

휘발성유기화합물-

2025

퍼지 · 트랩-기체크로마토그래피
(Volatile Organic Compounds-
Purger · Trap-Gas Chromatography)

1.0 개요

1.1 목적

이 시험기준은 먹는물, 샘물 및 염지하수 중에 휘발성유기화합물을 측정하는 방법으로, 시료 중에 휘발성유기화합물을 불활성기체로 퍼지 (purge)시켜 기상으로 추출한 다음 트랩관으로 흡착 · 농축하고, 가열 · 탈착시켜 모세관을 사용한 기체크로마토그래프로 분석하는 방법이다.

1.2 적용범위

1.2.1 이 시험기준은 먹는물, 샘물 및 염지하수 중에 디클로로메탄 (dichloromethane), 벤젠 (benzene), 톨루엔 (toluene), 에틸벤젠 (ethylbenzene), 크실렌 (xylene), 총트리할로메탄 (THMs, 클로로포름, 브로모디클로로메탄, 디브로모클로로메탄, 브로모폼), 1,1,1-트리클로로에탄 (1,1,1-trichloroethane), 트리클로로에틸렌 (TCE, trichloroethylene), 테트라클로로에틸렌 (tetrachloroethylene), 1,1-디클로로에틸렌 (1,1-dichloroethylene), 사염화탄소 (tetrachlorocarbon) 등의 휘발성유기화합물의 분석에 적용한다.

1.2.2 이 시험기준에 의한 휘발성유기화합물의 정량한계는 표 2와 같이 전자포획검출기를 사용할 경우 물 시료 중에 0.0005 mg/L ~ 0.002 mg/L의 범위를 갖고, 불꽃이온화검출기를 사용할 경우는 물 시료 중에 0.002 mg/L ~ 0.003 mg/L의 범위를 갖는다. 수 µg/L의 낮은 농도에서 불꽃이온화검출기의 사용은 적절하지 않다.

1.2.3 이 시험기준에 의해 분리되지 않는 m,p-크실렌 이성질체들은 합하여 정량한다.

1.2.4 이 시험기준은 용해도가 2 % 이상이거나 끓는점이 200 °C 이상인 화합물은 낮은 회수율을 보인다.

1.3 간섭물질

1.3.1 퍼지 (purge)기체나 트랩 연결관 등의 오염, 실험실 공기 속에 기화된 용매가 오염원이 될 수 있다. 따라서 바탕시료를 사용하여 이를 점검하여야 한다.

1.3.2 폴리테트라플루오로에틸렌 (PTFE) 재질이 아닌 튜브, 봉합제 및 유속조절제의 사용을 피해야 한다.

1.3.3 디클로로메탄은 보관이나 운반 중에 격막 (septum)을 통해 확산되어 시료에 오염되거나, 공기로부터 직접 오염되고, 옷에 흡착하였다가 오염될 수 있으므로 바탕시료를 사용하여 점검하여야 한다.

1.3.4 높은 농도의 시료와 낮은 농도의 시료를 연속하여 분석할 때에는 오염이 될 수 있으므로 시료 분석 사이에 정제수로 세척하여야 한다. 높은 농도의 시료를 분석한 후에는 바탕시료를 분석하는 것이 좋다.

1.3.5 많은 양의 수용성물질, 부유물질, 고비점 또는 휘발성물질을 함유하는 시료를 분석한 후에는 퍼지 (purge)장치들을 세척하여 105 °C 오븐 안에서 건조시킨 후 사용 것이 필요하다.

1.3.6 높은 순도의 메탄올이나 아세톤에도 디클로로메탄 등의 유기용매가 존재할 수 있으므로 이를 사용하여 표준용액을 조제하기 전에 확인해야 한다.

2.0 용어 정의

2.1 퍼지·트랩 장치

퍼지·트랩 장치는 퍼지부, 트랩관, 탈착부 및 냉각응축부 (cryofocus) 등으로 구성된다. 퍼지부는 5 mL ~ 25 mL의 시료를 주입할 수 있는 스파저 (sparger)와 시료를 일

정온도로 가열할 수 있는 가열장치가 있다. 트랩관은 길이 5 cm ~ 30 cm, 안지름 2 mm 상의 스테인레스강관에 흡착제를 충전시키고 흡착 후 가열·탈착할 수 있는 가열부 내부에 있다. 냉각응축부에 사용하는 모세관은 냉각 후 가열이 가능하여야 한다.

2.2 냉각응축 (cryofocus)

분석물질이 트랩관에 흡착 후 탈착할 때 시간차이가 발생하여 피크 간에 분리능이 나빠지는데 이를 개선하기 위해 탈착 후 냉각·응축시키는 방법을 사용한다. 작동방법은 0.20 mm ~ 0.53 mm의 모세관을 -50 °C ~ -150 °C 정도로 냉각시켜 휘발성물질을 응축시킨 후 200 °C 정도로 급속 가열하면 휘발성물질이 휘발되어 기체크로마토그래프로 주입된다.

3.0 분석기기 및 기구

3.1 기체크로마토그래프

3.1.1 컬럼은 안지름 0.20 mm ~ 0.35 mm, 필름두께 0.2 µm ~ 0.50 µm, 길이 15 m ~ 60 m의 cross-linked methylsilicon (DB-1, HP-1 등) 또는 cross-linked 5 % phenylmethylsilicon (DB-5, HP-5 등) 등의 모세관이나 동등한 분리성능을 가진 모세관으로 대상 분석 물질의 분리가 양호한 것을 택하여 시험한다.

3.1.2 운반기체는 부피백분율 99.999 % 이상의 순도를 가지는 질소로 유량은 0.5 mL/min ~ 4 mL/min, 시료도입부 온도는 120 °C ~ 250 °C, 컬럼온도는 30 °C ~ 250 °C로 사용한다.

3.1.3 전자포획검출기

전자포획검출기 (ECD, electron capture detector)는 방사선 동위원소(⁶³Ni, ³H 등)로부터 방출되는 β선이 운반기체를 전리하여 미소전류를 흘려보낼 때 시료 중의 할로젠이나 산소와 같이 전자포획력이 강한 화합물에 의하여 전자가 포획되어 전류가 감소하는 것을 이용하는 방법으로 유기할로젠화합물, 니트로화합물 및 유기금속화합물을 선택적으로 검출할 수 있다.

3.1.4 불꽃이온화검출기

불꽃이온화검출기 (FID, flame ionization detector)는 수소연소노즐 (nozzle), 이온 수집기 (ion collector)로 구성되는 본체와 이 전극 사이에 직류전압을 주어 흐르는 이온전류를 측정하기 위한 직류전압 변환회로, 감도 조절부, 신호감쇄부 등으로 구성된다.

3.1.5 기체크로마토그래프의 조건은 표 3과 같이 수행할 수 있다.

3.2 퍼지·트랩장치

3.2.1 퍼지부, 트랩관, 탈착부 및 냉각응축부 (cryofocus) 등으로 구성된다.

3.2.2 퍼지부는 5 mL ~ 25 mL의 시료를 주입할 수 있는 스파저 (sparger)와 시료를 일정 온도로 가열할 수 있는 가열장치가 있어야 한다.

3.2.3 트랩관은 길이 5 cm ~ 30 cm, 안지름 2 mm 이상의 스테인레스관에 휘발성유기화합물을 흡착·농축할 수 있는 충전제가 충전된 것 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 것이어야 한다.

3.2.4 탈착부는 트랩관에 포집된 휘발성유기화합물을 가열·탈착할 수 있는 가열장치 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 것이어야 한다.

3.2.5 냉각응축부는 안지름 0.20 mm ~ 0.53 mm의 모세관을 -50 °C ~ -150 °C 정도로 냉각이 가능하고, 또한 200 °C로 가열이 가능한 장치 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 것이어야 한다. 경우에 따라 냉각 응축과정은 생략해도 좋다.

3.2.6 일반적으로 트랩은 2,6-다이페닐렌옥사이드폴리머 (Tenax-GC)/실리카겔/활성탄 또는 이와 동등 이상의 성능을 가진 것으로 충전하여 사용한다.

3.2.7 퍼지·트랩장치는 표 4와 같이 실시할 수 있다.

4.0 시약 및 표준용액

4.1 시약

4.1.1 정제수

시약용 정제수를 사용하거나, 정제수를 15분간 끓인 후 90 °C를 유지하면서 불활성기체로 1시간 퍼지 (purge)하여 휘발성유기물질을 제거하고 병 구멍이 작은 유리병에 넣은 다음 마개를 한다. 바탕시험 할 때 표준물질의 피크 부근에 불순물 피크가 없는 것을 사용한다.

4.1.2 염산(1 + 1)

염산 (hydrochloric acid, HCl, 분자량 : 36.46)과 정제수를 같은 부피로 혼합하여 조제한다. 바탕시험 할 때 표준물질의 피크 부근에 불순물 피크가 없는 것을 사용한다.

4.1.3 메탄올

메탄올 (methanol, CH₃OH, 분자량 : 32.04)은 바탕시험 할 때 표준물질의 피크 부근에 불순물 피크가 없는 것을 사용한다.

4.1.4 이산화비소산나트륨용액

이산화비소산나트륨 (sodium arsenite, NaAsO₂, 분자량 : 139.92) 0.50 g을 정제수에 녹여 100 mL로 하여 사용한다.

4.1.5 2,6-디페닐렌옥사이드폴리머

2,6-디페닐렌옥사이드폴리머 (2,6-diphenylene oxide polymer)는 크로마토그래프용으로 60 메쉬 ~ 80 메쉬의 것 (Tenax GC 등)을 사용한다.

4.1.6 실리카겔

실리카겔 (silicagel, SiO₂·nH₂O)은 크로마토그래프용 35 메쉬 ~ 60 메쉬의 것(그레이드 15)을 사용한다.

4.1.7 활성탄

활성탄 (charcoal)은 크로마토그래프용으로서 26 메쉬의 체를 통과하는 것을 사용한다.

4.1.8 티오황산나트륨

티오황산나트륨 · 5수화물 (sodium thiosulfate pentahydrate, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 분자량 : 248.18)은 순도 98 % 이상의 분석용 시약을 사용한다.

4.1.9 아스코르빈산

아스코르빈산 (ascorbic acid, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$, 분자량 : 176.12)은 순도 98 % 이상의 분석용 시약을 사용한다.

4.2 표준용액

4.2.1 휘발성유기화합물 표준원액 (1 000 mg/L)

디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, *o*-크실렌, *m*-크실렌, *p*-크실렌, 클로로포름, 브로모디클로로메탄, 디브로모클로로메탄, 브로모폼, 1,1,1-트리클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1-디클로로에틸렌, 사염화탄소는 특급시약을 사용하여 아래와 같이 조제하여 사용할 수 있다. 그리고 국제적으로 인증된 표준물질을 구입하여 사용하는 것이 좋다.

4.2.1.1 25 mL 부피플라스크에 메탄올 20 mL를 넣고 휘발성유기화합물 표준물질 약 25 mg을 주사기로 메탄올 가운데에 주입한 후 정확하게 무게 증가량을 잰 후 메탄올로 표선까지 채워 정확한 원액의 농도를 구한다.

4.2.1.2 각각의 표준물질의 첨가량을 구하여 표준원액의 농도(mg/L)를 구한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 냉장고(4 ℃)에서 보존하고, 4주 이내에 사용한다.

4.2.2 휘발성유기화합물 혼합표준용액 (10.0 mg/L)

25 mL 부피플라스크에 디클로로메탄, 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, *o*-크실렌, *m*-크실렌, *p*-크실렌, 클로로포름, 브로모디클로로메탄, 디브로모클로로메탄, 브로모폼, 1,1,1-트리클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1-디클로로에틸렌, 사염화탄소는 각각 250 µg에 해당하는 표준원액을 넣고 메탄올로 표선까지 채운 다음 마개를 하고 플라스크를 흔들어서 혼합한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 냉장고에 보존하고, 조제 후 4주 이내에 사용한다.

4.2.3 휘발성유기화합물 혼합표준용액 (1.0 mg/L)

50 mL 부피플라스크에 휘발성유기화합물 표준용액 (10.0 mg/L) 5.0 mL를 넣고 메탄올로 표선까지 채운 다음 마개를 하고 플라스크를 흔들어서 혼합한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 냉장고에 보존하고, 조제 후 4주 이내에 사용한다.

4.3 내부표준용액

4.3.1 내부표준원액 (1 000 mg/L)

25 mL 부피플라스크에 메탄올 20 mL를 넣고 플루오로벤젠 또는 1,2-디클로로벤젠-*d*₄ 표준물질 약 25 mg을 주사기로 메탄올 가운데에 주입한 후 정확하게 무게 증가량을 잰 후 메탄올로 표선까지 채워 정확한 원액의 농도를 구한다.

[주 1] 시판용 내부표준물질을 사용할 수 있다.

4.3.2 내부표준용액 (10.0 mg/L)

25 mL 부피플라스크에 플루오로벤젠 또는 1,2-디클로로벤젠-*d*₄ 표준원액 (1 000 mg/L) 250 µL를 넣고 메탄올로 표선까지 채운 다음 마개를 하고 플라스크를 흔들어서 혼합한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 냉장고에 보존하고, 조제 후 4주 이내에 사용한다.

4.3.3 내부표준용액 (1.0 mg/L)

50 mL 부피플라스크에 표준용액 (10.0 mg/L) 5.0 mL를 넣고 메탄올로 표선까지 채운 다음 마개를 하고 플라스크를 흔들어서 혼합한다. 이 용액은 될 수 있는 대로 여러 개의 바이알에 공기층이 남지 않도록 나누어 넣은 다음 밀봉하여 냉장고에 보존하고, 조제 후 4주 이내에 사용한다.

5.0 시료채취 및 관리

5.1 기포가 생기지 아니하도록 조심스럽게 시료를 채취하고 pH가 약 2 이하가 되도록 즉시 염산을 넣고 시료를 가득 채운 후 공기가 들어가지 않도록 주의하여 밀봉한다. 잔류염소 제거를 위한 시약은 잔류염소 4 mg/L 이하인 시료 1 L 기준으로, 아스코르빈산 (ascorbic acid) 200 g/L를 3 mL 또는 티오황산나트륨 (sodium thiosulfate) 80 g/L를 1 mL에 준하여 첨가하고 동일한 방법으로 pH 조절과 시료채취를 진행한다. 모든 시료를 중복으로 채취한다.

[주 2] 잔류염소가 함유되어 있는 경우에는 잔류염소를 완전히 제거한 후에 pH를 조절한다.

5.2 시료는 1 °C ~ 5 °C 냉암소에서 보관한다.

5.3 모든 시료는 채취 후 14일 이내에 분석해야 한다.

5.4 시료에 염산을 가하였을 때에 거품이 생기면 그 시료는 버리고 산을 가하지 않은 채로 두 개의 시료를 채취하고 24시간 이내에 분석해야 한다.

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 방법검출한계 및 정량한계

6.1.1 방법검출한계 (MDL, method detection limit) 및 정량한계 (LOQ, limit of quantitation)는 ES 05001 정도보증/정도관리에 따라 계산한다. 정제수에 정량한계 부근의 농도가 되도록 분석물질을 첨가한 시료 7개를 준비하고 각 시료를 7.0항의 분석절차와 동

일하게 측정하여 표준편차를 구한다. 만약 이 농도에서 측정이 불가능하다면 농도를 조정할 수 있다.

6.1.2 표준편차에 3.14를 곱한 값을 방법검출한계로, 10을 곱한 값을 정량한계로 나타낸다. 측정한 방법검출한계는 표 1에서 제시한 정량한계 이하이어야 한다.

[주 3] 불꽃이온화검출기는 검출한계 및 정량한계 목표 값을 만족시키지 못한다.

6.2 방법바탕시료의 측정

ES 05001 정도보증/정도관리에 따라 시료군마다 1개의 방법바탕시료 (method blank)를 측정한다. 방법바탕시료는 정제수를 사용하여 7.0항의 분석절차와 동일하게 전처리·측정하며 측정값은 방법검출한계 이하이어야 한다.

6.3 검정곡선의 작성 및 검증

6.3.1 검정곡선의 작성 및 검증은 ES 05001 정도보증/정도관리에 따른다. 정량범위 내의 5개의 농도에 대해 검정곡선을 작성하고 얻어진 검정곡선의 결정계수 (R^2)가 0.98 이상 또는 감응계수 (RF)의 상대표준편차가 25 % 이내이어야 하며 결정계수나 감응계수의 상대표준편차가 허용범위를 벗어나면 재작성한다.

6.3.2 검정곡선의 직선성을 검증하기 위하여 정량범위를 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, o-크실렌, m-크실렌, p-크실렌의 경우 0.002 mg/L ~ 0.05 mg/L로 한다. 디클로로메탄, 클로로포름, 브로모디클로로메탄, 디브로모클로로메탄, 브로모폼, 1,1,1-트리클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1-디클로로에틸렌, 사염화탄소의 경우 전자포획검출기에서는 0.0005 mg/L ~ 0.05 mg/L로 하며 불꽃이온화검출기를 사용 할 경우 디클로로메탄, 클로로포름, 브로모디클로로메탄, 디브로모클로로메탄, 브로모폼, 1,1,1-트리클로로에탄은 0.003 mg/L ~ 0.05 mg/L, 트리클로로에틸렌, 테트라클로로에틸렌, 1,1-디클로로에틸렌, 사염화탄소는 0.002 mg/L ~ 0.05 mg/L로 한다. 그러나 측정값이 이 농도 범위를 벗어날 경우에는 시료를 묽혀서 다시 분석한다.

6.3.3 검정곡선을 검증하기 위하여 감응계수를 비교할 때에는 검정곡선의 중간 농도에서 한 농도를 선택하여 감응계수 (RF)를 구하여 그 값의 변화가 25 % 이내에서 일치하여야 한다. 만약 이 범위를 넘는 경우, 검정곡선을 재작성한다.

6.4 정밀도 및 정확도

6.4.1 정밀도 (precision) 및 정확도 (accuracy)의 측정은 ES 05001 정도보증/정도관리에 따른다. 정제수에 정량한계 농도의 10배가 되도록 동일하게 표준물질을 첨가한 시료를 4개 이상 준비하고, 7.0항의 절차와 동일하게 측정하여 평균값과 표준편차를 구한다.

6.4.2 정확도는 인증시료를 확보할 수 있는 경우 인증표준물질을 분석한 결과값과 인증값과의 상대백분율로 나타내고, 인증시료를 확보할 수 없는 경우 이를 정확한 농도로 첨가한 시료로 대체한다. 이 때 정확도는 첨가시료를 분석한 농도와 첨가하지 않은 시료를 분석한 농도와의 차이에 대한 첨가농도의 상대백분율로서 나타내며 그 값이 75 % ~ 125 % 이내이어야 한다.

6.4.3 정밀도는 측정값의 상대표준편차 (RSD)로 계산하며 측정값이 25 % 이내이어야 한다.

6.5 현장 이중시료의 측정

현장 이중시료 (field duplicate sample)는 동일한 시료채취 장소에서 동일한 조건으로 중복 채취한 시료로서 한 조사팀이 하루에 20개 이하를 채취할 경우에는 1개를 그리고 그 이상을 채취할 때에는 시료 20개당 1개를 추가로 취한다. 동일한 조건의 두 시료간의 측정값의 편차는 25 % 이하이어야 한다.

6.6 내부정도관리 주기 및 목표

6.6.1 방법검출한계, 정량한계, 정밀도 및 정확도는 연 1회 이상 산정하는 것을 원칙으로 하며, 분석자의 교체, 분석 장비의 수리 및 이동 등의 주요 변동사항이 생길 경우에는 다시 실시한다. 단, 장비의 청소, 컬럼 교체 시와 측정 장비의 감도가 의심될 때에는 언제든지 측정하여 확인하여야 한다.

6.6.2 검정곡선 검증 및 시약바탕시료의 분석은 각 시료군마다 실시하며, 고농도의 시료 다음에는 시약바탕시료를 측정하여 오염여부를 점검한다.

6.6.3 각 정도관리 항목에 대한 정도관리 목표 값은 표 1과 같다.

7.0 분석절차

7.1 전처리

7.2 검정곡선의 작성

7.2.1 기밀주사기나 자동주입기로 정제수 5 mL(경우에 따라 시료의 양을 증가시킬 수 있다.)를 정확히 취하여 스파저에 주입한 다음, 휘발성유기화합물 혼합표준용액 1.0 mg/L를 0 μ L, 2.5 μ L, 10 μ L, 15 μ L, 50 μ L, 100 μ L, 200 μ L, 250 μ L를 단계적으로 취하여 넣고 내부표준용액(1.0 mg/L)을 정확히 50 μ L를 취하여 시료에 첨가한다. 조제한 검정곡선용 표준용액의 농도는 시료 중의 농도로 계산하면 0 mg/L, 0.0005 mg/L, 0.002 mg/L, 0.003 mg/L, 0.010 mg/L, 0.020 mg/L, 0.040 mg/L, 0.050 mg/L에 해당되며 필요에 따라 사용하는 표준용액의 농도와 개수를 달리 할 수 있다.

[주 4] 시료분석결과 이 검정곡선 농도범위를 벗어나면 시료를 희석해서 재분석하여야 한다.

7.2.2 일정 온도에서 휘발성유기화합물을 퍼지 (purge)시켜 트랩에서 포집한 다음 가열 탈착시켜 기체크로마토그래프로 주입한다.

7.2.3 휘발성유기화합물의 농도 (C_x)를 취하여 가로축 (x 축)에, 크로마토그램으로부터 휘발성유기화합물의 피크 면적 (A_x)과 내부표준물질의 피크 면적 (A_i)과의 비 (A_x/A_i)를 세로축 (y 축)에 취하여 검정곡선을 작성한다. 두 개의 내부표준물질 중에 머무름 시간이 가까운 것으로 선택한다.

[주 5] 피크의 면적 대신 피크의 높이를 사용할 수 있으나 피크 면적을 사용하는 것이 바람직하다.

7.3 측정법

7.3.1 기밀주사기 또는 자동주입기로 시료 5 mL(경우에 따라 부피를 달리할 수 있다.)를 정확히 취하여 바이알 또는 스파저 내에 주입한 다음, 내부표준용액(1.0 mg/L)을 정확히 50 μ L를 취하여 시료에 첨가한다.

7.3.2 일정 온도에서 휘발성유기화합물을 퍼지 (purge)시켜 트랩에서 포집한 다음 가열 탈착시켜 기체크로마토그래프로 주입한다.

7.3.3 기체크로마토그래프로부터 얻은 크로마토그램에서 각 분석성분 및 내부표준물질의 머무름 시간에 해당하는 위치의 피크들로부터 피크 면적을 측정하여 휘발성유기화합물의 피크 면적 (A_x)과 내부표준물질의 피크 면적 (A_i)과의 비 (A_x/A_i)를 구한다. 두 개의 내부표준물질을 사용할 때에는 둘 중에 머무름 시간이 가까운 것으로 선택한다.

8.0 결과보고

8.1 계산

각 분석물질별로 내부표준물질에 대한 면적 비 (A_x/A_i)를 구한 다음 검정곡선식의 $y(i)$ 값에 대입하여 $x(i)$ 값을 계산하면 분석물질의 농도 (C_s , mg/L)를 구할 수 있다.

$$C_s \text{ (mg/L)} = \frac{\frac{A_x}{A_i} - b}{a} \quad (\text{식 1})$$

여기서, A_x/A_i : 분석물질과 내부표준물질에 대한 면적 비

a : 검정곡선의 기울기

b : 검정곡선의 절편 값

C_s : 분석물질의 농도(mg/L)

8.2 결과보고

행정사항과 관련된 항목별 시험결과의 표시는 ES 05003의 먹는물 수질기준의 표시한 계 및 결과표시에 따른다.

9.0 참고자료

9.1 US EPA Method 501.1, "The analysis of trihalomethanes in drinking water by the purge and trap method", EPA, (1979)

9.2 US EPA Method 502.1, “Volatile halogenated organic compounds in water by purge and trap gas chromatography”, EPA, (1989)

9.3 US EPA Method 503.1, “Volatile aromatic and unsaturated organic compounds in water by purge and trap gas chromatography”, EPA, (1989)

9.4 일본환경수질분석법 4.3.2, 제3법

9.5 먹는물감시항목시험방법, “휘발성유기화합물-퍼지·트랩-기체크로마토그래피”, (2018)

9.6 먹는물수질공정시험기준 ES 05601 “휘발성유기화합물”, 국립환경과학원, (2022)

9.7 수질오염공정시험기준 ES 04603.3 “휘발성유기화합물-퍼지·트랩/기체크로마토그래피”, 국립환경과학원, (2022)

10.0 부록

표 1. 정도관리 목표 값

정도관리 항목		정도관리 목표
정량한계		0.0005 mg/L ~ 0.003 mg/L
검정곡선	결정계수 (R^2) ≥ 0.98 또는 감응계수 (RF)의 상대표준편차 $\leq 25 \%$	
정밀도		상대표준편차 25 % 이내
정확도		75 % ~ 125 %
현장 이중시료		상대편차백분율 $\pm 25 \%$ 이내

표 2. 휘발성유기화합물의 정량한계

휘발성유기화합물의 종류	정량한계 (mg/L)	
	전자포획검출기(ECD)	불꽃이온화검출기(FID)
디클로로메탄	0.0005	0.003
벤젠	0.002	0.002
톨루엔	0.002	0.002
에틸벤젠	0.002	0.002
<i>o</i> - 크실렌	0.002	0.002
<i>m,p</i> - 크실렌	0.002	0.002
클로로포름	0.0005	0.003
브로모디클로로메탄	0.0005	0.003
디브로모클로로메탄	0.0005	0.003
브로모폼	0.0005	0.003
1,1,1-트리클로로에탄	0.0005	0.003
트리클로로에틸렌	0.0005	0.002
테트라클로로에틸렌	0.0005	0.002
1,1-디클로로에틸렌	0.0005	0.002
사염화탄소	0.0005	0.002

표 3. 휘발성유기물질의 기체크로마토그래피 실험조건(예)

항 목	조 건					
컬럼	Ultra-2 (cross-linked 5 % phenylmethylsilicon, 25 m 길이 x 0.2 mm 안지름 x 0.33 µm 필름두께)					
	또는 이와 동등한 컬럼					
운반기체(유속)	헬륨(또는 질소)(1.0 mL/min)					
분획비	1/10					
주입구 온도	200 °C					
검출기 온도	250 °C					
오븐 온도	초기온도	초기시간	승온속도	최종온도	시간	
	(°C)	(min)	(°C/min)	(°C)	(min)	
	35	7	5.0	50	0	
			10.0	150	0	

표 4. 휘발성 유기화합물의 퍼지·트랩장치의 실험조건(예)

항목	조건
퍼지유속(퍼지기체)	40 mL/min(He)
탈착유속(탈착기체)	20 mL/min(He)
전퍼지	0.75 min
MCS standby temp.	100 °C
퍼지시간	11 min
건조퍼지시간	5 min
MCS 탈착온도	35 °C
냉각응축온도	-150 °C
탈착온도(시간)	220 °C(1 min)
주입시간(온도)	0.7 min(200 °C)
재생시간(온도)	10 min(225 °C)