

微量レベル半揮発性有機化合物のGC-MS/MS一斉分析法

データ品質維持と検出下限の改善

By Erica Pack, Jason Hoisington, Chris English, Ramkumar Dhandapani, Colton Myers

Key Highlights

- 高い不活性度を実現するTriMax不活性化処理
- 高い不活性度によってピーク形状が改善し、幅広い半揮発性化合物でピコグラムレベルの低濃度定量が容易になります。
- カラム性能の向上により、分析対象化合物の拡張や、試料量・抽出量を抑えた前処理が可能になります。

Abstract | TriMax不活性化処理によるSVOC分析性能評価

本研究では、Restekが開発した独自の新しいコーティング技術であるTriMax不活性化処理を施したRMX-5Sil MSカラムが、半揮発性有機化合物のGC-MS/MS分析に与える影響を評価しました。酸性・塩基性・中性など幅広い化学特性をもつ化合物を対象に、ピークの対称性、検量線の直線性、回収率、再現性を指標として、一般的に使用されている分析用GCカラムを含めた合計4種類のカラムで比較を行いました。

その結果、RMX-5Sil MSカラムは、酸性・塩基性・中性のいずれの半揮発性有機化合物でも安定した性能基準を満たし、特定の化合物群のみで基準を満たした他のカラムとは明確な差が認められました。また、低濃度域においても幅広い化合物で良好なレスポンスが得られました。

これらの結果は、前処理で使用する溶媒量の削減や、酸性・塩基性・中性化合物を単一メソッドで扱う分析手法の構築に寄与する可能性を示しています。さらに、TriMax不活性化処理は、競合カラムで生じた活性部位由来の影響を抑え、定量精度を低下させる要因を効果的に低減することを確認しました。

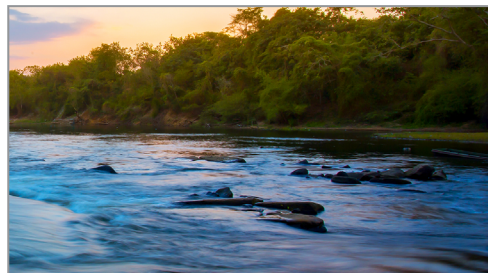
Introduction | SVOC分析の現状とカラム不活性化の重要性

半揮発性有機化合物 (SVOC) は環境中に広く存在するため、人の健康への影響について、世界各国で監視されています。GC-MSやGC-MS/MSはこうした化合物の分析に一般的に用いられており、特にMS/MSを用いた場合、その高い感度により、低濃度域まで安定した測定が可能となっています。

環境分析の現場では、従来より少ない溶媒で処理できる低容量抽出法 (Lower volume extraction methods) が用いられることがあります。低容量抽出法は操作が簡便で、ジクロロメタンなどの溶媒使用量を抑えられる一方、処理する試料量がい小さいため、抽出液に含まれる分析対象物質の総量が従来法より少なくなることがあります。そのため、低濃度域の分析では、より高感度なMS/MS検出が選択される傾向があります。

半揮発性有機化合物は酸性・塩基性・中性など化学特性が多様で、その一部は分析時のサンプル経路に残存する活性部位 (例: シラノール) と相互作用し、低濃度域での安定した検出を難しくする要因となります。このような課題を避けるため、試験室では分析対象化合物に応じてGCカラムを使い分けることがあります。

一般的には“5”系や“5Sil”系の微極性カラムがよく使用されていますが、より低い濃度を測定しようとするほど、こうした“5系タイプ”カラムの製造プロセスに由来するわずかな違いが、分析結果に明確に表れるようになります。中性化合物はカラム表面に残存する活性部位の影響を受けにくい一方、酸性化合物や塩基性化合物は、表面のわずかな違いにも高い感受性を示します。このような背景から、システム適合性試験では塩基性化合物であるベンジジンや、酸性化合物であるペンタクロロフェノールが評価対象に含まれており、より低濃度まで精度の高い検量線が求められる現在、GCカラム表面の活性部位はこれまで以上に厳しく評価されています。



関連製品

- RMX-5Sil MS column 30 m, 0.25 mm ID, 0.25 μ m (cat.# [17323](#))
- Topaz 4 mm Precision inlet liner with wool (cat.# [23267](#))
- Restek electronic leak detector (cat.# [28500](#))
- SVOC MegaMix 150 (cat.# [31907](#))
- GC-MS Tuning Mix (cat.# [31615](#))
- Acid Surrogate Mix (4/89 SOW) (cat.# [31025](#))
- Base Neutral Surrogate Mix (4/89 SOW) (cat.# [31024](#))
- Revised SV Internal Standard Mix (cat.# [31886](#))

そのため、酸性・塩基性・中性の半揮発性有機化合物に対して広く有効な不活性化処理を施したGCカラムが強く求められています。こうしたカラムを用いることで、溶媒使用量の削減、装置性能の維持・改善に加え、複数の化合物クラスを同一メソッドで扱える可能性が高まり、試験室運用の効率向上が期待できます。

本研究では、半揮発性有機化合物の分析で広く使用されている複数のGCカラムと、RMX-5Sil MSカラムの性能を比較しました。RMX-5Sil MSカラムには、TriMax技術を採用した独自のTriMax不活性化処理が施されています。この処理により、ポリマー層が安定して形成され、表面の活性部位が抑制されることで、高い不活性度をもつカラムが実現します。

RMX-5Sil MSカラムは従来型の5silポリマーを使用しているため、5silカラムの直接的な代替として使用できます。一方で、表面が中性に保たれることにより、幅広い化合物でピーク形状と性能が改善され、データ品質要件を満たしながら、より低濃度域まで検量線を設定しやすくなります。

Experimental | 4種類のGCカラム性能比較

Standard and Sample Preparation | 標準溶液およびサンプル調製

酸性・塩基性・中性の半揮発性有機化合物を含む検量線標準溶液は、各化合物の検量線下限値を設定するため、ジクロロメタン中で0.5～5000 ppbの範囲で調製しました。各カラムの評価には、新たに調製した検量線標準溶液を使用しました。さらに、中間レベルでの回収率を確認するため、50 ppbの回収率試験用標準溶液も調製しました。

Instrument Conditions | 分析条件

分析は、RMX-5Sil MS、2種のプレミアム競合カラム、1種の従来型競合カラムの計4種類のGCカラム（いずれも30 m × 0.25 mm ID × 0.25 μm）を用い実施しました。

半揮発性有機化合物の測定にはThermo TRACE 1310 GCとTSQ 8000質量分析計を用い、下記条件で測定を行いました。本検討ではカラム間の比較を公平に行うため、分析条件は統一し、最適化は行っていません。日常の分析では、注入口条件、オープンプログラム、検出器条件を適宜調整することで、より良いクロマトグラフィーが得られる場合があります。最適化した条件を用いた低濃度試験（半揮発性有機化合物150成分）の詳細は文献[1]に示されています

注入量: 1 μL

ライナー: Topaz 4 mm Precision inlet liner with wool (cat.# [23267](#))

注入口条件: 250 °C; 5:1 スプリット; 1.2 mL/min

キャリアーガス: ヘリウム

オープンプログラム: 40 °C (1分保持) → 280 °C (12.4 °C/min) → 315 °C (3.3 °C/min、1分保持)

検出器条件: MS/MS; SRMモード、トランスファーライン 280 °C、イオン源 330 °C (SRMトランジションはFigure 1を参照)

Data Quality Evaluation | 4つの指標によるデータ品質の評価

データ品質の評価は、ピーク対称性 (Peak Asymmetry)、直線性、回収率、再現性を指標として行い、各項目の評価結果はTable Iの基準に基づいて分類しました。ピーク対称性は不活性度の指標として各化合物で評価しました。直線性はR²と%RSDの両方を用いて評価しました。回収率は、検量線の最も低い濃度レベル (LCP) および50 ppb (中間レベル) で測定し、50 ppbにおける回収率の再現性も併せて評価を行いました。

Table I: データ品質の評価基準

	最適範囲	許容範囲	許容範囲外
ピーク対称性	0.9-1.2	0.5-0.9 or 1.2-2	<0.5, >2
直線性 (R ²)	>0.995	0.990-0.995	<0.990
直線性 (%RSD)	<10%	11-20%	>20%
回収率 (LCP)	70-130%	50-69% or 131-200%	<50%, >200%
回収率 (50 ppb)	70-130%	50-69% or 131-200%	<50%, >200%
再現性 (%RSD at 50 ppb)	<10%	11-20%	>20%

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！



Results and Discussion | 結果および考察

Chromatographic Performance | シラノール由来活性とTriMax不活性化処理の効果

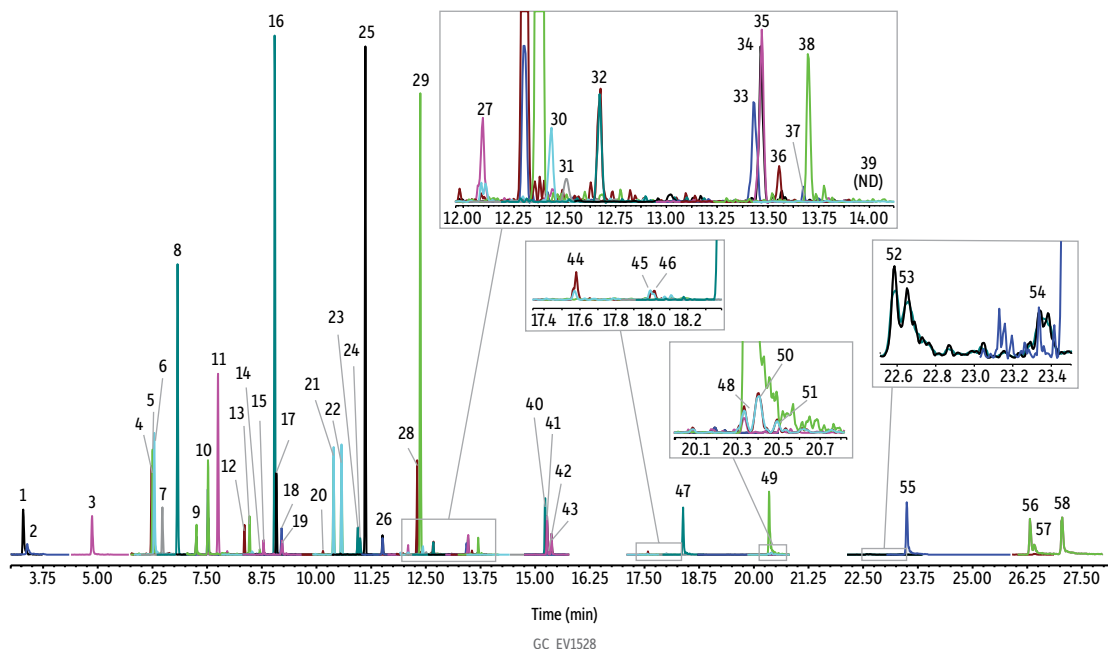
シラノールはGCカラムのフューズドシリカ表面に存在する代表的な活性部位であり、その影響を低減するために、各メーカーはさまざまな不活性化処理を施しています。しかし、不活性化が不十分な場合、分析対象物質がシラノールと相互作用し、固定相からの分配挙動には不均一性や遅延が生じます。その結果、ピークのテーリングが生じ、保持時間のずれや感度低下などの問題を引き起こします。

酸性化合物、特にフェノール類は水素結合を介してシラノールに保持されることがあり、塩基性化合物（例：ベンジジン）は酸塩基相互作用により表面へ吸着する場合があります。半揮発性有機化合物は化学特性が多様で、それぞれが異なる機構・レベルで活性部位と相互作用するため、GCカラムには幅広い化合物に対して安定した不活性度が求められます。

GCカラム表面に残存するシラノールの影響を抑える新たなアプローチとして、Restekは次世代のTriMax不活性化処理を開発しました。このTriMax不活性化処理を適用したのがRMXカラムシリーズです。この処理は、ポリマー層とフューズドシリカ基材によって形成される界面を強化することで、表面シラノールの活性を抑え、分析対象物質との相互作用を防ぎます。

Figure 1に示すように、この処理により、広範な半揮発性有機化合物に対して良好な分離と、シャープで対称性の高いピークが得られました。ここには、2,4-ジニトロフェノール(2,4-DNP)、ペンタクロロフェノール、ベンジジンといった分析が難しいことで知られる化合物も含まれています。

Figure 1: 標準化した比較分析条件下において、RMX-5Sil MSカラムは、幅広い半揮発性有機化合物で優れたピーク形状が得られた（最適化された条件については、150種類の半揮発性有機化合物のメソッド[1]を参照）。



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

Standard/Sample 8270 Calibration mix #1 (cat.# [31618](#))
8270 Calibration mix #2 (cat.# [31619](#))
8270 Calibration mix #5 (cat.# [31995](#))
Base neutral surrogate mix (4/89 SOW) (cat.# [31024](#))
Acid surrogate mix (4/89 SOW) (cat.# [31025](#))
Revised SV internal standard mix (cat.# [31886](#))
Diluent: Dichloromethane
Conc.: 50 ppb (100 ppb internal standards)

Injection 1 µL split (split ratio 5:1)
Liner: Topaz 4.0 mm ID Precision liner w/wool (cat.# [23267](#))
Inj. Temp.: 250 °C
Split Vent Flow Rate: 6 mL/min

Oven

Oven Temp.: 40 °C (hold 1 min) to 280 °C at 12.4 °C/min to 315 °C at 3.3 °C/min (hold 1 min)

Carrier Gas

Flow Rate: He, constant flow

Detector

Acquisition Type: SRM/MRM

Source Temp.: 330 °C

Transfer Line Temp.: 280 °C

Analyzer Type: Triple Quadrupole

Ionization Mode: EI

Collision Gas: Ar

Tune Type: PFTBA

Tune Emission Current: 70 µA

Instrument

Thermo Scientific TSQ 8000 Triple Quadrupole GC-MS

Sample Preparation Standards were combined and diluted to a concentration of 50 ppb with internal standards added at 100 ppb.

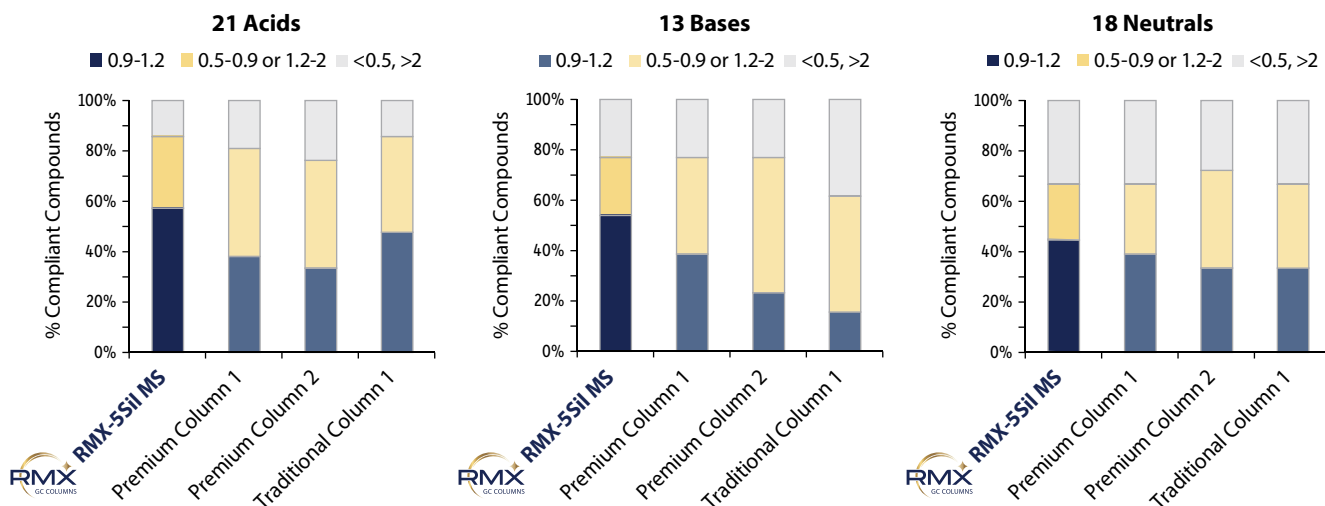
Figure 1: (続き)

Peaks	ta (min)	Conc. (ng/mL)	Mass 1	Product 1	Collision energy 1	Mass 2	Product 2	Collision energy 2
1. N-Nitrosodimethylamine	3.55	50	74	44	6	74	42	16
2. Pyridine	3.59	50	79	51	26	52	26	18
3. 2-Fluorophenol	5.03	50	112	92	6	92	63	14
4. Phenol-d6	6.37	50	99	71	8	99	69	18
5. Phenol	6.40	50	94	66	10	94	65	16
6. Aniline	6.45	50	93	66	10	93	65	20
7. 2-Chlorophenol	6.62	50	128	64	14	128	63	24
8. 1,4-Dichlorobenzene-d4	6.96	100	150	115	14	150	78	26
9. 2-Methylphenol	7.38	50	108	80	8	108	77	24
10. 3- and 4-Methylphenol	7.66	50	70	43	6	107	77	14
11. Nitrobenzene-d5	7.89	50	128	82	12	128	54	28
12. 2-Nitrophenol	8.54	50	139	81	12	139	109	8
13. 2,4-Dimethylphenol	8.61	50	122	107	12	122	77	20
14. Benzoic acid	8.72	50	122	105	8	122	77	20
15. 2,4-Dichlorophenol	8.95	50	162	63	24	162	98	12
16. Naphthalene-d8	9.18	100	136	134	14	136	108	18
17. Naphthalene	9.23	50	128	102	16	129	103	14
18. 4-Chloroaniline	9.35	50	127	100	10	127	65	20
19. 2,6-Dichlorophenol	9.37	50	162	63	24	164	63	26
20. 4-Chloro-3-methylphenol	10.28	50	142	107	12	107	77	12
21. 2-Methylnaphthalene	10.53	50	141	115	16	141	89	30
22. 1-Methylnaphthalene	10.71	50	141	115	16	141	89	30
23. 2,4,6-Trichlorophenol	11.09	50	132	97	10	196	97	24
24. 2,4,5-Trichlorophenol	11.09	50	132	97	10	196	97	24
25. 2-Fluorobiphenyl	11.26	50	172	171	12	172	170	22
26. o-Nitroaniline	11.66	50	138	92	12	138	65	22
27. Acenaphthylene	12.24	50	152	102	26	152	76	36
28. 3-Nitroaniline	12.49	50	138	92	12	138	65	20
29. Acenaphthene-d10	12.53	100	162	160	18	164	162	14
30. Acenaphthene	12.60	50	153	126	36	153	77	38
31. 2,4-Dinitrophenol	12.70	50	184	154	6	154	79	12
32. 4-Nitrophenol	12.90	50	139	109	6	139	81	14
33. 2,3,4,6-Tetrachlorophenol	13.21	50	232	168	12	234	131	24
34. 4-Nitroaniline	13.60	50	138	108	8	138	80	18
35. Fluorene	13.61	50	165	115	24	165	139	26
36. 4,6-Dinitro-2-methylphenol	13.71	50	198	168	6	198	121	10
37. Diphenylamine	13.88	50	169	66	22	170	66	22
38. 2,4,6-Tribromophenol	14.10	50	330	141	36	332	143	34
39. Pentachlorophenol	15.04	50	228	165	14	270	169	22
40. Phenanthrene-d10	15.40	100	188	160	20	184	156	22
41. Phenanthrene	15.46	50	178	152	18	178	151	32
42. Dinoseb	15.49	50	163	116	14	240	211	8
43. Anthracene	15.54	50	178	152	18	177	151	18
44. Fluoranthene	17.78	50	202	176	26	202	152	30
45. Benzidine	18.05	50	184	156	18	184	166	16
46. Pyrene	18.20	50	200	174	22	200	149	34
47. p-Terphenyl-d14	18.57	50	244	242	14	244	240	22
48. 3,3'-Dichlorobenzidine	20.53	50	252	154	26	252	181	22
49. Chrysene-d12	20.55	100	240	238	14	240	236	30
50. Benz[a]anthracene	20.63	50	228	202	22	226	200	28
51. Chrysene	20.63	50	228	202	22	228	201	36
52. Benzo[b]fluoranthene	22.90	50	252	226	22	250	224	24
53. Benzo[k]fluoranthene	22.91	50	252	226	22	250	224	24
54. Benzo[a]pyrene	23.66	50	252	226	22	250	224	26
55. Perylene-d12	23.81	100	264	262	20	264	260	34
56. Indeno[1,2,3-cd]pyrene	26.74	50	276	274	38	276	250	30
57. Dibenzo[a,h]anthracene	26.80	50	139	126	8	139	113	14
58. Benzo[ghi]perylene	27.47	50	276	274	38	138	125	12

半揮発性有機化合物分析に一般的に用いられるカラムとRMX-5Sil MSの不活性度を比較するため、標準化した条件下においてピーク対称性を評価しました。低濃度ではピークがベースラインに埋もれる、また、テーリングにより判定が難しくなるため、ピーク対称性を適切に比較できる中間濃度として50 ppbを選択しました。

Figure 2に示すように、RMX-5Sil MSカラムでは、酸性・塩基性・中性の半揮発性有機化合物において、他のいずれのカラムよりも多くの化合物で性能基準を満たす結果が得られました。特に酸性および塩基性化合物では差が顕著であったことから、単一の分析条件でより多くの化合物を確実に同定・定量できることが示されました。

Figure 2: ピーク対称性評価の比較結果—非常に高不活性なRMX-5Sil MSカラムは、酸性・塩基性・中性の多様な半揮発性有機化合物に対して、理想的なピーク形状を実現



ピーク対称性の改善に加え、**Figure 3**に示すように、特に取り扱いが難しいとされる半揮発性有機化合物の低濃度域においても、RMX-5Sil MSではより明瞭なピーク形状が得られました。RMX-5Sil MSでは、ピリジン、ベンジジン、安息香酸、2,4-ジニトロフェノール、ペンタクロロフェノールといった化合物で、ソフトウェアによる自動積分が容易な信号強度が確認されました。

一方、競合カラムでは一部の化合物で類似した性能が見られたものの、その他の化合物ではピーク形状が大きく損なわれる場合があります。こうした視覚的なピーク形状の違いは、RMXシリーズに採用されたTriMax不活性化処理が、従来の不活性化処理よりも幅広い化合物に対して有効であることを示しています。

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!

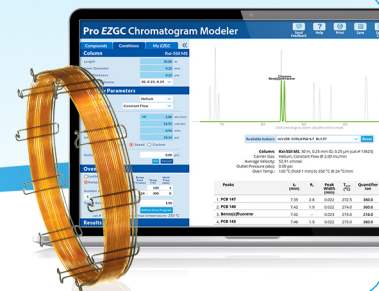
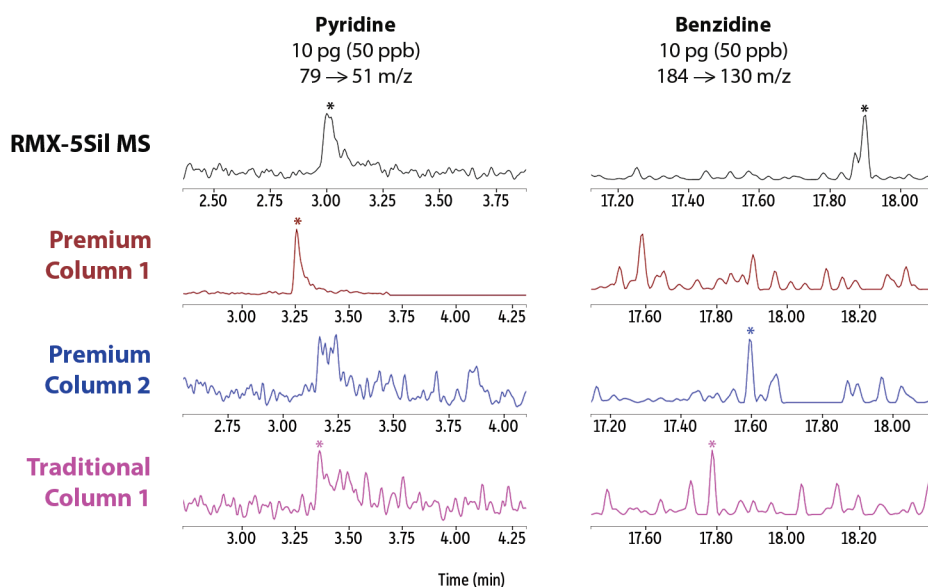
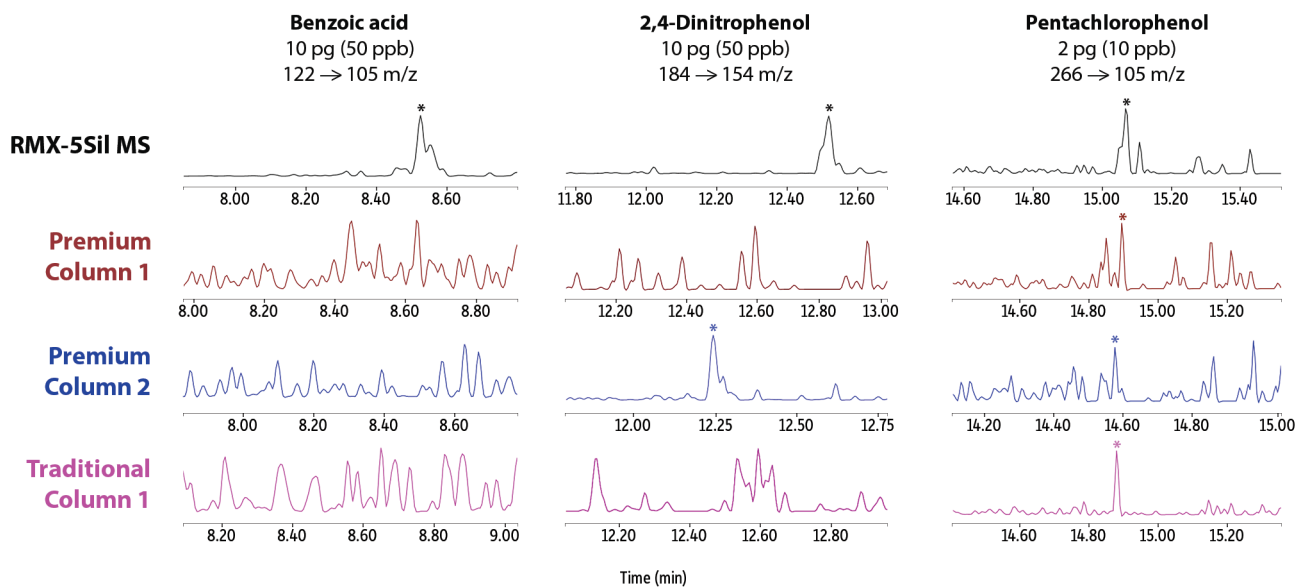


Figure 3: 高度な不活性化処理を施したRMX-5SiI MSカラムは、幅広い化合物に適用可能であり、取り扱いが難しい活性化合物に対して、最も低い検量点において安定した良好なピークシグナルを示した。

塩基性化合物



酸性化合物



Linearity | 検量線直線性とピーク積分精度の評価

ピーク対称性が向上すると積分が安定し、S/N比も改善するため、より低濃度域まで直線性を確保しやすくなります。こうした背景から、本検討ではまずRMX-5SiI MSカラムで直線性が成立する検量線範囲を設定しました。化合物ごとに設定範囲は異なり (Table II)、濃度点数は5～11点、検量線下限値は0.5～100 ppb (オンカラム量として0.1～20 pg) でした。また、検量線の直線性はピーク積分の影響を受けやすいため、カラム比較においては積分条件を統一しました。

ピークがベースラインと区別しにくい、あるいは過度にテーリングが発生した場合、手動での積分が必要となり、分析者の作業負担が増加するだけでなく、積分誤差も発生しやすくなります。検量線には重み付け線形回帰や二次曲線などのモデルを用いることも可能ですが、定量分析では線形モデルが最も理想的です。しかし、線形モデルでは補正の自由度が小さく、積分誤差の影響が直接反映されてしまうため、ピーク積分の精度が特に重要になります (ここで用いる検量線下限値は、分析の検出限界を示すものではありません)。

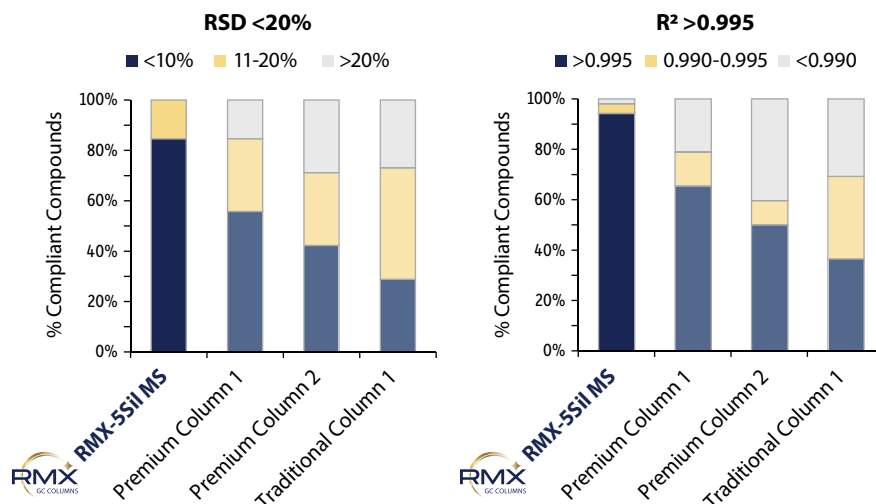
Table II: 半揮発性有機化合物別の検量線範囲および濃度点数

化合物名	下限値 (ppb)	上限値 (ppb)	濃度点数
N-Nitrosodimethylamine	2	1000	8
Pyridine	50	2000	6
2-Fluorophenol	0.5	20	6
Phenol-d6	2	200	6
Phenol	2	200	5
Aniline	2	200	6
2-Chlorophenol	0.5	200	7
2-Methylphenol	5	200	6
3- and 4-Methylphenol	2	1000	8
Nitrobenzene-d5	5	1000	6
2-Nitrophenol	5	200	5
2,4-Dimethylphenol	2	200	6
Benzoic acid	100	2000	5
2,4-Dichlorophenol	2	2000	9
Naphthalene	1	50	5
2,6-Dichlorophenol	1	100	5
4-Chloroaniline	2	200	6
4-Chloro-3-methylphenol	5	2000	8
2-Methylnaphthalene	1	2000	10
1-Methylnaphthalene	1	2000	10
2,4,6-Trichlorophenol	5	1000	7
2,4,5-Trichlorophenol	10	2000	8
2-Fluorobiphenyl	0.5	2000	11
o-Nitroaniline	1	100	6

化合物名	下限値 (ppb)	上限値 (ppb)	濃度点数
Acenaphthylene	5	200	5
3-Nitroaniline	2	100	6
Acenaphthene	5	2000	7
2,4-Dinitrophenol	50	2000	6
4-Nitrophenol	5	2000	8
2,3,4,6-Tetrachlorophenol	10	2000	7
Fluorene	5	2000	9
4-Nitroaniline	2	200	6
4,6-Dinitro-2-methylphenol	5	100	5
Diphenylamine	5	200	5
2,4,6-Tribromophenol	20	2000	7
Pentachlorophenol	10	1000	6
Phenanthrene	1	200	7
Dinoseb	10	200	5
Anthracene	5	200	6
Fluoranthene	10	200	5
Benzidine	50	2000	5
Pyrene	5	100	5
p-Terphenyl-d14	1	200	7
3,3'-Dichlorobenzidine	20	200	5
Benz[a]anthracene	20	500	5
Chrysene	10	1000	5
Benzo[b]fluoranthene	20	1000	5

RMX-5SiI MSカラムで検量線の直線性を確立した後、同一の濃度範囲および積分条件を用いて、各カラムで新たに検量線を作成しました。直線性は、 R^2 (重み付けなし) および応答因子の%RSDにより評価しました。**Figure 4**に示すように、RMX-5SiI MSカラムでは、他のカラムと比較してより多くの半揮発性有機化合物が基準値 ($R^2 > 0.995$, %RSD < 10%) を満たしました。これらの結果は、RMX-5SiI MSが全体としてより良好な検量線の直線性を提供していることを示しており、定量精度および正確さの向上に寄与することが期待されます。

Figure 4: RMX-5Sil MSカラムでは、他のカラムよりも多くの半揮発性有機化合物がデータ品質基準 ($R^2 > 0.995$ 、RSD $< 10\%$) を満たしており、優れた検量線の直線性を示している。



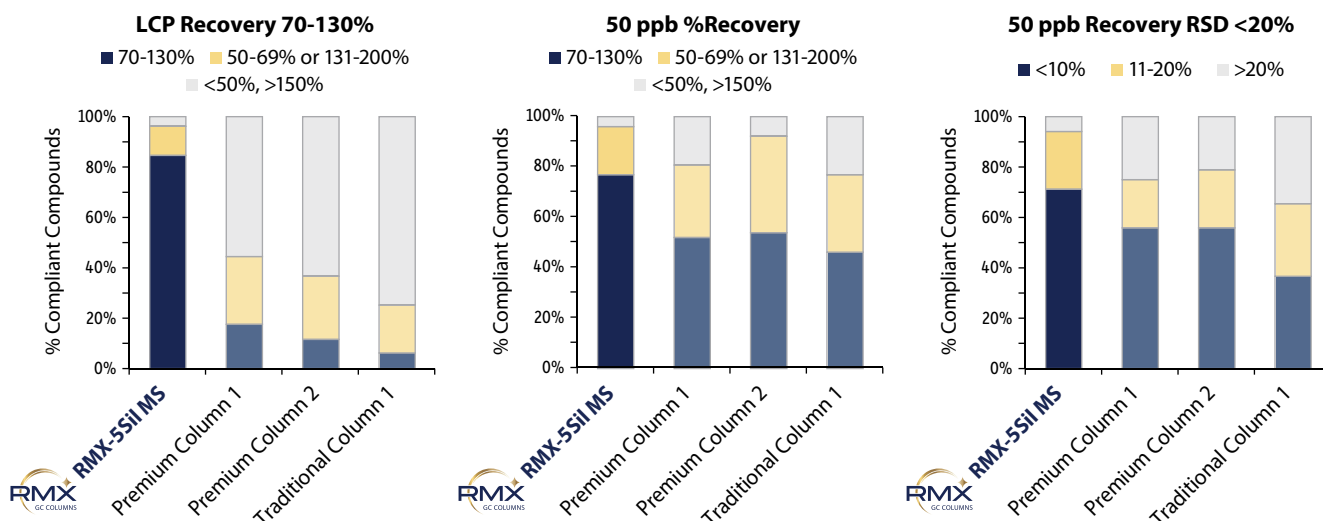
Recovery | 回収率および再現性によるカラム性能評価

カラム選択の影響を評価するため、回収率は検量線下限値 (LCP) と 50 ppb の中間濃度を用いて評価しました。LCP ではピーク形状がベースラインノイズの影響を受けやすく、再現性の評価には適していません。そのため、カラム本来の性能差がより反映される 50 ppb において回収率の再現性を評価しました。

Figure 5 に示すように、LCP における回収率は、他のカラムに比べて RMX-5Sil MS が最も良好な結果を示しました。これは、TriMax 不活性化処理により、微量レベルでのピークレスポンスと積分安定性が向上したためと考えられます。50 ppb の中間濃度では全体として類似した回収率が得られましたが、RMX-5Sil MS では化合物によらず、より一貫した結果が得られました。

回収率の再現性はピーク形状と積分アルゴリズムの関係に大きく影響を受け、微小なピーク形状の違いが積分結果に強く現れることがあります。50 ppb で示された RMX-5Sil MS の高い一貫性は、TriMax 不活性化処理が注入間のばらつきの要因となる表面活性を抑制していることを示しています。

Figure 5: RMX-5Sil MS カラムは、検量線下限値 (LCP) と 50 ppb のいずれにおいても、ほとんどの化合物において回収率 70~130% を達成した。さらに、一貫性も非常に高く、ほとんどの化合物が 50 ppb で RSD $< 10\%$ を達成した。



Conclusion | 半揮発性有機化合物分析におけるRMX-5SiI MSの有用性

5系および5SiI系カラムは半揮発性有機化合物に適した選択性を持ち、広く使用されています。しかし、従来の不活性化処理では活性部位を完全に抑えることは難しく、特に微量分析においては活性部位と相互作用しやすい化合物の分析に課題が生じます。また、分析対象ごとに複数カラムを使い分ける必要がある場合や、品質基準が満たされない場合、ラボの生産性が低下することがあります。

本研究の比較結果から、RMX-5SiI MSに採用されたTriMax不活性化処理は、従来の処理と比べて表面の不活性度が大きく向上し、酸性・塩基性・中性など幅広い化合物クラスに対して高い性能を示すことが明らかになりました。その結果、RMX-5SiI MSカラムでは、他の分析カラムと比較してより多くの半揮発性有機化合物でデータ品質基準を満たしました。さらに、この性能向上により、溶媒使用量の削減や分析法の集約といった運用面での改善につながる可能性が示されました。

References 参考文献

1. E. Pack, C. English, R. Dhandapani, and C. Myers, [半揮発性有機化合物の分析対象成分拡張と効率化](#), Application note, EV-FA5253-JA, Restek Corporation, 2025.

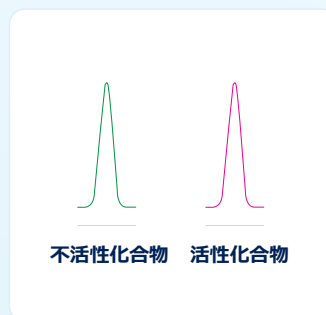
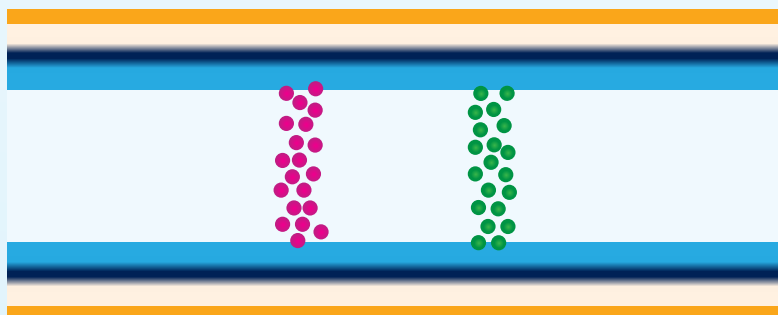


が優れている理由とは？

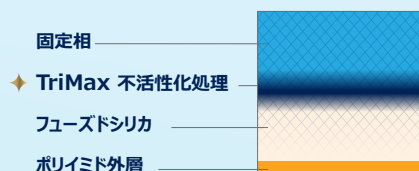
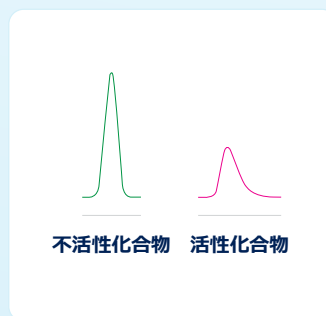
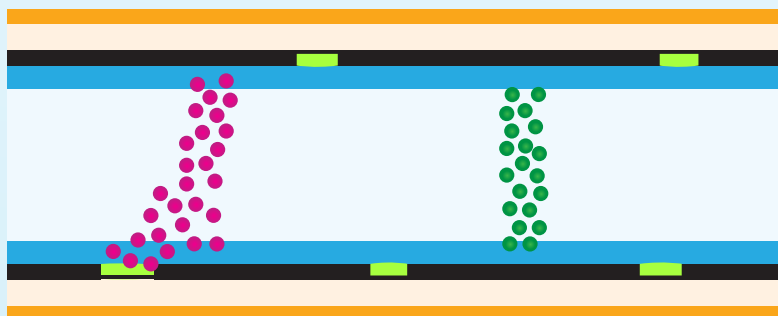
高い効果を発揮するTriMax不活性化処理が、不要な表面相互作用から化合物を保護し、幅広い化合物に対してピーク形状と感度を大きく向上させます。



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カラムに関する
最新情報はこちらから！





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 Precision注入口ライナー



カタログ番号	製品名	入数単位
23267	Topaz, Precision Inlet Liner, 4.0 mm x 6.3 x 78.5, for Thermo TRACE 1300/1310, 1600/1610 GCs w/SSL Inlets, 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

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!



SVOC MegaMix 150 Kit, 1 mL/ampul; 6 ampuls/kit

1 アンプルあたりに含まれる内容

カタログ番号 31850: 8270 MegaMix

1000 µg/mL each in methylene chloride (3-methylphenol and 4-methylphenol at 500 µg/mL), 1 mL/ampul

Acenaphthene (83-32-9)
Acenaphthylene (208-96-8)
Aniline (62-53-3)
Anthracene (120-12-7)
Azobenzene (103-33-3)*
Benz[a]anthracene (56-55-3)
Benzo[a]pyrene (50-32-8)
Benzo[b]fluoranthene (205-99-2)
Benzo[g,h,i]perylene (191-24-2)
Benzo[k]fluoranthene (207-08-9)
Benzyl alcohol (100-51-6)
Benzyl butyl phthalate (85-68-7)
Bis(2-chloroethoxy)methane (111-91-1)
Bis(2-chloroethyl)ether (111-44-4)
Bis(2-ethylhexyl)adipate (103-23-1)
Bis(2-ethylhexyl)phthalate (117-81-7)
4-Bromophenyl phenyl ether (101-55-3)
Carbazole (86-74-8)
4-Chloroaniline (106-47-8)
4-Chloro-3-methylphenol (59-50-7)
2-Chloronaphthalene (91-58-7)
2-Chlorophenol (95-57-8)
4-Chlorophenyl phenyl ether (7005-72-3)
Chrysene (218-01-9)
Dibenz[a,h]anthracene (53-70-3)
Dibenzofuran (132-64-9)
1,2-Dichlorobenzene (95-50-1)
1,3-Dichlorobenzene (54-1-73-1)
1,4-Dichlorobenzene (106-46-7)
2,4-Dichlorophenol (120-83-2)
Diethylphthalate (84-66-2)
2,4-Dimethylphenol (105-67-9)
Dimethylphthalate (131-11-3)
Di-n-butyl phthalate (84-74-2)
1,2-Dinitrobenzene (528-29-0)
1,3-Dinitrobenzene (99-65-0)
1,4-Dinitrobenzene (100-25-4)
4,6-Dinitro-2-methylphenol (Dinitro-o-cresol) (534-52-1)
2,4-Dinitrophenol (51-28-5)
2,4-Dinitrotoluene (121-14-2)
2,6-Dinitrotoluene (606-20-2)
Di-n-octyl phthalate (117-84-0)
Diphenylamine (122-39-4)†
Fluoranthene (206-44-0)
Fluorene (86-73-7)
Hexachlorobenzene (118-74-1)
Hexachlorobutadiene (87-68-3)
Hexachlorocyclopentadiene (77-47-4)
Hexachloroethane (67-72-1)
Indeno[1,2,3-cd]pyrene (193-39-5)
Isophorone (78-59-1)
1-Methylnaphthalene (90-12-0)
2-Methylnaphthalene (91-57-6)
2-Methylphenol (o-cresol) (95-48-7)
3-Methylphenol (m-cresol) (108-39-4)
4-Methylphenol (p-cresol) (106-44-5)
Naphthalene (91-20-3)
2-Nitroaniline (88-74-4)
3-Nitroaniline (99-09-2)

4-Nitroaniline (100-01-6)
Nitrobenzene (98-95-3)
2-Nitrophenol (88-75-5)
4-Nitrophenol (100-02-7)
N-Nitrosodimethylamine (62-75-9)
N-Nitroso-di-n-propylamine (621-64-7)
2,2'-Oxybis(1-chloropropane) (108-60-1)
Pentachlorophenol (87-86-5)
Phenanthrene (85-01-8)
Phenol (108-95-2)
Pyrene (129-00-0)
Pyridine (110-86-1)
2,3,4,6-Tetrachlorophenol (58-90-2)
2,3,5,6-Tetrachlorophenol (935-95-5)
1,2,4-Trichlorobenzene (120-82-1)
2,4,5-Trichlorophenol (95-95-4)
2,4,6-Trichlorophenol (88-06-2)

カタログ番号 31909: SVOC Additions

1000 µg/mL each in methylene chloride, 1 mL/ampul

Acrylamide (79-06-1)
Benzidine (92-87-5)
n-Decane (C10) (124-18-5)
Dibenz(a,h)acridine (226-36-8)
2,3-Dichloroaniline (608-27-5)
3,3'-Dichlorobenzidine (91-94-1)
Dimethoate (60-51-5)
Dinoseb (88-85-7)
Disulfoton (298-04-4)
Famphur (52-85-7)
n-Hexadecane (C16) (544-76-3)
Indene (95-13-6)
Methyl parathion (298-00-0)
6-Methylchrysene (1705-85-7)
4,4'-Methylene-bis(2-chloroaniline) (101-14-4)
n-Octadecane (C18) (593-45-3)
Parathion (ethyl parathion) (56-38-2)
Phorate (298-02-2)
Quinoline (91-22-5)
Sulfotepp (3689-24-5)
α-Terpineol (98-55-5)
o,o,o-Triethyl phosphorothioate (126-68-1)
Zalophus (thionazine) (297-97-2)

カタログ番号 32459: Appendix IX mix #1, revised

2000 µg/mL each in methylene chloride, 1 mL/ampul

2-Acetylaminofluorene (53-96-3)
4-Aminobiphenyl (92-67-1)
p-Dimethylaminoazobenzene (60-11-7)
3,3'-Dimethylbenzidine (o-tolidine) (119-93-7)
α,α-Dimethylphenethylamine (phentermine) (122-09-8)
1-Naphthylamine (1-aminonaphthalene) (134-32-7)
2-Naphthylamine (2-aminonaphthalene) (91-59-8)
N-Nitrosodibutylamine (924-16-3)
N-Nitrosodiethylamine (55-18-5)
N-Nitrosomethylethylamine (10595-95-6)
N-Nitrosomorpholine (59-89-2)
N-Nitrosopiperidine (100-75-4)
N-Nitrosopyrrolidine (930-55-2)
5-Nitro-o-tolidine (99-55-8)
1,4-Phenylenediamine (106-50-3)
2-Picoline (109-06-8)
o-Tolidine (95-53-4)

カタログ番号 32460: Methapyrilene

2000 µg/mL in methylene chloride, 1 mL/ampul
Methapyrilene hydrochloride (135-23-9)

カタログ番号 31806: Appendix IX mix #2

1000 µg/mL each in methylene chloride, 1 mL/ampul

Acetophenone (98-86-2)
Aramite (140-57-8)
Atrazine (1912-24-9)
Benzaldehyde (100-52-7)
Biphenyl (92-52-4)
ε-Caprolactam (105-60-2)
Chlorobenzilate (510-15-6)
1-Chloronaphthalene (90-13-1)
Diallate (2303-16-4)
Dibenz[a,j]acridine (224-42-0)
2,6-Dichlorophenol (87-65-0)
7,12-Dimethylbenz[a]anthracene (57-97-6)
1,4-Dioxane (123-91-1)
Diphenyl ether (101-84-8)
Ethyl methacrylate (97-63-2)
Ethyl methanesulfonate (62-50-0)
Hexachloropropene (1888-71-7)
Isodrin (465-73-6)
Isosafrole (cis & trans) (120-58-1)
Kepone (143-50-0)
3-Methylcholanthrene (56-49-5)
Methyl methanesulfonate (66-27-3)
1,4-Naphthoquinone (130-15-4)
4-Nitroquinoline-N-oxide (56-57-5)
Pentachlorobenzene (608-93-5)
Pentachloroethane (76-01-7)
Pentachloronitrobenzene (Quintozone) (82-68-8)
Phenacetin (62-44-2)
Propylamide (23950-58-5)
Safrole (94-59-7)
1,2,4,5-Tetrachlorobenzene (95-94-3)
1,3,5-Trinitrobenzene (99-35-4)

カタログ番号 31879: Benzoic acid

2000 µg/mL in methylene chloride, 1 mL/ampul
Benzoic acid (65-85-0)

*1,2-ジフェニルヒドラジン(8270収載分析種)は、注入口内でアゾベンジン(混合成分)に分解されます。
†N-ニトロソジフェニルアミンは反応性が高く、混合物中の他成分の早期分解を誘発する可能性があります。そのため、本混合物の調製にはジフェニルアミンが使用されています。



カタログ番号

31907

入数単位

kit



GC-MS Tuning Mix

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

カタログ番号	内容	入数単位
31615	Benzidine (92-87-5)	1.
	4,4'-DDT (50-29-3)	
	DFTPP (decafluorotriphenylphosphine) (5074-71-5)	
	Pentachlorophenol (87-86-5)	

Acid Surrogate Mix (4/89 SOW)

2000 µg/mL, Methanol, 1 mL/ampul

カタログ番号	内容	入数単位
31025	2-Fluorophenol (367-12-4)	1
	Phenol-d6 (13127-88-3)	
	2,4,6-Tribromophenol (118-79-6)	

Base Neutral Surrogate Mix (4/89 SOW)

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

カタログ番号	内容	入数単位
31024	2-Fluorobiphenyl (321-60-8)	1
	Nitrobenzene-d5 (4165-60-0)	
	p-Terphenyl-d14 (1718-51-0)	

Revised SV Internal Standard Mix

4000 µg/mL, Methylene Chloride, 1 mL/ampul

カタログ番号	内容	入数単位
31886	Acenaphthene-d10 (15067-26-2)	1
	Naphthalene-d8 (1146-65-2)	
	Chrysene-d12 (1719-03-5)	
	Perylene-d12 (1520-96-3)	
	Phenanthrene-d10 (1517-22-2)	
	1,4-Dichlorobenzene-d4 (3855-82-1)	
	1,4-Dioxane-d8 (17647-74-4)	



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.# EVAN4920-JA