

Agilent 990 Micro GC를 이용한 유정(油井)가스의 이수검층(mud logging)에 대한 빠른 분석

저자

Jie Zhang
Agilent Technologies, Inc.

서론

이수검층(mud logging)은 시추 구역의 암석과 유체의 특성을 파악하는 과정입니다. 가스의 종류와 양을 모니터링하는 것은 이수검층에서 가장 중요한 작업 중 하나입니다. 시추 작업 중에 기록된 정확한 가스 데이터는 적절한 저류층 평가에서 큰 가치가 있으며, 잠재적으로 간과될 수 있는 생산 구역을 정확하게 찾아낼 수 있습니다. 가스 크로마토그래피(GC)는 이수검층 과정에서 가스의 식별 및 측정에 주로 사용되는 기법입니다. 유정(油井)가스 이수검층에서 가장 흔한 성분은 methane입니다. Ethane(C_2), propane(C_3), butane(C_4)과 같은 무거운 탄화수소는 오일 또는 습식 가스 구역임을 나타냅니다. 최대 C_7 의 무거운 분자도 모니터링해야 합니다.

단위 시추 깊이에 대해 보다 자세한 정보를 생성할수록, 저류층 평가는 더욱 정확해지므로 이수검층 과정의 분석 속도는 매우 중요합니다. Agilent Micro GC는 유정가스의 빠르고 믿을 수 있는 분석을 위한 이상적인 크로마토그래피입니다. 990 Micro GC에 이전 세대의 고유한 특징을 그대로 담았습니다¹: 소형의 크기, 에너지 친화성 및 빠른 분석 속도. 990 Micro GC는 나열한 특징 외에도, 더욱 향상된 사용자 경험을 제공합니다. 분석 채널의 설치가 훨씬 쉬워졌습니다. 몇 분 이내에 3단계로 설치할 수 있습니다. 풀컬러 터치 스크린은 기기 상태를 비롯한 네트워크 설정, 사용 가능한 기기 라이선스 및 펌웨어 버전 등의 주요 설정을 표시합니다. 표준 캐비닛 버전은 2개의 분석 채널을 설치할 수 있습니다. 확장 캐비닛 버전은 표준 버전 메인프레임 2개를 메인 보드 1개, LCD 터치 스크린 1개와 통합하여 쉽게 만들 수 있습니다. 확장 버전은 최대 4개의 채널을 설치할 수 있습니다. 높은 정밀도, 정확도 및 안정성의 압력 제어를 위해 다이나믹 전자적 가스 제어(DEGC) 모듈을 개발하였습니다.

본 연구는 990 Micro GC 플랫폼으로 이수검층 과정의 탄화수소 분석을 입증합니다. 2개의 분석 채널을 갖춘 표준 버전을 $C_1 \sim C_5$ 탄화수소 분석에 사용하였습니다. 3개 채널을 갖춘 확장 버전은 무거운 구성 성분(최대 C_8)의 확장 이수검층 가스 분석에 사용하였습니다.

표 1과 2는 각 채널의 시험 조건입니다.
유정가스 모의 이수검증으로 구성을
검증하였습니다. 표 3은 상세한 시료
정보입니다.

표준 이수검증 분석

$C_1 \sim C_5$ 탄화수소를 분석하였습니다. 4m, CP-PoraPLOT Q 채널(일자형 DEGC 옵션, 프리 컬럼(precolumn) 백플러시 없음)을 propane, butane, isobutane, pentane 및 isopentane 분석에 사용했습니다.
백플러시 옵션을 갖춘 10m, CP-PoraPLOT Q 채널은 C_1 및 C_2 분석에 사용하였습니다. 분석 컬럼 도입 전, 프리 컬럼에서 무거운 성분을 플러시하기 위해 백플러시 옵션을 구성하였습니다. 이는 분석 시간 단축에 도움이 되며, 이 옵션이 없다면 무거운 성분은 10m PPQ 컬럼에서 늦게 용리되기 때문에 분석 시간은 더욱 길어지게 됩니다.

확장 이수검증 분석

C_8 와 같은 탄소수가 높은 탄화수소를 분석하였습니다. 10m, CP-PoraPLOT Q 채널(백플러시 DEGC 옵션)은 $C_1 \sim C_2$ 탄화수소와 CO_2 분석에, 백플러시 옵션을 갖춘 4m, CP-Sil 5CB 컬럼은 $C_3 \sim C_5$ 탄화수소 분석에 사용했습니다. 이 채널에서, C_5 보다 무거운 분석물질은 분석 컬럼 도입 전에 백플러시되었고, 이는 짧은 분석 시간과 다음 분석을 위한 깨끗한 베이스라인을 보장하는데 도움이 됩니다. 4m, CP-Sil 5CB 채널(일자형 DEGC 옵션)은 $C_6 \sim C_8$ 탄화수소 분석에 사용하였습니다.

기기

표준 이수검증		확장 이수검증	
채널 종류	분석 성분	채널 종류	분석 성분
10m, CP-PoraPLOT Q, 백플러시	C_1, C_2 및 CO_2	10m, CP-PoraPLOT Q, 백플러시	C_1, C_2 및 CO_2
4m, CP-PoraPLOT Q, 일자형	$C_3 \sim C_5$	4m CP-Sil 5CB, 백플러시	$C_3 \sim C_5$
		4m CP-Sil 5CB, 일자형	$C_6 \sim C_8$

표 1. 유정가스 표준 이수검증 분석을 위한 시험 조건

	채널 종류	
	10m, CP-PoraPLOT Q, 백플러시	4m, CP-PoraPLOT Q, 일자형
운반 가스	헬륨	헬륨
주입구 온도	110°C	110°C
주입 시간	40ms	40ms
컬럼 헤드 압력	240kPa	200kPa
컬럼 온도	60°C	150°C
백플러시 시간	5.5초	NA

표 2. 유정가스 확장 이수검증 분석을 위한 시험 조건

	채널 종류		
	10m, CP-PoraPLOT Q, 백플러시	4m, CP-Sil 5CB, 백플러시	4m, CP-Sil 5CB, 일자형
운반 가스	헬륨	헬륨	헬륨
주입구 온도	110°C	110°C	110°C
주입 시간	40ms	80ms	40ms
컬럼 헤드 압력	240kPa	150kPa	200kPa
컬럼 온도	60°C	60°C	120°C
백플러시 시간	5.5초	13초	NA

표 3. 유정가스 모의 이수검증

화합물 번호	화합물 명	농도(mol/mol)
1	Methane	2.02%
2	Ethane	0.251%
3	Propane	997ppm
4	Isobutane	495ppm
5	Butane	300ppm
6	Isopentane	173ppm
7	Pentane	204ppm
8	Hexane	52.6ppm
9	Methylcyclopentane	50.1ppm
10	Benzene	49.1ppm
11	Cyclohexane	47.7ppm
12	Heptane	49.0ppm
13	Methylcyclohexane	49.2ppm
14	Toluene	49.3ppm
15	Octane	50.4ppm
16	Nitrogen	Balance

결과 및 토의

그림 1은 10m, CP-PoraPLOT Q 백플러시 채널의 methane 및 ethane 분리에 대한 크로마토그램입니다. 유정가스 모의 이수검증에 CO_2 는 없었습니다. CO_2 피크의 위치를 찾기 위해, methane, CO_2 , ethane을 포함한 천연가스 표준물질을 주입했습니다. 실제 이수검증 시료가 CO_2 를 포함한다면, 그림 1B의 크로마토그램을 참조로 사용할 수 있습니다. 그림 2는 4m, CP-PoraPLOT Q 채널의 $\text{C}_3\sim\text{C}_5$ 화합물 크로마토그램입니다. 이수검증 과정에서, 분리 속도는 GC 분석의 과제입니다. 990 Micro GC는 서로 다른 채널에서 시료의 부분 집합(subset)을 분석함으로써 전체 시료를 분리합니다. 고정상 종류, 컬럼 헤드 압력 및 컬럼 온도는 분석물질의 특정 부분 집합에 따라 선택하고 최적화합니다. 이러한 분석 접근법은 총 분석 속도를 가속화하는데 도움이 될 수 있습니다. 분석 시간은 분리에 가장 오랜 시간을 소모하는 채널에 의해 결정됩니다. 표준 이수검증 분석에서, 각 채널의 분리는 30초 이내에 완료할 수 있습니다. 서로 다른 채널의 분석 결과 조합은 전체 시료에 대한 완전한 정성 및 정량 정보를 제공합니다.

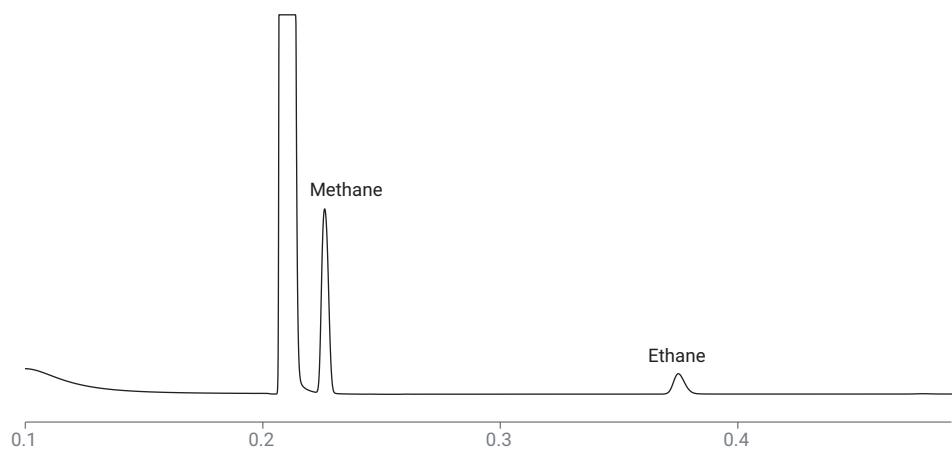


그림 1A. 표준 이수검증 분석, 채널 1: 10m, CP-PoraPLOT Q, 백플러시에서의 methane 및 ethane 분석

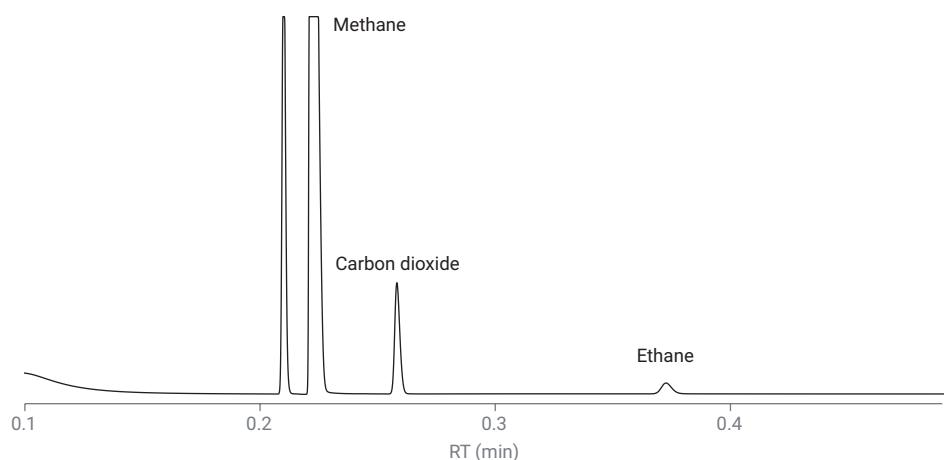


그림 1B. 표준 이수검증 분석, 채널 1: 10m, CP-PoraPLOT Q, 백플러시에서의 천연가스 표준물질 분석으로 CO_2 피크 측정

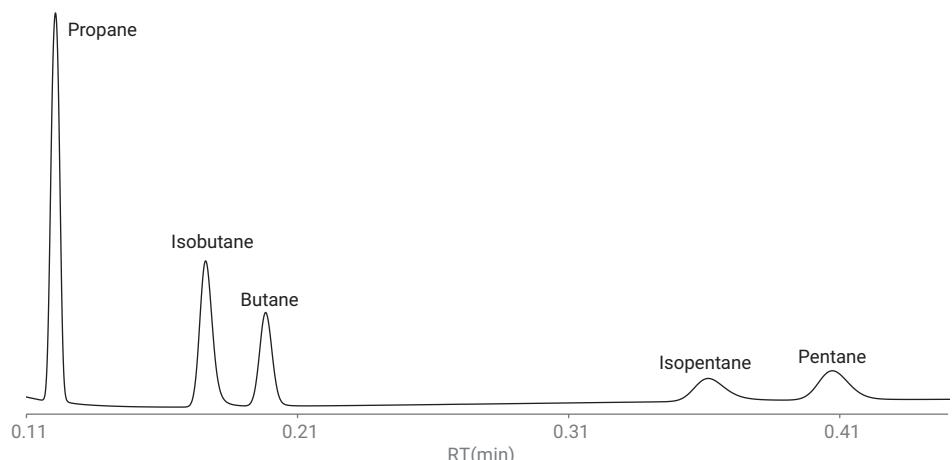


그림 2. 표준 이수검증 분석, 채널 2: 4m, CP-PoraPLOT Q, 일자형에서의 $\text{C}_3\sim\text{C}_5$ 성분 분석

표 4A 및 4B는 10회 주입에 대한 머무름 시간(RT) 및 면적 재현성입니다. 면적 RSD%는 0.2% 미만, RT RSD%는 0.003~0.02%로, 990 Micro GC의 뛰어난 성능을 입증하고 높은 신뢰도의 정량 및 정성 결과를 보장합니다.

표 4A. 10m, CP-PoraPLOT Q 및 4m, CP-PoraPLOT Q 채널의 10회 연속 주입에 대한 피크 면적 정밀도

화합물	Methane	Ethane	Propane	Isobutane	Butane	Isopentane	Pentane
면적 (mv×s)	8.568	1.585	1.429	0.806	0.512	0.312	0.386
	8.567	1.585	1.429	0.806	0.511	0.312	0.386
	8.566	1.586	1.429	0.806	0.511	0.311	0.386
	8.574	1.586	1.429	0.806	0.512	0.313	0.385
	8.576	1.588	1.430	0.805	0.511	0.312	0.386
	8.576	1.588	1.430	0.806	0.512	0.311	0.386
	8.565	1.587	1.429	0.805	0.511	0.311	0.386
	8.566	1.585	1.430	0.805	0.511	0.312	0.386
	8.581	1.588	1.430	0.805	0.512	0.312	0.386
	8.568	1.587	1.430	0.806	0.511	0.312	0.386
면적 RSD%	0.065	0.080	0.037	0.064	0.101	0.203	0.082

표 4B. 10m, CP-PoraPLOT Q 및 4m, CP-PoraPLOT Q 채널의 10회 주입에 대한 RT 및 RT 재현성

화합물	Methane	Ethane	Propane	Isobutane	Butane	Isopentane	Pentane
RT(분)	0.224	0.373	0.121	0.176	0.198	0.362	0.407
RT RSD%	0.003	0.004	0.011	0.033	0.006	0.003	0.003

확장 이수검증 분석의 경우, 채널 1은 표준
버전과 동일합니다: 10m, CP-PoraPLOT
Q, methane, CO₂, ethane 분석을 위한
백플러시. 그림 3은 채널 2(4m, CP-Sil 5CB,
백플러시 채널)에서의 C₃~C₅ 성분에 대한
크로마토그램입니다.

그림 4는 채널 3(4m, CP-Sil 5CB,
일자형 채널)에서의 C₆~C₈ 성분에 대한
크로마토그램입니다. 마지막 피크인 octane
은 35초 이내에 용리되었습니다. 표 5는
확장 이수검증 구성으로 분석한 C₃~C₈
성분에 대한 RT 및 면적 RSD%입니다.
C₃~C₈ 성분에 대한 RT RSD%는 0.02%보다
우수하고 면적 RSD%는 1% 미만으로, 990
TCD의 안정적인 압력과 컬럼 온도 제어 및
재현성 있는 반응을 입증합니다.

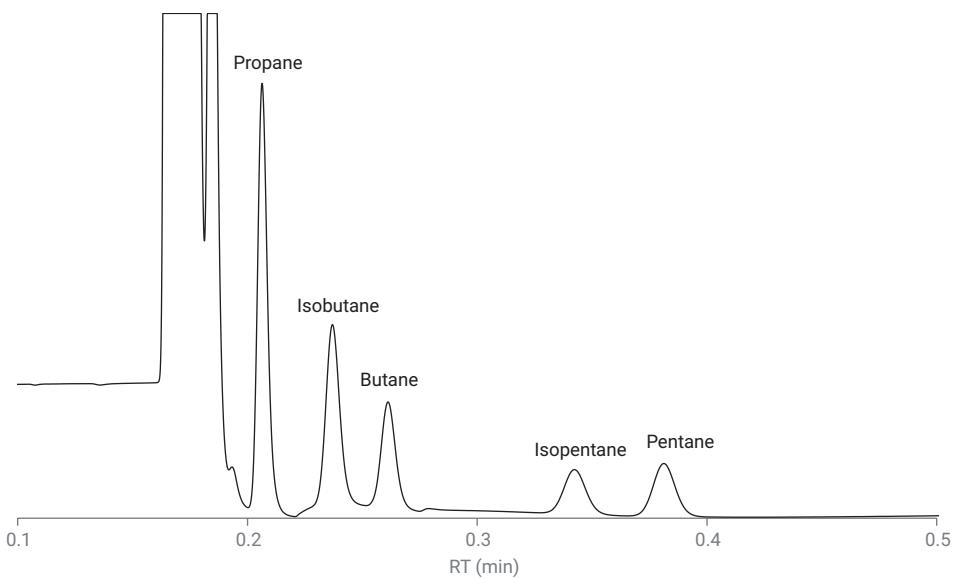


그림 3. 확장 이수검증 분석, 채널 2: 4m, CP-Sil 5CB, 백플러시에서의 C₃~C₅ 성분

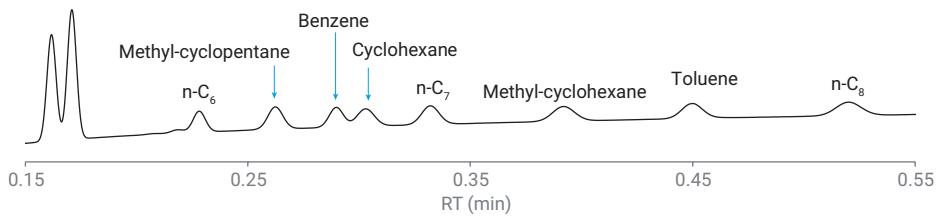


그림 4. 확장 이수검증 분석, 채널 3: 4m, CP-Sil 5CB, 일자형에서의 C₆~C₈ 성분

표 5. 확장 이수검증 분석에 대한 RT 및 면적 재현성, 4m, CP-Sil 5CB, 백플러시 채널의
C₃~C₅, 4m, CP-Sil 5CB, 일자형 채널의 C₆~C₈

화합물	RT/분	RT RSD%	면적(mv×s)	면적 RSD%
Propane	0.206	0.02	0.446	0.144
Isobutane	0.237	0.018	0.294	0.184
Butane	0.261	0.011	0.162	0.060
Isopentane	0.342	0.007	0.104	0.169
Pentane	0.381	0.008	0.125	0.082
Hexane	0.228	0.004	0.051	0.33
Methylcyclopentane	0.262	0.006	0.077	0.571
Benzene	0.290	0.006	0.065	0.219
Cyclohexane	0.303	0.006	0.068	0.221
Heptane	0.332	0.006	0.074	0.547
Methylcyclohexane	0.392	0.009	0.075	0.290
Toluene	0.450	0.007	0.071	1.024
Octane	0.520	0.008	0.078	0.768

결론

본 연구는 Agilent 990 Micro GC를 이용한 유정가스의 이수검증에 대한 빠른 분석을 입증합니다. 2개 채널의 표준 구성 및 3개 채널의 확장 구성은 C₁~C₅ 탄화수소와 C₁~C₈ 탄화수소 분석에 각각 사용하였습니다. 각 채널의 분석 속도는 35초 이내에 완료하도록 최적화되었습니다. 우수한 RT 및 면적 재현성은 990 Micro GC가 빠르고 믿을 수 있는 유정가스 이수검증 분석을 위한 이상적인 플랫폼임을 입증합니다.

참고 문헌

1. Van Loon, R. Mud Logging – Rapid Analyses of Well Gases with an Agilent Micro GC, *Agilent Technologies Application Note*, publication number 5991-2699EN, **2013**.

www.agilent.com/chem

이 정보는 사전 고지 없이 변경될 수 있습니다.

© Agilent Technologies, Inc. 2019
2019년 8월 7일, 한국에서 인쇄
5994-1039KO

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

