

GC-MS半揮発性有機化合物分析 | 中国標準試験法 HJ 834-2017の最適化

高不活性度GCカラムRMX-5Sil MSで分析スピードと信頼性を向上

By Erica Pack, Grace Idowu, Chris English, Ramkumar Dhandapani, Colton Myers

Key Highlights

- ・次世代不活性化処理技術を用いたTriMax GCカラムによる、堅牢で極めてニュートラルなサンプルフローパスの実現
- ・最大限の対称性による、酸、塩基、中性を含む幅広い半揮発性有機化合物のピークテーリング低減および、同定と定量の向上
- ・最適化されたGC-MS条件による、メソッド基準を満たすことおよびサンプルスループットの向上



Abstract | 最適化においてRMX-5Sil MSカラムが果たす役割

RMX-5Sil MSカラムは、広範囲の半揮発性有機化合物クラスで幅広い効果を発揮する、非常に不活性な表面を形成する画期的な不活性化技術を採用しています。本研究では、標準試験法HJ 834-2017のデータ品質基準に照らしてカラムの性能を評価しました。システム適合性、直線性、および回収率に関するメソッド基準は、サンプル分析時間を20分短縮する、最適化された条件下でも容易に満たされました。

Introduction | RMX-5Sil MSカラムによる実証実験

半揮発性有機化合物は、人の健康と環境を守るために世界中でモニタリングされています。分析にはさまざまな検出器が使用されますが、中でもGC-MS法は最も一般的です。中華人民共和国標準試験法HJ 834-2017は、土壤および堆積物サンプル中の半揮発性有機化合物のGC-MS分析に使用されます。ラボが正確な結果を確実に得られるように、標準試験法HJ 834-2017には、システムの適合性、直線性、回収率などの主要パラメータの基準が規定されています。半揮発性有機化合物は、反応性化合物を含む幅広い化合物の化学的性質で構成されているため、サンプル流路が非常に不活性であることが不可欠です。フローパス内の活性は、ピーク形状の不良や保持時間のドリフトの原因となり、データ品質の要件を満たすことが難しくなります。

この研究では、標準試験法HJ 834-2017に準拠した半揮発性有機化合物分析において、データ品質目標を達成するために、非常に不活性なRMX-5Sil MSカラムがどのように役立つかを実証します。RMX-5Sil MSカラムは、独自のTriMax不活性化処理により活性部位（シラノールなど）を除去し、化合物クラスにわたって幅広く効果を発揮します。RMX-5Sil MSカラムは従来の5Silポリマーを含有しているため、5Silを直接置換することができますが、高中性表面によりさまざまな化合物のピーク形状が改善されるため、データ品質要件を満たすことが容易になります。この研究では、GC-MS半揮発性有機化合物分析におけるカラムの有効性を実証するだけでなく、ランタイムを短縮し、サンプルスループットを向上させる最適化された装置条件も開発しました。

Experimental | 実証実験の詳細

Standard and Sample Preparation／標準試料およびサンプル調製

多成分の半揮発性有機化合物標準試料をジクロロメタン中に1、5、10、20、50ppmで調製。内部標準物質とサロゲート標準物質は、各校正標準物質中に40ppmで調製。

Instrument Conditions／分析条件

GC-MSによる半揮発性有機化合物の分析は、標準試験法HJ 834-2017の条件に従って実施。また、分析時間を短縮するために最適化された条件でも実施。**Table I**には、両アプローチの分析条件をまとめています。

Table I: GC-MS半揮発性化合物の分析条件

パラメータ	標準試験法HJ 834-2017準拠の条件	最適化された条件
カラム	RMX-5Sil MS, 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 µm (cat.# 17323)	RMX-5Sil MS, 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 µm (cat.# 17323)
注入	1 µL, スプリットレス, 280 °C	1 µL, スプリットレス, 280 °C
キャリヤーガス	ヘリウム at 1 mL/min (constant flow)	ヘリウム at 1 mL/min (constant flow)
昇温	35 °C (hold 2 min) to 150 °C at 15 °C/min (hold 5 min) to 290 °C at 3 °C/min (hold 2 min)	分析を高速化するために昇温条件を変更: 35 °C (hold 1 min) to 290 °C at 8 °C/min to 350 °C at 12 °C/min (hold 5 min)
検出器	EI; 70 eV; 230 °C source; 150 °C quad; scan 35-450 m/z; solvent delay 5 min; 280 °C transfer line	EI; 70 eV; 230 °C source; 150 °C quad; scan 35-450 m/z; solvent delay 2 min; 280 °C transfer line

Results and Discussion | 実証実験の結果および考察

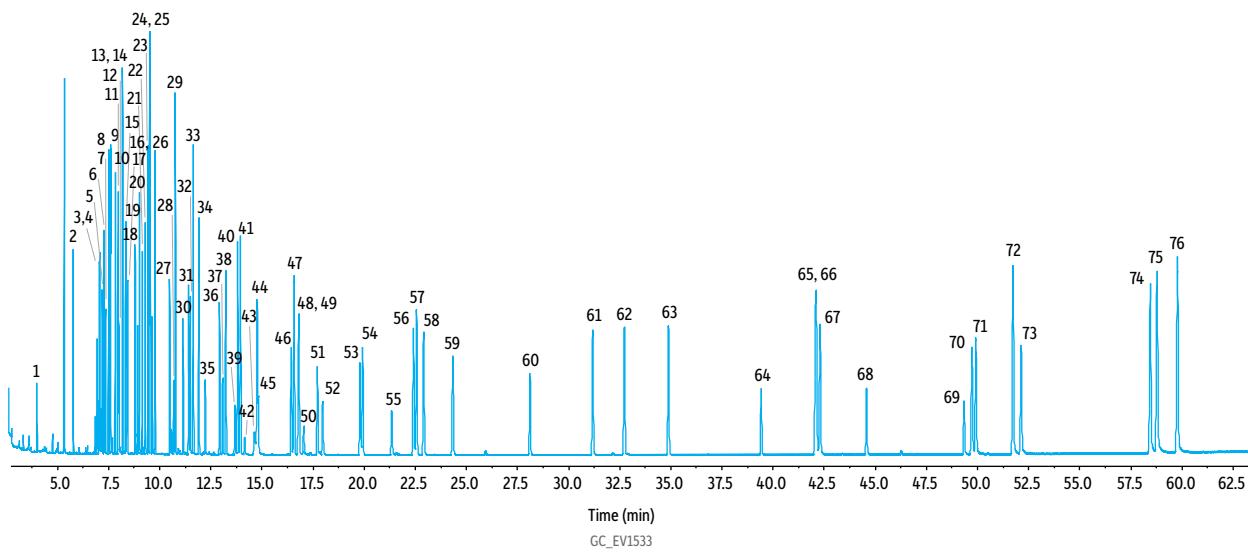
System Suitability／システム適合性

標準試験法HJ 834-2017に従ってDFTPPで装置を調整し、DDTからDDEとDDDへの分解を評価することでシステム適合性を評価しました。DDEとDDDの両方へのDDT分解は1%未満で、15%を超えないという要件は容易に満たされました。

Chromatographic Performance／結果の比較が示す分析性能の違い

Figure 1に示すように、RMX-5Sil MSカラムは、標準試験法HJ 834-2017準拠の条件と最適化されたGC-MS条件の両方で、64種類の監視対象である半揮発性有機化合物、6種類のサロゲート、および 6種類の内部標準物質（合計76種類の化合物）について、5 ppm でシャープな対称ピークを示しました。いくつかの共溶出が発生しましたが、これらの化合物はイオンのm/z比によって容易に区別することができました。標準試験法の分析条件下では、良好な結果が得られますが、実行時間が60分を超えるため、分析できるサンプル数が制限されます。最適化された分析条件では、40分という短時間で分析が可能になり、厳しい納期で多くのサンプル分析が必要なハイスループットラボにとって有益です。

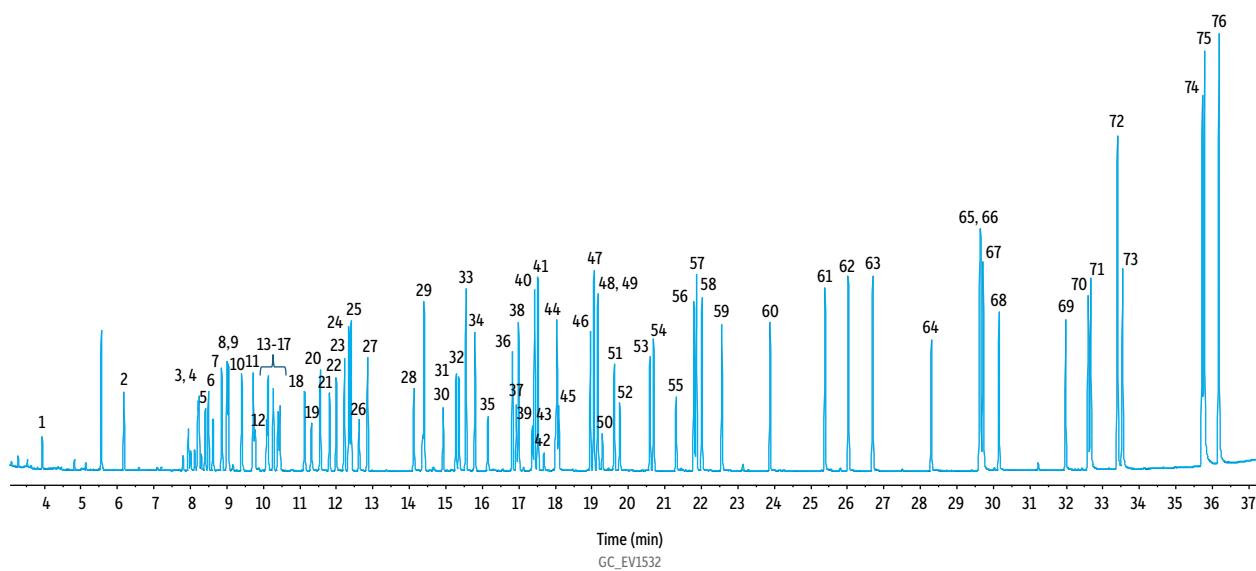
Figure 1: 標準試験法HJ 834-2017の分析条件下でのTICクロマトグラム (60分以上)



Peaks	tR (min)	Peaks	tR (min)	Peaks	tR (min)
1. Bis(N-methoxy-N-methylamino)methane	3.989	26. p-Chloroaniline	9.630	51. Azobenzene	17.714
2. Phenol, 2-fluoro-	5.769	27. 1,3-Butadiene, 1,1,2,3,4,4-hexachloro-	9.767	52. Phenol, 2,4,6-tribromo-	17.972
3. Phenol-d6-	7.057	28. Phenol, 2-chloro-5-methyl-	10.486	53. Benzene, 1-bromo-4-phenoxy-	19.798
4. Phenol	7.069	29. Naphthalene, 1-methyl-	10.766	54. Benzene, hexachloro-	19.924
5. Bis(2-chloroethyl) ether	7.194	30. Hexachlorocyclopentadiene	11.140	55. Phenol, pentachloro-	21.347
6. Phenol, 2-chloro-	7.269	31. Phenol, 2,4,6-trichloro-	11.412	56. Phenanthrene-D10	22.411
7. Benzene, 1,3-dichloro-	7.496	32. Phenol, 2,4,5-trichloro-	11.486	57. 9H-Fluorene, 9-methylene-	22.561
8. 1,4-Dichlorobenzene-D4	7.579	33. 1,1'-Biphenyl, 2-fluoro-	11.640	58. Anthracene	22.911
9. Benzene, 1,4-dichloro-	7.602	34. Naphthalene, 1-chloro-	11.915	59. Carbazole	24.334
10. Benzene, 1,2-dichloro-	7.825	35. Dimethyl (2-nitroanilino)maleate	12.221	60. Dibutyl phthalate	28.107
11. Phenol, 2-methyl-	7.956	36. Dimethyl phthalate	12.926	61. Fluoranthene	31.814
12. Bis(2-chloro-1-methylethyl) ether	7.995	37. Benzene, 2-methyl-1,3-dinitro-	13.078	62. Pyrene	32.727
13. 1-Propanamine, N-nitroso-N-propyl-	8.183	38. Biphenylene	13.231	63. p-Terphenyl-d14	34.881
14. p-Cresol	8.183	39. m-Nitroaniline	13.680	64. Benzyl butyl phthalate	39.418
15. Ethane, hexachloro-	8.336	40. Acenaphthene-d10	13.813	65. Benz[a]anthracene	42.103
16. Nitrobenzene-D5	8.393	41. Acenaphthene	13.947	66. Chrysene-D12	42.103
17. Benzene, nitro-	8.421	42. Phenol, 2,4-dinitro-	14.149	67. Chrysene	42.298
18. Isophorone	8.795	43. Phenol, 4-nitro-	14.626	68. Bis(2-ethylhexyl) phthalate	44.571
19. Phenol, 2-nitro-	8.915	44. Dibenzofuran	14.763	69. Phthalic acid, hept-4-yl octyl ester	49.346
20. Phenol, 2,3-dimethyl-	9.002	45. Benzene, 1-methyl-2,4-dinitro-	14.820	70. Benzo[b]fluoranthene	49.728
21. Methane, bis(2-chloroethoxy)-	9.146	46. Diethyl phthalate	16.434	71. Benzo[k]fluoranthene	49.915
22. Phenol, 2,4-dichloro-	9.290	47. Fluorene	16.576	72. Benzo[a]pyrene	51.738
23. Benzene, 1,2,4-trichloro-	9.427	48. Benzene, 1-chloro-4-phenoxy-	16.802	73. Perylene - D12	52.132
24. Naphthalene-D8	9.508	49. Benzene, 1-chloro-3-phenoxy-	16.802	74. Indeno[1,2,3-cd]pyrene	58.454
25. Naphthalene	9.540	50. Phenol, 2-methyl, 4,6-dinitro-	17.043	75. Diben[a,h]anthracene	58.786
				76. Benzo[ghi]perylene	59.786

Column Standard/Sample	RMX-5Sil MS, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 µm (cat.# 17323)			
	1000 ppm HJ 834-2017 VOC and SVOCs mixture 155 (LGC)			
	1000 ppm HJ 834-2017 substitutes mixture 156 (LGC)			
	1000 ppm HJ 834-2017 internal standard mixture 174 (internal standard)			
Diluent:	Dichloromethane			
Conc.:	5 µg/mL			
Injection				
Inj. Vol.:	1 µL splitless (hold 1 min)			
Liner:	Topaz 4.0 mm ID single taper inlet liner w/wool (cat.# 23303)			
Inj. Temp.:	280 °C			
Oven	35 °C (hold 2 min) to 150 °C at 15 °C/min (hold 5 min) to 290 °C at 3 °C/min (hold 2 min)			
Carrier Gas	He, constant flow			
Flow Rate:	1 mL/min @ 35 °C			
Detector	MS			
Mode:	Scan			
Scan Program:	Group	Start Time (min)	Scan Range (amu)	Scan Rate (scans/sec)
	1	2.5	35-450	
Transfer Line Temp.:	280 °C			
Source Temp.:	230 °C			
Quad Temp.:	150 °C			
Electron Energy:	70 eV			
Tune Type:	PFTBA			
Ionization Mode:	EI			
Instrument	Agilent 7890B GC & 5977B MSD			
Sample Preparation	Reference standards were diluted to 5 ppm in dichloromethane.			

Figure 2: 最適化された分析条件下でのTICクロマトグラム (40分)



Peaks	t _r (min)	Peaks	t _r (min)	Peaks	t _r (min)
1. Bis(N-methoxy-N-methylamino)methane	3.941	27. 1,3-Butadiene, 1,1,2,3,4,4-hexachloro-	12.859	53. Benzene, 1-bromo-4-phenoxy-	20.596
2. Phenol, 2-fluoro-	6.189	28. Phenol, 2-chloro-5-methyl-	14.122	54. Benzene, hexachloro-	20.697
3. Phenol-d6-	8.226	29. Naphthalene, 1-methyl-	14.409	55. Phenol, pentachloro-	21.316
4. Phenol	8.252	30. Hexachlorocyclopentadiene	14.927	56. Phenanthrene-D10	21.822
5. Bis(2-chloroethyl) ether	8.417	31. Phenol, 2,4,6-trichloro-	15.284	57. 9H-Fluorene, 9-methylene-	21.88
6. Phenol, 2-chloro-	8.502	32. Phenol, 2,4,5-trichloro-	15.362	58. Anthracene	22.025
7. Benzene, 1,3-dichloro-	8.861	33. 1,1'-Biphenyl, 2-fluoro-	15.564	59. Carbazole	22.57
8. 1,4-Dichlorobenzene-D4	9.01	34. Naphthalene, 1-chloro-	15.806	60. Dibutyl phthalate	23.889
9. Benzene, 1,4-dichloro-	9.048	35. Dimethyl (2-nitroanilino)maleate	16.158	61. Fluoranthene	25.396
10. Benzene, 1,2-dichloro-	9.411	36. Dimethyl phthalate	16.837	62. Pyrene	26.035
11. Phenol, 2-methyl-	9.726	37. Benzene, 2-methyl-1,3-dinitro-	16.945	63. p-Terphenyl-d14	26.717
12. Bis(2-chloro-1-methylethyl) ether	9.784	38. Biphenylene	16.995	64. Benzyl butyl phthalate	28.309
13. 1-Propanamine, N-nitroso-N-propyl-	10.101	39. m-Nitroaniline	17.381	65. Benz[a]anthracene	29.638
14. p-Cresol	10.133	40. Acenaphthene-d10	17.45	66. Chrysene-D12	29.684
15. Ethane, hexachloro-	10.273	41. Acenaphthene	17.533	67. Chrysene	29.744
16. Nitrobenzene-D5	10.421	42. Phenol, 2,4-dinitro-	17.692	68. Bis(2-ethylhexyl) phthalate	30.159
17. Benzene, nitro-	10.468	43. Phenol, 4-nitro-	18.011	69. Phthalic acid, hept-4-yl octyl ester	31.991
18. Isophorone	11.137	44. Dibenzo[<i>f</i>]uran	18.05	70. Benz[b]fluoranthene	32.608
19. Phenol, 2-nitro-	11.322	45. Benzene, 1-methyl-2,4-dinitro-	18.104	71. Benz[k]fluoranthene	32.683
20. Phenol, 2,3-dimethyl-	11.561	46. Diethyl phthalate	18.972	72. Benz[a]pyrene	33.417
21. Methane, bis(2-chloroethoxy)-	11.822	47. Fluorene	19.061	73. Perylene - D12	33.583
22. Phenol, 2,4-dichloro-	12.006	48. Benzene, 1-chloro-4-phenoxy-	19.168	74. Indeno[1,2,3- <i>cd</i>]pyrene	35.743
23. Benzene, 1,2,4-trichloro-	12.23	49. Benzene, 1-chloro-3-phenoxy-	19.175	75. Diben[a,h]anthracene	35.798
24. Naphthalene-D8	12.36	50. Phenol, 2-methyl, 4,6-dinitro-	19.301	76. Benzo[ghi]perylene	36.197
25. Naphthalene	12.411	51. Azobenzene	19.626		
26. p-Chloroaniline	12.622	52. Phenol, 2,4,6-tribromo-	19.78		

Column Standard/Sample	RMX-5Sil MS, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μ m (cat.# 17323)			
Diluent:	1000 ppm HJ 834-2017 VOC and SVOCs mixture 155 (LGC)			
Conc.:	1000 ppm HJ 834-2017 substitutes mixture 156 (LGC)			
Injection	1000 ppm HJ 834-2017 internal standard mixture 174 (internal standard)			
Diluent:	Dichloromethane			
Conc.:	5 μ g/ml			
Inj. Vol.:	1 μ L splitless (hold 1 min)			
Liner:	Topaz 4.0 mm ID single taper inlet liner w/wool (cat.# 23303)			
Inj. Temp.:	280 °C			
Oven				
Oven Temp.:	35 °C (hold 1 min) to 290 °C at 8 °C/min to 350 °C at 12 °C/min (hold 5 min)			
Carrier Gas	He, constant flow			
Flow Rate:	1 mL/min @ 35 °C			
Detector	MS			
Mode:	Scan			
Scan Program:	Group	Start Time (min)	Scan Range (amu)	Scan Rate (scans/sec)
	1	2.5	35-450	
Transfer Line Temp.:	280 °C			
Source Temp.:	230 °C			
Quad Temp.:	150 °C			
Electron Energy:	70 eV			
Tune Type:	PFTBA			
Ionization Mode:	EI			
Instrument	Agilent 7890B GC & 5977B MSD			
Sample Preparation	Reference standards were diluted to 5 ppm in dichloromethane.			

メソッドのカスタマイズが必要ですか？

EZGC Chromatogram Modelerに目的化合物を入力するだけで、最適化されたメソッド条件をすぐに作成できます。

Try it now!



Quantitative Performance／定量分析結果からもわかる高性能

良好なピーク形状によりS/N比が向上するため、低濃度での信頼性の高い積分が可能になり、時間のかかるユーザー介入の必要性が最小限に抑えられます。検量線範囲全体にわたる正確な積分は、分析が困難な反応性化合物であっても、メソッドの性能基準が満たされることを確信させます。メソッドの性能は、直線性(重み付けなし、 $R>0.990$)、相対応答係数($RSD <30\%$)および中点標準物質の回収率(10 ppmで70~130%の回収率)によって評価されました。

検出限界(LOD)と定量限界(LOQ)はそれぞれ、 $LOD = 3.3 \times$ 最低検量線点/検量線勾配の標準偏差、 $LOQ = 10 \times$ 最低検量線点/検量線勾配の標準偏差という一般的に認められた方法で計算し、計算された値はメソッドに記載されているLODおよびLOQ値と比較しました。メソッドの要件では、LODとLOQはサンプル濃度として示されています。この試験ではマトリックスを使用しなかったため、サンプル濃度は理論的なサンプル質量20 g、最終抽出液量1 mLに基づいて抽出液濃度に換算しました(Table II参照)。マトリックスを使用しない場合、カラム性能の差はサンプル調製の有効性から切り離すことができます。

定量分析では、最適化された分析条件を使用してキャリブレーションを実施しました。結果の要約をTable IIに、個々の半揮発性有機化合物の値をTable IIIに示します。すべての化合物(内部標準とサロゲートを除く)は、RRF $RSD <30\%$ および $R>0.990$ の直線性基準に合格しました。RSD値は2.1~22.5%、Rは0.999~1.00の範囲でした。HJ 834では必須ではありませんが、 R^2 もまた評価されました。この研究では、 R^2 は各化合物で0.995を超え、0.997~1.0の範囲でした。

Table II: 標準試験法HJ 834-2017 GC-MS半揮発性有機化合物分析(最適化された条件)の結果まとめ

	RRF %RSD (<30%)	R^2 (>0.990)	R (>0.990)	LOD (Method HJ 834-2017)	LOQ (Method HJ 834-2017)	%Recovery
許容範囲内	64	64	64	64	64	64
許容範囲外	0	0	0	0	0	0
最高値	23%	1.000	1.000	0.89	2.98	109%
最低値	2%	0.997	0.999	0.02	0.05	75%

* R^2 は標準試験法HJ 834-2017では規定されていません。GC-MS半揮発性有機化合物分析の他のメソッドで一般的に使用される直線性の指標であるため、含まれています。

Table III: 標準試験法HJ 834-2017 GC-MS半揮発性有機化合物分析(最適化された条件)の化合物別結果

化合物	RRF %RSD (<30%)	R ^{2*}	R	Method HJ 834-2017 LOD (ppm)	Method HJ 834-2017 LOQ (ppm)	LOD (ppm)	LOQ (ppm)	%Recovery of 10 ppm
Bis(N-methoxy-N-methylamino)methane	2%	1.000	1.000	1.60	6.40	0.36	1.22	105%
Phenol	4%	0.998	0.999	2.00	8.00	0.33	1.11	95%
Bis(2-chloroethyl) ether	3%	0.999	1.000	2.00	8.00	0.17	0.58	99%
Phenol, 2-chloro-	4%	0.999	0.999	2.00	8.00	0.16	0.55	96%
Benzene, 1,3-dichloro-	5%	0.999	0.999	1.80	7.20	0.20	0.68	100%
Benzene, 1,4-dichloro-	5%	1.000	1.000	1.20	4.80	0.19	0.62	97%
Benzene, 1,2-dichloro-	7%	1.000	1.000	1.60	6.40	0.13	0.45	96%
Phenol, 2-methyl-	5%	0.998	0.999	1.60	6.40	0.25	0.82	101%
Bis(2-chloro-1-methylethyl) ether	6%	0.999	0.999	1.60	6.40	0.34	1.13	104%
1-Propanamine, N-nitroso-N-propyl-	3%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.43	1.43	109%
p-Cresol	6%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.11	0.38	100%
Ethane, hexachloro-	10%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.53	1.77	97%
Benzene, nitro-	7%	0.999	1.000	1.40	5.60	0.23	0.76	102%
Isophorone	6%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.09	0.30	99%
Phenol, 2-nitro-	10%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.15	0.50	96%
Phenol, 2,3-dimethyl-	6%	1.000	1.000	1.80	7.20	0.25	0.84	99%
Methane, bis(2-chloroethoxy)-	5%	1.000	1.000	1.40	5.60	0.09	0.31	100%
Phenol, 2,4-dichloro-	13%	1.000	1.000	4.00	16.00	0.09	0.30	98%
Benzene, 1,2,4-trichloro-	11%	1.000	1.000	1.80	7.20	0.16	0.54	98%
Naphthalene	9%	0.998	0.999	1.60	6.40	0.16	0.54	99%
p-Chloroaniline	8%	0.999	0.999	1.40	5.60	0.17	0.57	94%
1,3-Butadiene, 1,1,2,3,4,4-hexachloro-	5%	1.000	1.000	1.40	5.60	0.29	0.98	97%
Phenol, 2-chloro-5-methyl-	6%	1.000	1.000	1.80	7.20	0.23	0.77	93%
Naphthalene, 1-methyl-	10%	0.999	0.999	1.80	7.20	0.07	0.22	98%
Hexachlorocyclopentadiene	22%	0.998	0.999	1.20	4.80	0.27	0.92	89%
Phenol, 2,4,6-trichloro-	21%	0.999	1.000	1.20	4.80	0.13	0.44	92%
Phenol, 2,4,5-trichloro-	21%	0.999	0.999	1.60	6.40	0.27	0.91	92%
Naphthalene, 1-chloro-	15%	0.999	1.000	2.00	8.00	0.10	0.32	95%
Dimethyl (2-nitroanilino)maleate	21%	0.999	1.000	2.00	8.00	0.62	2.05	89%
Dimethyl phthalate	15%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.12	0.39	93%
Benzene, 2-methyl-1,3-dinitro-	20%	0.998	0.999	2.00	8.00	0.56	1.87	90%
Biphenylene	18%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.10	0.32	99%
m-Nitroaniline	22%	0.999	1.000	1.60	6.40	0.89	2.98	90%
Acenaphthene	10%	0.998	0.999	1.80	7.20	0.02	0.08	99%
Phenol, 2,4-dinitro-	16%	0.997	0.999	1.40	5.60	0.69	2.32	75%
Phenol, 4-nitro-	13%	1.000	1.000	1.60	7.20	0.23	0.75	85%
Dibenzofuran	14%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.09	0.29	99%
Benzene, 1-methyl-2,4-dinitro-	23%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.13	0.42	91%
Diethyl Phthalate	13%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.05	0.18	96%
Fluorene	15%	0.999	1.000	1.80	7.20	0.04	0.14	98%
Benzene, 1-chloro-4-phenoxy-	8%	1.000	1.000	1.80	7.20	0.12	0.39	103%
Benzene, 1-chloro-3-phenoxy-	13%	1.000	1.000	4.00	16.00	0.33	1.11	95%
Phenol, 2-methyl, 4,6-dinitro-	22%	0.998	0.999	1.60	6.40	0.39	1.30	103%
Azobenzene	6%	0.999	0.999	6.00	24.00	0.15	0.50	104%

Table III: 標準試験法HJ 834-2017 GC-MS半揮発性有機化合物分析(最適化された条件)の化合物別結果

Compound	RRF %RSD (<30%)	R ^{2*}	R	Method HJ 834-2017 LOD (ppm)	Method HJ 834-2017 LOQ (ppm)	LOD (ppm)	LOQ (ppm)	%Recovery of 10 ppm
Benzene, 1-bromo-4-phenoxy-	13%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.20	0.67	95%
Benzene, hexachloro-	8%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.02	0.07	99%
Phenol, pentachloro-	11%	0.998	0.999	2.00	8.00	0.39	1.30	89%
9H-Fluorene, 9-methylene-	8%	0.998	0.999	2.00	8.00	0.03	0.11	101%
Anthracene	13%	1.000	1.000	4.00	16.00	0.03	0.09	104%
Carbazole	11%	0.998	0.999	2.00	8.00	0.07	0.24	96%
Dibutyl phthalate	12%	0.999	0.999	2.00	8.00	0.03	0.10	99%
Fluoranthene	10%	1.000	1.000	4.00	16.00	0.07	0.22	100%
Pyrene	9%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.03	0.11	101%
Benzyl butyl phthalate	12%	0.998	0.999	2.00	8.00	0.20	0.68	94%
Benz[a]anthracene	5%	0.999	0.999	2.00	8.00	0.08	0.26	95%
Triphenylene	7%	0.999	1.000	2.00	8.00	0.13	0.42	106%
Bis(2-ethylhexyl) phthalate	15%	1.000	1.000	4.00	16.00	0.09	0.29	102%
Phthalic acid, hept-4-yl octyl ester	18%	1.000	1.000	2.00	8.00	0.02	0.05	103%
Benzo[b]fluoranthene	17%	0.999	1.000	2.00	8.00	0.09	0.31	96%
Benzo[k]fluoranthene	16%	1.000	1.000	4.00	16.00	0.09	0.32	102%
Benzo[a]pyrene	15%	0.999	0.999	2.00	8.00	0.08	0.26	104%
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	11%	0.999	1.000	2.00	8.00	0.05	0.18	96%
Diben[a,h]anthracene	5%	0.999	0.999	2.00	8.00	0.10	0.35	107%
Benzo[ghi]perylene	7%	1.000	1.000	4.00	16.00	0.04	0.15	106%

*R²は標準試験法HJ 834-2017では規定されていません。GC-MS半揮発性有機化合物分析の他のメソッドで一般的に使用される直線性の指標であるため、含まれています。

Conclusion | 検証済みRMX-5Silカラムの実力

この研究では、高不活性なRMX-5Sil MSカラムを使用することによって、幅広い種類の、分析が困難な半揮発性有機化合物に対してメソッドに準拠した結果が得られることを実証しました。カラム表面が不活性であるため、シャープで対称的なピークが得られ、積分が簡素化され、システム適合性、直線性(RRF %RSD およびR²)、LOD、LOQ、および回収率において優れた結果が得られました。標準試験法HJ 834-2017の要件を満たし、直線性の高い検量線を作成することに加え、今回開発された最適化されたGC-MS条件は、サンプル分析時間を60分から40分に短縮し、ハイスループットなラボでのサンプルスループットの向上を可能にしました。

アプリケーションや製品選定でお困りですか?
テクニカルサービスまでお問い合わせください!



注目製品

RMX-5Sil MS GCキャピラリーカラム

カタログ番号	製品名	入数単位
17323	RMX-5Sil MS GCキャピラリーカラム, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 µm	1



Topaz Single Taper注入口ライナー

カタログ番号	製品名	入数単位
23303	Topaz, Single Taper Inlet Liner, 4.0 mm x 6.5 x 78.5, for Agilent GCs, w/Quartz Wool, Premium Deactivation	5-pk.



Restekリークディテクタ

カタログ番号	製品名	入数単位
28500	Restek Electronic Leak Detector (持ち運び用ケース、ユニバーサル充電器セット[日本、米国、ヨーロッパ、英国、オーストラリア]6ftのUSBケーブルを含む)	1



Benzo[a]pyrene

1000 µg/mL, Acetone, 1 mL/ampul

カタログ番号	内容	入数単位
31271	Benzo[a]pyrene (50-32-8)	1

**Dibenz[a,h]anthracene**

1000 µg/mL, Methylene Chloride, 1 mL/ampul

カタログ番号	内容	入数単位
31276	Dibenz[a,h]anthracene (53-70-3)	1

Indeno[1,2,3-cd]pyrene

1000 µg/mL, Methylene Chloride, 1 mL/ampul

カタログ番号	内容	入数単位
31279	Indeno[1,2,3-cd]pyrene (193-39-5)	1

Benzo[g,h,i]perylene

1000 µg/mL, Methylene Chloride, 1 mL/ampul

カタログ番号	内容	入数単位
31273	Benzo[g,h,i]perylene (191-24-2)	1

お見積りやご購入などのご相談は…

こちらからお問い合わせ下さい!



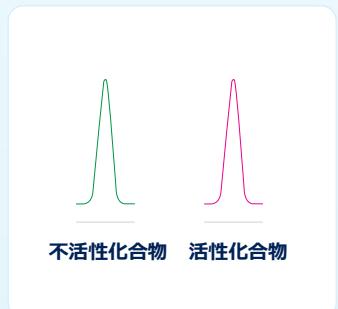
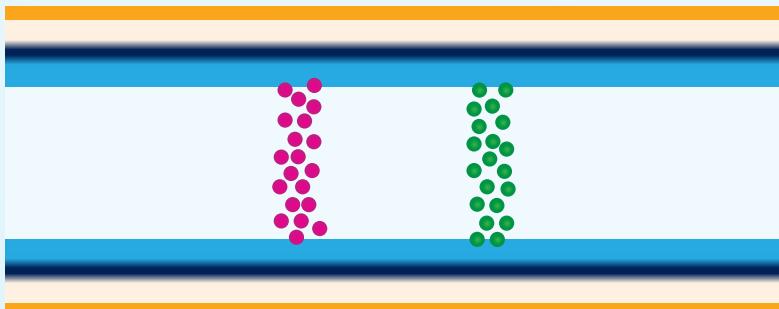


RMX が優れている理由とは？

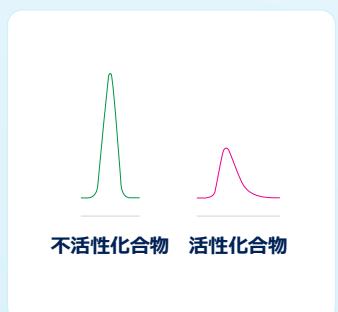
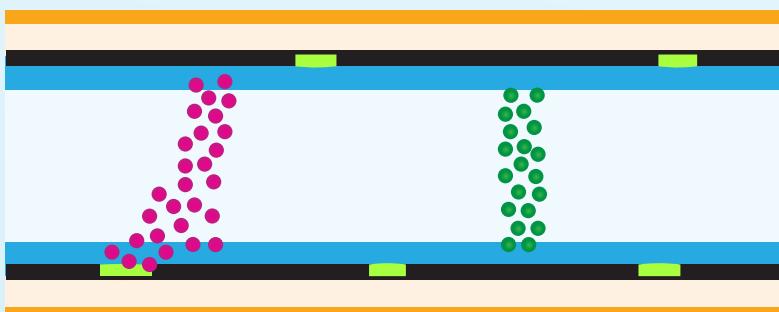
高い効果を発揮するTriMax不活性化処理が、不要な表面相互作用から化合物を保護し、幅広い化合物に対してピーク形状と感度を大きく向上させます。



TriMax 不活性化処理あり



TriMax 不活性化処理なし



- 不活性化合物：アルカン, アルケン, アルキンなど
- 活性化合物：酸, 塩基, アルコール, エステル, エーテルなど
- 残存活性点

RMXカラムに関する
最新情報はこちらから！



Restekの特許および商標に関する情報については、www.restek.com/patents-trademarksをご覧ください。Restekからの情報配信や停止設定について変更をご希望の場合は、www.restek.com/subscribeより手続きが可能です。販売に関するお問い合わせやその他のご質問は、直接弊社までお気軽にご連絡ください。

© 2026 Restek Corporation. All rights reserved.

www.restek.com



Lit. Cat.# EVAN5233-JA