

微量半揮発性有機化合物のGC-MS/MS多成分同時分析

RMX-5Sil MSカラムを用いた高感度分析におけるデータ品質の評価

島津製作所との共同発表

By Yoshiro Hiramatsu¹, Ramkumar Dhandapani², Erica Pack²
1. Shimadzu Corporation, 2. Restek Corporation

Key Highlights

- TriMax不活性化処理により、極めて不活性なサンプルフローパスを実現しました。
- 高い不活性度によりピーク形状が改善され、幅広い半揮発性有機化合物において、ピコグラムレベル以下（サブピコグラム）の装置検出限界（IDL）を達成しました。
- すべての半揮発性有機化合物について、検量線のデータ品質目標である相対標準誤差（%RSE） $\leq 20\%$ を満たしました。検量線下限は、安息香酸（50 ppb）を除き、すべての化合物で1–10 ppbでした。



Abstract | TriMax不活性化処理による包括的性能検証

本アプリケーションノートでは、RMX-5Sil MSカラムを用いた微量レベルでの半揮発性有機化合物（SVOC）のGC-MS/MS分析性能を評価しました。

その結果、安息香酸（14.70 pg）および2,4-ジニトロフェノール（11.53 pg）を除くすべての化合物において、単一またはサブピコグラムレベルの装置検出限界（IDL）を達成しました。

検量線の相対標準誤差（%RSE）はすべての化合物で20%以下であり、検量線範囲は、安息香酸を除き、1–1000 ppb または 10–1000 ppb でした。安息香酸については、50–1000 ppbの範囲で評価しました。

関連製品

- RMX-5Sil MS column 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μ m (cat.# [17323](#))

Introduction | SVOC微量分析に求められる不活性度

半揮発性有機化合物（SVOC）は環境中に広く存在し、人の健康への影響が懸念されることから、世界各地でモニタリングが行われています。これらの化合物の分析には、EPA Method 8270Eに代表されるGC-MSやGC-MS/MS法が一般的に用いられています。

近年、MS/MS検出器の高い選択性を活用することで、より高感度な分析が可能となり、EPA Method 3511に示されるようなマイクロ抽出法の導入が進んでいます。マイクロ抽出法は、従来法と比較して試料調製時間を短縮できるとともに、最大で1 Lにも及ぶ試料量を必要とする従来の前処理法と比べて、溶媒使用量を大幅に削減できる利点があります。

MS/MS検出の感度を最大限に活かすためには、分析カラムが十分に不活性であり、ピークのS/N比を最大化できることが不可欠です。酸性・塩基性・中性など、化学特性の異なる幅広い半揮発性有機化合物は、カラム表面に存在する活性部位と異なる機構で相互作用するため、包括的に有効な不活性化処理が求められます。

本研究では、微量レベルの半揮発性有機化合物を対象に、RMX-5Sil MSカラムの分析性能を評価しました。特に、分析が困難とされる化合物を含め、広範な化合物群に対するクロマトグラフィー性能および検量線特性を評価し、ピコグラムレベルでの検出が可能であるかを検証しました。

Experimental | 評価方法

Standard Preparation | 標準溶液およびサンプル調製

検量線作成に用いた混合標準溶液は、市販の標準品を用い、ジクロロメタン中で 1–1000 ppbの濃度範囲 (11 濃度点) で調製しました。

Instrument Conditions | 分析条件

試料は、RMX-5Sil MS カラム (30 m × 0.25 mm ID × 0.25 µm, cat. # [17323](#)) を用いて測定しました。

GC-MS/MS装置には、Shimadzu Nexis GC-2030ガスクロマトグラフと、EIイオン源および高効率コリジョンセルUFSweeperを搭載した Shimadzu GCMS-TQ8050 NX超高速質量分析計を使用しました。測定条件は以下のとおりです。

Table I: 微量半揮発性有機化合物分析におけるGC-MS/MS測定条件

Gas Chromatograph	Shimadzu Nexis GC-2030
FlowColumn	RMX-5Sil MS, 30 m x 0.25 mm ID x 0.25 µm (cat.# 17323)
Flow mode	一定線速度 (39.5 cm/s)
Injector mode	スプリット (5:1)
Injector liner	3.5 mm Topaz single taper inlet liner w/wool (cat.# 23336)
Injection volume	1 µL
Injector temperature	275 °C
Oven program	40 °C (hold 1.5 min) to 280 °C at 20 °C /min to 320 °C at 5 °C /min (hold 1 min)
MS system	Shimadzu GCMS-TQ8050 NX ultra-fast mass spectrometer with EI source and UFSweeper high-efficiency collision cell
Ionization	電子衝撃イオン化 (EI)
Ionization energy	70 eV
Emission current	60 mA
Acquisition mode	MRM
Collision gas	Argon
Source temperature	230 °C
GC interface temperature	300 °C

Results and Discussion | 結果および考察

Chromatographic Performance | 難しいSVOC分析で示す優れたピーク性能

RMX-5Sil MSカラムを用いた GC-MS/MS分析では、50 ppbにおいて86成分の半揮発性有機化合物に対し、良好なピーク形状および分離が得られました。最終溶出成分は21分未満で溶出し、クロマトグラフィー全体にわたって安定した分離が確認されました (**Figure 1**)。

カラムの不活性度を評価するため、特に問題となりやすい酸性化合物および塩基性化合物について、検量線の低濃度側および高濃度側におけるピークテーリングを評価しました。**Figure 2**に示すように、高度に不活性化されたカラム表面により、低濃度域においても表面活性の影響が最小限に抑えられ、分析が難しい化合物であっても、積分が容易な対称性の高いピークが得られました。

さらに、この不活性表面処理は固定相の選択性に悪影響を与えることはなく、1 ppbにおいても、多環芳香族炭化水素 (PAH) の近接溶出ペアであるbenzo[b]fluorantheneとbenzo[k]fluorantheneが良好に分離されることが確認されました。

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!

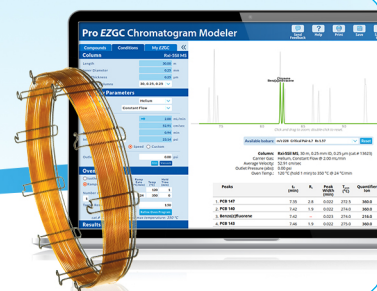
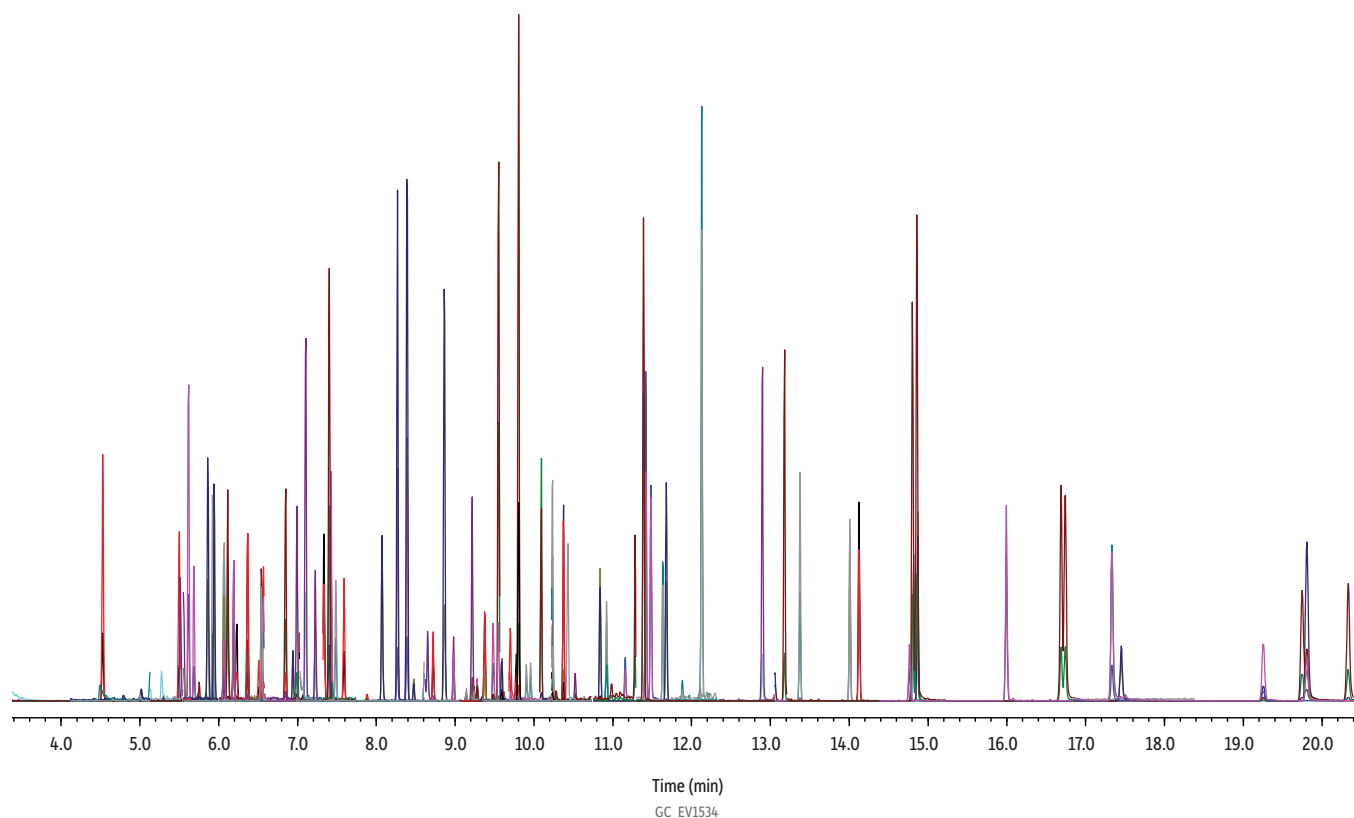


Figure 1: RMX-5Sil MSカラムを用いた、半揮発性有機化合物86種のGC-MS/MS分析結果 (50 ppb、TIC)



Column	RMX-5Sil MS, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μ m (cat.# 17323)
Injection	
Inj. Vol.:	1 μ L split (split ratio 5:1)
Liner:	3.5 mm Topaz single taper inlet liner w/wool (cat.# 23336)
Inj. Temp.:	275 °C
Oven	
Oven Temp.:	40 °C (hold 1.5 min) to 280 °C at 20 °C/min to 320 °C at 5 °C/min (hold 1 min)
Carrier Gas	He, constant flow
Linear Velocity:	39.5 cm/sec @ 40 °C
Detector	SRM/MRM
Acquisition Type:	SRM/MRM
Source Temp.:	230 °C
Transfer Line Temp.:	300 °C
Analyzer Type:	Triple Quadrupole
Ionization Mode:	El
Collision Gas:	Ar
Tune Type:	PFTBA
Tune Emission Current:	60 μ A
Notes	Shimadzu Nexis GC-2030 with Shimadzu GCMS-TQ8050 NX ultra-fast mass spectrometer with EI source and UFsweeper high-efficiency collision cell
Acknowledgement	Shimadzu

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！

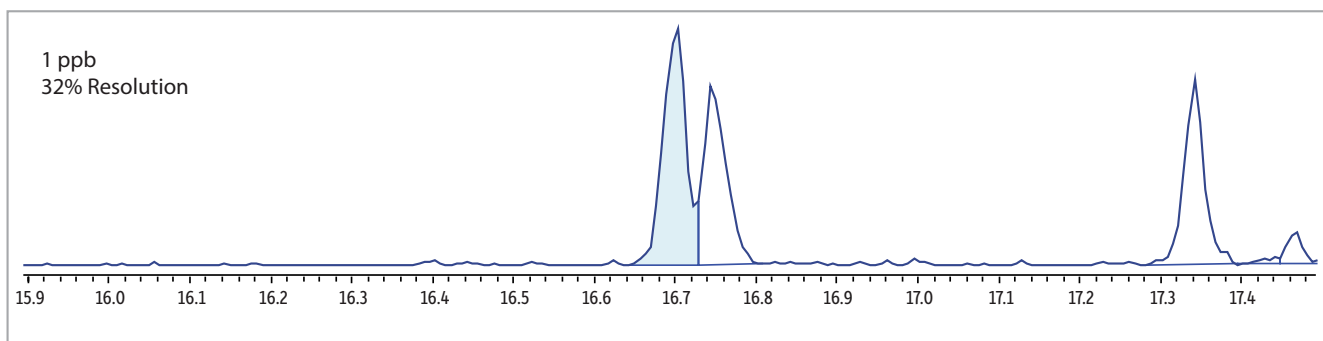


Figure 1: (続き)

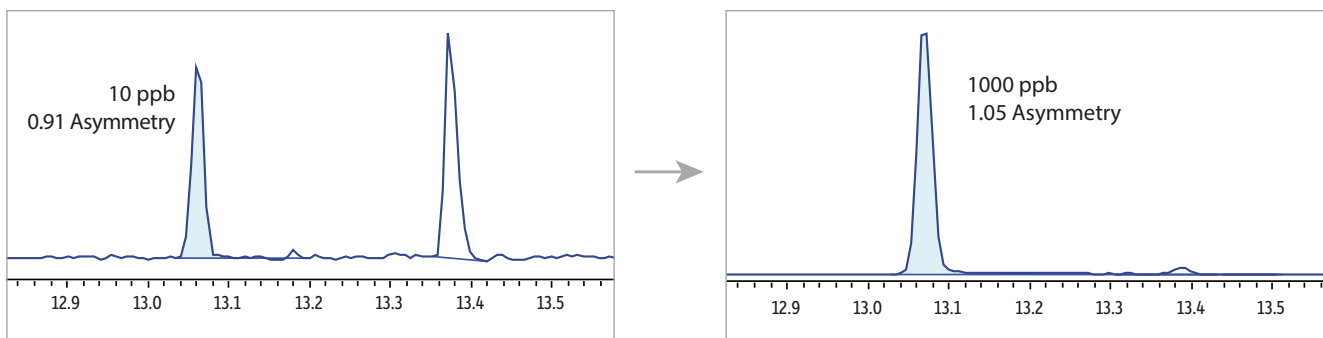
Peaks	ts (min)	Transition 1	Collision energy	Transition 2	Collision energy 2
1. N-Nitrosodimethylamine	3.173	74.00>44.10	6	74.00>42.10	18
2. Pyridine	3.276	79.10>50.10	21	79.10>52.10	15
3. 2-Fluorophenol	4.532	112.00>64.10	18	112.00>92.10	9
4. Phenol	5.514	94.00>66.00	9	66.00>40.00	12
5. Phenol-d5 Surr	5.5	99.00>71.10	12	99.00>69.10	27
6. Aniline	5.554	93.00>66.10	18	93.00>51.10	30
7. Bis(2-chloroethyl) ether	5.619	93.00>63.10	9	95.00>65.00	6
8. 2-Chlorophenol	5.688	128.00>64.00	18	128.00>91.90	15
9. 1,3-Dichlorobenzene	5.863	146.00>111.10	21	146.00>75.20	30
10. 1,4-Dichlorobenzene	5.944	146.00>111.10	21	146.00>75.20	30
11. Benzyl alcohol	6.069	79.00>77.10	12	107.00>79.10	9
12. 1,2-Dichlorobenzene	6.116	146.00>111.10	21	146.00>75.20	30
13. 2-Methylphenol	6.194	108.00>77.00	27	108.00>79.00	18
14. 2,2'-oxybis(1-chloropropane)	6.229	121.05>77.00	9	121.05>45.00	6
15. 3 and 4-Methylphenol	6.369	107.10>77.10	15	107.10>79.10	6
16. N-Nitrosodi-N-propylamine	6.374	130.10>113.10	4	130.10>88.10	4
17. Hexachloroethane	6.511	117.00>81.90	30	119.00>83.80	33
18. Nitrobenzene	6.563	77.05>51.00	21	123.05>77.00	15
19. Nitrobenzene-d5	6.541	82.00>54.10	18	128.00>82.10	18
20. Isophorone	6.846	82.00>54.00	9	138.00>82.00	18
21. 2-Nitrophenol	6.941	139.00>109.10	9	139.00>81.00	12
22. 2,4-Dimethylphenol	6.99	107.00>77.10	18	122.00>107.10	18
23. Benzoic Acid	7.019	122.10>105.10	9	105.10>77.10	15
24. Bis(2-chloroethoxy)methane	7.102	93.00>63.10	9	95.00>65.00	6
25. 2,4-Dichlorophenol	7.223	162.00>63.10	33	164.00>63.10	30
26. 1,2,4-Trichlorobenzene	7.333	180.00>109.00	30	180.00>145.10	18
27. Naphthalene	7.424	128.10>102.10	20	128.10>78.00	20
28. 2,6-Dichlorophenol	7.223	136.00>108.10	27	136.00>134.10	27
29. 4-Chloroaniline	7.484	127.00>65.10	27	127.00>92.10	18
30. Hexachlorobutadiene	7.59	225.00>189.80	21	225.00>155.00	30
31. 4-Chloro-3-methylphenol	8.072	107.00>77.10	18	142.00>107.00	18
32. 2-Methylnaphthalene	8.268	142.10>115.10	28	115.10>89.00	16
33. 1-Methylnaphthalene	8.388	142.10>115.10	28	115.10>89.00	16
34. Hexachlorocyclopentadiene	8.474	237.00>141.00	27	237.00>143.00	27
35. 2,4,6-Trichlorophenol	8.613	196.00>97.00	33	198.00>97.00	30
36. 2,4,5-Trichlorophenol	8.651	196.00>97.00	33	198.00>97.00	30
37. 2-Fluorobiphenyl	8.721	172.00>151.20	27	172.00>146.10	27
38. 2-Chloronaphthalene	8.862	162.00>127.10	18	162.00>77.10	33
39. 2-Nitroaniline	8.979	138.00>92.00	15	138.00>65.10	33
40. 1,4-Dinitrobenzene	9.143	168.00>75.10	30	168.00>92.00	15
41. Dimethylphthalate	9.216	163.00>77.20	15	163.00>133.10	15
42. 1,3-Dinitrobenzene	9.14	168.00>75.00	30	168.00>122.00	12
43. 2,6-Dinitrotoluene	9.281	165.00>90.00	15	165.00>63.10	33
44. Acenaphthylene	9.374	152.10>150.10	28	152.10>126.10	28
45. 3-Nitroaniline	9.484	92.05>65.00	12	138.05>65.00	27
46. Acenaphthene	9.592	152.10>150.10	28	152.10>126.10	28
47. 2,4-Dinitrophenol	9.617	184.05>107.00	12	154.05>107.00	6
48. 4-Nitrophenol	9.689	109.05>81.00	12	109.05>53.10	18
49. 2,4-Dinitrotoluene	9.778	89.05>63.10	18	165.05>119.00	6
50. Dibenzofuran	9.805	168.00>139.10	24	139.00>89.10	21
51. 2,3,5,6-Tetrachlorophenol	9.904	230.00>130.90	36	232.00>132.90	36
52. 2,3,4,6-Tetrachlorophenol	9.958	230.00>130.90	36	232.00>132.90	36
53. Diethylphthalate	10.093	149.00>65.00	30	177.00>149.10	12
54. 4-Chlorophenyl phenyl ether	10.234	141.00>115.20	21	204.00>141.20	21
55. Fluorene	10.23	165.10>163.10	28	165.10>115.10	28
56. 4-Nitroaniline	10.234	138.00>108.10	12	108.00>80.00	12
57. 4,6-Dinitro-2-methylphenol	10.283	198.05>121.00	12	198.05>53.00	27
58. N-Nitrosodiphenylamine (Diphenylamine)	10.376	169.00>167.20	27	168.00>139.00	33
59. Diphenylhydrazine	10.429	77.00>51.20	15	77.00>74.10	39
60. 2,4,6-Tribromophenol	10.524	329.80>141.00	36	331.80>142.90	36
61. 4-Bromophenyl phenyl ether	10.839	250.00>141.10	21	248.00>141.10	18
62. Hexachlorobenzene	10.922	283.80>248.80	24	283.80>213.80	28
63. Pentachlorophenol	11.159	265.90>164.90	26	265.90>166.90	26
64. Phenanthrene	11.421	178.10>176.10	28	178.10>152.10	20
65. Anthracene	11.484	178.10>176.10	28	178.10>152.10	20
66. Carbazole	11.68	167.00>139.20	27	166.00>140.00	18
67. Di-n-butylphthalate	12.131	149.00>93.10	18	149.00>65.10	24
68. Fluoranthene	12.9	202.10>200.10	30	200.10>198.10	30
69. Benzidine	13.062	184.00>156.10	24	184.00>167.10	24
70. Pyrene	13.18	202.10>200.10	30	200.10>198.10	30
71. o-Terphenyl-D14	13.377	244.00>240.10	30	244.00>226.20	18
72. Butylbenzylphthalate	14.012	149.00>65.10	24	149.00>93.10	18
73. Bis(2-ethylhexyl)adipate	14.129	129.00>55.10	21	129.00>101.10	9
74. 3'3'-Dichlorobenzidine	14.769	212.00>180.10	24	212.00>196.20	21
75. Benz[a]anthracene	14.805	228.10>226.10	32	226.10>224.10	32
76. Bis(2-ethylhexyl)phthalate	14.875	149.00>65.10	24	167.00>149.10	15
77. Chrysene	14.861	228.10>226.10	32	226.10>224.10	32
78. Di-n-octylphthalate	16	149.00>65.10	24	149.00>93.20	18
79. Benzo[b]fluoranthene	16.691	252.10>250.10	36	250.10>248.10	36
80. Benzo[k]fluoranthene	16.746	252.10>250.10	36	250.10>248.10	36
81. Benzo[a]pyrene	17.338	252.10>250.10	36	250.10>248.10	36
82. Dibenz[a,j]acridine	19.26	279.00>277.10	33	279.00>250.00	45
83. Indeno[1,2,3-cd]pyrene	19.754	276.10>274.10	36	274.10>272.10	36
84. Dibenz[a,h]anthracene	19.813	278.10>276.10	36	278.10>274.10	60
85. Benzo[g,h,i]perylene	20.339	276.10>274.10	36	274.10>272.10	36

Figure 2: RMX-5Siil MSカラムに施された高効率な不活性化処理によって実現した、酸性化合物（ペンタクロロフェノール）、塩基性化合物（ベンジジン）、および近接溶出するPAHを含む幅広い半揮発性有機化合物における対称性の高いピーク形状

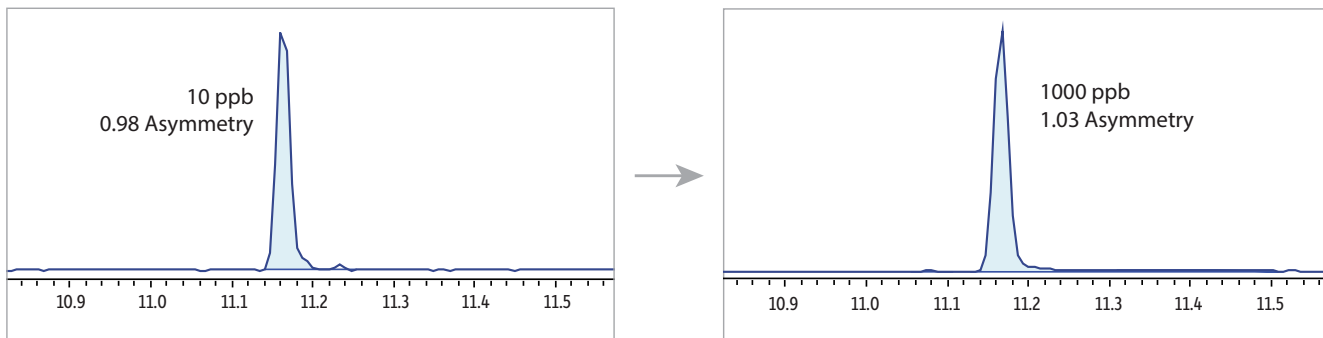
Benzo[b]- and [k]- fluoranthene; 252 --> 250.1 m/z



Benzidine; 184 --> 156.1 m/z



Pentachlorophenol; 265.9 --> 166.9 m/z



Time (min)
GC_EV1535

Column RMX-5Siil MS, 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 µm (cat.# [17323](#))
Injection
 Inj. Vol.: 1 µL split (split ratio 5:1)
 Liner: 3.5 mm Topaz single taper inlet liner w/wool (cat.# [23336](#))
 Inj. Temp.: 275 °C
Oven
 Oven Temp.: 40 °C (hold 1.5 min) to 280 °C at 20 °C/min to 320 °C at 5 °C/min (hold 1 min)
Carrier Gas
 He, constant flow
 Linear Velocity: 39.5 cm/sec @ 40 °C
Detector
 Acquisition Type: SRM/MRM
 Source Temp.: 230 °C
 Transfer Line Temp.: 300 °C
 Analyzer Type: Triple Quadrupole
 Ionization Mode: EI
 Collision Gas: Ar
 Tune Type: PFTBA
 Tune Emission Current: 60 µA
Notes
 Shimadzu Nexis GC-2030 with Shimadzu GCMS-TQ8050 NX ultra-fast mass spectrometer with EI source and UFsweeper high-efficiency collision cell
Acknowledgement
 Shimadzu

Peaks	tr (min)	Transition 1	Collision energy	Transition 2	Collision energy 2
1. Benzidine	13.062	184.00>156.10	24	184.00>167.10	24
2. Benzo[b]fluoranthene	16.691	252.10>250.10	36	250.10>248.10	36
3. Benzo[k]fluoranthene	16.746	252.10>250.10	36	250.10>248.10	36
4. Pentachlorophenol	11.159	265.90>164.90	26	265.90>166.90	26

Table IIに示すように、Shimadzu GC-MS/MSシステムと、高度に不活性化されたRMX-5SiI MS分析カラムの組み合わせにより、幅広い半揮発性有機化合物クラスにおいて、優れた微量レベルの分析感度が得られました。

検量線の相対標準誤差(%RSE)は、すべての化合物で20%以下であり、検量線に関するデータ品質目標を満たしました。また、代表的な半揮発性有機化合物の一部について決定係数(R^2)を評価した結果、評価対象となったすべての化合物で $R^2 \geq 0.99$ が得られました。

すべての半揮発性有機化合物において、検量線範囲は1–1000 ppbまたは10–1000 ppbであり、安息香酸のみ50–1000ppbでした。安息香酸について直線範囲の下限がやや高くなった点は、5系固定相に対する溶解性が低いことから、想定内の結果と考えられます。さらに、装置検出限界(IDL)は、安息香酸(14.70 pg)および2,4-ジニトロフェノール(11.53 pg)を除き、すべての半揮発性有機化合物でピコグラムレベル以下(サブピコグラム)を達成しました。

Table II: RMX-5SiI MSカラムを用いた微量半揮発性有機化合物分析における検量線評価

Compound Name	Retention Time (min)	Calibration Curve %RSE	R^2	Low Point (ppb)	High Point (ppb)	IDL (pg)
N-Nitrosodimethylamine	3.173	16.82		5	1000	2.14
Pyridine	3.276	8.69	0.994	10	1000	3.23
2-Fluorophenol	4.532	15.24		5	1000	0.28
Phenol	5.514	19.25		1	1000	0.70
Phenol-d5	5.5	17.86		1	1000	0.29
Aniline	5.554	9.52	0.993	10	1000	1.43
Bis(2-chloroethyl) ether	5.619	14.33		1	1000	0.42
2-Chlorophenol	5.688	19.78		1	1000	1.28
1,3-Dichlorobenzene	5.863	16.96		1	1000	0.36
1,4-Dichlorobenzene	5.944	17.90		1	1000	0.77
Benzyl alcohol	6.069	17.06		1	1000	0.98
1,2-Dichlorobenzene	6.116	17.32		1	1000	1.13
2-Methylphenol	6.194	19.48		10	1000	1.95
2,2'-oxybis(1-chloropropane)	6.229	19.32		10	1000	4.04
3- and 4-Methylphenol	6.369	19.71		1	1000	1.01
N-Nitrosodi-N-propylamine	6.374	5.38	0.997	10	1000	3.10
Hexachloroethane	6.511	15.67		5	1000	1.36
Nitrobenzene	6.563	12.10	0.996	5	1000	0.81
Nitrobenzene-d5	6.541	17.81		1	1000	0.96
Isophorone	6.846	18.92		1	1000	0.56
2-Nitrophenol	6.941	13.56	0.996	10	1000	1.26
2,4-Dimethylphenol	6.99	19.63		1	1000	0.36
Benzoic acid	7.019	3.84	0.998	50	1000	14.70
Bis(2-chloroethoxy)methane	7.102	14.01		1	1000	0.26
2,4-Dichlorophenol	7.223	18.99		1	1000	0.83
1,2,4-Trichlorobenzene	7.333	10.67		1	1000	0.46
Naphthalene	7.424	8.68		1	1000	0.73
2,6-Dichlorophenol	7.223	18.18		1	1000	0.62
4-Chloroaniline	7.484	13.85	0.998	5	1000	1.34
Hexachlorobutadiene	7.59	13.96		1	1000	0.65
4-Chloro-3-methylphenol	8.072	16.99		1	1000	0.30
2-Methylnaphthalene	8.268	10.57		1	1000	0.63
1-Methylnaphthalene	8.388	18.50		1	1000	0.64
Hexachlorocyclopentadiene	8.474	16.59	0.998	5	1000	2.72
2,4,6-Trichlorophenol	8.613	16.69		5	1000	1.55
2,4,5-Trichlorophenol	8.651	16.98		5	1000	0.76

Table II: (続き)

Compound Name	Retention Time (min)	Calibration Curve %RSE	R ²	Low Point (ppb)	High Point (ppb)	IDL (pg)
2-Fluorobiphenyl	8.721	16.31		1	1000	1.05
2-Chloronaphthalene	8.862	14.23		1	1000	0.43
2-Nitroaniline	8.979	17.82	0.996	10	1000	1.33
1,4-Dinitrobenzene	9.143	12.76	0.996	10	1000	8.63
Dimethylphthalate	9.216	18.60		1	1000	0.60
1,3-Dinitrobenzene	9.14	18.88	0.991	10	1000	6.97
2,6-Dinitrotoluene	9.281	19.86	0.997	5	1000	2.06
Acenaphthylene	9.374	11.73		1	1000	0.37
3-Nitroaniline	9.484	18.30	0.995	10	1000	2.89
Acenaphthene	9.592	9.44	0.991	1	1000	2.61
2,4-Dinitrophenol	9.617	7.79	0.995	10	1000	11.53
4-Nitrophenol	9.689	14.01	0.998	10	1000	4.39
2,4-Dinitrotoluene	9.778	14.84	0.999	10	1000	4.30
Dibenzofuran	9.805	9.94		1	1000	0.38
2,3,5,6-Tetrachlorophenol	9.904	16.86		5	1000	2.37
2,3,4,6-Tetrachlorophenol	9.958	17.72	0.997	5	1000	1.74
Diethylphthalate	10.093	15.97		1	1000	0.67
4-Chlorophenyl phenyl ether	10.234	7.21		1	1000	0.57
Fluorene	10.23	14.54		1	1000	0.37
4-Nitroaniline	10.234	18.81	0.993	10	1000	2.33
4,6-Dinitro-2-methylphenol	10.283	19.99	0.996	10	1000	7.99
N-Nitrosodiphenylamine	10.376	18.03		1	1000	0.53
Diphenylamine	10.376	18.03		1	1000	0.53
Diphenylhydrazine	10.429	14.83		10	1000	3.39
2,4,6-Tribromophenol	10.524	18.55	0.997	5	1000	4.15
4-Bromophenyl phenyl ether	10.839	15.84		1	1000	0.74
Hexachlorobenzene	10.922	12.99		1	1000	0.96
Pentachlorophenol	11.159	16.75	0.997	5	1000	1.14
Phenanthrene	11.421	13.06		1	1000	0.18
Anthracene	11.484	15.30		1	1000	0.92
Carbazole	11.68	14.68		1	1000	0.52
Di-n-butylphthalate	12.131	15.80		5	1000	0.25
Fluoranthene	12.9	10.80		1	1000	0.26
Benzidine	13.062	19.24	0.998	10	1000	1.43
Pyrene	13.18	10.13		1	1000	0.54
o-Terphenyl-D14	13.377	13.45		1	1000	0.62
Butylbenzylphthalate	14.012	15.67		5	1000	0.76
Bis(2-ethylhexyl)adipate	14.129	18.95	0.994	10	1000	1.15
3'3-Dichlorobenzidine	14.769	17.70	0.996	10	1000	1.76
Benz[a]anthracene	14.805	11.61		1	1000	0.38
Bis(2-ethylhexyl)phthalate	14.875	19.67		5	1000	0.58
Chrysene	14.861	8.91		1	1000	0.34
Di-n-octylphthalate	16	18.78	0.998	5	1000	0.49
Benzo[b]fluoranthene	16.691	11.15		1	1000	0.41

Table II: (続き)

Compound Name	Retention Time (min)	Calibration Curve %RSE	R ²	Low Point (ppb)	High Point (ppb)	IDL (pg)
Benzo[k]fluoranthene	16.746	13.09		1	1000	0.50
Benzo[a]pyrene	17.338	12.32		1	1000	0.24
Dibenz[a,j]acridine	19.26	19.92		1	1000	0.60
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	19.754	15.17		1	1000	0.71
Dibenz[a,h]anthracene	19.813	13.06		1	1000	0.56
Benzo[g,h,i]perylene	20.339	10.79		1	1000	0.50

Conclusion | 単一メソッド化を可能にする高不活性

本研究により、RMX-5SiI MSカラムが、GC-MS/MSを用いた微量レベル (1桁 ppb) の半揮発性有機化合物分析に適していることが確認されました。RMX-5SiI MSカラムは、酸性・塩基性・中性といった幅広い化学特性をもつ化合物に対して高い不活性度を示し、優れた検量線直線性を実現しました。特に、活性化合物の分析が困難となる低濃度域においても、ピーク形状および対称性は良好に維持されました。

評価対象化合物のうち、98% がピコグラムレベル以下 (サブピコグラム) の装置検出限界を達成し、検量線範囲は 1、5、または 10 ppb から 1000 ppb で設定可能でした。また、すべての検量線において相対標準誤差 (%RSE) 20% 以下を満たしました。

参考文献

1. U.S. Environmental Protection Agency, Method 8270E, Semivolatile organic compounds by gas chromatography/mass spectrometry, June 2018. https://www.epa.gov/sites/default/files/2020-10/documents/method_8270e_update_vi_06-2018_0.pdf
2. U.S. Environmental Protection Agency, Method 3511 (SW-846), Organic compounds in water by microextraction, July 2014. <https://www.epa.gov/hw-sw846/sw-846-test-method-3511-organic-compounds-water-microextraction>

注目製品

RMX-5SiI 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-5SiI 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
23336	Topaz, Single Taper Inlet Liner, 3.5 mm x 5.0 x 95, for Shimadzu 17A, 2010, 2014, and 2030 GCs, w/Quartz Wool Near Bottom, Premium Deactivation	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!



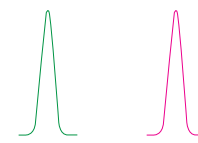
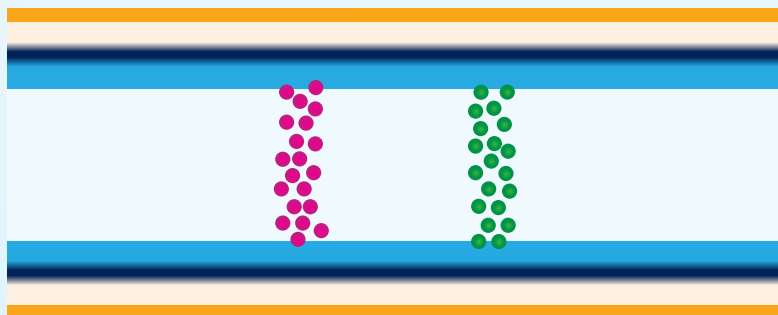


が優れている理由とは？

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。

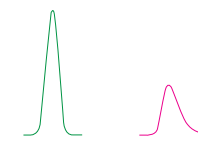
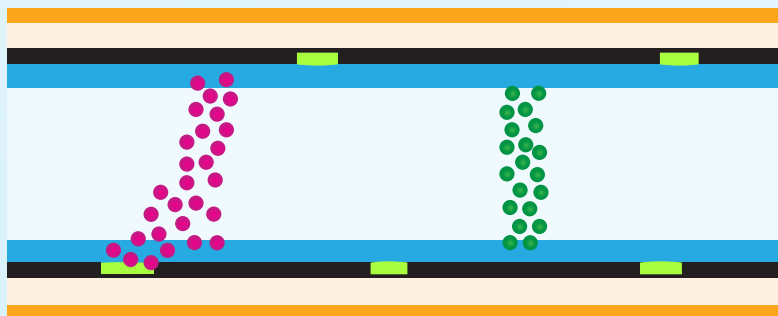


TriMax 不活性化処理あり

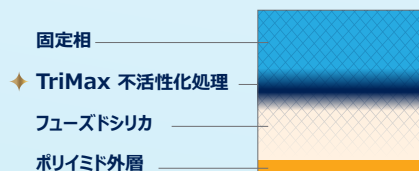


不活性化化合物 活性化化合物

TriMax 不活性化処理なし



不活性化化合物 活性化化合物



- 不活性化化合物：
アルカン, アルケン, アルキンなど
- 活性化化合物：
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.# EVAN5254-JA