

토양 및 퇴적물의 휘발성 유기 화합물 측정

Agilent 7697A 헤드스페이스 샘플러, 8890 GC 및
5977B GC/MSD를 결합한 플랫폼 사용

저자

Zhang Jie
Agilent Technologies Co. Ltd
Shanghai

개요

오염된 토양 및 퇴적물의 휘발성 유기 화합물(VOC)의 정확한 검출은 매우 중요합니다. 중국 환경보호부(Chinese Ministry of Environmental Protection)는 토양 및 퇴적물의 VOC 분석을 위한 헤드스페이스 GC/MS 분석법인 HJ642-2013을 만들었습니다. 이 응용 자료는 중국 분석법 HJ642-2013에 따르며, 타겟 분석을 위한 Agilent 7697A 헤드스페이스, 8890 GC 및 5977B MSD를 결합한 플랫폼의 탁월한 기기 성능을 입증합니다.

서론

VOC는 표준 기압에서 50~260°C의 비점을 갖는 것으로 정의됩니다. VOC는 다양한 산업에서 용매 또는 화학 중간체로 사용됩니다. Trichloroethene 및 toluene과 같은 VOC는 종종 오염된 토양과 퇴적물을 포함한 유해 폐기물 처리장에서의 주된 근심거리입니다. 현장 환경 복원에는 많은 비용이 소모되므로, 오염 및 정화의 중요성에 대한 결정은 정확한 VOC 측정을 기반으로 해야만 합니다.

헤드스페이스와 퍼지 앤 트랩 분석법은 토양 및 퇴적물의 VOC 분석에 사용되며, 사용 분석법은 시료 농도에 따라 달라집니다. 헤드스페이스 분석법은 쉬운 운용 및 우수한 재현성을 특징으로 합니다. 자동 시료 주입기를 사용할 수 있으며, 교차 오염이 거의 없습니다.

US EPA 분석법 5021¹은 헤드스페이스 분석법을 이용한 토양 및 퇴적물의 VOC 전처리에 대한 지침을 제공합니다. EPA 분석법 8260에 언급된 대로, 가스 크로마토그래피/질량 분석기를 전처리한 시료 분석에 사용할 수 있습니다. HJ642-2013²은 헤드스페이스 GC/MS를 이용한 토양 및 퇴적물의 36종 VOC 측정을 위한 중국 환경보호국이 사용하는 표준입니다. HJ 741-2015³는 또한 시료 전처리 분석법으로서 헤드스페이스 기술을 명시합니다. EPA와 중국 분석법 모두 효과적인 시료 전처리와 타겟 분석을 위한 신뢰할 수 있는 기기 플랫폼을 필요로 합니다.

HES는 이온 생성의 혁신적인 설계로, 보다 높은 이온 전류 수율과 보다 낮은 검출 한계를 생성합니다⁴. 이 응용 자료는, 깨끗한 규사와 스파이크한 토양 시료의 VOC를 분석법 HJ642-2013에 따라 7697A 헤드스페이스와 8890 GC 및 HES를 갖춘 5977B GC/MSD의 새로운 결합 플랫폼으로 분석하였습니다. 타겟인 36종 VOC에 대한 직선성, 재현성, 검출 한계(LOD), 정량 한계(LOQ)와 분석법 정확도를 테스트하여, 이 새로운 시스템으로 실현 가능한 것을 설명합니다.

실험

화학물질 및 표준물질

원액: Methanol의 1,000mg/L, 36종 VOC 혼합물 원액을 제조하였습니다. 내부 검량 표준물질 원액은 methanol의 2,000mg/L 농도로 만들었습니다. 내부 검량 표준물질은 fluorobenzene, chlorobenzene-d₅, 및 1,2-dichlorobenzene-d₄이었습니다. 대체 표준물질은 methanol의 2,000mg/L 농도로 제조하였습니다; toluene-d₈ 및 4-bromofluorobenzene을 대체 표준물질로 사용하였습니다.

매질 변형제: 유기 물질 없는 물 500mL를 phosphoric acid 방울로 pH ≤2까지 조절하고, 분석 수준 sodium chloride으로 포화시킵니다.

작업 용액: 36종 VOC 원액 및 대체 원액을 methanol로 10 및 1mg/L 작업 용액과 혼합하였습니다. 내부 검량 표준물질 원액은 methanol을 이용해 100 및 10 mg/L로 희석하였습니다.

검량 표준물질 제조: 매질 변형제 10mL와 규사 2g을 20mL 헤드스페이스 바이알에 첨가하였습니다. 36종 VOC/대체 혼합물 (10mg/L) 작업 용액의 분취액과 내부 검량 표준물질을 빠르게 변형제 용액에 스파이크하였습니다. 스파이크 직후 바이알을 밀봉하였습니다. 최종 검량 표준물질은 2, 5, 10, 20, 50, 100µg/L로 제조하였으며, 내부 표준물질은 모든 농도 수준에서 50µg/L이었습니다.

저농도 시료 테스트에서, 10mL 변형제의 검량 표준물질은 내부 표준물질 5µg/L와 함께 0.05, 0.1, 0.2, 0.5, 1, 2, 5µg/L로 제조하였습니다.

기기 및 분석 조건

8890 GC에는 분할/비분할 주입구가 장착되어 있습니다. 111개 바이알 7697A 헤드스페이스 샘플러는 배양 바이알의 헤드스페이스에서 GC로의 가스 주입을 위해 사용합니다. 주입구 셉텀을 통한 flow-through 연결은 주입구로의 가스 도입을 위해 사용하였습니다. HES 구성 5977B GC/MSD는 이온 생성, 스캔 및 검출에 사용하였습니다.

Agilent MassHunter Acquisition 소프트웨어 버전 10.0을 데이터 수집에 사용하였습니다. MassHunter Qualitative Analysis 버전 B.08.00 및 MassHunter Quantitative Analysis 버전 B.08.00은 데이터 분석에 사용하였습니다. 표 1은 분석 조건입니다.

결과 및 토의

HJ 642-2013에 따라, MS 데이터 유효성 및 신뢰성 보장을 위해 MSD 성능을 매일 점검해야 합니다. **HES tune** 모드를 선택하면, MSD는 자동으로 튜닝합니다. 25µg/mL BFB 시료 1µL를 주입하여 HJ642-2013의 요건에 튜닝 결과가 부합하는지 확인하였습니다. 표 2는 튜닝 평가 결과입니다.

표 1. 7697A 헤드스페이스 샘플러, 8890A GC 및 5977B GC/MSD 분석 조건

파라미터	설정값
주입구 온도	250°C
라이너	1mm id Ultra Inert(p/n 5190-4047)
컬럼 유속	일정 유속 1.2mL/분
분할비	10:1
오븐 프로그램	40°C(2 분), 8°C/분으로 90°C까지(4 분), 6°C/분으로 200°C까지(10분)
컬럼	DB-624, 60m × 0.25mm, 1.4µm(p/n 122-1364)
MSD 이송 라인	200°C
MS 이온화원	230°C/300°C(저농도 시료의 경우 300°C)
MS 사중극자	150°C
질량 스캔 범위	m/z 35~300
임계값	0
A/D 시료	4
게인 계수	0.1/1(저농도 시료의 경우 GF 1.0)
7697A 루프 크기	1mL
바이알 가압 가스	He
HS 루프 온도	100°C
HS 오븐 온도	80°C
HS 이송 라인 온도	110°C
바이알 평형 시간	35분
바이알 크기	20mL, PTFE/silicone 셉타
바이알 진탕	Level 7, 136회 진탕/분, 가속 530cm/S²
바이알 채우기 모드	기본값
바이알 채우기 압력	15psi
루프 채우기 모드	맞춤형
루프 가압 속도	20psi/분
루프 최종 압력	9psi
루프 평형 시간	0.1분
운반 가스 제어 모드	GC 운반 가스 제어
추출 후 배기	켜짐

표 2. MSD HES 튜닝 결과 적합성 평가

타겟 질량	상대 질량	하한 %	상한 %	상대 존재비(%)	원시 존재비	통과/실패
95	95	100	100	100	677,753	통과
96	95	5	9	7.2	48,518	통과
173	174	--	2	0	0	통과
174	95	50	--	84.6	573,269	통과
175	174	5	9	7.9	45,371	통과
176	174	95	105	98	561,620	통과
177	176	5	10	6.9	38,635	통과

MSD 데이터는 SIM 모드로 수집하였습니다;
정량 및 정성 이온은 표 3과 같습니다.
그림 1은 매질 변형제 10mL 및 규사 2g 의
표준물질 20µg/L에 대한 극미량 TIC SIM
입니다.

HJ642-2013은 ISTD법으로 정량하여, 기기
재현성 및 직선성 성능을 타겟 분석 물질의
절대 감응 대신, 농도 정량 결과에 기반하여
검증합니다. 20µg/L 검량 표준물질의 6회
연속 분석을 수행하였습니다.

38종 VOC에 대한 검출 농도의 RSD%는
1.7~4.6% 범위였으며, RSD%가 7%인
styrene을 제외하고 탁월한 정량 정밀도를
나타냈습니다.

표 3. 정상적인 HES-MSD 작동 조건에서의 기기 직선성, LOD, 정밀도 및 회수율

화합물	RT/분	CF 공식	CF R ²	농도 RSD%	LOQ (µg/kg)	LOD (µg/kg)	회수율	
							20µg/L	40µg/L
Vinyl chloride	5.034	$y = 0.101690 \cdot x + 6.290804E-004$	0.996	2.2	4.8	1.4	112.5%	107.1%
1,1-Dichloroethene	7.327	$y = 0.276991 \cdot x - 3.581275E-004$	0.998	2	4.0	1.2	111.5%	106.8%
Methylene chloride	8.07	$y = 0.207358 \cdot x + 0.002525$	0.996	2.2	5.1	1.5	102.3%	104.3%
trans-1,2-Dichloroethene	8.503	$y = 0.287113 \cdot x + 0.001344$	0.997	2.1	4.1	1.2	100.6%	100.3%
cis-1,2-Dichloroethene	10.136	$y = 0.276668 \cdot x - 1.884161E-004$	0.999	2.2	3.8	1.1	99.4%	101.0%
1,1-Dichloroethane	9.175	$y = 0.484499 \cdot x + 0.002331$	0.997	2.1	3.7	1.1	109.9%	106.8%
Chloroform	10.672	$y = 0.445198 \cdot x + 0.007469$	0.996	2	4.2	1.3	110.0%	105.7%
1,1,1-Trichloroethane	11.109	$y = 0.491543 \cdot x + 0.001691$	0.998	1.7	3.6	1.1	107.4%	105.8%
Carbon tetrachloride	11.454	$y = 0.455046 \cdot x + 0.001120$	0.998	1.8	4.0	1.2	104.6%	103.5%
1,2-Dichloroethane	11.874	$y = 0.255379 \cdot x + 0.011468$	0.996	2.1	4.9	1.5	110.4%	105.5%
Benzene	11.878	$y = 1.042873 \cdot x + 0.004004$	0.998	2.2	3.5	1.0	106.0%	104.6%
Trichloroethene	13.272	$y = 0.411061 \cdot x - 0.001326$	0.999	2	3.9	1.2	103.0%	104.3%
1,2-Dichloropropane	13.824	$y = 0.306996 \cdot x - 0.002118$	0.999	2.2	3.3	1.0	107.5%	107.9%
Bromodichloromethane	14.416	$y = 0.378155 \cdot x - 0.002188$	0.999	2.1	4.1	1.2	106.6%	106.4%
Toluene	16.37	$y = 0.889250 \cdot x - 0.010461$	0.999	2.3	4.2	1.2	101.7%	104.9%
Toluene-d ₈	16.201	$y = 1.206994 \cdot x - 0.010969$	0.998	2.3	4.1	1.2	101.0%	105.1%
1,1,2-Trichloroethane	17.348	$y = 0.190979 \cdot x - 6.646855E-004$	0.999	1.9	4.6	1.4	107.4%	105.8%
Tetrachloroethylene	17.779	$y = 0.389153 \cdot x + 1.166931E-004$	0.999	2	3.9	1.2	100.3%	100.0%
Dibromochloromethane	18.404	$y = 0.216751 \cdot x - 0.002372$	0.999	2	4.9	1.5	100.3%	101.7%
1,2-Dibromoethane	18.756	$y = 0.135619 \cdot x - 8.135818E-004$	0.999	1.9	4.8	1.5	102.0%	101.8%
Chlorobenzene	20.014	$y = 0.990760 \cdot x - 0.002667$	0.999	2.2	3.8	1.1	99.1%	99.3%
Ethylbenzene	20.266	$y = 3.093411 \cdot x - 0.049524$	0.998	2.7	3.7	1.1	109.0%	114.1%
1,1,1,2-Tetrachloroethane	20.199	$y = 0.649519 \cdot x - 0.006668$	0.999	1.9	5.0	1.5	116.0%	115.7%
m,p-Xylene	20.569	$y = 2.458761 \cdot x - 0.043076$	0.997	2.8	4.2	1.3	108.6%	114.2%
Styrene	21.663	$y = 1.726545 \cdot x - 0.067283$	0.995	7	8.1	2.4	81.0%	91.3%
o-Xylene	21.637	$y = 1.235302 \cdot x - 0.031450$	0.998	2.9	3.9	1.2	100.5%	110.5%
Bromoform	22.187	$y = 0.239708 \cdot x - 0.004527$	0.998	2	6.8	2.0	104.5%	106.4%
4-Bromofluorobenzene	23.032	$y = 0.952233 \cdot x - 0.016871$	0.999	2.4	3.9	1.2	94.6%	101.4%
1,2,3-Trichloropropane	23.523	$y = 0.490147 \cdot x - 0.002929$	0.999	2.1	6.2	1.9	119.1%	114.8%
1,1,2,2-Tetrachloroethane	23.375	$y = 0.606064 \cdot x - 0.007174$	0.999	2	6.1	1.8	113.4%	111.8%
1,3,5-Trimethylbenzene	24.162	$y = 2.577696 \cdot x - 0.080450$	0.996	3.6	5.0	1.5	89.5%	100.5%
1,2,4-Trimethylbenzene	25.17	$y = 2.492454 \cdot x - 0.083100$	0.996	4.6	4.0	1.2	86.8%	99.1%
1,3-Dichlorobenzene	25.951	$y = 1.545224 \cdot x - 0.011240$	0.999	2.4	4.2	1.3	97.0%	97.5%
1,4-Dichlorobenzene	26.181	$y = 1.547282 \cdot x - 0.007234$	0.998	2.3	4.7	1.4	96.4%	96.3%
1,2-Dichlorobenzene	27.18	$y = 1.415233 \cdot x - 0.010719$	0.999	2.5	4.1	1.2	98.1%	97.9%
1,2,4-Trichlorobenzene	31.399	$y = 1.102990 \cdot x - 0.011530$	0.998	2.9	4.7	1.4	82.1%	80.1%
Hexachlorobutadiene	31.854	$y = 0.825483 \cdot x - 3.454680E-004$	0.998	2.9	4.0	1.2	84.2%	73.6%

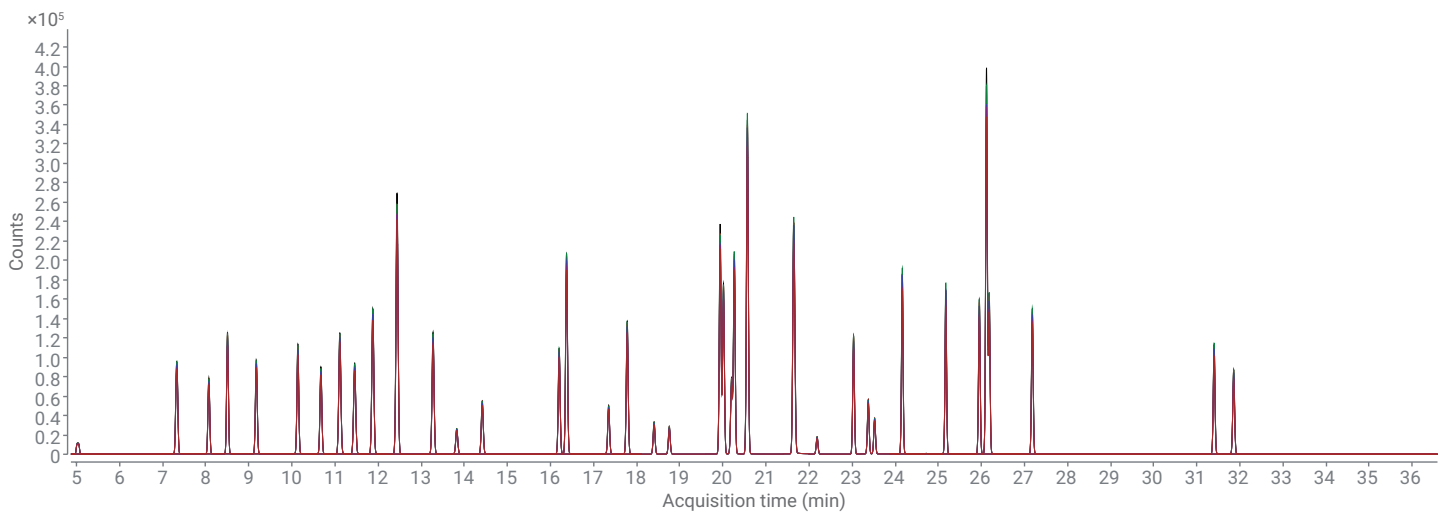


그림 1. 20µg/L 시료의 6회 반복 분석, 극미량 TIC SIM 오버레이

기기 직선성은 10mL 매질 변형제의 2~100µg/L 농도 범위에서 평가하였으며, 이는 실제 시료의 10~500µg/kg에 해당합니다. 모든 타겟 성분은 선형 회귀 계수(R^2)가 0.995를 초과하는 우수한 직선성을 나타냅니다.

분석법 회수율은 실제 시료 2g(토양 시료 100 및 250 µg/kg에 해당)에 검량 표준물질 10mg/L을 20과 50µL 스파이크하여 시험했습니다. 스파이크하지 않은 토양 시료를 시험한 다음, 스파이킹 시료와 스파이크하지 않은 시료 간의 차이를 회수율 계산에 사용했습니다. 20µL 스파이킹의 회수율은 81~119%이며, 50µL 스파이킹의 회수율은 74~115%이었습니다. 결과는 HJ642-2013 분석법의 기준 회수율 성능과 동일합니다.

대체 표준물질 2종을 포함한 38종 타겟 VOC의 최소 검출 한계(MDL)는 2µg/L의 정량 정밀도를 기준으로 계산한 다음, HJ642-2013분석법에 따라 LOD(µg/kg) 및 LOQ(µg/kg)로 변환했습니다(표 3). 적용한 워크플로에 의한 LOD는 1.0~2.5µg/kg이었습니다(MSD GF는 0.1). 이것은 HJ642-2013의 요건에 따라, 단자리 수 µg/kg 농도의 타겟 VOC 화합물을 검출하기에 충분했습니다.

이 응용 자료에서는 이온 생성 및 전송에 HES를 사용하였습니다. 결과를 VOC 분석에 대한 이전 연구와 비교했습니다(Extractor 이온화원 기반이지만, 유사한 사중극자 및 EMV 게인 계수 설정 사용). 동일한 시료에서 HES의 S/N가 extractor 이온화원의 S/N보다 약 3~7배 높음을 확인하였습니다. MSD검출 능력에 대한 HES 영향의 추가 시험을 위해, MSD 게인 계수를 1.0으로

설정하였습니다. 이는 유사한 응용에서, extractor 이온화원이 일반적으로 사용하는 것과 같은 값이며, 이온화원 온도는 300°C로 최적화되었습니다. 시험을 위해, 일련의 VOC 시료 50ng/L~5µg/L(실제 매질의 0.25~25µg/kg에 해당)를 매질 변형제 10mL 및 깨끗한 규사 2g으로 전처리하였습니다. 새로운 분석 조건에 대한 MDL은 50ng/L 표준물질의 8회 반복 정량 정밀도에 따라 계산하였습니다. 표 4는 MDL 및 직선성입니다. 그림 2는 50ng/L dibromochloromethane 및 1,2-dibromoethane의 8회 반복 분석, 극미량 TIC SIM 오버레이로 저농도 시료 분석에 대한 기기 재현성을 보여줍니다. 이 데이터는 설정 시스템이 100ppt(ng/kg) 농도의 고체 매질 내 VOC의 믿을 수 있는 고감도 검출을 위한 이상적인 선택임을 입증합니다.

표 4. 최적화된 HES-MSD 조건에서의 LOD, LOQ 및 직선성(50ng/L~5µg/L)

	화합물	RT(분)	CF 공식	CF R ²	LOQ (µg/kg)	LOD (µg/kg)	정량 이온(m/z)	정성 이온(m/z)
1	Vinyl chloride	5.047	$y = 0.658957 * x - 6.016395E-005$	0.9994	0.142	0.043	62	64
2	1,1-Dichloroethene	7.327	$y = 2.339186 * x - 2.969010E-004$	0.9992	0.078	0.024	96	61, 63
3	Methylene chloride(200ppt~5ppb)	8.074	$y = 1.802609 * x + 0.031520$	0.9994	0.267	0.080	84	86, 49
4	trans-1,2-Dichloroethene	8.506	$y = 2.307819 * x - 1.849103E-004$	0.9995	0.096	0.029	96	61, 98
5	1,1-Dichloroethane	10.139	$y = 2.378814 * x - 1.544549E-004$	0.9996	0.094	0.028	63	65, 83
6	cis-1,2-Dichloroethene	9.174	$y = 4.499424 * x - 4.801002E-004$	0.9996	0.122	0.037	96	61, 98
7	Chloroform	10.671	$y = 3.927227 * x + 0.002925$	0.9996	0.109	0.033	83	85
8	1,1,1-Trichloroethane	11.114	$y = 4.064121 * x - 4.835625E-004$	0.9995	0.139	0.042	97	99, 61
9	Carbon tetrachloride	11.453	$y = 3.628096 * x - 4.676820E-004$	0.9995	0.139	0.042	117	119
10	1,2-Dichloroethane	11.875	$y = 2.527376 * x + 0.025430$	0.9995	0.115	0.035	62	98
11	Benzene	11.881	$y = 9.837078 * x + 0.026800$	0.9994	0.143	0.043	78	-
12	Trichloroethene	13.275	$y = 4.037059 * x - 1.428444E-004$	0.9996	0.081	0.025	95	97, 130, 132
13	1,2-Dichloropropane	13.827	$y = 3.372180 * x - 3.653243E-004$	0.9996	0.114	0.034	63	112
14	Bromodichloromethane	14.419	$y = 3.320849 * x + 1.474400E-004$	0.9996	0.119	0.036	83	85, 127
15	Toluene-d ₈ (surrogate)	16.375	$y = 8.946947 * x + 0.004931$	0.9996	0.078	0.024	98	-
16	Toluene	16.204	$y = 14.159816 * x - 5.075302E-004$	0.9996	0.087	0.026	92	91
17	1,1,2-Trichloroethane	17.347	$y = 1.974437 * x - 1.028654E-004$	0.9997	0.133	0.040	83	97, 85
18	Tetrachloroethylene	17.783	$y = 3.351350 * x + 1.908451E-004$	0.9996	0.101	0.030	164	129, 131, 166
19	Dibromochloromethane	18.402	$y = 1.886300 * x - 1.633177E-004$	0.9996	0.117	0.035	129	127
20	1,2-Dibromoethane	18.758	$y = 1.485851 * x - 1.379536E-004$	0.9997	0.119	0.036	107	109, 188
21	Chlorobenzene	20.017	$y = 9.561805 * x + 0.014300$	0.9996	0.322	0.097	112	77, 114
22	1,1,1,2-Tetrachloroethane	20.266	$y = 36.572088 * x + 0.001083$	0.9997	0.101	0.031	131	133, 119
23	Ethylbenzene	20.205	$y = 5.817481 * x - 0.001149$	0.9995	0.171	0.052	91	106
24	m,p-Xylene	20.570	$y = 27.057635 * x + 0.003155$	0.9995	0.102	0.031	106	91
25	Styrene	21.666	$y = 12.418970 * x - 0.004286$	0.9931	0.241	0.072	106	91
26	o-Xylene	21.640	$y = 13.423336 * x + 0.001023$	0.9997	0.100	0.030	104	78
27	Bromoform	22.189	$y = 2.204780 * x - 3.367844E-004$	0.9997	0.172	0.052	173	175, 254
28	4-Bromofluorobenzene (surrogate)	23.036	$y = 11.487625 * x - 7.553560E-004$	0.9996	0.105	0.032	95	174, 176
29	1,1,2,2-Tetrachloroethane	23.523	$y = 5.835213 * x - 0.001140$	0.9998	0.134	0.040	83	131, 85
30	1,2,3-Trichloropropane	23.375	$y = 6.683218 * x - 2.225683E-004$	0.9998	0.206	0.062	75	77
31	1,3,5-Trimethylbenzene	24.162	$y = 29.367748 * x - 0.006584$	0.9990	0.192	0.058	105	120
32	1,2,4-Trimethylbenzene	25.173	$y = 26.561166 * x + 2.444729E-004$	0.9990	0.149	0.045	105	120
33	1,3-Dichlorobenzene	25.954	$y = 15.629264 * x - 0.001070$	0.9996	0.104	0.031	146	111, 148
34	1,4-Dichlorobenzene	26.181	$y = 14.892998 * x - 0.001860$	0.9994	0.091	0.028	146	111, 148
35	1,2-Dichlorobenzene	27.184	$y = 14.968164 * x - 8.822657E-004$	0.9997	0.108	0.033	146	111, 148
36	1,2,4-Trichlorobenzene	31.401	$y = 10.835935 * x - 5.724957E-004$	0.9994	0.158	0.048	180	182, 145
37	Hexachlorobutadiene	31.856	$y = 7.775980 * x - 7.142012E-004$	0.9997	0.139	0.042	225	223, 227

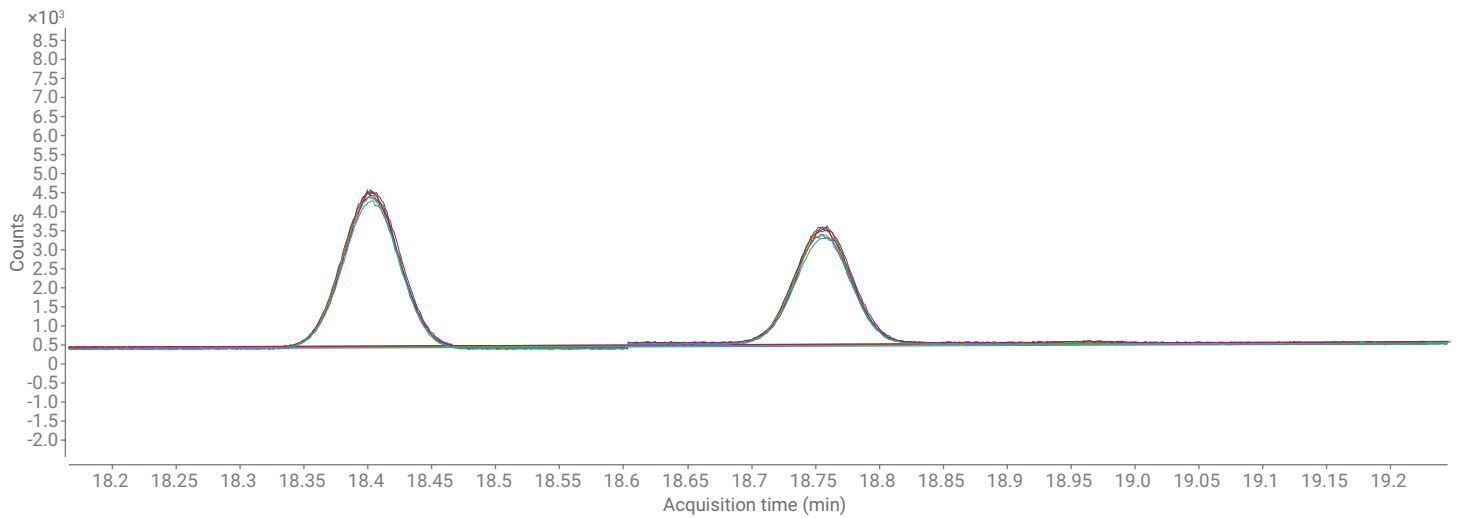


그림 2. 10mL 매질 변형제 내 50ng/L dibromochloromethane 및 1,2-dibromoethane의 8회 반복 극미량 TIC SIM 오버레이

농도 범위(50ng/L~5µg/L)에서, 36종 화합물은 $R^2 > 0.999$ 를 나타냈습니다. 두 개의 화합물은 예외였습니다: methylene chloride과 styrene. Styrene의 R^2 는 0.993으로, 다른 화합물만큼 우수하진 않았지만, 여전히 HJ642-2013의 선형 검량 요건 내에 있었습니다. 바탕에서 methylene chloride 농도는 100ng/L 이상으로, 직선성 범위 하한에 영향을 주었습니다. 바탕 제거로 methylene chloride의 직선성은 표 4와 같이 200ng/L~5µg/L로 개선되었습니다.

결론

이 응용 자료는 7697A 헤드스페이스 샘플러와 8890 GC 및 5977B GC/MSD의 결합이 토양 및 퇴적물 내 VOC의 믿을 수 있는 고감도 분석을 위한 이상적인 플랫폼임을 입증합니다. 시스템 정량 정밀도 (1~5%), 낮은 LOD/LOQ(실제 토양 또는 퇴적물 시료의 LOD는 1.0~2.5µg/kg 범위), 회귀 계수 > 0.995 인 대부분 화합물의 우수한 직선성 및 뛰어난 분석법 회수율(73~115%)

은 모두 중국 환경 표준 HJ642-2013의 요건을 충족하거나 초과하였습니다. 또한, 사용자가 보다 고감도 검출이 필요한 경우, HES MSD 운용 파라미터를 최적화할 수 있어 100ppt 수준 검출 한계와 저농도 범위의 우수한 직선성을 제공할 수 있습니다.

참고 문헌

1. Volatile Organic Compounds in Soils and Other Solid Matrices using Equilibrium Headspace Analysis. *US EPA Method 5021* **1996**, revision 0, US EPA, USA.
2. Soil and Sediment. Determination of Volatile Organic Compounds - Headspace-Gas Chromatography/Mass Method. HJ 642-2013, published by Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China.
3. Soil and Sediment - Determination of Volatile Organic Compounds - Headspace-Gas Chromatography Method. HJ 741-2015 published by Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China.
4. Improved Volatiles Analysis Using Static Headspace, the Agilent 5977B GC/MSD, and a High-efficiency Source. *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5991-6539EN, **2016**.

www.agilent.com/chem

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2019
2019년 3월 27일, 한국에서 인쇄
5994-0662KO

서울시 용산구 한남대로 98, 일신빌딩 4층 우)04418
한국애질런트테크놀로지스(주) 생명과학/화학분석 사업부
고객지원센터 080-004-5090 www.agilent.co.kr