응용 자료

에너지 및 화학

Agilent

Trusted Answers

Agilent 990 Micro GC에 기반한 바이오가스 분석기

저자

Jie Zhang
Agilent Technologies, Inc.

개요

이 응용 자료는 2가지 버전의 Agilent 990 Micro GC 바이오가스 분석기를 이용한 바이오가스 분석법에 대해 다룹니다. 하나는 순수한 바이오가스 분석용 990 Micro GC 바이오가스 분석기이고, 다른 하나는 기타 탄화수소 스트림과 혼합된 바이오가스 시료의 분석에 적합한 확장된 990 Micro GC 바이오가스 분석기입니다.

서론

바이오가스는 혐기성 세균의 유기물 분해를 통해 생성됩니다. 바이오가스의 공급 원료에는 여러 종류의 유기 물질이 포함됩니다. 폐수, 거름, 유기 산업 폐기물 및 에너지 농작물 등이 가장 일반적인 공급 원료가 됩니다.

바이오가스의 주요 성분은 메탄과 이산화탄소입니다. 메탄은 귀중한 에너지원이며 여러 용도를 가지기 때문에 바이오가스는 대체 에너지원으로 사용됩니다. 바이오가스의 열량 값을 높이기 위해, 간혹 일부 이산화탄소를 제거하거나 다른 탄화수소 스트림과 혼합해야 할 때가 있습니다. 메탄, 이산화탄소 및 일부 탄화수소에 더해 저농도로 포함된 바이오가스의 구성 성분으로는 일산화탄소, 질소, 수소 및 황화수소 등이 있습니다. 일부 구성 성분은 에너지 함량에 영향을 주지 않고, 또 어떤 일부 성분은 부식성을 가지거나 잠재적인 독성을 가지고 있습니다. 바이오가스를 그리드(grid)에 추가하기 전, 그 조성과 농도를 파악하는 것이 매우 중요합니다.

990 Micro GC는 빠르고 정확한 가스 분석을 제공합니다. 이 분석기는 가스 분석을 위해 기본 캐비닛에 2개의 분석 채널을 수용할 수 있습니다. 2개의 캐비닛을 조합하여 정제 가스나 천연가스와 같은 복잡한 조성을 가진 가스 분석용 채널을 4개까지 수용할 수 있습니다. Agilent 990 Micro GC 바이오가스 분석기는 동일 시리즈 490 바이오가스 분석기의 업그레이드 버전입니다[1]. 이 두 기기는 서로 다른 조성의 바이오가스를 분석할 수 있습니다. 990 바이오가스 분석기는 공장에서 튜닝되어 최적화된 분석법, 공장 테스트 결과, 확인용 시료 및 운용 매뉴얼 등과 함께 고객에게 배송됩니다.

바이오가스 분석기

바이오가스 분석용 990 Micro GC 플랫폼에 기반한 분석기에는 2가지 종류가 있습니다. 순수한 바이오가스 분석용 990 Micro GC 바이오가스 분석기는 2개의 분석 채널로 구성되어 있습니다. 하나는 영구 가스, 일산화탄소 및 메탄 분석용 10m Agilent J&W CP-Molesieve 5Å 채널이고, 다른 하나는 이산화탄소와 황화수소 분석용 10m Agilent J&W CP-PoraPLOT U 채널입니다. 두 채널 모두 백플러시 옵션을 갖추고 있어 중질 성분으로부터 분석 컬럼을 보호하며, 컬럼의 성능과 장기 머무름 시간 안정성을 보장합니다. 머무름 시간 안정성 옵션(RTS)은 990 Micro GC 10m CP-Molesieve 5Å 백플러시 채널의 기본 구성입니다.

바이오가스 열량 값을 높이기 위해, 간혹 순수한 바이오가스에 탄화수소를 포함한 가스 스트림을 섞습니다. 이러한 바이오가스 조성 분석에는 확장된 990 Micro GC 바이오가스 분석기가 적합합니다. 확장된 분석기에는 3개 채널이 포함되어 있으며, 채널 1은 10m J&W CP-Molesieve 5Å 백플러시 채널, 채널 2는 10m J&W CP-PoraPLOT U 백플러시 채널, 채널 3은 6m Agilent J&W CP-Sil 5 CB 일자형 채널입니다. 채널 1과 2는 영구가스, 메탄, CO, CO_2, H_2S 및 경질 탄화수소(에탄, 프로판 등)를 분석할 수 있습니다. 채널 3은 C_3 ~ C_9의 고비점 탄화수소를 분석할 수 있습니다.

실험

표 1과 2는 바이오가스 분석기 구성과 각 채널의 일반적인 분석 조건을 보여줍니다.

표 1. Agilent 990 Micro GC 바이오가스 분석기의 채널 구성

	Agilent 990 Micro GC 바이오가스 분석기	확장된 Agilent 990 Micro GC 바이오가스 분석기
채널 1	10m Agilent J&W CP-Molesieve 5Å, 백플러시 채널, RTS	10m Agilent J&W CP-Molesieve 5Å, 백플러시 채널, RTS
채널 2	10m Agilent J&W CP-PoraPLOT U, 백플러시 채널	10m Agilent J&W CP-PoraPLOT U, 백플러시 채널
채널 3	NA	6m Agilent J&W CP-Sil 5 CB, 일자형 채널
바이오가스 조성	수소, 산소, 질소, 메탄, CO, CO_2, H_2S	수소, 산소, 질소, 메탄, CO, CO_2, H_2S, 탄화수소 C_2 ~ C_9

표 2. 바이오가스 분석기의 일반적인 분석 조건 개요

	10m Agilent J&W CP-Molesieve 5 Å, 백플러시 채널, RTS	10m Agilent J&W CP-PoraPLOT U, 백플러시 채널	6m Agilent J&W CP-Sil 5 CB, 일자형 채널
운반 가스	아르곤	헬륨	헬륨
컬럼 헤드 압력	200kPa	150kPa	175kPa
컬럼 온도	80°C	80°C	70 °C
주입 시간	40ms	40ms	40ms
백플러시 시간[1]	10초	11.8초	NA
신호 반전	예	아니요	아니요
시료 주입구 및 주입기 온도	110°C	110°C	110°C

[1] 백플러시 시간은 컬럼 채널에 따라 달라지며, 각 컬럼은 정밀 튜닝을 거쳐야 합니다.

결과 및 토의

그림 1은 10m J&W CP-Molesieve 5Å 백플러시 채널에서의 영구 가스 분석 크로마토그램을 보여줍니다. 넓은 농도 범위에 걸친 수소를 분석하기 위해 아르곤을 운반 가스로 사용하였습니다. 바이오가스 생산 공정에서는 대량의 이산화탄소가 생성됩니다. Molesieve 5Å 컬럼의 성능은 수분과 이산화탄소에 취약합니다. Molesieve 5Å 컬럼을 CO_2와 수분으로부터 보호하려면 백플러시 옵션을 사용해야 합니다. 백플러시(BF) 기능 시작 전에 헬륨, 네온, 수소, 산소, 질소, 메탄, 일산화탄소 등이 분석 컬럼으로 용리되도록 백플러시 시간을 설정합니다. BF 밸브 전환으로 프리 컬럼의 가스 흐름이 역전되고 수분, 이산화탄소 및 기타 비점이 높은 탄화수소가 배기구(vent)로 배출되게 합니다. 또한 다이나믹 전자적 가스 제어(DEGC) 모듈과 컬럼 모듈 사이에 머무름 시간 안정성(RTS) 옵션이 위치하게 됩니다. RTS는 운반 가스로부터 수분, 이산화탄소 및 탄화수소를 제거하는 필터로 작동하며, 이는 Molesieve 5Å 채널의 장기 머무름 시간(RT) 안정성을 유지하는 데에 유리합니다.

이산화탄소와 황화수소 분석에는 10m J&W CP-PoraPLOT U 채널이 사용됩니다. 탄화수소 스트림, 에탄 및 프로판과 혼합된 바이오가스는 PPU 채널에서도 분석됩니다. 그림 2는 이산화탄소, 에탄, 황화수소 및 프로판의 베이스라인 분리를 보여줍니다. C_3 이상의 탄화수소는 프리 컬럼에서 외부로 백플러시되어 분석 시간을 단축하며, 이는 다음 분석에서 더 깨끗한 베이스라인 생성을 가능케 합니다. 시료 주입구로부터 프리 컬럼의 컬럼 헤드까지의 시료 유동 경로는 애질런트의 특허 받은 UltiMetal 기술로 비활성화 처리되었습니다. 이는 황화수소의 흡착을 줄이고 피크 모양을 개선하여, 피크 적분이 더 쉽고 정확하게 이루어지고 황화수소 분석의 재현성을 향상합니다.

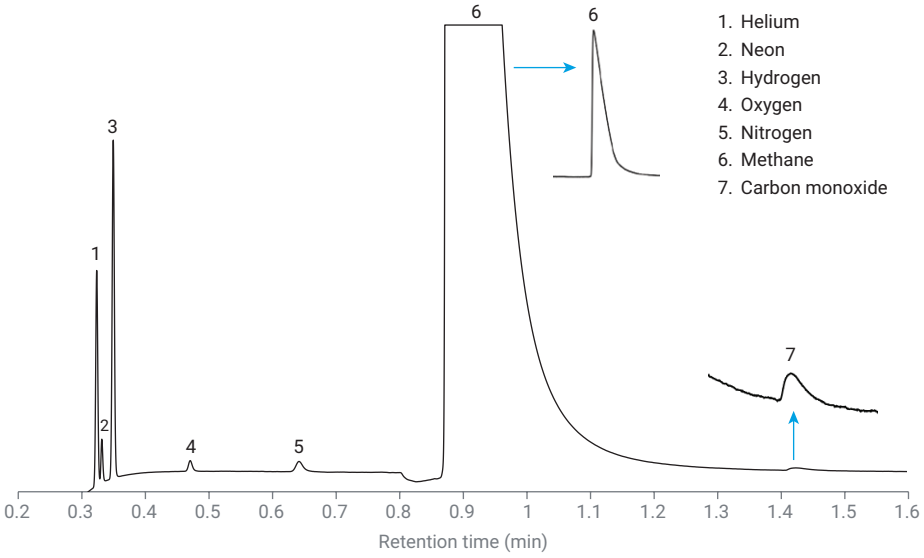

그림 1. Agilent J&W CP-Molesieve 5Å 채널에서 분석한 영구 가스 크로마토그램

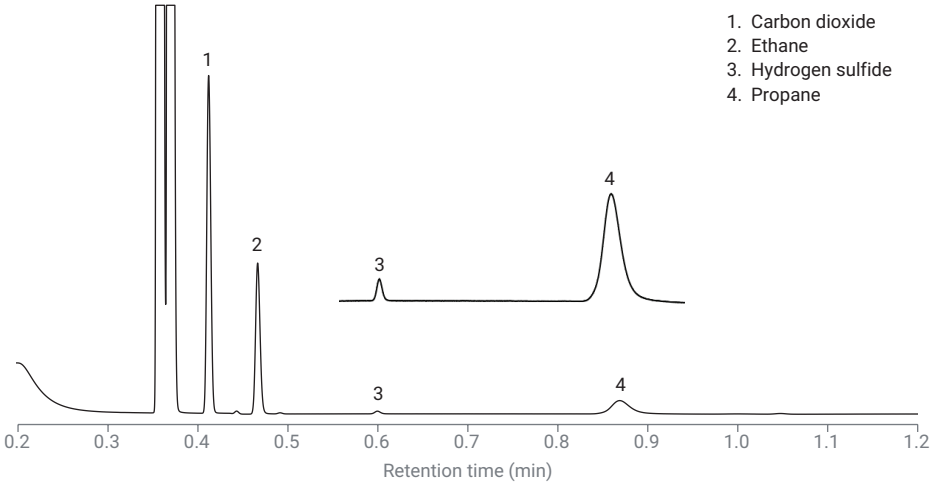

그림 2. 10m Agilent J&W CP-PoraPLOT U 백플러시 채널에서 분석한 이산화탄소, 에탄, 황화수소, 프로판의 크로마토그램

프로판부터 노네인까지 이르는, 비점이 보다 높은 탄화수소는 6m J&W CP-Sil 5 CB 채널에서 분석됩니다. 그림 3과 4의 크로마토그램은 표적 성분의 우수한 분리를 보여줍니다. 이 채널은 순수한 바이오가스부터 천연가스 또는 액화 석유 가스와의 혼합물에 이르는 확장된 바이오가스 분석을 지원합니다.

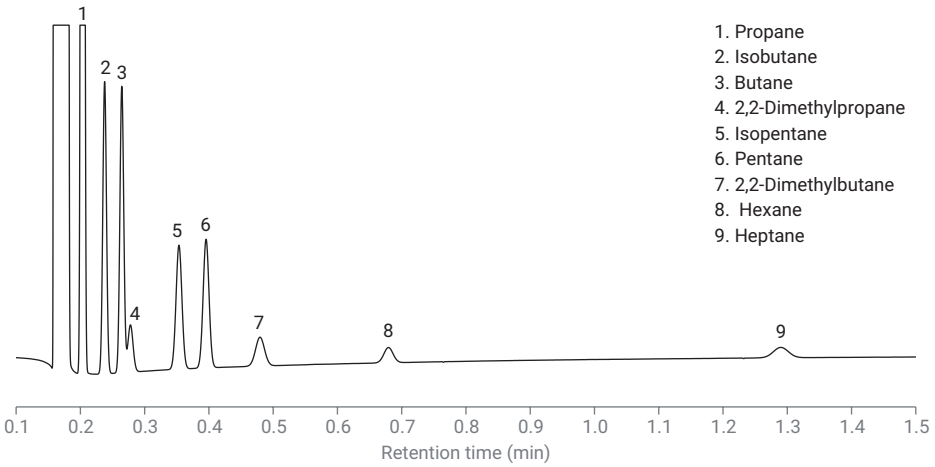

그림 3. 6m Agilent J&W CP-Sil 5 CB 채널에서 분석한 프로판에서 헵탄까지의 탄화수소 혼합물의 크로마토그램

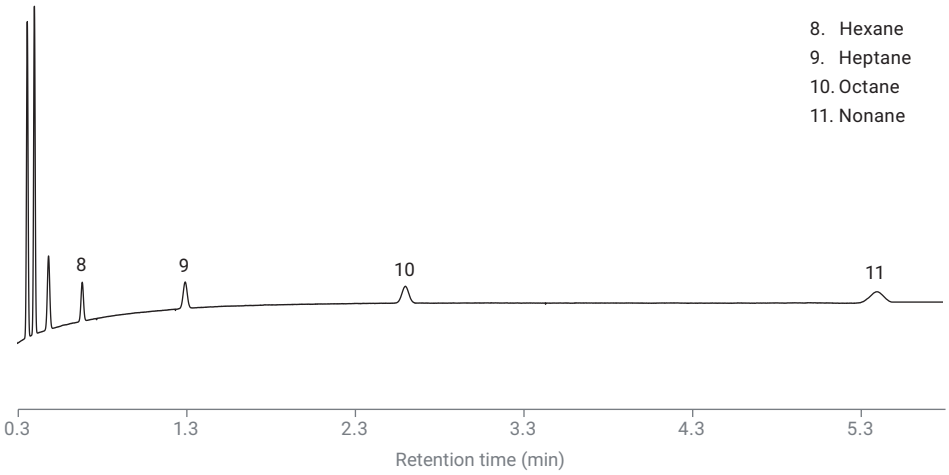

그림 4. 6m Agilent J&W CP-Sil 5 CB 채널에서 분석한 옥테인에서 노네인까지의 크로마토그램

표 3은 확장된 바이오가스 분석기 버전에서 분석한 모의 바이오가스 시료의 면적과 머무름 시간 재현성을 요약해 보여줍니다. RT 재현성은 0.002 ~ 0.027%였습니다. 면적 재현성은 성분 농도에 따라 0.032% ~ 2.0%였습니다. 일반적으로 농도가 높을수록 정량 재현성도 우수합니다. 농도가 1% 이상인 성분은 메탄, CO_2 및 에탄과 같이 0.5% 이하의 농도를 가진 물질보다 면적 재현성이 우수합니다. 테스트 시료 내 He, H_2, O_2 및 N_2의 농도는 500 ~ 1,000ppm으로 서로 매우 비슷합니다. 아르곤을 운반 가스로 사용하는 것은 H_2 및 He의 감응을 현저하게 감소시키며, 이들의 면적 재현성을 O_2 및 N_2보다 우수하도록 합니다. 표 3에 보여주는 우수한 RT 정밀도 및 면적 재현성은 990 Micro GC의 정밀한 공압 및 열 제어 기능에 기반한 결과입니다.

표 3. 확장된 바이오가스 분석기 버전에서 분석한 모의 바이오가스 시료의 RT 및 면적 재현성

화합물	RT(분)	RT RSD%	면적(mv × s)	면적 RSD%	분석 채널 번호
헬륨	0.323	0.008	1.004	0.112	1
네온	0.331	0.008	0.180	0.290	1
수소	0.349	0.007	1.618	0.060	1
산소	0.470	0.007	0.097	2.0	1
질소	0.642	0.009	0.172	1.94	1
메탄	0.876	0.019	405.530	0.033	1
일산화탄소	1.426	0.027	0.297	1.607	1
이산화탄소	0.412	0.007	3.987	0.070	2
에탄	0.466	0.007	2.011	0.047	2
황화수소	0.599	0.007	0.047	1.102	2
프로판	0.869	0.009	0.786	0.284	2
이소부탄	0.238	0.005	0.787	0.019	3
부탄	0.264	0.005	0.813	0.032	3
이소펜탄	0.353	0.004	0.539	0.236	3
2,2-디메틸 프로판	0.278	0.006	0.169	0.121	3
펜탄	0.396	0.004	0.555	0.129	3
2,2-디메틸 부탄	0.480	0.005	0.192	0.337	3
헥산	0.679	0.006	0.106	1.11	3
헵탄	1.290	0.007	0.118	1.17	3
옥탄	2.596	0.017	0.129	1.066	3
노네인	5.382	0.002	0.137	1.70	3

결론

바이오가스 분석에 사용되는 Agilent 990 Micro GC 분석기에는 2가지 종류가 있습니다. 하나는 순수한 바이오가스 분석용으로 2개의 채널을 갖추고 있습니다. 영구가스와 메탄의 분석은 10m J&W CP-Molesieve 5Å 채널에서 수행됩니다. 아르곤은 넓은 농도 범위의 수소 측정 시 운반 가스로 사용됩니다. 이산화탄소와 황화수소의 분석은 10m Agilent J&W CP-PoraPLOT U 채널에서 수행됩니다. 코팅된 비활성 시료 유동 경로는 우수한 황화수소 피크 모양을 보장합니다. J&W CP-Molesieve 5Å 및 CP-PoraPLOT U 채널은 백플러시 옵션으로 구성되며, 중질 오염물질로부터 분석 컬럼을 보호하고 더 우수한 베이스라인과 더 짧은 분석 시간을 얻을 수 있습니다.

확장된 바이오가스 분석기 버전은 3개의 채널로 구성되어 있습니다. 채널 1과 2는 기본 바이오가스 분석기에서 사용되는 것과 동일합니다. PPU 채널은 CO_2, H_2S, 에탄 및 프로판을 분석합니다. 채널 3은 6m Agilent J&W CP-Sil 5 CB 일자형 채널입니다. 이 채널은 비점이 높은 탄화수소를 분석합니다 (일반적으로 C_9까지). 이 확장된 분석기는 바이오가스와 천연가스 또는 LPG와 같은 탄화수소 스트림 혼합물의 분석에 적합합니다.

바이오가스 분석기의 성능은 모의 바이오가스 시료의 분석을 통해 입증되었습니다. 뛰어난 머무름 시간 재현성 (0.002% ~ 0.027%), 면적 재현성(0.032% ~ 2.0%)은 신뢰도가 높은 정량 및 정성 분석을 보장합니다.

990 Micro GC 바이오가스 분석기는 믿을 수 있는 바이오가스 분석기 솔루션입니다. 이 분석기는 공장에서 최적의 성능 발휘를 위한 튜닝을 거쳤으며, 공장 확인용 시료에 기초한 테스트 결과를 고객에게 배송합니다. 확인용 시료는 현장 분석기 성능 재검증을 위해 배송되며, 사용자 운용 안내를 위한 사용자 매뉴얼과 함께 배송됩니다.

참고 문헌

1. Analysis of Biogas Using the Agilent 490 Micro GC Biogas Analyzer, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5990-9508EN, **2011**.

www.agilent.com/chem

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2019
2019년 11월 1일, 한국에서 인쇄
5994-1376KO

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

Agilent
Trusted Answers