

환경오염공정시험기준과 KS ISO규격의 일원화에 관한 연구 - 먹는 물 및 실내공기질 -

이정일 · 이주희 · 이정희 · 이준희 · 이원석¹ · 김지인¹ · 김보경¹ · 최성현¹

한국화학융합시험연구원 화학환경본부, ¹국립환경과학원 환경측정분석센터
(2012. 3. 8. 접수, 2012. 4. 9. 수정, 2012. 4. 12. 승인)

Study on the unification between KS I ISO standard and official test method enacted by Korean Ministry of Environment - drinking water and indoor air quality -

Jeong-Il Lee, Ju-Hee-Lee, Jeong-Hee Lee, Jun-Hee Lee, Won-Seok Lee¹ ·
Ji-In Kim¹, Bo-Kyung Kim¹ and Sung-Hun-Choi¹

Chemical Environmental Headquarter, Korea Testing & Research Institute, 7-6, Gomak-ri, Wolgot-myeon,
Gimpo-si, Kyeonggi-do 415-871, Korea

¹Environmental Measurement & Analysis Center, National Institute of Environmental Research,
184, Nanji-ro, Seo-gu, Incheon 404-708, Korea

(Received March 8, 2012; Revised April 9, 2012; Accepted April 12, 2012)

요 약: 현행 환경오염공정시험기준 중 먹는 물 수질공정시험기준과 실내공기질 공정시험기준에 대해 국제규격에 부합화된 KS ISO규격과의 일원화에 관해 연구하였다. KS규격 23,000여종을 대상으로 먹는 물 및 실내공기질관련 KS 규격을 조사하였다. 환경분야관련 KS규격은 KS I로 분류되며, 총 653종으로 조사되었으며, 이중 국제규격에 부합화된 KS I 규격은 583종으로 조사되었다. 먹는 물 수질공정 시험기준은 총 100개 기준을 대상으로 ISO/TC 147 “Water Quality” 관련 KS 규격 총 232종을 비교 검토하였으며, 실내공기질 공정시험기준은 “ISO/TC 146 “Air Quality” 관련 KS 규격 총 95종 규격을 비교 검토하였다. 문헌검토와 비교시험을 통해 먹는 물 및 실내공기질 공정시험기준과 일원화 가능한 국제규격에 부합화된 KS규격 연구결과 먹는물수질공정시험 100개 기준 중 사전일원화 완료 23개 기준, 일원화 가능 29개 기준, 일원화 불가 12개 기준, 대응 규격 없는 기준이 36개로 평가되었으며, 실내공기질 공정시험기준 17개 기준 중 사전일원화 완료 1개 기준, 일원화 가능 3개 기준, 일원화 불가 3개 기준, 대응규격 없는 기준이 10개 기준으로 평가되었다.

Abstract: Our study researched on unification of KS I ISO standard harmonized with ISO and Official Test Method enacted by Korean Ministry of Environment-drinking water and indoor air quality. We reviewed KS methods related to drinking water and indoor air quality for about 23,000 KS methods. KS methods related environmental field are classified as KS I, total 635 methods and 583 KS I methods were harmonized with ISO. For Environmental Standard methods for drinking water, 100 methods were reviewed according to 232 KS methods related to ISO/

★ Corresponding author

Phone : +82-(0)31-999-3144 Fax : +82-(0)31-999-3001

E-mail : emjilee@ktr.or.kr

TC 147 "Water Quality". Environmental Standard methods for indoor air quality were reviewed according to 95 KS standard methods related to ISO/TC 146 "Air Quality". By reviews and comparison tests for unifiable ES for drinking water and indoor air quality with KS methods harmonized with ISO, it was evaluated that for 100 ES methods for drinking water, 23 ES methods were unification complete, 29 ES methods were unification possible, 12 ES methods were unification impossible, no corresponding methods were found in KS I ISO for 36 ES methods and for 17 ES methods for indoor air quality, 1 ES methods were unification complete, 3 ES methods were unification possible, 3 ES methods were impossible, no corresponding methods were found in KS I ISO for 10 ES methods.

Key words: drinking water, air quality, unification, KS, ISO/TC

1. 서 론

현재 세계는 하나의 거대 시장으로 단일화되어 가고 있으며, 자국내 규격들은 점차 그 의미를 상실하고 하나의 통일된 국제규격의 제정을 적극적으로 추진하고 있는 추세이다. 이에 환경분야 국가표준의 일원화는 1994년에 기존의 "GATT (General Agreement on Tariffs and Trade)/TB T(Agreement on Technical Barriers to Trade) 협정"이 수정 강화되어 도입된 "WTO (World Trade Organization)/TBT 협정"을 준수하고 국제사회의 일원으로서 위상을 갖추기 위한 선결 요건 중의 하나라고 할 수 있다. "WTO/TBT 협정"은 표준(Standard), 기술규정(Technical Regulations), 적합성평가(Conformity Assessment) 절차를 각 회원국별로 상이하게 제정함으로써 초래될 수 있는 국제무역 상의 불필요한 장애를 방지하기 위한 협정¹으로서 회원국의 경우 관련 국제표준(ISO Standard)의 전체 또는 일부를 채택해야 함을 규정하고 있다. 우리나라도 기술표준원 주관으로 WTO/TBT협정과 APEC/CT1 산하의 "표준적합소위원회(Sub-Committee on Standards and Conformance; SCSC)"합의사항에 따라 국제규격인 ISO규격과의 부합화를 추진하고 있다. 부합화에 관한 연구로는 건설분야에서 한국산업규격 토건부문 규격 중 콘크리트 시료채취와 시험방법에 대한 규격을 ISO/IEC Guide 21과 구성체계 및 내용에 대해 상호 대비하고 그에 따른 문제점을 도출하고 대안을 제시함으로써 국내 건설분야 표준규격의 부합화 방향을 설정한 연구², 비파괴시험분야는 적외선열화상 비파괴 검사 시험법의 국제 부합화를 위한 시험항목을 선정한 연구,³ 국방부 민,군 규격통일화사업^{4,5}에서는 국방규격의 KS표준 전환 연구와 부합화 조정안 및 부합화 효과 분석 등을 실시하였다. 부합화는 이처럼 다양한 분야에서 추진되고 있으나, 환경분야는 국내규격을 국

제규격에 부합화하는 연구가 미진하였다. 이에 최근 지식경제부 기술표준원과 환경부 국립환경과학원은 환경분야의 국가표준 및 국제표준 제·개정업무를 공동으로 추진하기 위한 양해각서를 체결하고,⁶ 이로써 양 기관은 환경분야의 국가표준인 산업표준(KS)과 환경오염공정시험기준 그리고 국제표준 간의 일원화를 통하여 국내기업의 혼선을 해소하고 국제환경규제대응을 지원하기 위한 계기를 마련하게 되었다. 또한 일부 시험방법 등이 일치하지 않고 국제표준과도 부합화하지 않아 발생하는 문제점을 양 기관이 상호협력체계를 구축하여 해결하기 위해 우선적으로 2010년에 1차적으로 수질 및 토양분야의 산업표준과 환경오염공정시험기준 간의 부합화를 추진하였다.⁷ 다만, KS ISO규격은 ISO규격을 기술적 가감없이 번역하고 그대로 도입하여 제정된 규격, 즉 ISO규격에 부합화된 규격이며, 환경오염공정시험기준은 환경부에서 국내 전문가를 활용하여 정립한 시험방법이다. 이 연구에서는 환경오염공정시험기준을 ISO규격에 부합화하는 의미보다는 이원화된 규격을 하나의 규격으로 운용하는 방안인 일원화로 표현하였다. 이로써 환경오염공정시험기준과 환경관련 산업표준이 부처별로 이원화되어 관리 운용됨으로서 일반 국민의 혼란과 국제환경규제 및 무역장벽에 대응할 수 있도록 국가 신뢰도 및 국가 경쟁력 제고를 위하여 일원화 나아가 국제규격과의 부합화 연구는 반드시 요구되는 현안이다. 이에 환경오염공정시험기준 및 KS 규격을 문헌 및 자료 상의 비교 검토, 실험적 부합성(Comparability) 검토, 일원화 판정 등의 과정을 통하여 기존 환경오염공정시험기준을 근간으로 일원화 방안을 연구하였다.

2. 연구방법

2.1. 환경산업과 국제표준화 동향 조사

2011년 1월 기준 KS규격 중 환경분야는 온실가스

Table 1. ISO Standardization trends

ISO/TC	Title	Number*	P(O)**
TC 131	Fluid power systems	216	14(23)
TC 146	Air Quality	126	29(42)
TC 147	Water Quality	266	35(51)
TC 158	Analysis of gases	23	15(25)
TC 190	Soil quality	128	25(31)
TC 193	Natural gas	53	27(29)
TC 207	Environmental management	28	78(31)
TC 209	Cleanrooms and associated controlled environments	11	22(21)
TC 224	Service activities relating to drinking water supply systems and waste-water systems - Quality criteria of the service and performance indicators	3	34(15)

*Total number of published ISO standards related to the TC and its SCs (number includes updates)

**P(participating countries), O(observer countries)

배출량 측정 등 최근 표준을 포함하여 600여종이 해당되었으며, 환경오염물질 측정 기준 및 환경경영을 위한 국제 표준 등 시험기준뿐만 아니라 환경 친화적인 제품 생산 및 설계를 위한 가이드라인 등 표준화 작업이 활발히 진행되고 있다. 환경과 관련된 ISO규격은 ISO/TC 146(대기질)등 10여개의 기술 분과 위원회에서 지속적인 규격 제개정 작업이 이루어지고 있는 것으로 조사되었으며, 관련 국제 표준화 동향을 Table 1에 나타내었다.

2.2. KS규격 현황 조사

KS규격은 KS A(기본)-KS X(정보)분야로 총 23,605종(2011년 1월 기준)으로 이루어져 있으며, 2010년 3월 조사된 규격(23,385종) 대비 220종이 증가하였다. 또한, 국제규격에 부합화된 KS ISO 규격은 10,393종으로 조사되었다. 이들 KS규격 중 국제 규격에 부합화된 환경 분야(KS I ISO)는 583종, 화학분야(KS M ISO)는 1991종, 생물분야(KS J ISO) 37종 등으로 조사되었다.

2.3. 일원화 용어 정의

먹는 물 수질공정시험기준⁸ 및 실내공기질분야 환경오염공정시험기준⁹과 KS규격에서 공통적으로 다루고 있는 항목을 조사하여 분석개념의 동질성, 시료의 동질성, 전처리방법의 동질성 및 기기분석방법의 동질성과 같은 기준을 모두 만족하는 항목에 대해서는 “사전 일원화 완료”로 판정하였다. 또한, 조사된 KS규격 중 국제규격에 부합화된 규격이 없는 경우와 조사된 대응규격의 매질 및 측정원리 등이 완전히 상이하여 비교의의가 없는 경우 “대응규격 없음”으로 판정하였다. 그러나, 국제규격에 부합화된 대응규격이 있

더라도 분석결과 값의 개념적 의미가 완전히 상이하거나 환경오염공정시험기준의 시험기준을 만족하지 못하는 것으로 판단되는 항목의 경우에는 “일원화 불가”로 판정하였으며, 단순 전처리방법의 차이 및 편집적인 문제 또는 용어상의 상이점 등 일부 수정사항을 반영하여 일원화가 가능한 경우는 “조건부 일원화”로 판정하였다. 그 외에 항목에 대해서는 비교시험이 요구되는 항목은 “비교시험 요망”으로 판정하고 비교시험을 수행하여 결과에 대한 통계검증(95% 신뢰수준)을 수행할 때 검정값이 유의한 차이가 없을 경우($F < F_c$) “일원화 가능”으로 표현하였으며, 유의한 차이가 있을 경우($F > F_c$) “일원화 불가”로 표현하였다. 따라서, 환경오염공정시험기준과 KS규격의 내용 검토 결과는 “사전일원화 완료”, “일원화 불가”, “조건부 일원화”, “대응규격 없음”, “비교시험 요망”으로 구분하였으며, 비교시험이 요구되는 시험기준은 시험을 통한 통계적 검증에 따라 최종적으로 “일원화 불가” 및 “일원화 가능”으로 표현하였다.

2.4. 환경오염공정시험기준과 KS규격 비교

먹는 물 수질공정시험기준의 일원화 검토대상 항목은 총칙 및 QA/QC 및 일반시험기준 등을 제외한 일방향목 중 경도 등 25개 기준을 비롯하여 금속류 42개 기준, 유기인계농약 2개 기준, 카바릴 2개 기준, 염소소독부산물 2개 기준, 할로아세틱엑시드류 2개 기준, 휘발성유기화합물 4개 기준, 1,4-다이옥산등 4개 기준, 미생물 17개 기준으로 총 100개 기준을 대상으로 “ISO/TC 147 “Water Quality” 관련 KS 규격총 232종 규격(KS I 3001 외 231종)을 비교 검토하였다. 실내공기질 공정시험기준의 검토대상 항목은 총칙, QA/QC

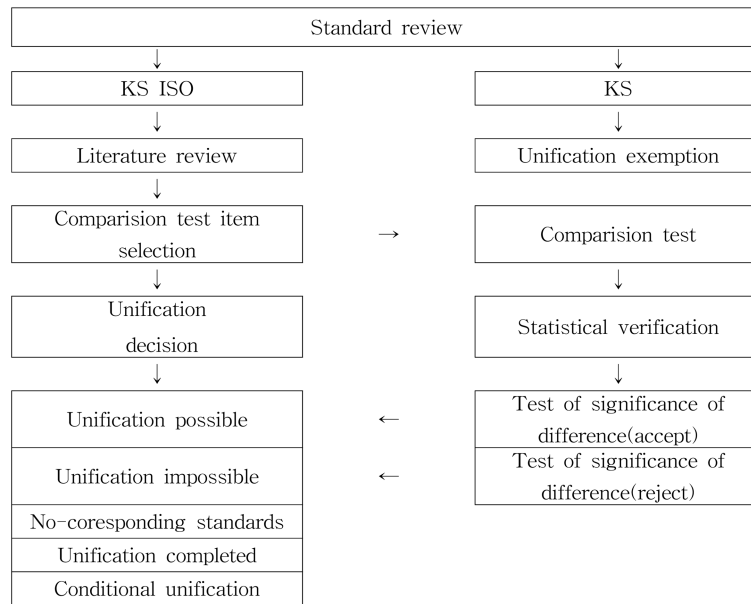


Fig. 1. Procedure of unification.

및 일반사항을 제외한 실내공기 오염물질 시료채취 및 평가방법 1개 기준, 건축자재 방출 휘발성유기화합물 및 폼알데하이드 시험방법 2개 기준, 실내공기 중 라돈 측정방법-알파비적검출법 등 14개 기준으로 총 17개 기준을 대상으로 “ISO/TC 146 “Air Quality” 관련 KS 규격 총 95종 규격(KS I 2001 외 94종)을 비교 검토하였다. 환경오염공정시험기준의 QA/QC는 KS 규격에 대응하는 개별 규격이 존재하지 않으므로 국제규격과 일원화여부 검토대상에서 제외하였다.

2.5. 비교시험 항목에 대한 통계적 검증방법

비교시험의 결과값 중 이상값의 존재 유무는 Grubbs test를 실시하였으며, 시험기준 간의 유의성 검증은 95% 신뢰수준에서 분산분석을 통해 일원화 여부를 판정하였다.

2.6. 일원화 판정 절차

먹는 물 수질공정시험기준 및 실내공기질 공정시험기준에 대응하는 국제규격에 부합화 된 KS 규격(KS I ISO 규격 등)을 비교 검토를 수행하였다. 일부 항목의 경우 국제규격에 부합화된 KS 규격이 없는 경우 부합화 되지 않은 KS규격(KS I 규격 등)을 조사하였다. 단, 본 연구의 목적상 국제규격에 부합화된 규격과의 일원화에 해당하지 않아 일원화 판정에서는 제외하였다. 문헌검토를 통한 일원화 판정 절차를 Fig.

1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 먹는 물 수질공정시험기준 규격검토

3.1.1. 대응규격 없음으로 분류된 기준

먹는 물 수질공정시험기준상의 개별 시험기준에 대응하는 KS규격을 조사하여 Table 2에 나타내었다. 전체 100개 기준 중 36개의 기준은 대응하는 규격이 없는 것으로 조사되었다. 대응규격이 없는 시험기준은 KS ISO규격 제정시 우선적으로 검토되어야 할 것으로 판단되었다.

3.1.2. 일원화 불가로 분류된 기준

일원화 불가로 분류된 시험기준은 Table 3과 같이 12개 기준으로 조사되었다. 다만, 잔류염소의 경우 먹는 물 수질공정시험기준과 KS I ISO 7393-2는 DPD 법으로 동일하나 먹는 물 수질공정시험기준은 육안검사이며, KS I ISO 7393-2는 기기분석법이므로 향후 먹는 물 수질공정시험기준에 도입할 경우 즉시 일원화가 가능한 것으로 조사되었다. 색도는 색도표준용액 및 육안검사법으로 동일하나 검정곡선의 작성범위 및 검출한계등이 달라 비교시험이 필요한 것으로 분류하였고, 이에 대한 결과는 3.3항 비교시험항목의 평가결과에 따라 일원화 불가로 판정하였다.

Table 2. No-corresponding standards (drinking water)

Name	Environmental standard (Drinking water)	Korean industrial standard (KS)
Hardness	ES 05301.1a	KS I 3206
Odor	ES 05303.1a	KS I 9246, KS I 3206
Taste	ES 05304.1a	None
Total Solids	ES 05307.1a	KS I 3206, KS I 3217
Surfactants	ES 05309.1a	KS I 3206, KS I 3217, KS I 3219
Residual Chlorine-OT Colorimetry	ES 05310.2	KS I 3206, KS I 3217
F-UV/VIS	ES 05351.2	None
NH ₃ -N-UV/VIS	ES 05353.1a	KS I 3206
NH ₃ -N-IC	ES 05353.2	None
NO ₃ -N-UV/VIS	ES 05354.2	KS I 3206, KS I 3217
SO ₄ ²⁻ -EDTA Titrimetric Method	ES 05356.2	KS I 3206, KS I 3217
Pb	ES 05402.4a	None
Mn	ES 05403.1a	None
B	ES 05404.2a	None
Hg	ES 05407.1a	KS I 3206, KS I 3217
Hg	ES 05407.2a	None
Fe	ES 05410.2	KS I 3206 62.2, KS I 3217 56.2
Organophosphorus Pesticides	ES 05501.1, 2	None
Carbaryl	ES 05502.1, 2	None
Chlorine Disinfection By-products	ES 05551.1a, 2a	None
Haloacetic Acids	ES 05552.1, 2	None
1,4-Dioxane	ES 05602.1, 2, 3, 4	None
Total Coliforms-Enzyme Substrate Method	ES 05703.3	None
Escherichia coli-Enzyme Substrate Method	ES 05705.3a	None
Fecal Streptococcus-Multiple Tube Method	ES 05706.1a	KS I ISO 7899-2
Pseudomonas aeruginosa-Multiple Tube Method	ES 05707.1a	KS I ISO 16266
Shigella	ES 05710.1a, 2a	None
Yersinia enterocolitica-Membrane Filtration Method	ES 05711.1a	KS J ISO 10273

Table 3. Unification impossible standards (drinking water)

Name	Environmental standard (Drinking water)	Korean industrial standard(KS)
Color	ES 05305.1a	KS I ISO 7887
Residual Chlorine-DPD Colorimetry	ES 05310.1	KS I ISO 7393-2
Cyanide	ES 05352.1a	KS I ISO 6703-1
Al	ES 05409.1	KS I ISO 12020
Al	ES 05409.3	KS I ISO 10566
Cr	ES 05412.1	KS I ISO 9174, KS E ISO 9685
Total Colony Counts in 21 °C-Pour Plate Method	ES 05701.1a	KS I ISO 6222
Total Colony Counts in 35 °C-Pour Plate Method	ES 05702.1	KS I ISO 6222
Fecal Coliforms-Multiple Tube Fermentation Technique	ES 05704.1a	KS I ISO 9308-2
Escherichia coli-Multiple Tube Fermentation Technique	ES 05705.1a	KS I ISO 9308-2
Escherichia coli-Membrane Filtration Method	ES 05705.2a	KS I ISO 9308-1
Clostridium perfringens-Multiple Tube Method	ES 05708.1a	KS I ISO 6461-1

3.1.3. 일원화 가능으로 분류된 기준

비교시험 실시를 통해 3.3항 비교시험항목의 평가 결과에 따라 일원화가능으로 분류된 항목은 Table 4와

같이 염소이온-질산은 적정법(ES 05355.2)과 납-원자 흡수분광광도법(ES 05402.2a) 및 카드뮴-원자흡수분광 광도법(ES 05411.1)로 3개의 기준으로 조사되었다.

Table 4. Unification possible standards (drinking water)

Name	Environmental Standard (Drinking water)	Korean industrial Standard (KS)
Chloride-Silver Nitrate Titrimetric method	ES 05355.2	KS I ISO 9297
Pb	ES 05402.2a	KS I ISO 8288
Cd	ES 05411.1	KS I ISO 8288

Table 5. Unification completed Standards (drinking water)

Name	Environmental standard (Drinking water)	Korean industrial standard (KS)
Consumption of KMnO ₄	ES 05302.1a	KS I ISO 8467
Turbidity	ES 05308.1a	KS I ISO 7027
Phenols	ES 05311.1	KS I ISO 6439
F ⁻	ES 05351.1	KS I ISO 10304-1
NO ₃ -N-IC	ES 05354.1	KS I ISO 10304-1
Cl ⁻ -IC	ES 05355.1	KS I ISO 10304-1
SO ₄ ²⁻ -IC	ES 05356.1	KS I ISO 10304-1
Anions	ES 05357.1a	KS I ISO 10304-1
Bromate-IC	ES 05358.1	KS I ISO 15061
Metals-ICP-MS	ES 05400.3a	KS I ISO 17294-2
Cu	ES 05401.3a	KS I ISO 17294-2
Pb	ES 05402.3a	KS I ISO 17294-2
Mn	ES 05403.3a	KS I ISO 17294-2
As-UV/VIS	ES 05405.2a	KS M ISO 2590
As-ICP-MS	ES 05405.3a	KS I ISO 11885
Se-ICP-MS	ES 05406.3a	KS I ISO 17294-2
Zn	ES 05408.3a	KS I ISO 17294-2
Al	ES 05409.4	KS I ISO 17294-2
Fe	ES 05410.4	KS I ISO 17294-2
Cd	ES 05411.3	KS I ISO 17294-2
Cr	ES 05412.3	KS I ISO 17294-2
Sr-ICP/AES	ES 05413.1	KS I ISO 11885
Sr-ICP/MS	ES 05413.2	KS I ISO 17294-2

3.1.4. 사전일원화 완료로 분류된 기준

분석원리, 분석장비등 동등하다고 판단되는 사전일원화 완료 기준은 Table 5와 같이 23개 기준으로 조사되었으며, 기기분석법은 먹는 물 수질공정시험기준의 검출한계를 만족하고 있으며, 대상매질 역시 먹는 물, 지하수등에 사용하도록 규정되어 있다. 과망간산칼륨과 철(자외선/가시선분광법) 등 적정법 또는 발색법의 경우 발색원리, 발색시약, 적정액의 농도, 검출한계 등을 먹는 물 수질공정시험기준에 만족하는 것으로 조사되었다. 최근 분석기술이 기기분석법에 상당수 의존하는 점을 감안할 때 기기분석법은 국내에서 필요한

추가적인 기술사항만 별도 기술할 경우 일원화가 용이할 것으로 조사되었다.

3.1.5. 조건부 일원화로 분류된 기준

조건부 일원화로 분류된 기준은 Table 6과 같이 26개 기준으로 조사되었다. 수소이온농도는 KS I ISO 10523규격에서 측정범위를 3-10으로 규정하고 있으며, 먹는 물 수질공정시험기준에서 규정하는 pH 1.68과 pH 12.63에 대한 표준용액을 규정하고 있지 않다. 일반적인 먹는 물의 수질기준이 pH 5.8-8.5범위이므로 사전일원화로 판단할 수 있으나, 현행 먹는 물 수질공정시험기준의 시험범위 내에서 일원화하기 위해선 pH 측정범위에 대한 표준용액을 추가기술할 경우 일원화가 가능하므로 “조건부 일원화”로 분류하였다. 금속류는 동일한 항목에 대해 원자흡수분광광도법과 유도결합플라즈마-원자발광분광법은 기기의 검출한계 보다 낮은 농도까지 분석하기 위해 먹는 물 수질공정시험기준은 10배 농축한 시료를 사용하도록 규정하고 있으며, KS I ISO는 직접분석을 규정하고 있다. 농축배수에 대한 부분을 일원화시 추가기술한다면 일원화가 가능하므로 조건부 일원화로 분류하였다. 단, 납과 카드뮴은 먹는 물 수질공정시험기준 및 KS I ISO 8288-B법에서 동일하게 원자흡수분광광도법을 규정하고 있으나, 전처리에 사용되는 APDC시약의 농도가 다르므로 “비교시험요망”으로 분류하였다. 휘발성유기화합물은 퍼지&트랩-GC/MS 및 GC방법은 KS I ISO 규격에서 규정하는 다양한 검출기중 먹는 물 수질공정시험기준에서 규정하는 해당 검출기에 한정하여 “조건부일원화”로 분류하였으며, 헤드스페이스-GC는 사용되는 검출기를 ECD로 한정하고 내부표준물질을 동일하게 규정하여 “조건부 일원화”로 분류하였다. 또한, 마이크로용매추출-GC/MS는 KS I ISO 10301은 10배 농축하여 분석하도록 규정하고 있으나, 먹는 물 수질공정시험기준은 100배 농축하도록 규정하고 있어 농축비율을 추가기술할 경우 일원화가 가능하므로 “조건부 일원화”로 분류하였다. 총대장균군 및 살모넬라는 먹는 물 수질공정시험기준에서 먹는 물, 먹는샘물, 먹는해양심층수로 구분하며 시료량, 배양시간, 배지를 검토하였다. 해당 KS I ISO규격은 국내의 먹는 물 종류에 따른 구분이 없으며, 시료량을 각각 정하지 않고 있었다. 이로 인해 시료에 따라 2배 또는 3배 농축배지의 구분이 없었다. KS I ISO 시험규격의 특성상 특정국가를 대상으로 하는 시험기준이 아니므로 국내의 먹는 물 법규에 적용시 시료의 구분과 시료량,

Table 6. Conditional unification standards (drinking water)

Name	Environmental standard (Drinking water)	Korean industrial standard(KS)
pH	ES 05306.1a	KS I ISO 10523
Metals-AAS	ES 05400.1a	KS I ISO 8288
		KS I ISO 11969
		KS I ISO 9965 KS I ISO 9174
Metals-ICP/AES	ES 05400.2a	KS I ISO 11885
Cu	ES 05401.1a	KS I ISO 8288
	ES 05401.2a	KS I ISO 11885
Pb	ES 05402.1a	KS I ISO 11885
Mn	ES 05403.2a	KS I ISO 11885
B	ES 05404.1a	KS I ISO 11885
As	ES 05405.1a	KS I ISO 11885
Se	ES 05406.1a	KS I ISO 9965
	ES 05406.2a	KS I ISO 11885
Zn	ES 05408.1a	KS I ISO 8288
	ES 05408.2a	KS I ISO 11885
Al	ES 05409.2	KS I ISO 11885
Fe	ES 05410.1	KS I ISO 6332
	ES 05410.3	KS I ISO 11885
Cd	ES 05411.2	KS I ISO 11885
Cr	ES 05412.2	KS I ISO 11885
Volatile Organic Compounds	ES 05601.1a	KS I ISO 15680
	ES 05601.2a	KS I ISO 15680
	ES 05601.3a	KS I ISO 10301
	ES 05601.4a	KS I ISO 10301
Total Coliforms-Multiple Tube Fermentation Technique	ES 05703.1	KS I ISO 9308-2
Total Coliforms-Membrane Filtration Method	ES 05703.2	KS I ISO 9308-1
Salmonella-Multiple Tube Method	ES 05709.1a	KS I ISO 6340
Salmonella-Membrane Filtration Method	ES 05709.2a	KS J ISO 6579

배지 등은 KS I ISO 범주내에서 선택적으로 추가기술 할 경우 일원화하여 사용할 수 있을 것으로 판단하여 조건부 부합화로 규정하였다.

3.2. 실내공기질 공정시험기준 규격검토

3.2.1. 대응규격 없음으로 분류된 기준

실내공기질 공정시험기준의 규격검토는 먹는 물 수질공정시험기준의 문헌검토와 동일하게 수행하였다. 실내공기질 공정시험기준의 개별 기준에 대응하는 국제규격에 부합화된 KS규격과 국제 규격에 부합화되지 않은 KS규격을 조사하여 Table 7에 나타내었다. 전체 17개 기준 중 9개의 기준은 대응하는 규격이 없

는 것으로 조사되었다. 대응규격 없음으로 분류된 항목은 부합화 되지 않은 KS규격과 매질등이 완전히 달라 검토대상이 되지 않은 규격으로 조사되었다. 실내공기질 공정시험기준은 50% 이상의 기준이 국제 규격에 부합화된 기준이 없는 것으로 조사되었다. 따라서, 향후 국민의 보건 및 건강증진을 위해 국제표준화 작업을 실시해야 할 것이다.

3.2.2. 일원화 불가로 분류된 기준

일원화 불가로 분류된 기준은 Table 8과 같이 3개 기준으로 국제 규격에 부합화된 규격은 있으나, 분석 원리 및 장비등이 다른 기준이다. 특히, 시료채취는

Table 7. No-coresponding standards (indoor)

Name	ES	KS
Etermination of emission of volatile organic compounds and formaldehyde from building materials by small-scale emission test chamber method	ES 02131.1	KS M 1998-1
		KS M 1998-2
		KS M 1998-3
		KS M 1998
Determination of emission of volatile organic compounds and formaldehyde from building materials by emission test cell method	ES 02131.2	KS M 1998-1
		KS M 1998-2
		KS M 1998-3
		KS M 1998
Determination of indoor radon by alpha track detector	ES 02301.1	KS M 1998
Determination of particulate matter (PM ₁₀) in indoor by the gravimetric method	ES 02302.1	KS A 0082
Determination of the number concentration of airborne asbestos fibers and other fibers in indoor by phase contrast microscope	ES 02303.1	
Determination of formaldehyde in indoor and emitted from building materials by 2,4-DNPH cartridge and high performance liquid chromatograph	ES 02601.1	KS I ISO 16000-2
		KS I ISO 16000-3
		KS I ISO 16000-4
		KS M 1998
Determination of total airborne bacteria in indoor by the impactor	ES 02701.1	-
Determination of indoor radon by continuous radon monitor	ES 02901.1	-
Determination of carbon dioxide in indoor by non-dispersive infrared spectrometer	ES 02905.1	KS I 2208

Table 8. Unification impossible standards (indoor)

Name	ES	KS
Indoor air sampling and evaluation method	ES 02130	KS I ISO 16000-1
Determination of airborne asbestos fibers by transmission electron microscope	ES 02304.1	KS I ISO 10312
Determination of nitrogen dioxide in indoor by chemiluminescence method	ES 02904.1	KS I ISO 6768

Table 9. Conditional unification standards (indoor)

Name	ES	KS
Determination of volatile organic compounds in indoor and emitted from building materials by sorbent tube and gas chromatograph using MS/FID	ES 02602.1	KS I ISO 16000-6
Continuous measurement methods of particulate matter (PM ₁₀) in indoor using the beta attenuation monitor	ES 02902.1	KS I ISO 10473
Determination of carbon monoxide in indoor by non-dispersive infrared spectrometer	ES 02906.1	KS I ISO 4224

분석보다 우선시하여 일원화가 이루어져야 할 부분으로 이에 대한 일원화가 선행되고 난 후 기타 분석기준과 일원화를 추진하는 것이 바람직할 것이다. KS I ISO 16000-1¹⁰에서 부적절한 모니터링 전략은 모니터링 절차 그 자체보다 더 넓은 범위까지 측정 결과의 총 불확도를 증가시키는 원인이 될 수 있다고 지적하고 있다. 따라서, 국내의 시료채취방법을 KS I ISO 16000-1에서 규정하는 샘플링 전략의 일반적 측면을 고려하여 과학적인 자료를 바탕으로 국제표준화 제정에 노력을 기울여야 할 것으로 조사되었다.

3.2.3. 조건부 일원화로 분류된 기준

조건부 일원화가능으로 분류된 기준은 Table 9와 같이 3개 기준으로 조사되었다. KS I ISO 16000-6¹¹은 실내공기질 공정시험기준과 동일하게 적용범위, 분석기기 및 기구, 정량방법 등이 동일하였다. 다만, 시료채취 유속이 50~200 mL/min으로 실내공기질 공정시험기준의 50~100 mL/min보다 넓은 범위로 되어 있고, 압력단위는 kPa을 사용하는 점이 상이하므로 이에 대한 부분을 추가기술할 경우 일원화가 가능한 것으로 조사되었다. 베타선을 이용한 미세먼지(PM₁₀) 연

속측정방법은 KS I ISO 10473와 동일하였다. 다만, KS I ISO 10473은 샘플링헤드의 특성에 따라 입자크기를 선정하도록 하고 있으며, 실내공기질 공정시험기준에서 규정하고 있는 중량법과 베타선흡수법의 농도를 보정하여 보정값을 표기하도록 하는 규정이 없는 것으로 조사되었다. 따라서, 베타선 흡수법은 동일하나 중량법은 KS I ISO에 없으므로 KS I ISO 10473과는 일원화가 가능하나, 보정하여 결과를 산출하는 방법과 샘플링헤드를 PM10에 대해 한정할 경우 일원화가 가능할 것으로 조사되었다. 비분산적외선법을 사용한 일산화탄소측정은 KS I ISO 4224¹²⁾에 동일한 장비, 측정범위, 25 °C 1기압 기준의 결과산출은 동일하나 결과의 소숫점 표기방식만 다르므로 국내기준에 맞추어 표현할 경우 일원화하여 운용이 가능할 것으로 조사되었다.

3.3. 비교시험항목의 평가결과

3.3.1. 색도

먹는 물 수질공정시험기준 색도(ES 05305.1a)는 0도 부터 9도까지 측정에 주로 사용되며, KS I ISO 7887¹³⁾은 육안검사법으로서 5 mg-Pt/L 이상의 색도에 사용하도록 규정하고 있다. KS I ISO 7887의 표준용액조제방법은 먹는 물 수질공정시험기준과 동일하다. 반면, 단위를 “도”로 표현하지 않고 “mg-Pt/L”로 표현하는 것만 다르므로 먹는 물 수질공정시험기준에서 조제한 표준용액을 사용하였으며, 시료는 CRM (65 mg-Pt/L, ERA)을 증류수로 희석하여 사용하였다. 시험자 1인의 특정 색도에 치중하는 것을 방지하고자 시험자 10인을 무작위로 선정하여 각자 육안 확인 후 측정된 색도 결과값을 사용하였으며, 결과는 Table 10과 같다. 통계분석에 사용된 결과값의 이상값 유무를 확인하기 위한 Grubbs Test결과 기각치(n=10)는 95% 신뢰수준에서 2.29로 나타났으며, 모두 기각치 이내로 이상값은 없는 것으로 나타났다. 비교시험결과 3.25

Table 10. Results of color visual test

Standard	ES 05305.1a	KS I ISO 7887
	Color (3.25 mg-Pt/L)	
Avg. (n=10)	3.20	1.80
SD	0.63	0.79
Variance	0.40	0.62
F-ratio	17.05	
Fc	4.41	
Result	F > Fc, Ho : reject, α : 0.05	

mg-Pt/L색도 용액의 육안검사시 먹는 물 수질공정시험기준은 평균 3.2 mg-Pt/L로 나타났으며, KS I ISO 7887은 1.8 mg-Pt/L로 나타나 두 시험간에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(F > Fc). 이는 KS I ISO 7887은 낮은 농도의 색도에 대한 검정곡선의 육안판별 기준농도가 없어 CRM 색도기준값(3.25 mg-Pt/L)과 차이가 큰 것으로 나타났다. 따라서, 검정곡선의 범위 차이로 인해 시험자의 측정오차범위가 크므로 두 규격은 일원화 불가로 하였다. 하지만, 먹는 물 수질공정시험기준 역시 저농도의 색도(5도이하)는 시험자간의 편차가 크게 나타났으며, 1 mg-Pt/L 이하인 0.65 mg-Pt/L 및 1.625 mg-Pt/L에 대한 시험결과 시험자 대부분이 0 mg-Pt/L로 판별했다. 이는 육안구분이 상당히 어렵다는 점을 시사한다. 이에 KS I ISO 7887의 방법의 흡수과장 중 450 nm에서 검정곡선을 1~10 mg-Pt/L까지 작성 후 0.65, 1.625, 3.25, 6.5 mg-Pt/L의 CRM을 분석하여 Table 11에 나타내었다. 흡수과장 450 nm에서 검정곡선 작성 후 색도 측정 결과 정확도와 정밀도가 높게 나타났다. 따라서, 향후 먹는 물 수질공정시험기준에 특정과장(450 nm)을 이용한 색도측정방법을 추가하여 국제규격에 부합화된 KS규격과의 일원화를 추진할 수 있을 것으로 조사되었다.

3.3.2. 염소이온-질산은적정법

저농도 시료는 CRM(55.4 mg/L, ERA)을 구매하여 먹는 물 수질공정시험기준(ES 05400.1a)과 KS I ISO 9297¹⁴⁾규격 모두 동일하게 증류수로 100배 희석하여 사용하였다. 또한, 고농도 시료는 표준용액(1,000 mg/L, Accu.STD)을 사용하여 증류수로 희석후 5 mg/L로 조제하여 비교시험 하였다.

먹는 물 수질공정시험기준의 적정에 사용되는 질산은용액의 농도는 0.01 M 및 정량범위는 0.5 mg/L 이상이나, KS I ISO 9297은 0.02 M농도 및 정량범위는 5~150 mg/L로 규정하는 것이 차이점이다. 통계분석에 사용된 결과값의 이상값 유무를 확인하기 위한 Grubbs Test결과 기각치(n=7)는 95% 신뢰수준에서

Table 11. Results of color test using UV (450 nm)

Standard	ES 05305.1a Color (mg-Pt/L)			
	0.65	1.625	3.25	6.5
Conc.	0.65	1.625	3.25	6.5
Avg. (n=7)	0.69	1.49	3.62	6.71
SD	0.02	0.02	0.11	0.19
Precision(%)	2.37	1.14	3.25	2.95
Accuracy(%)	106	91	111	103

Table 12. Results of chloride test (25 mL burett, 0.05 mL interval)

Standard	ES 05355.2	KS I ISO 9297
	Chloride (5 mg/L)	
Avg. (n=7)	5.16	5.42
SD	0.1828	0.3087
Variance	0.03342	0.09529
F-ratio	1.97	
F-c	4.75	
Result	F < Fc, Ho : accept, α : 0.05	

Table 13. Results of chloride test (10 mL burett, 0.02 mL interval)

Standard	ES 05355.2	KS I ISO 9297
	Chloride (0.554 mg/L)-CRM (55.4 mg/L)	
Avg. (n=7)	0.62	0.61
SD	0.0566	0.1072
Variance	0.00321	0.01149
F-ratio	0.08	
F-c	4.75	
Result	F < Fc, Ho : accept, α : 0.05	

2.02로 나타났으며, 모두 기각치 이내로 나타났다. 비교시험결과 Table 12에 나타낸 바와 같이 50 mL (눈금간격 0.05 mL) 뷰렛을 사용한 고농도시료 분석결과 먹는 물 수질공정시험기준과 KS I ISO 9297은 각각 평균 5.16 mg/L (정확도 103%) 및 5.42 mg/L (정확도 108%)로 나타나, 두 시험기준간의 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(F < Fc, 유의한 차이가 없음). 저농도 시료에 대한 비교시험은 10 mL (눈금간격 0.02 mL) 뷰렛을 사용하였다. 비교시험결과 Table 13에 나

타낸 바와 같이 먹는 물 수질공정시험기준 및 KS I ISO 9297은 각각 평균 0.62 mg/L (정확도 112%) 및 0.61 mg/L (정확도 110%)로 나타나 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(F < Fc, 유의한 차이 없음). 미국 공중보건협회(APHA), 미국수도협회(AWWA) 및 수질환경연맹(WEA)에서 공동 발간한 Standard Methods¹⁵에서는 0.0141 M 질산은 적정용액을 사용하도록 규정하고 있으며, 50 mL 뷰렛을 사용시 측정범위는 1.5~100 mg/L에 적합하다고 규정하고 있다. 먹는 물 수질공정시험기준에서 적정에 사용되는 질산은 용액의 농도(0.01 M)에 비해 Standard Method (0.0141 M)는 1.4배이며, KS I ISO 9297 (0.02 M)은 2배이다. 정밀뷰렛의 최소눈금기준 역시 0.02 mL와 0.05 mL로 약 2배를 넘으므로 정밀뷰렛을 사용할 경우 먹는 물 수질공정시험기준의 기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

3.3.3. 납 및 카드뮴

납 CRM (0.911 mg/L, ERA)과 카드뮴 CRM (0.346 mg/L, ERA)을 사용하였으며, 먹는 물 수질공정시험기준(ES 05400.1a)과 KS I ISO 8288¹⁶규격 모두 동일하게 증류수로 100배 희석한 용액을 사용하여 시험하였다. 먹는 물 수질공정시험기준은 납 및 카드뮴 시료 100 mL에 1 N 질산을 가해 pH 3으로 조정하고 암모늄피리딘다이싸이오카바메이트(APDC)용액(4 g/100 mL) 1 mL를 넣고 메틸아이소부틸키톤(MIBK) 10 mL를 넣은 후 흔들어서 섞은 다음 MIBK층을 취하여 시험용액으로 하였다. KS I ISO 8288은 납 및 카드뮴 시료 100 mL에 브로모페놀지시약 2~3방울 넣고 푸른색이 유지될 때 까지 수산화나트륨을 가한 후 저어 주면서 푸른색이 없어질 때 까지 염산을 가한 다음 2

Table 14. Results of Pb and Cd test

Standard	ES 05400.1a		KS I ISO 8288	
	Pb (0.0091 mg/L)-CRM (0.911 mg/L) Cd (0.0035 mg/L)-CRM (0.346 mg/L)		Pb	Cd
Item	Pb	Cd	Pb	Cd
Avg. (n=7)	0.0059	0.0027	0.0065	0.0028
SD	0.0004	0.0004	0.0007	0.0004
Variance	0.0000002	0.0000002	0.0000005	0.0000001
Recovery	65.1%	78.1%	71.7%	81.5%
F-ratio	Pb : 3.66, Cd : 0.28			
F-c	Pb and Cd : 4.75			
Result	F < Fc, Ho : accept, α : 0.05			

mL의 염산을 가해 pH 2.5로 조정하였다. 5 mL의 APDC용액(2 g/100 mL)을 가하여 혼합한 다음 10 mL의 MIBK를 가하고 MIBK층을 취하여 시험용액으로 하였다. 납 및 카드뮴의 바탕시험용액은 증류수를 사용하여 시료와 동일하게 전처리하여 사용하였으며, 납 표준용액(0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.5 mg/L) 및 카드뮴 표준용액(0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1 mg/L)은 시료용액과 동일하게 전처리하였다. 분석시 측정과정은 납 및 카드뮴에 대해 각각 283.3 nm 및 228.8 nm였으며, 공기-아세틸렌 불꽃기체를 사용하여 원자흡수분광광도계(AA-7000, SHIMADZU)로 분석하였다. 납 및 카드뮴의 결과값에 대한 이상값의 유무를 확인하기 위한 Grubbs Test결과 기각치(n=7)는 95% 신뢰수준에서 2.02로 나타났으며, 모두 기각치 이내로 나타났다. Table 14에 나타낸 것처럼 납 및 카드뮴의 비교시험결과 먹는 물 수질공정시험기준은 각각 0.0059 mg/L 및 0.0065 mg/L로 나타났으며, KS I ISO 8288은 각각 0.0027 mg/L 및 0.0028 mg/L로 나타났다. 따라서, 본 시험의 농도범위에서 납과 카드뮴에 대해 APDC용액 농도 및 첨가량에 따른 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 납 및 카드뮴의 회수율을 살펴보면 Fig. 2 및 3과 같이 납 및 카드뮴은 70% 및 80% 정도의 회수율을 나타내었다. 박 등¹⁷의 경우 회수율은 MIBK의

용해도(2.15 mL/100 mL H₂O)에 따른 것으로 이를 억제하기 위해 시료에 NaCl을 사용할 경우 무첨가시 78%, 5 g첨가시 86% 15 g이상 첨가시 92%이상의 회수율을 나타낸다고 보고하였다. 또한, KS I ISO 8288에서는 MIBK를 증류수로 포화시킨 후 사용하는 것을 권장하고 있다. APDC는 산성용액에서 분해반응을 일으키므로,¹⁸⁻¹⁹ 이로 인한 손실을 보충하기 위해 과량 가해 주어야 한다. 먹는 물 수질공정시험기준의 APDC용액은 시료 100 mL당 0.04 g이 주입되며, KS I ISO는 0.1 g이 주입되므로 첨가량에 차이가 있다. 분해반응에 따른 손실을 보충해 주기 위해서는 과량을 주입해 주어야 하므로 고농도의 시료인 경우에는 첨가량이 많을수록 착화물형성에 유리할 것으로 판단되었다.

4. 결 론

먹는 물 수질공정시험기준 및 실내공기질 공정시험기준과 한국산업표준(KS 표준) 간의 일원화 방안을 마련하고자 하는 연구목적을 달성하기 위하여 대응하는 시험 기준에 대한 문헌고찰, 비교시험을 수행하였으며, 그 결론은 다음과 같다.

1) 문헌고찰을 통한 일원화 검토결과 먹는 물 수질공정시험기준의 100개 기준 중 “사전일원화 완료” 23개 기준, “일원화 가능” 29개 기준(조건부 일원화 26개 기준, 비교시험을 통한 일원화 가능 3개 기준포함), “일원화 불가(비교시험을 통한 일원화 불가 1개 기준포함)” 12개 기준 및 “대응규격 없음” 36개 기준으로 평가되었다.

2) 문헌고찰을 통한 일원화 검토결과 실내공기질공정시험기준의 경우에는 17개 기준 중 “사전일원화 완료” 1개 기준, “일원화 가능” 3개 기준(조건부 일원화 3개 기준), “일원화 불가” 3개 기준, “대응규격 없음” 10개 기준으로 평가되었다.

3) 사전일원화 완료로 판단된 항목은 세부적인 내용상 환경오염공정시험기준의 체계와 현행 국내 법규에서 준수해야 하는 결과 표기방식, 본 연구에서 검토되지 않은 시료채취 및 보관방법, QA/QC 등 공정시험기준의 체계와 다른 부분은 일원화시 고려하여 추진하여야 할 것이다.

4) “대응규격 없음”으로 분류된 항목은 현행 KS ISO 규격이 존재하지 않는 규격으로 향후 국제규격제안시 우선 검토 항목이 될 수 있다. 특히 실내공기질분야의 경우 국내에서 사용하는 실내공기질 공정시

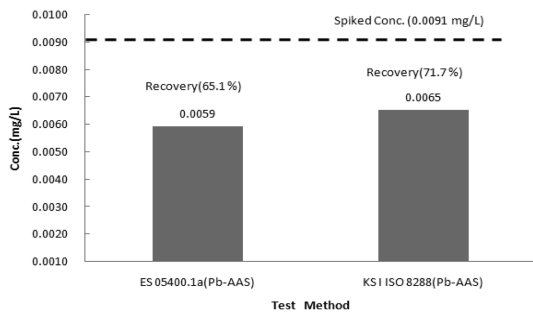


Fig. 2. Pb recovery of ES 05400.1a and KS I ISO 8288.

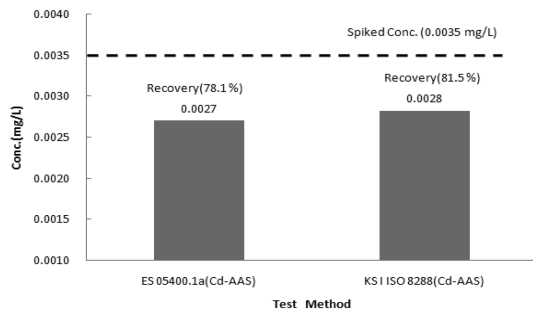


Fig. 3. Cd recovery of ES 05400.1a and KS I ISO 8288.

협기준의 대부분이 국제규격으로 제정되어 있지 않은 상태로 파악되었다. 따라서, 실내공기질 공정시험기준은 국내의 시험기준 및 관리 체계 등이 유럽 및 기타 외국규격보다 앞서도록 향후 국제규격으로 제안하여 실내공기질분야의 표준규격에서 앞서 나갈 수 있는 발판이 될 것으로 판단되었다.

5) 본 연구에서 비교시험을 통해 일원화가능 여부를 판단한 시험기준들은 다양한 시료 및 환경조건하에서 분석결과와 차이점이 발생할 수 있으므로 추후 지속적인 자료의 확보가 필요할 것이다. 따라서, 일원화 가능항목 일지라도 즉각적인 일원화를 추진하기 보다는 다양한 시료에 대해 국제규격에 부합화 된 KS 규격(KS I ISO 규격 등)으로 시험한 분석결과와 자료확보 및 기존 법규 내에서 실시된 다양한 분석결과와 비교검토가 필요할 것이다. 또한, 향후 치열한 세계 환경시장에서 국내의 환경을 보호하고 환경분야의 국제적 도약을 위해 환경분야의 일원화 나아가 국제규격과의 부합화를 점진적으로 추진해 나가야 할 것이다.

감사의 글

이 연구는 2011년 국립환경과학원 연구사업인 “환경오염공정시험기준과 환경분야 KS규격의 부합화 방안마련 연구”지원에 의해 수행된 연구입니다.

참고문헌

1. 기술표준원, 기술표준백서, 2010.
2. T. W. Lee, C. H. Kuk and C. H. Han, *J. Kor. Constr. Eng. Manag.*, **2**(4), 107-116 (2001).
3. M. Y. Choi and W. T Kim, *J. Kor. Soc. Nondestruct. Test.*, **54**(7), 65-70 (2005).
4. Korean Standards Association, ‘Military and Commercial Specifications Unification Project-A Study on the Harmonization of Korean Industrial Standards and Military Specifications(I)’, 2008.
5. Korean Standards Association, ‘Military and Commercial Specifications Unification Project-A Study on the

- Harmonization of Korean Industrial Standards and Military Specifications(II)’, 2009.
6. 환경부, ‘환경분야 국가국제표준 업무협력 보도자료’, 2010.
7. NIER, ‘Study on the comparability between KS I ISO standard and environment contamination analysis method enacted by Korean Ministry of Environment - water and soil quality -’, 2010.
8. Ministry of Environment Notification No. 2011-21 (2011.03.02), Republic of Korea.
9. Ministry of Environment Notification No. 2010-24 (2010.03.05), Republic of Korea.
10. 기술표준원, ‘KS I ISO 16000-1 실내공기-제1부:샘플링 전략의 일반적 측면’, 2004.
11. 기술표준원, ‘KS I ISO 16000-6 실내 공기-제6부:흡착제 Tenax TA상에서의활성 시료 채취, 열 탈착 및 MS/FID를 이용한 가스 크로마토그래피에 의한 실내 및 체임버공기 중의 휘발성 유기 화합물 측정’, 2004.
12. 기술표준원, ‘KS I ISO 4224 대기-일산화탄소 측정-비분산 적외선 분광법’, 2006.
13. 기술표준원, ‘KS I ISO 7887 수질-색도의 측정 및 평가’, 2007.
14. 기술표준원, ‘KS I ISO 9297 수질-염화물 측정방법-질산은 적정법(모어법)’, 2004.
15. APHA, AWWA and WEF, ‘Standard Methods for the examination of water and wastewater’, 21st Ed, American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, Washington, DC, 2005.
16. 기술표준원, ‘KS I ISO 8288 수질-코발트, 니켈, 구리, 아연, 카드뮴,납 측정방법-불꽃 원자흡광광도법’, 2007.
17. M. S. Park, Y. Doo, Kim and K. H. Koh, *J. Kor. Chem. Soc.*, **33**(3), 315-320 (1989).
18. S. J. Joris, K. I. Aspila and C. L. Chakrabarti, *J. Phys. Chem.*, **74**(4), 860-865 (1970).
19. K. I. Aspila, V. S. Satri and C. L. Cha, *Talanta*, **16**(7), 1099-1102 (1969).