

기술자료

시험·검사기관 현장평가 미흡사항 분석(II) - 폐기물, 토양, 실내공기질 분야의 미흡사항을 중심으로 -

황종연^{1†} · 이혜리¹ · 고상호¹ · 최자윤¹ · 김태연¹ · 박창희¹ · 허유정¹ · 이종천²

¹국립환경과학원 환경표준연구과

²국립환경과학원 기후탄소연구부

Deficiencies in Environmental Testing and Inspection Laboratories Identified Via On-site Assessments (II) Waste, Soil, Indoor air Quality-

Jong Yeon Hwang^{1†}, Hyeri Lee¹, Sang Ho Go¹, Ja Yoon Choi¹, Tae Yeon Kim¹, Chang Hee Park¹,
Yu Jeong Hur¹, and Jong Chun Lee²

¹Environmental Standards Research Division, NIER

²Climate Change and Carbon Research Department, NIER

Received April 30, 2025 / Revised May 31, 2025 / Accepted June 17, 2025

This study conducted site assessments of 66 test institutions in the waste sector, 73 test institutions in the soil sector, and 104 institutions in the indoor air quality sector, key deficiencies. In the waste sector, common deficiencies included the inadequate sample collection, insufficient familiarity with the testing methods, and poor sample homogenization. In the soil sector, the contamination of the background sample and quality control when replacing the test personnel were identified as common deficiencies. In the indoor air quality sector, common deficiencies include inadequate sample collection records and poor performance checks of the DNPH cartridge. The results highlight the critical need for improved record management across sample collection and analysis.

Key words: site assessment, sample homogenization, record management.

1. 서 론

2024년도 12월말 기준으로 정도관리 대상인 환경분야 시험실은 1,344개이며, 본 연구에서 미흡률의 검토대상으로 한 폐기물 분야의 시험실은 66개, 토양오염도 검사기관의 시험실은 73개, 실내공기질 오염도 검사기관의 시험실은 104개이다. 국립환경과학원에서 정기적으로 실시하는 환경시험·검사기관에 대한 현장평가는 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률(이하, 환경시험·검사법)」¹⁾과 국립환경과학원의 고시인 「환경시험·검사 기관 정도관리 운영등에 관한 규정 (이하, 정도관리 고시)」²⁾에 근거하여 실시하고 있다. 정도관리는 숙련도 시험과 현장평가

로 구성되어 있으며, 숙련도 시험은 매년, 현장평가는 3년마다 실시하고 있다. 현장평가는 평가위원이 직접 환경 시험·검사에서 운영시스템(qaqc.nier.go.kr)³⁾에 접속하여 평가하는 온라인 평가방식으로 운영되고 있다. 본 연구에서는 최근 3년간 폐기물분야, 토양분야, 실내공기질분야 시험기관을 대상으로 실시한 현장평가의 지적사항에 대한 미흡률을 분석하였다.

2. 연구 방법

2.1. 미흡률 분석

정도관리 현장평가의 평가표는 국립환경과학원의 정도

[†]To whom correspondence should be addressed.

Tel: 82-32-560-7904, Email: hjy6711@korea.kr

관리 고시²⁾의 별지 제8호 서식에서 정해져 있으며, 전체 9개 분야의 시험분야로 구성되어 있다. 고시에서 정한 평가표의 구성은 공통분야에 대한 평가표와 시험의 수행과정에 대한 평가로 세분화되어 있으며, 각 시험분야의 특성을 반영하여 시험과정의 중요한 사항에 대하여 우선순위를 두어 평가하도록 하고 있다. 공통분야 평가분야의 평가항목들을 보면 시료채취과정의 적절성, 분석과정에 대한 기록 및 기록물의 보존의 적절성, 시험실의 운영과 유지에 대한 기록, 시설 및 장비유지의 적절성에 대한 내용으로 구성되어 있다. 또한, 시험수행 과정에 대한 평가에서는 시료 전처리과정의 적절성, 기기 분석과정 및 검정곡선 작성의 적절성, 시험결과 계산의 적정성, 시험분석 결과에 대한 보관의 적절성을 평가하도록 하고 있다. 본 연구에서 적용한 미흡률은 세부평가 항목에 대하여 평가를 받은 기관의 수와 그 항목에 대하여 지적을 받은 기관의 수를 백분율로 표시하여 산출하였다. Table 1에서는 미흡률 산출식을 나타내고 있다.

Table 1. 미흡률 산출식⁴⁾

$$\text{미흡률(\%)} = \frac{\text{“A”항목에 대해 지적받은 기관(수)}}{\text{“A”항목에 대한 평가대상 기관(수)}} \times 100$$

Table 2. Dissatisfaction factors for waste test laboratories

분 야	점검표 내용	미흡률(%)
폐기물분야 (공통사항-시료채취, 기록 및 환경관리 등, 평가항목, 28개)	시료채취 기록은 적절한가?	34
	정제수 제조장치는 적절하게 관리되고 있는가?	34
	시료채취에 대한 기록 및 관리는 적절한가?	31
	저울의 설치장소는 적절한가?	23
	교정 대상 장비의 교정 성적서를 보유하고 있는가?	23
폐기물분야 (금속류 ; Pb, Cr, cu, As 평가항목, 21개)	용출시험방법을 숙지하고 있는가?	33
	결과표기의 적절성은 유지되고 있는가?	21
	용출액의 산분해 방법은 적절한가?	20
	필요시 수분 함량의 보정 여부는 수행되고 있는가?	19
	수분함량 측정은 이루어지고 있는가?	17
폐기물분야 (유기물질 ; 휘발성 저급염소화 탄화수소류, 평가항목 19개)	용출시험방법을 숙지하고 있는가?	40
	시료의 균질화 방법은 숙지하고 있는가?	27
	측정 전 분석기기의 안정화(warming-up)를 확인하는가?	22
	필요시 수분 함량의 보정 여부는 수행되고 있는가?	17
	결과표기의 적절성은 유지되고 있는가?	14
폐기물분야 (유기물질 ; 할로겐화유물질, 평가항목 18개)	용출시험방법을 숙지하고 있는가?	40
	시료의 균질화 방법은 숙지하고 있는가?	27
	측정 전 분석기기의 안정화(warming-up)를 확인하는가?	22
	필요시 수분 함량의 보정 여부는 수행되고 있는가?	17
	결과표기의 적절성은 유지되고 있는가?	14

3. 결과 및 고찰

3.1. 분야별 미흡률 분석

3.1.1 폐기물 분야

폐기물분야의 평가표는 일반폐기물분야와 절연류 PCBs 분야의 평가표를 포함하여 전체 5개의 평가표에 110개의 평가항목으로 구성되어 있으며, 본 연구에서는 일반 폐기물분야의 4개의 평가표에 대한 지적사항의 미흡률을 분석하였다. 시료채취 기록과 환경관리와 관련된 평가표에서는 시료채취의 기록 및 관리, 정제수 제조장치 관리, 저울설치장소의 적절성에 대한 미흡률이 각각 34%로 나타났다. 시료채취와 관련된 기록사항은 시험과정과 시험결과 해석에 대하여 중요한 영향을 미칠 수 있으므로 이에 대한 적극적인 관리가 필요하며, 또한, 시험실의 기본적인 구성 장비의 하나인 저울의 요건도 공정시험기준의 개별 항목의 시험기준에서 정하고 있는 최소량의 시료무게까지 칭량이 가능한 수준이 요구되고 있다. 금속류의 실험에서는 용출시험 방법에 대한 숙지, 결과표기의 적절성, 산분해 방법의 적절성, 수분함량에 대한 보정, 수분함량 측정의 적절성에 대한 개선이 필요한 것으로 나타났다. 특히, 수분함량은 폐기물 시료에 대한 법적인 처리기

준을 판정하는데 영향을 줄 수 있으므로 정확하게 측정하고 그 내용을 기록으로 남겨야 할 것으로 판단된다.

또한, 휘발성 저급염소화 탄화수소류의 평가표에서는 용출시험방법에 대한 숙지여부가 33%, 시료의 균질화 방법의 숙지 여부, 수분함량의 보정여부가 지적되었으며, 할로겐화유물질의 평가표에서는 측정전 해당 분석기기의 안정화, 결과표시의 적절성, 고농도 시료 측정 후 오염여부의 확인이 중요한 지적사항으로 나타났다. 탄화수소류의 시험에서도 시료의 균질화, 수분함량의 측정과 보정, 시험의 실시전 기기의 안정화가 지적되어 앞서 언급한 다른 평가항의 지적사항과 유사한 경향을 보여주었다. Table 2에서 폐기물 분야의 지적사항들을 나타내고 있다.

3.1.2 토양

토양분야는 4개의 평가분야로 구성되어 있으며 122개

세부 평가항목으로 구성되어 있다. 시료채취기록 및 환경관리 평가항목에서는 현장바탕시료와 운반바탕시료에 대한 오염여부 확인, 시약 및 시료보관의 적절성, 폐유기용제에 대한 관리의 미흡률이 다른 평가항들에 비하여 높게 나타났다. 시료채취에 대한 기록은 시험자가 시험결과를 해석하는 과정에서 핵심적인 역할을 할 수 있는데 이러한 이유 때문에 「환경분야 시험검사 업무처리 규정」⁵⁾에서도 시료채취과정에서 관찰되는 특이한 사항에 대해서는 시료채취기록부에 기록을 하도록 하고 있다. 금속류 시험에 대한 평가에서는 고농도 시료의 측정 후 시약바탕시료의 오염여부 확인이 32%, 분석자 교체 시 방법검출한계, 정확도 및 정밀도 시험여부, 측정 전 분석기기에 대한 안정화 과정의 실시 여부가 지적되었다. 분석장비의 안정화는 앞서서 언급한 폐기물분야의 지적사항 처럼 분석장비에 대한 시험조건 충족여부가 최종적인 시험결과

Table 3. Dissatisfaction factors for soil testing laboratories

분 야	점검표 내용	미흡률(%)
토양분야 (공통사항 : 시료채취, 기록 및 환경관리 등, 평가항목 42개)	시료 운반 시 오염이 우려되는 경우 현장바탕시료 또는 운반바탕시료를 측정하여 오염여부를 확인하였는가?	50
	시약 및 시료보관이 적절한가?	30
	폐유기용제 관리가 적절한가?	27
	표준물질(표준용액등) 보관이 적절한가?	27
	시료채취에 대한 기록 및 관리가 적절한가?	26
토양분야 (금속류 : Cu, Pb, Cd, Zn, Ni 등, 평가항목 25개)	고농도의 시료 다음에 시약바탕시료를 측정하여 오염여부를 점검하는가?	32
	분석자의 교체 또는 분석장비의 수리 및 이동 등 변동사항이 생길 경우 방법검출한계 및 정밀도/정확도를 측정하고 있는가?	17
	측정 전 분석기기의 안정화를 확인하고 있는가?	15
	토양 건조용 시설 및 분쇄용 기구를 적절하게 보유하고 있는가?	12
	정밀도는 상대표준편차로 30 % 이내, 또는 정확도는 70% ~130% 내에 존재하는가?	12
토양분야 (유기물질 : BTEX 등, 평가항목 28개)	분석자의 교체 또는 분석장비의 수리 및 이동 등 변동사항이 생길 경우 방법검출한계 및 정밀도/정확도를 측정하고 있는가?	19
	사용전 vial의 무게를 적절하게 측정, 관리하고 있는가?	16
	시약바탕시료의 측정값이 방법검출한계 이하인가?	15
	고농도의 시료 다음에 시약바탕시료를 측정하여 오염여부를 점검하는가?	15
	유리기구 등은 다른 분야와 구분하여 사용하고 있는가?	13
토양분야 (유기물질 : 벤조(a)피렌 등, 평가항목 27개)	분석자의 교체 또는 분석장비의 수리 및 이동 등 변동사항이 생길 경우 방법검출한계 및 정밀도/정확도를 측정하고 있는가?	19
	사용전 vial의 무게를 적절하게 측정, 관리하고 있는가?	16
	시약바탕시료의 측정값이 방법검출한계 이하인가?	15
	고농도의 시료 다음에 시약바탕시료를 측정하여 오염여부를 점검하는가?	15
	유리기구 등은 다른 분야와 구분하여 사용하고 있는가?	13

와 연동되기 때문에 중요한 평가항목이라 할 수 있다. 유기물질 (BTEX 등)항목에 대한 평가표에서는 분석자의 교체 시 검출한계와 정확도 및 정밀도 시험여부에 대한 지적이 19%였으며, 고농도 시료 특정 후 시약 바탕시료의 오염여부 측정, 초자류의 분리 사용여부에 대한 항목들이 지적되었다. 벤조(a)피렌의 평가표에서도 분석자의 교체, 장비의 수리 및 변동사항 발생 시 정밀도 및 정확도 시험여부, 시약바탕 시료의 적절성 여부, 유리기구의 분리 사용에 대한 순으로 지적되었다. 토양분야 평가표에서는 분석자의 교체, 장비의 수리 및 이동 후 분석자와 시험장비에 대한 자체적인 정도관리 능력의 유지여부가 공통적으로 지적되었다. Table 3에서는 토양 분야의 평가표의 지적사항들을 나타내고 있다.

3.1.3 실내공기질 분야

실내공기질 분야는 5개 평가분야로 구성되어 있으며 평가표는 164개의 세부 평가항목을 포함하고 있으며, 본 연

구에서는 실내공기질 분야 4개의 평가표에 대한 미흡률을 조사하였다. 기록 및 환경관리 등의 평가에서는 시료 채취에 대한 기록 및 관리의 적절성이 40%로 지적되었으며, 시약 및 시료보관의 적절성, 분석장비의 주기적인 점검에 대한 항목에 대한 평가항목이 지적되었다. 미세먼지 평가표에서는 시료채취기록부의 적절한 작성여부가 27%로 지적되었으며, 그 외 유량계의 보정여부, 여지번호 관리대장의 적절성 여부, 무게 측정실의 기후 조건 기록여부에 대한 미흡률 순으로 조사되었다. 폼알데하이드 평가표에서는 시료채취 기록부 작성의 적절성 여부가 31%로 미흡률이 조사되었으며, 시료채취 시 DNPH 카트리지의 파괴용량 시험여부, 흡입펌프의 교정여부가 지적되었다. BTEX 등 휘발성유기화합 물질의 평가에서는 고체흡착관의 파괴용량 평가여부가 31%, 고체흡착관의 사용내역 및 횡수기록 여부, 시료채취에 대한 기록의 정확성 여부가 지적되었다. 또한, DNPH 카트리지의 파괴용량에 대한 시험여부가 지적사항으로 평가되었는데, 이는 분

Table 4. Dissatisfaction factors for indoor air quality testing laboratories

분 야	점검표 내용	미흡률(%)
실내공기질 분야(기록 및 환경 관리 등, 평가항목 32개)	시료채취에 대한 기록 및 관리는 적절한가?	40
	시약 및 시료 보관은 적절히 수행되고 있는가?	29
	분석장비의 주기적 점검은 실시하고 있는가?	28
	실험실 폐액처리의 적절성은 유지되고 있는가?	25
	시약 및 표준물질 구매·소모에 대한 기록되고 있는가?	23
실내공기질 분야(미세먼지, 평가항목 18개)	시료채취기록부는 현장에서 기록하고, 시험기준에서 요구하는 내용을 포함하여 기록하였는가?	27
	1차 유량계를 이용하여 보정하고, 1 L/min-30 L/min의 적절한 유량으로 시료를 포집하고 있는가?	21
	여지번호 관리대장 등의 여지식별체계를 갖추고 있는지 여부는 적절한가?	20
	무게 측정실의 기후 조건 기록 여부는 적절한가?	17
	무게 측정이 끝난 여과지는 부호 또는 기호를 표시하여 기록하는지 여부는 적절한가?	16
실내공기질 분야(폼알데하이드, 평가항목 36개)	시료채취기록부는 정확하게 기록되고 있는가?	31
	시료채취 시 DNPH 카트리지의 파괴용량(Breakthrough volume)이 5%를 초과하지 않는가?	27
	흡입펌프는 1차 유량계로 보정되고 있는가?	23
	현장 이중시료의 수량은 적절한가?	18
	현장 이중시료 분석결과의 상대적 차이(RPD)가 20 %이내에 있는가?	15
실내공기질 분야(BTEX 등 휘발성유기화합물질, 평가항목 52개)	시료채취 시 고체흡착관의 파괴용량(Breakthrough volume) 평가여부는 적절한가?	31
	고체흡착관의 사용내역 및 횡수 기록은 적절한가?	21
	시료채취 일지 작성 기록의 정확성은 적절한가?	21
	전처리 장비의 분석회수율 평가 여부는 적절한가?	19
	방법검출한계(MDL) 적정 평가 및 숙지 여부는 적절한가?	18

석하고자 하는 물질을 카트리지에 흡착시키는 과정이 중요하므로 시험전에 카트리지의 성능을 평가하는 것이 중요한 역할을 하기 때문이다. 실내공기질 분야도 폐기물분야 토양분야와 마찬가지로 시료채취에 대한 정확한 기록과 기록물의 유지가 중요함을 판단할 수 있었다. Table 4에서는 토양 분야의 평가표의 지적사항들을 나타내고 있다.

4. 결 론

정도관리 현장평가의 전체 9개의 분야 중 폐기물, 토양, 실내공기질 분야에 대한 지적사항에 대한 미흡률을 분석하였다. 세 분야에서 공통적으로 지적된 사항은 시료채취 기록과 그 기록에 대한 관리가 미흡하다는 점이었다. 공통지적사항을 제외한 각 분야별 지적사항으로는 폐기물 분야에서는 시료에 대한 균질화, 토양부분에서는 시험담당자의 교체, 장비 교체에 따른 정도관리의 실시 여부가, 그리고 실내공기질 분야에서는 흡착 카트리지의 성능확인에 대한 지적비율이 높은 것으로 나타났다. 본 연구에서 분석한 세 분야에 대한 시험·검사기관의 정도관리 현장평가에 대한 미흡사항의 보완을 위해서는 첫째, 환경시험·검사법, 개별법령 및 정도관리 고시에서 정하고 있는 준수사항과 평가내용을 숙지하고 유지하려는 노력이 필요하다. 이와 관련해서는 각 분야별 시험·검사기관들이 공통적으로 공통적으로 준수할 사항들을 명시하고 있는 환경시험·검사법, 환경분야 시험·검사 업무처리규정과 환경 시험·검사기관 정도관리 운영 등에 관한 규정의 내용을 숙

지하여 정확한 기록을 유지·관리하는 것이 필요하다. 둘째로는 시험·검사기관이 시험·분석 능력의 향상을 위한 자체적인 내부교육의 실시와 공공기관에서 주관하는 교육에 참여하는 것이 필요하다. 이를 위해 정도관리 대상기관 연찬회와 분야별로 등록된 기술인력들을 위한 전문교육에 적극적으로 참여하는 것이 필요하다. 마지막으로 시험·검사기관의 경영자가 시험·시설의 개선을 위한 적극적인 투자와 시험·업무 담당자들의 적극적인 참여가 필요한 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원 조사사업(과제번호: NIER-2025-01-03-002)으로 수행되었으며, 연구진 들은 국립환경과학원의 지원에 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. 환경부, 「환경분야 시험·검사 등에 관한 법률」, 2024.
2. 국립환경과학원, 「환경시험·검사기관 정도관리 운영 등에 관한 규정」, 2025.
3. <https://qaqc.nier.go.kr/qaqc/commissioner/load.do>, 2025년 6월.
4. 황종연, 이혜리, 고상호, 전수아, 김지혜, 최자윤, 김태연, 이현국, 오상민, 박창희, 허유정, 이수형, “시험·검사기관의 현장평가 미흡사항 분석”, *환경분석과 독성보건*, 2024, 27(2), 83-89.
5. 환경부, 「환경분야 시험·검사 업무처리 규정」, 2016.