로 분석할 경우 283.3 nm에서 분석하고 있다(Savio M 등, 2010). 토양오염공정시험기준은 분석과장을 283.3 nm로 제시한 반면, KS규격은 217.0 nm로 제시하여 차이가 있었다. 분석시 과장 선택은 최적화된 분석조건을 설정하는 과정에서 분석자가 충분히 수정 가능한 부분으로, 이에 대한 이해를 도울 수 있는 설명을 추가하고 선택 가능한 과장을 모두 안내할 필요가 있다고 판단된다.

유도결합플라즈마/원자발광분광법의 경우에도 토양오

Table 1. The method lists of Environmental Standards (Official test methods) in Ministry of Environment and the corresponding Korean Industrial Standards.

Analytical contents	ES Number of method	Method	KS Number of method
Water content	ES 07301.1	Gravimetric method	KS I ISO 11465 ES 07302.1
pH	ES 07302.1	Electrode method	KS I ISO 10390
F	ES 07351.1	UV/VIS Spectrometry	-
	ES 07351.2	Electrode method	-
CN	ES 07352.1	UV/VIS Spectrometry	KS I ISO 11262
	-	Flow method	KS I ISO 17380
	ES 07352.2	Electrode method	-
Cu	ES 07401.1	Atomic absorption spectrophotometry	KS I ISO 11047/KS I ISO 11466
	ES 07401.2	Inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry	ISO 22036
Pb	E 07402.1	Atomic absorption spectrophotometry	KS I ISO 11047/KS I ISO 11466
	ES 07402.2	Inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry	ISO 22036
Ni	ES 07403.1	Atomic absorption spectrophotometry	KS I ISO 11047/KS I ISO 11466
	ES 07403.2	Inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry	ISO 22036
As	ES 07404.1	Hydride generation-atomic absorption spectrophotometry	KS I ISO 20280/KS I ISO 11466
	ES 07404.2	Inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry	ISO 22036
Hg	ES 07405.1	Cold vapor/atomic absorption spectrophotometry	KS I ISO 16772/KS I ISO 11466
Zn	ES 07406.1	Atomic absorption spectrophotometry	KS I ISO 11047/KS I ISO 11466
	ES 07406.2	Inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry	ISO 22036
Cd	ES 07407.1	Atomic absorption spectrophotometry	KS I ISO 11047/KS I ISO 11466
	ES 07407.2	Inductively coupled plasma/atomic emission spectrometry	ISO 22036
Cr ⁶⁺	ES 07408.1	UV/VIS Spectrometry	-
	-	Ion chromatography	ISO/DIS 15192
Organophosphorus compound	ES 07501.1	Gas chromatography	-
	ES 07501.2	Gas chromatography/mass spectrometry	-
Benzo(a)pyrene	ES 07551.1	Gas chromatography/mass spectrometry	KS I ISO 18287/KS I ISO 22892
	-	High performance liquid chromatography	KS I ISO 13877
TPH	ES 07552.1	Gas chromatography/mass spectrometry	KS I ISO 16703/KS I ISO 22892
Phenols	ES 07553.1	Gas chromatography	KS I ISO 14154
PCBs	ES 07554.1	Gas chromatography	KS I ISO 10382
VOCs	ES 07601.1	Purge-trap·gas chromatography/mass spectrometry	KS I ISO 15009/KS I ISO 22892
	ES 07601.2	Purge-trap·gas chromatography	
	ES 07602.1	Purge-trap·gas chromatography/mass spectrometry	KS I ISO 15009/KS I ISO 22892
	ES 07602.2	Purge-trap·gas chromatography	

염공정시험기준은 측정과장을 한가지로 제시하고 있으나 KS규격은 다양한 과장을 제시하고 있다. 분석시 측

정과장은 분석기기 및 시료에 따라 감도가 가장 좋고 간섭의 영향이 가장 적은 과장을 선택해야 한다. 따라

서 향후 토양오염공정시험기준 개정시 다양한 파장을 추가적으로 기술하고 분석자가 최적조건을 설정할 수 있도록 설명할 필요가 있다고 판단된다.

3.1.5. 육가크롬

토양오염공정시험기준(ES 07408.1)은 자외선/가시선분광법인 반면 ISO/DIS 15192은 이온크로마토그래피로 육가크롬을 분석하는 방법으로 분석 장비 및 그에 따른 전처리가 서로 전혀 달라 “사전일원화 불가”로 분류하였다. 토양오염공정시험기준은 6가크롬 분석을 위하여 시료를 분해한 후 pH를 조절하여 측정하도록 하고 있는데, pH 조절시 범위를 벗어나게 되면 처음부터 분해를 다시 시작해야하므로 많은 시간과 노력이 소요되고 있다. KS 규격은 일괄리분해 후 pH조절없이 이온크로마토그래프로 분석하고 있어 토양오염공정시험기준 보다 빠르고 편리하다고 판단되었다. 따라서 향후 토양오염공정시험기준에 해당 ISO규격 도입에 대한 검토가 필요하다.

3.1.6. 벤조(a)피렌

토양오염공정시험기준(ES 07551.1)에 따른 토양 중 벤조(a)피렌 항목 시험방법에 대하여 KS I ISO 18287을 비교해보면, KS 규격의 분석대상 PAH 물질이 보다 포괄적이며, 그에 따라 내부표준물질도 다성분 물질을 사용하고, 정량한계, 추출방법, 추출용매, 정제컬럼 종류 등의 차이가 있다. 그러나 시험 방법의 원리를 고려하면 두 시험방법은 일원화 가능한 것으로 판단되므로 표준토양시료를 이용한 비교 실험 결과를 검토하여 최종적으로 일원화 여부를 판단할 필요가 있다.

3.1.7. 석유계총탄화수소

토양오염공정시험기준(ES 07552.1)은 C_8 이상 C_{40} 이하의 짝수 노말알칸표준물질의 총면적과 시료피크의 총면적을 비교하여 석유계총탄화수소를 정량하는 반면, KS I ISO 16703는 C_{10} 초과 C_{40} 미만의 짝수 노말알칸표준물질의 총면적과 비교하여 정량한다. 탄화수소 측정범위의 차이 뿐만아니라 정량한계, 추출 및 정제 방법 등도 상이한데, 다양한 유종(제트유, 휘발유, 디젤 등)을 이용한 비교시험을 통해 두 규격 간의 TPH 농도는 약 10~40% 정도 차이가 있다고 알려져 있다(정인호 등, 2012). 따라서 “사전부합화 불가”로 판단된다.

3.1.8. 페놀류

토양오염공정시험기준(ES 07553.1)은 토양 중 페놀

과 펜타클로로페놀의 분석에 적용되는 방법이며 KS I ISO 14154은 염소계 페놀류 분석에 적용되는 방법이므로 페놀에 대응하는 규격은 없고 공통 성분으로 펜타클로로페놀이 있으나 추출용매, 추출장비, 추출물의 유도체화 여부, 내부표준물질 등 전처리 과정이 달라 사전일원화 불가로 판단되었다. 한편, 페놀류의 극성은 pH 의존적이고 기체크로마토그래프로 분석하기 위하여 일반적으로 유도체화방법이 사용되고 있으나 토양오염공정시험기준에서는 이에 대한 고려가 전무하다. 따라서 기존과 같이 유도체화 과정을 거치지 않을 경우 적절한 최종 액 중의 농도를 검토할 필요가 있다. 효율적이고 안정적인 유도체화 반응을 위한 분석조건에 대한 고찰을 통해 토양오염공정시험기준을 개선하고, 향후 국제표준 개정 시 유도체화 조건에 대한 개정의견을 제출할 필요가 있다.

3.1.9. 폴리클로리네이티드비페닐

폴리클로리네이티드비페닐(PCBs) 분석시 토양오염공정시험기준(ES 07554.1)은 크로마토그램에 나타난 피크수에 따라 PCBs를 확인하고 정량하지만 KS I ISO 10382는 PCBs 중 7종의 congener에 대해 정량하는 방법으로 그에 따른 표준물질 및 내부표준물질이 다르며 분석절차 역시 상이하여 “사전일원화 불가”로 분류하였다.

3.1.10. 휘발성유기화합물

토양오염공정시험기준(ES 07600.1)에 따른 토양 중 휘발성유기화합물 시험방법에 대응하는 KS I ISO 15009와 KS I ISO 22892는 휘발성방향족탄화수소, 나프탈렌, 휘발성할로겐화 탄화수소 화합물을 정량하는 방법으로 보다 넓은 적용범위를 갖는다. 두 규격은 원리상으로는 동일하나 시료와 추출용매의 비율, 추출시간에 차이가 있다. 따라서 표준토양시료를 이용한 비교 실험 결과를 검토하여 최종적으로 일원화 여부를 판단할 필요가 있다.

3.2. 항목별 비교 시험 결과

3.2.1. 일원화 가능으로 분류된 기준

3.2.1.1. 벤조(a)피렌

벤조(a)피렌은 다환방향족탄화수소류의 하나로 기체크로마토그래프-질량분석기로 정량가능하다. 토양오염공정시험기준의 시험방법은 개발단계에서는 다양한 PAHs를 동시분석 가능하도록 작성하였으나 최종적으

로 국내 법적 요구사항에 부합하여 벤조(a)피렌 단일항목 시험방법으로 제정되었다. KS규격은 벤조(a)피렌을 포함한 다양한 PAHs을 동시분석하는 시험방법으로 토양오염공정시험기준과 기본원리는 동일하나 전처리 및 정량한계 등이 다소 차이가 있다. Table 4와 같이 CRM을 사용하여 두 시험방법에 따라 각각 얻은 분석 결과는 5.52 mg/kg과 5.39 mg/kg으로 각각 나타났으며, 통계학적 평가 상 $F_{ratio} < F_{critical} (\alpha=0.05, n=6)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 추출 및 정제과정의 차이가 결과에는 영향이 없다고 판단된다.

3.2.2.3. 휘발성유기화합물

토양오염공정시험기준은 벤젠 등 휘발성유기화합물

Table 2. A comparative result of Benzo(a)pyrene

Compound	BaP(mg/kg)	
	Method	ES 07551.1
1	5.68	5.41
2	5.31	5.38
3	5.63	5.47
4	5.23	5.34
5	5.68	5.31
6	5.58	5.42
Avg.	5.52	5.39
SD	0.196	0.059
Variance	0.039	0.003
F-ratio	2.396	
F-c	4.965	
Result	F < Fc, Ho : accept Significance level : 0.05	

Table 3. The comparative result of BTEX

Compound	Benzene (mg/kg)		Toluene (mg/kg)		Ethylbenzene (mg/kg)		m,p-Xylene (mg/kg)		o-Xylene (mg/kg)	
	ES 07600.1	KS I ISO 15009	ES 07600.1	KS I ISO 15009	ES 07600.1	KS I ISO 15009	ES 07600.1	KS I ISO 15009	ES 07600.1	KS I ISO 15009
1	9.12	9.72	8.51	8.93	8.30	8.45	16.72	17.73	8.26	8.68
2	9.61	9.55	8.86	8.69	8.50	8.26	17.91	17.35	8.73	8.46
3	8.98	9.57	7.97	8.44	8.38	8.20	16.17	17.22	7.76	8.30
4	10.37	9.95	8.97	8.76	8.15	8.46	18.28	18.06	8.82	8.76
Avg.(n=4)	9.52	9.70	8.58	8.71	8.17	8.26	17.27	17.59	8.39	8.55
SD	0.63	0.18	0.45	0.20	0.38	0.22	0.99	0.38	0.49	0.21
Variance	0.39	0.03	0.20	0.04	0.15	0.05	0.98	0.15	0.24	0.04
F-ratio	0.29		0.27		0.20		0.36		0.35	
F-c	5.99		5.99		5.32		5.99		5.99	
Result	F < Fc, Ho: accept (Significance level: 0.05)									

을 분석하기 위한 4개의 시험기준을 가지고 있으며, 퍼지·트랩장비를 통해 기체크로마토그래프 또는 기체크로마토그래프-질량분석기를 이용하여 정량하는 방법이다. 이에 대응하는 KS 규격은 검출기에 따라 KS I ISO 15009와 KS I ISO 22892이 있다. 토양오염공정 시험기준은 현장 습윤 토양 약 5~10 g을 메탄올 10 mL로 2분간 추출하며 KS규격은 현장 습윤 토양 50 g을 메탄올 50 mL로 30분간 진탕 추출한다. CRM을 이용하여 시료량, 시료와 추출용매의 비율, 추출시간에 차이에 따른 분석결과는 Table 3과 같으며 두 시험방법에 따른 분석결과에 대한 통계학적 평가 결과 $F_{ratio} < F_{critical} (\alpha=0.05, n=4)$ 으로 유의한 차이가 없는 것으로 판정되었다. 두 시험방법은 다양한 농도(10~40 mg/kg)의 BTEX에 대하여 동일한 결과가 얻는 것으로 알려져 있어(정인호 등, 2012) 일원화가 가능한 것으로 판단되었다.

3.2.2. 일원화 불가로 분류된 기준

3.2.2.1. 수소이온농도

토양오염공정시험기준은 토양 10 g을 정제수 50 mL에 혼합하여 유리막대로 저어주면서 1시간 후에 pH를 측정하고, KS규격은 토양 10 cm³를 정제수 50 mL와 혼합하여 기계적으로 5분간 세계 흔들여 준 다음 2시간 방치 후 측정한다. 비교시험을 수행하기 위하여 토성이 다른 두 CRM을 준비하였다. 사전에 토성별 시료 무게와 부피를 비교한 결과 Table 4와 같이 측정되었으며, 따라서 토양오염공정시험기준으로 시험할 경우 KS규격에 비하여 더 많은 시료가 소요될 것으로 예상

되었다. Sand와 Clay 시료를 두 시험방법에 따라 각각 7회 측정된 결과는 Table 5와 같다. Sand 시료의 경우 pH 결과가 7.57과 7.50으로 각각 측정되었으며, Clay 시료의 경우 4.88과 4.60으로 각각 측정되었다. 분석결과에 대한 통계학적 평가에 따르면 $F_{ratio} > F_{critical}$ ($\alpha = 0.05, n=7$)으로 유의한 차이가 있는 것으로 평가되어 일원화가 불가하다고 판단된다.

3.2.2.2. 시안

CRM을 이용하여 토양오염공정시험기준과 KS규격 모두 동일한 시료량(10 g)을 취하여 7회 반복시험한 결과는 Table 6과 같다. 전처리시 증류장치는 각 시험법에서 요구하는 형태의 것을 이용하였다. 토양오염공정시험기준과 KS규격의 증류시 플라스크 내에 용액의 부피를 160 mL로 동일하게 하여 첨가 된 시약에 따라 약간의 부피차이가 있는 조건에서 증류를 수행하였고, 증류액 중 20 mL를 토양오염공정시험기준과 KS I ISO규격을 동일하게 취하여 시험방법에 따른 발색 시약 및 발색 조건을 준수하여 측정하였고, 흡광도 측정시 검량선 범위는 토양오염공정시험기준이 0.05~0.2 mg/L이고, KS I ISO규격은 0.05~0.5 mg/L에서 검량

Table 4. 토성에 따른 토양 시료의 무게와 부피 비교

Soil texture	ES 07352 (2009)	KS I ISO 10390 (2005)
Loamy sand	5 g (4.8 mL)	5 mL (5.71 g)
Clay	5 g (4.7 mL)	5 mL (5.83 g)

Table 5. A comparative result of pH

Method	pH(Sand)		pH(Clay)	
	ES 07302.1	KS I ISO 10390	ES 07302.1	KS I ISO 10390
1	7.50	7.43	4.85	4.68
2	7.52	7.42	4.96	4.66
3	7.55	7.47	4.92	4.58
4	7.62	7.53	4.86	4.59
5	7.58	7.56	4.88	4.56
6	7.60	7.55	4.86	4.55
7	7.63	7.56	4.84	4.60
Avg.	7.57	7.50	4.88	4.60
SD	0.05	0.06	0.04	0.05
Variance	0.002	0.004	0.002	0.002
F-ratio	5.248		126.189	
F-c	4.747		4.747	
Result	F > Fc, Ha: reject (Significance level: 0.05)		F > Fc, H0: reject (Significance level: 0.05)	

Table 6. The comparative result of cyanide

Method	CN ⁻ (mg/kg)	
	ES.07352	KS I ISO 11262
1	82.60	86.25
2	85.15	105.75
3	69.45	113.75
4	60.75	101.00
5	68.55	101.25
6	86.85	99.50
7	70.55	115.50
Avg.	74.84	103.29
SD	9.97	9.82
Variance	99.38	96.45
F-ratio	28.918	
F-c	4.747	
Result	F > Fc, H0: reject Significance level: 0.05	

선을 작성하였다. 결과의 계산과정에서 수분보정 부분은 CRM 시료가 건조토양으로 수분보정부분은 제외하고 정량하였다.

비교시험결과 토양오염공정시험기준의 분석결과는 74.84 mg/kg으로 KS규격의 분석결과인 103.29 mg/kg보다 낮게 나타나 일원화가 불가한 것으로 판단되었다. KS규격이 토양오염공정시험기준 보다 높은 회수율을 나타내는 원인은 증류방식에 있어서 진공흡입방식을 채택하고 있기 때문에 토양오염공정시험기준에서 사용되는 가압방식 보다 증류가스 손실이 적기 때문이라고 판단된다. 또한 KS규격이 토양오염공정시험기준에 비해 증류시간이 약 4배의 정도 긴 것도 또 다른 원인이 될 수 있다.

토양 중 시안은 증류과정을 통해 추출되어 정량하므로 증류시 회수율은 분석결과에 큰 영향을 미친다. KS 규격의 증류방법은 진공흡입방식을 통해 시료손실을 최소화하고 있어서 시험분석결과와 정밀·정확도를 향상시키기 위하여 토양오염공정시험기준에 도입가능성 여부에 대한 검토가 필요하다. 그리고 최근 국내·외 다양한 매질의 시안 분석방법에 연속흐름법이 추가됨에 따라 토양오염공정시험기준에서도 이와 같은 검토가 필요하다고 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 토양분야 국가표준의 일원화 방안을 마련하기 위하여 토양오염공정시험기준의 30개 항목별

Table 7. The final results of the unification decision in soil standard methods

Unification results	Analytical contents (the number of methods)
Pre-unification completed	-
Unification possible	Benzo(a)pyrene(1), Cu(2), Pb(2), Ni(2), As(2), Hg(1), Zn(2), Cd(2), VOCs(4)
Pre-unification impossible	Water content(1), TPH(1), Phenols(1), PCBs(1)
Unification impossible	pH(1), CN(1)
No corresponding standards	F(2), CN(1), Cr ⁶⁺ (1), Organophosphorus compound (2)

시험방법과 이에 대응하는 KS규격을 비교·검토하였다. 두 규격 간의 비교를 위하여 비교 가능한 시험방법을 대응시켜본 결과 대응규격이 없는 6개 시험방법을 제외하고 24개 시험방법을 일원화 여부에 따라 분류하였다. 규격 비교를 통해 일차적으로 사전일원화 완료가 되려면 분석원리, 적용범위, 분석방법 및 최종 분석결과 산출방법이 동일하여야 하는데 이에 해당하는 항목은 없고 사전일원화 불가능한 시험방법은 4개로 판정되었다. 규격비교를 통해 일원화 판정을 내리기 어려운 20개 규격에 대하여 비교시험을 수행한 결과 벤조(a)피렌, 중금속 및 VOCs 항목은 일원화 가능한 것으로 판정되었으며, 나머지 항목은 일원화 불가능한 것으로 판정되어 최종적으로 Table 7과 같이 분류되었다.

비교시험을 수행하는 과정에서 토양오염공정시험기준 개선사항 및 국제규격 개정요청 사항을 도출하였다. 특히 토양오염공정시험기준이 시료 및 시약량을 적게 사용하거나 전처리 시간이 보다 짧으면서 KS규격과 동일한 분석결과를 나타낸 경우 향후 국제규격 개정시 국내 의견을 수렴하여 제안할 필요가 있다고 판단된다. 본 연구결과는 환경분야 국가표준 일원화 방안을 도출하는 동시에 환경오염공정시험기준의 국제적 동등성 확

보 및 국제표준화 활동 과제 마련을 위한 근거자료로 활용할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 국립환경과학원, 2008, 토양오염공정시험기준 개선을 위한 연구.
2. 국립환경과학원, 2010, 환경오염공정시험기준과 환경분야 KS규격의 부합화 방안 마련을 위한 연구-수질 및 토양분야.
3. 이정일, 이주희, 이정희, 이준희, 이원석, 김지인, 김보경, 최성현, 한국분석과학회, 2012, Vol. 25(2), p. 102~113.
4. 전홍석, 이재준, 고광백, 1998, 환경통계학, p. 163-175, 동화기술.
5. 신건환, 이군택, 이원석, 김지인, 김보경, 박현정, 지하수토양환경, 2012, Vol. 17(3), p. 1~9.
6. 정인호, 이군택, 이원석, 김용훈, 김보현, 김지인, 김보경, 지하수토양환경, 2012, Vol. 17(4), p. 63~72.
7. Jose S.Casas, Jose Sordo, 2006, Lead:Chemistry, analytical aspects, environmental impact and health effect, p.259, ELSEVIER SCIENCE.
8. Savio M, Cerutti S, Martinez LD, Smichowski P, Gil RA, Talanta, 2010, 82(2) : 523~527.