

Technical Report

Shim-pack™ Series 逆相カラムの分離特性 Phenyl / PFPP 編 CoreFocus

新保友章¹、杉野朝葉¹

Abstract:

HPLCの分離モードの中で最も良く用いられるモードは逆相クロマトグラフィー（以下、逆相モード）です。逆相モードは疎水的相互作用が支配的なモードで、対象となり得る化合物の多様さにより、世の中のHPLC分析の大半が逆相モードで行われているとされています。Technical Report「Shim-pack 逆相カラムシリーズの分離特性 逆相カラム C18 / C8 / C4 編」（C190-0570）では主に逆相カラムの選択において第1選択群であるC18といった炭素鎖を修飾させたカラムを中心に分離特性について解説しました。本稿では、逆相カラム選択において第2、第3選択群とされるPhenyl・PFPPを修飾させたカラムを中心に分離特性を解説し、Shim-packシリーズ内におけるカラムの使い分けについて紹介します。

Keywords: Shim-pack Series、逆相クロマトグラフィー、C18、ODS、C8、C4、Phenyl、Phenyl-Hexyl、Biphenyl、PFPP (PFP、F5)、Pentafluorophenylpropyl、Tanaka Test

1. はじめに

逆相モードに用いられるカラムについて

Technical Report「Shim-pack 逆相カラムシリーズの分離特性 逆相カラム C18/C8/C4 編（C190-0570）」1-1. 逆相モードについてで紹介したように、逆相モードはHPLCの分離様式の中で最もよく用いられます。逆相モードで用いられるカラムを逆相カラムと呼称し、ポリマー・シリカ・有機シリカといった基材に炭素鎖等を化学修飾した充填剤を用います。

逆相カラムの基材に化学修飾される官能基は以下に挙げられます。

- ・C30 ・C1
- ・C18 ・Phenyl
- ・C8 ・PFPP (Pentafluorophenylpropyl)
- ・C4 など

このうち、最も使用される逆相カラムはC18カラムです。C18カラムは炭素Cを18個連結させた炭素鎖を基材に化学修飾させたカラムです。なお、シリカ・有機シリカ基材にオクタデシルシリル基（Octa Decyl Silyl = ODS、C18基）を修飾したカラムをODSカラムとも呼称し、逆相モードで最も多く使用されます。一方、C18のカラムでは分離が難しい場合、第2・3選択群の逆相カラムを使用します。

今回取り上げるPhenyl系・PFPP系のカラムは第2・3選択群に属する逆相カラムとして、C18カラムでは分離達成が難しい時やC18カラムを用いて得られる分離を大きく変えたい時に有効な場合があります。逆相カラムの官能基ごとの分離挙動はFigure 1に示すように様々です。炭素鎖長の異なるC18、C8、C4の官能基を比較すると、炭素鎖長が短いほど疎水性化合物の保持時間が短くなります。一方、Phenyl系やPFPP系のクロマトグラムは化合物の溶出順序が変わっているなど、C18カラムのクロマトグラムと比較して大きく異なることが分かります。

Phenyl系・PFPP系カラムは逆相カラムとして使用頻度の高いC18カラムとは異なった相互作用を示すため、C18カラムで得られる分離とは異なる分離パターンを得たい場合に有効なカラムです。今回C18カラムを評価する方法¹⁾を用いて、Shim-packのC18カラム類をはじめとして、Phenyl系・PFPP系カラムについても一律に評価しました。本稿では、逆相カラムの中でもShim-packにラインアップされているPhenyl系・PFPP系カラムの分離選択性の違いを示した上で、C18カラムと比較した際の各カラムの使い分けや特徴について紹介します。

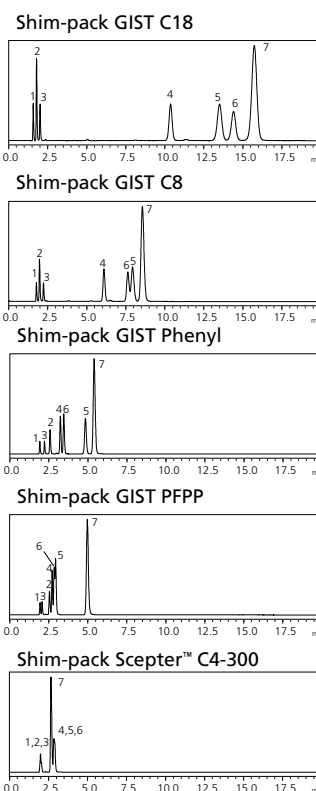


Figure 1: 逆相カラム各官能基による分離挙動の違い例

1 分析計測事業部

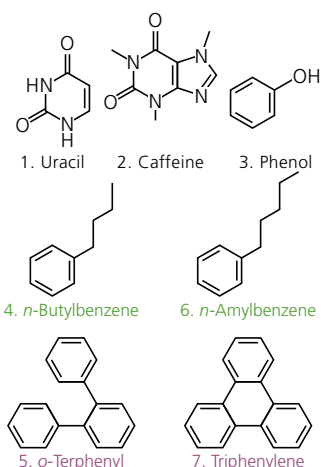


Figure 2: Figure 1 の分析に使用した化合物の構造式について
(分析条件は Table 1 と同条件)

2. 試験条件と評価指標

試験条件は Table 1 に示した“Tanaka Test 法”と呼ばれる逆相 C18 カラムの比較評価法を参考に実施しました。¹⁾

Table 1: 分析条件

System	: Nexera™ X2
Column	: 150 mm × 4.6 mm I.D., 5 μm
Mobile phase	: (1) Water / Methanol = 20 : 80 (2) Water / Methanol = 70 : 30
Flow Rate	: 1.0 mL/min
Column Temp.	: 40 °C
Injection vol.	: 1 μL
Detection	: 254 nm
Sample	: 1. Uracil 2. Caffeine 3. Phenol 4. <i>n</i> -Butylbenzene 5. <i>o</i> -Terphenyl 6. <i>n</i> -Amylbenzene 7. Triphenylene
Vial	: TORAST™ Vial * (島津ジーエルシー社製)

* P/N : GLCTV-801 (バイアル瓶) + GLCTV-803 (キャップ)

前稿 (C190-0570) 同様、今回実施した“Tanaka Test 法”では各カラムに対して4つのステータスを算出しました。それぞれのステータスの基本的な特徴については Table 2 に示します。なお、各化合物の保持係数 k は Uracil の保持を t_0 とした時の各化合物の保持時間 t から算出しました。

Table 2: “Tanaka Test 法”によるステータスの解説

ステータス	指標	移動相条件	解説
疎水性保持力	k 6.Amylbenzene	Mobile phase (1) (参照 Table 1)	疎水性化合物に対する保持力の強さを示す
疎水性差認識能	k 6.Amylbenzene / k 4.Butylbenzene	Mobile phase (1) (参照 Table 1)	化合物同士の疎水性差を認識する能力の高さを示す
構造認識能	k 7.Triphenylene / k 5.o-Terphenyl	Mobile phase (1) (参照 Table 1)	平面構造と立体構造の差を認識する能力の高さを示す
水素結合認識能	k 2.Caffeine / k 3.Phenol	Mobile phase (2) (参照 Table 1)	水素結合に対する認識能の高さを示す

これらステータスについての注意点と一般的な解釈を以下に示します。注意点として、“Tanaka Test 法”を参考にした Table 1 分析条件は一般的に C18 カラムの評価方法に用いられています。また、各ステータスは各カラムの一般的な特徴を示しており、用いる化合物や移動相条件などの分析条件によっては、化合物とカラムとの相互作用の強さは変わるため、どの分析にも共通して発現する特徴ではありません。

■疎水性保持力：

疎水性化合物に対する保持力の強さを示します。特に水とメタノール条件での低分子の疎水性化合物の保持力の強さを示します。一般的に疎水性化合物に対する保持力の強さはカラムに含まれる炭素量と比表面積が関係していると言われています。しかし、アセトニトリルといった π 電子を有する移動相を使用するとカラムと化合物の相互作用が変わり、カラムや化合物の種類によっては保持力が大きく変わる場合があります。また、PFPP 系カラムは C18 カラムよりも塩基性化合物の保持が強いケースもあり、他カラムと比較して相対的に疎水性保持力の値が高くとも化合物種によっては実際の保持が弱くなる場合もあります。PFPP 系カラムの塩基性化合物保持の詳細は本稿 4-3 項を参照ください。

■疎水性差認識能：

化合物同士の疎水性差を認識する能力の高さを示します。疎水性差認識能が高いカラムほど、Amylbenzene と Butylbenzene の溶出時間に差が表れます。特に水とメタノール条件での低分子領域の疎水性化合物の疎水性差認識の高さを示します。疎水性差認識能の高さはカラムの炭素鎖の長さや官能基量等も関係しています。

■構造認識能：

平面構造と立体構造の差を認識する能力の高さを示します。*o*-Terphenyl と Triphenylene の溶出時間に差が表れるほど、構造認識能が高くなります。一般的に官能基の結合密度や官能基の結合処理方法などが影響します。例えば、オクタデシル基を密度高く導入したタイプのカラムでは平面構造を持つ Triphenylene が炭素鎖の間に入り保持が強くなる一方で、立体構造を持ち、かさ高い構造を持つ *o*-Terphenyl では炭素鎖の間に入りにくく、相対的に保持が弱くなります。²⁾

■水素結合認識能：

水素結合に対する認識能の高さを示します。シリカ基材や有機シリカ基材の逆相カラムにおいて、残存シラノール基の影響が少ないカラムほど水素結合認識能が低い傾向にあります。そのため、エンドキャッピング処理を施していない逆相カラムでは値が高い傾向があります。なお、本稿における水素結合認識能の値の高さは親水性化合物の保持力の強さと必ずしも相関があるわけではありません。

本稿P.5以降では各カラムの特性として、これら4つのステータスを基にスパイダーチャートを示しています。なお、本スパイダーチャートはShim-packにラインアップされている逆相カラムのうち30種類以上のカラムの試験結果から算出しています。

このスパイダーチャートの解釈で注意したい点は“スパイダーチャートで占める面積の大きさが必ずしもそのカラムの性能の高さを示している訳ではない”という点です。例えば、スパイダーチャートで占める面積が大きいほど、様々な相互作用が分離に影響を与えやすくなります。したがって、カラムの各ステータスが全て高いからといって良好な分離が達成できるとは限らず、かえって分離挙動の予測が難しくなることもあり、得たい分離が得られない場合があります。

本稿で示す各ステータスやスパイダーチャートは必ずしも全てのアプリケーションにて発揮される特性ではなく、カラム特性の一つとしてご参照ください。

3. Shim-pack Phenyl系・PFPP系カラムの概要と“Tanaka Test 法”の結果について

本項では、Shim-pack Phenyl系・PFPP系カラムの概要と“Tanaka Test 法”の結果について紹介します。なお、Table 5にShim-pack 逆相カラムの仕様を示します。

3-1. Shim-pack Phenyl系・PFPP系カラムの概要

Shim-packにラインアップされているPhenyl系・PFPP系カラムを中心に、C18カラムと比較した際のPhenyl系・PFPP系カラムの概要を説明します。

3-1-1. Shim-pack Phenyl系カラムについて

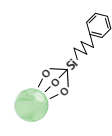
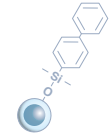
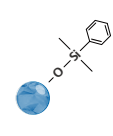
Phenyl系のカラムはPhenyl基固定相の違いによっていくつかタイプが分かります。Shim-packカラムのラインアップにある中から、タイプ別にTable 3に示します。

Phenyl系カラムがC18カラムと比較して分離選択性が異なる理由として、Phenyl基が有する π 電子に起因すると言われて²⁾います。そのため π 電子をもつPhenyl系カラムは化合物と π - π 相互作用の他、複数の相互作用を示し、C18カラムと比較して大きく分離挙動が変わります。²⁾⁻⁵⁾こうした特徴により、Phenyl系カラムはC18カラムと比較して下記のような特徴があります。

- 共役系の長い化合物の分離に有効
- 芳香族化合物の分離に有効
- 異性体の分離に有効

Shim-packのPhenyl系カラムの中でも特にShim-pack Velox™ Biphenylが π - π 相互作用の働きが強いカラムです。

Table 3: Shim-pack 逆相 Phenyl 系カラムのタイプ違いについて

固定相イメージ			
	例) Shim-pack Scepter Phenyl-120	例) Shim-pack Velox Biphenyl	例) Shim-pack GIST Phenyl
種類名	Alkyl phenyl type	Biphenyl type	Direct phenyl type
特徴	炭素鎖が結合した Phenyl カラム	Biphenyl基が結合したカラム	カラム充填剤にPhenyl基がダイレクトにしているカラム
C18と比較した疎水性保持力の強さ	ある程度弱い	ある程度弱い	弱い
C18と比較した π - π 相互作用の強さ	ある程度強い	強い	強い
対象 Shim-pack カラム	<ul style="list-style-type: none"> • Shim-pack VP Phenyl (Phenyl-propyl) • Shim-pack Scepter Phenyl-120 (Phenyl-butyl) • Shim-pack GIST Phenyl-Hexyl (Phenyl-hexyl) 	Shim-pack Velox Biphenyl	Shim-pack GIST Phenyl

3-1-2. Shim-pack PFPP 系カラムについて

Shim-packにラインアップしているPFPP系カラムは3種類あり、いずれもフッ素化フェニルであるPentafluorophenylpropyl基 (PFPP) を基材に修飾したカラムです。

Shim-packシリーズにラインアップしている3種のPFPP系カラムをTable 4に示します。PFPP系カラムは電気陰性度の大きいフッ素原子の存在により、固定相に電荷の偏りが生じます⁶⁾⁻⁷⁾。PFPP系カラムでは化合物に対して双極子間相互作用他、双極子-イオン相互作用、フェニル基のもつ π - π 相互作用、水素結合作用など様々な相互作用が働きます⁶⁾⁻⁷⁾。そのため、分離挙動を把握するのが難しい逆相カラム固定相種の一つです。双極子モーメントを認識する傾向があり、C18では分離の難しい異性体の良好な分離を達成できる場合があります。Shim-packのPFPP系カラム3種のうち、Shim-pack GIST PFPPはエンドキャッピング処理を施している一方で、他2種のカラムはエンドキャッピング処理を施していないカラムです。

エンドキャッピング処理を施していないPFPPカラムはより双極子間相互作用や双極子-イオン相互作用が強まったカラムです。例えば、塩基性化合物などのカチオン性の試料や正に分極している試料において、エンドキャッピングを施していないタイプのカラムの方が、保持が強くなる傾向にあります。⁸⁾⁻¹¹⁾

PFPP系カラムはC18カラムと比較して下記のような特徴があります。

- C18カラムでは保持の難しい塩基性化合物の保持向上
- 芳香族化合物の分離に有効
- ハロゲン化合物の分離に有効
- 異性体の分離に有効

Table 4: Shim-pack 逆相 PFPP 系カラムについて

固定相イメージ			
カラム名	Shim-pack Scepter PFPP-120	Shim-pack Velox PFPP	Shim-pack GIST PFPP
C18と比較した疎水性保持力の強さ	弱い	弱い	弱い
基材	全多孔性有機シリカ	表面多孔性シリカ (コアシェルシリカ)	全多孔性シリカ
エンドキャッピング処理をしているか	No	No	Yes

3-2. Shim-pack Phenyl系・PFPP系カラムの“Tanaka Test 法”の結果について

本項では、Shim-pack逆相カラムの“Tanaka Test法”の結果と各カラムの特徴を紹介します。なお、Table 5にShim-pack逆相カラムの仕様を示します。

P.5以降に、各カラムにおけるMobile phase (1) 条件でのクロマトグラムと4種ステータスのスパイダーチャートを示します。

全体的にC18カラムと比較して、Phenyl系・PFPP系カラムは炭素含有量が低いため、疎水性保持力と疎水性差認識能が低い傾向にあります。ただし、単純な疎水特性がC18カラムと比較して低くとも、共役系の長い化合物の保持に優れるPhenyl系カラムや塩基性化合物の保持に優れるPFPP系カラムといったように、化合物の特性によってはC18カラムよりも保持・分離に優れる場合があります。

本スパイダーチャートで表現されない他特長については、各カラムのスパイダーチャートの横に記載します。

Table 5: Shim-pack 逆相カラムの仕様一覧

カラム充填剤基材	カラムシリーズ名	官能基	粒子径 (μm)	細孔径 (Å)	表面積 (m ² /g)	炭素含有量 (%)	エンドキャップ処理がされているか	使用可能 pH 範囲	100%水系移動相条件下で使用可能か
全多孔性有機シリカ	Shim-pack Scepter	C18-120	1.9, 3, 5	120	360	20*	Yes	1-12	○
		C18-300	1.9, 3, 5	300	N.D.	N.D.	Yes	1-12	○
		HD-C18-80	1.9, 3, 5	80	430	25*	Yes	1-12	
		C8-120	1.9, 3, 5	120	360	17*	Yes	1-12	
		Phenyl-120	1.9, 3, 5	120	360	17*	Yes	1-10	○
		PFPP-120	1.9, 3, 5	120	360	15*	No	1-8	○
		C4-300	1.9, 3, 5	300	N.D.	N.D.	Yes	1-10	○
全多孔性シリカ	Shim-pack Arata	C18	2.2, 5	120	340	17	Yes	2-7.5	○
		Shim-pack GIST	C18	2, 3, 5	100	350	14	Yes	1-10
	C18-AQ		1.9, 3, 5	100	350	13	Yes	1-10	○
	C8		2, 3, 5	100	350	8	Yes	1-10	○
	Phenyl		2, 3, 5	100	350	10	No	2-7.5	○
	Phenyl-Hexyl		3, 5	100	350	9	Yes	1-10	○
	PFPP		3, 5	100	350	10	Yes	2-7.5	○
	Shim-pack GISS	C18	1.9, 3, 5	200	200	9	Yes	1-10	○
		C8 (metal free body only)	1.9, 3, 5	200	200	6	Yes	1-10	○
	Shim-pack GIS	C18	2,3,4,5,10	100	450	15	Yes	2-7.5	
		C18-P	3, 5	100	450	29	No	2-7.5	
		RP-Shield	5	100	450	9	No	2-7.5	○
	Shim-pack GWS	C18	5	100	450	9.5	Yes	2-7.5	
	Shim-pack VP**	C18	5	120	410	20	Yes	2-7.5	
		C8	5	120	410	12.5	Yes	2-7.5	
		Phenyl	5	120	410	12.3	Yes	2-7.5	
Shim-pack MAqC	ODS I	5	120	N.D.	13	Yes	2-4		
Shim-pack FC	ODS	3	120	315	18	Yes	1.5-9		
コアシェルシリカ	Shim-pack Velox	C18	1.8, 2.7, 5	90	125, 130, 100	9, 7, 5	Yes	2-8	
		SP-C18	1.8, 2.7, 5	90	125, 130, 100	7, 7, 5	No	1-8	
		Biphenyl	1.8, 2.7, 5	90	125, 130, 100	7, 7, 5	Yes	1.5-8	○
		PFPP	1.8, 2.7, 5	90	125, 130, 100	4, 4, 3	No	2-8	○

*有機シリカ基材からの炭素含有率も含まれます。

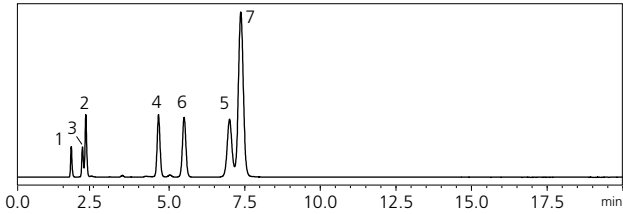
**Shim-pack XR シリーズは Shim-pack VP シリーズの高速分析用カラムシリーズです。

Shim-pack Scepter Series

Phenyl系カラム

Shim-pack Scepter Phenyl -120

全多孔性有機シリカ 分取サイズあり



特長:

- ・ 化学的耐久性の高い有機シリカ基材を採用
- ・ Phenyl-Butyl 基を修飾し、他Phenylカラムよりも高いpH耐性を持つ
- ・ 疎水性相互作用と $\pi-\pi$ 相互作用がバランスの良く分離に働くカラム
- ・ 共役系の長い化合物の保持や異性体分離に有効
- ・ 高pH耐性と3種のカラムボディから幅広い条件で使用できる逆相Phenylカラム

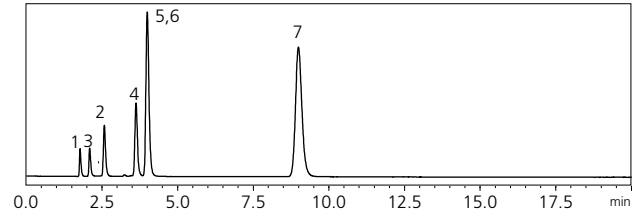


Figure 3: Shim-pack Scepter Phenyl-120 結果

PFPP系カラム

Shim-pack Scepter PFPP -120

全多孔性有機シリカ 分取サイズあり



特長:

- ・ 化学的耐久性の高い有機シリカ基材を採用
- ・ PFPP基を修飾し、Shim-packのPFPP系カラムのなかで疎水性保持力が高いカラム
- ・ エンドキャッピング処理を施さないことで表面シラノールの活性を活かし、強い双極子間相互作用を持つ
- ・ 異性体分離や塩基性化合物の強い保持などに有効
- ・ 3種のカラムボディから幅広い条件で使用できる逆相PFPPカラム

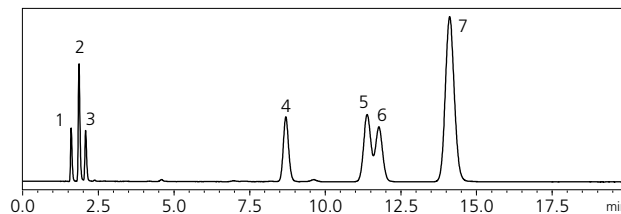


Figure 4: Shim-pack Scepter PFPP-120 結果

C18カラム

Shim-pack Scepter C18 -120

全多孔性有機シリカ 分取サイズあり



特長:

- ・ 化学的耐久性の高い有機シリカ基材を採用
- ・ ファーストチョイス群の汎用的なC18カラム
- ・ 高pH耐性と3種のカラムボディからあらゆる局面で使用できる逆相C18カラム
- ・ 逆相核酸医薬分析においてファーストチョイスカラム

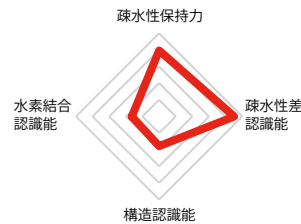


Figure 5: Shim-pack Scepter C18-120 結果

※1. 本試験結果などは全てのアプリケーションを代表するものとは限りません。

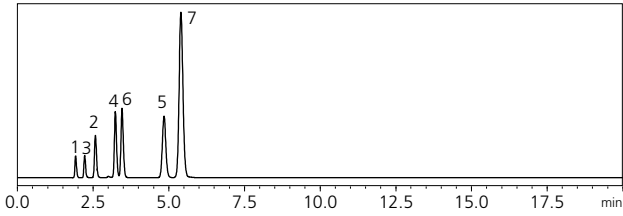
※2. 「分取サイズあり」と掲載のないカラムシリーズの分取サイズをご希望の場合は、お近くの代理店または島津ジーエルシーまでご相談ください。

Shim-pack GIST Series

Phenyl系カラム

Shim-pack GIST Phenyl

全多孔性シリカ 分取サイズあり



特長:

- ・高不活性シリカ基材を採用したカラム
- ・基材にPhenyl基をダイレクトに修飾したカラム
- ・炭素鎖が結合したPhenylカラムと比較して、低い疎水性相互作用と高い π - π 相互作用特性を持つカラム
- ・共役系の長い化合物の保持や異性体分離に有効

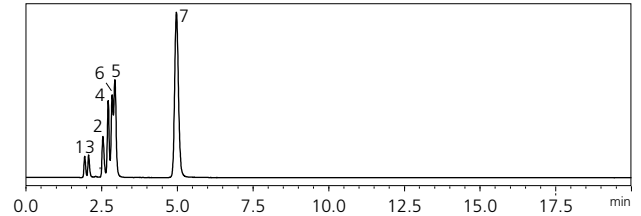


Figure 6: Shim-pack GIST Phenyl 結果

PFPP系カラム

Shim-pack GIST PFPP

全多孔性シリカ 分取サイズあり



特長:

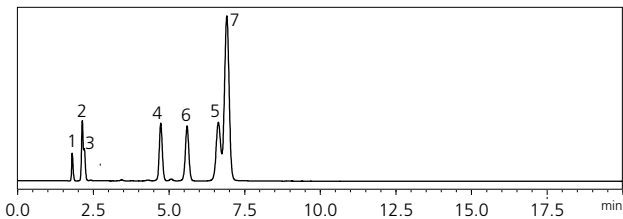
- ・高不活性シリカ基材を採用したカラム
- ・エンドキャッピング処理を施し、他PFPP系と比較して適度な双極子間相互作用を持つ
- ・PFPPカラムを使用時、カラムへの吸着が気になるケースに有効
- ・異性体分離や塩基性化合物の強い保持などに有効



Figure 8: Shim-pack GIST PFPP 結果

Shim-pack GIST Phenyl-Hexyl

全多孔性シリカ 分取サイズあり



特長:

- ・高不活性シリカ基材を採用したカラム
- ・基材にPhenyl-hexyl基を修飾し、他Phenylカラムよりも高いpH耐性を持つ
- ・疎水性相互作用と π - π 相互作用がバランス良く分離に働くカラム
- ・共役系の長い化合物の保持や異性体分離に有効

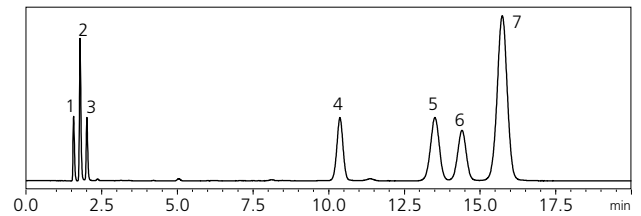


Figure 7: Shim-pack GIST Phenyl-Hexyl 結果

C18カラム

Shim-pack GIST C18

全多孔性シリカ 分取サイズあり



特長:

- ・高不活性シリカ基材を採用し、高いpH耐性 (pH1-10) を持つ
- ・ファーストチョイスの汎用的なC18カラム
- ・Shim-pack逆相カラムの中でも疎水性保持力と疎水性差認識能の値が高い

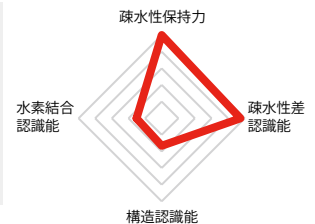


Figure 9: Shim-pack GIST C18 結果

※1. 本試験結果などは全てのアプリケーションを代表するものとは限りません。

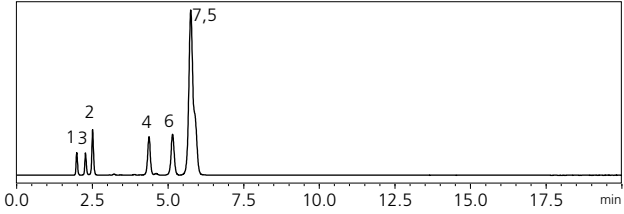
※2. 「分取サイズあり」と掲載のないカラムシリーズの分取サイズをご希望の場合は、お近くの代理店または島津ジーエルシーまでご相談ください。

Shim-pack VP Series

Phenyl系カラム

Shim-pack VP-Phenyl

全多孔性シリカ



特長:

- ・ 厳格に品質コントロールされた標準的なシリカ基材を採用
- ・ Phenyl-propyl基を修飾し、疎水性相互作用と π - π 相互作用がバランスの良く分離に働くカラム
- ・ Shim-pack XR-PhenylはShim-pack VP-Phenylの高速分析用途に適したカラム

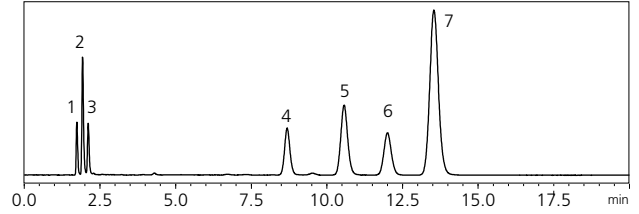


Figure 10: Shim-pack VP-Phenyl 結果

C18カラム

Shim-pack VP-ODS

全多孔性シリカ



特長:

- ・ 厳格に品質コントロールされた標準的なシリカ基材を採用
- ・ 各ステータス値をバランス良く備えた標準的なC18カラムでスタンダードな分析に最適
- ・ Shim-pack XR-ODS, ODS II, ODS IIIはShim-pack VP-ODSの高速分析用途に適したカラム



Figure 11: Shim-pack VP-ODS 結果

※1. 本試験結果などは全てのアプリケーションを代表するものとは限りません。

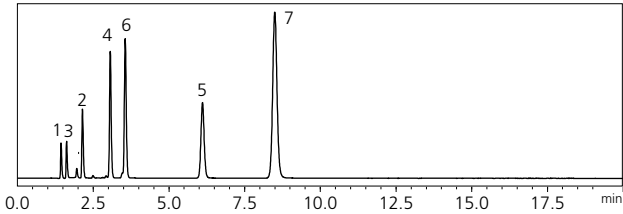
※2. 「分取サイズあり」と掲載のないカラムシリーズの分取サイズをご希望の場合は、お近くの代理店または島津ジーエルシーまでご相談ください。

Shim-pack Velox Series

Phenyl系カラム

Shim-pack Velox Biphenyl

コアシェルシリカ



特長:

- ・ コアシェルシリカ基材を採用
- ・ Biphenyl基を修飾したコアシェルシリカカラムで、高速分析にお薦め
- ・ 他Shim-packのPhenyl系カラムと比べて強い π - π 相互作用, π -CH相互作用などを持ち、C18と大きく分離選択性を変えたい時に有効
- ・ 共役系の長い化合物の保持や異性体分離に有効

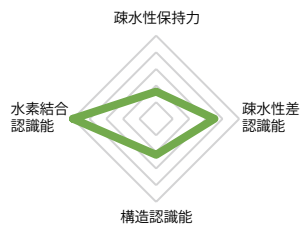
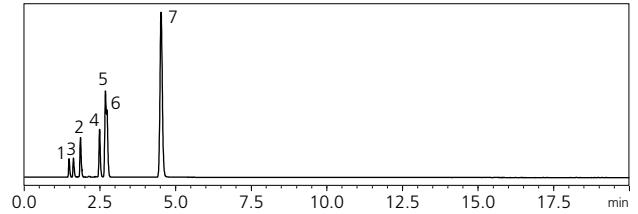


Figure 12: Shim-pack Velox Biphenyl 結果

PFPP系カラム

Shim-pack Velox PFPP

コアシェルシリカ



特長:

- ・ コアシェルシリカ基材を採用
- ・ PFPP基を修飾したコアシェルシリカで高速分析に有効
- ・ エンドキャッピング処理を施さないことで表面シラノールの活性を活かし、強い双極子間相互作用を持つ
- ・ 異性体分離や塩基性化合物の強い保持などに有効

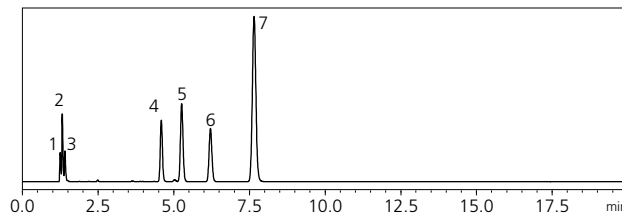


Figure 13: Shim-pack Velox PFPP 結果

C18カラム

Shim-pack Velox C18

コアシェルシリカ



特長:

- ・ コアシェルシリカ基材を採用
- ・ 汎用的なC18コアシェルシリカカラムで、高速分析にお薦め
- ・ Shim-packカラムの中でも低い水素結合認識能と他のバランスの取れた分離選択性を持ち、逆相C18カラムとしてシンプルな挙動を示すカラム

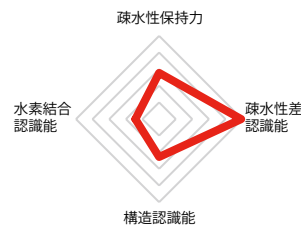


Figure 14: Shim-pack Velox C18 結果

※1. 本試験結果などは全てのアプリケーションを代表するものとは限りません。

※2. 「分取サイズあり」と掲載のないカラムシリーズの分取サイズをご希望の場合は、お近くの代理店または島津ジーエルシーまでご相談ください。

“Tanaka test法”の結果より、C18と比較して、Phenyl・PFPP系はいずれも疎水性保持力や疎水性差認識能の値が小さいことがわかります (Figure 15、16)。そのため、C18カラムよりも疎水性

化合物の溶出が早く、また、充填剤表面の疎水特性が低いため、水系溶媒に馴染みやすいという特徴があります。

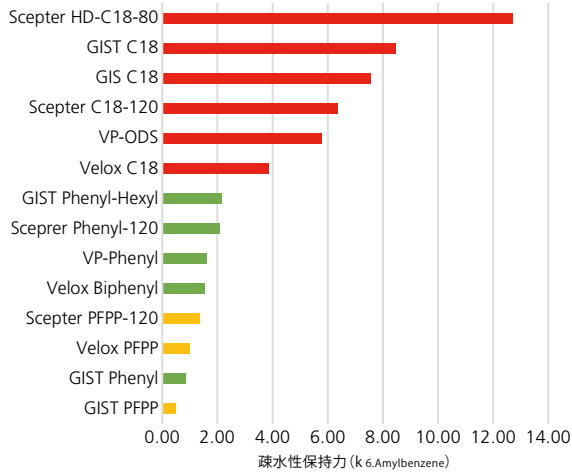


Figure 15: Shim-pack 主要カラムの疎水性保持力比較

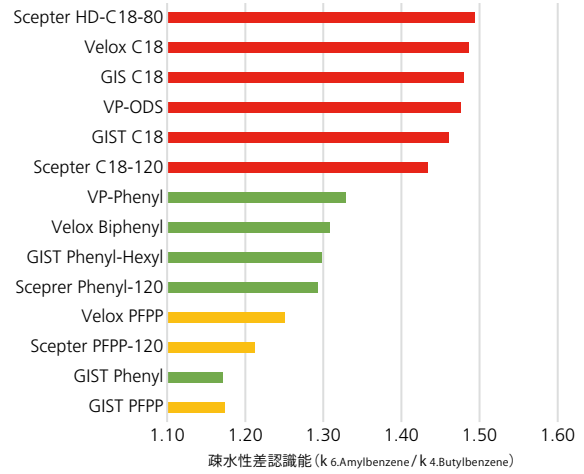


Figure 16: Shim-pack 主要カラムの疎水性差認識能比較

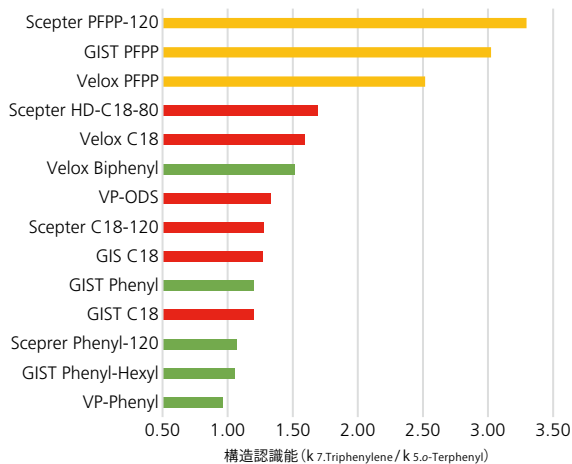


Figure 17: Shim-pack 主要カラムの構造認識能比較

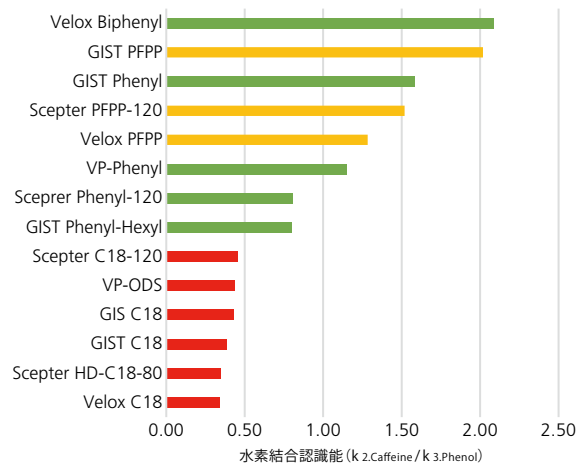


Figure 18: Shim-pack 主要カラムの水素結合認識能比較

■ C18系カラム ■ Phenyl系カラム ■ PFPP系カラム

本結果の基本的な疎水性特性に着目しPhenyl系カラムの中で比較すると、炭素含有量の多いAlkyl-phenylタイプやBiphenylタイプのカラムは疎水性特性が高い傾向にあります。そのため、Alkyl-phenylタイプのカラムは他のPhenylタイプとカラム比較して「疎水性相互作用と π - π 相互作用のバランスよい働きによる分離」に効果的なカラムです。対して、Biphenylタイプのカラムは適度な構造認識能の高さを持っており、2つのベンゼン環からの強い π - π 相互作用などにより、「C18カラムでは分離の難しい異性体関連の分析」などに効果的です。

一方、PFPP系のカラムは他逆相カラムと比較して、疎水性特性

が低い一方で、構造認識能・水素結合認識能が高く、Phenyl系カラムと違った分離挙動を示します。また、PFPP系のカラムは固定相中のフッ素の電子吸引性により電子の偏りが生じるため、C18カラムと比較して化合物に対して強い双極子間相互作用等が働きます。さらに、PFPP系のカラムはカラムのエンドキャッピング処理の有無によってはシリカ表面のシラノール基も分離に働くケースがあり、「C18よりも大きく分離を変えてみたい」「塩基性化合物の保持を強めたい」という場合に効果的なカラムです。

次項にて、本結果では表現されない特徴的なPhenyl系・PFPP系カラムの分離特性を紹介します。

4. Phenyl系・PFPP系カラムの特徴

本項では一般的に使用頻度の高い逆相カラムであるC18カラムと比較した際のPhenyl系・PFPP系カラムの特徴について3点紹介します。

- ①分離に対する有機溶媒の影響が大きいケースがある (Phenyl系・PFPP系)
- ②異性体認識に優れるケースがある (Phenyl系・PFPP系)
- ③極性塩基性化合物の保持に優れるケースがある (PFPP系)

4-1. 有機溶媒の影響

Phenyl系 PFPP系

Phenyl系やPFPP系カラムと化合物との間に働く相互作用は有機溶媒種によって異なるため、有機溶媒種の変更による化合物の分離挙動変化への影響度合いがC18カラムよりも大きくなる場合があります。⁴⁾

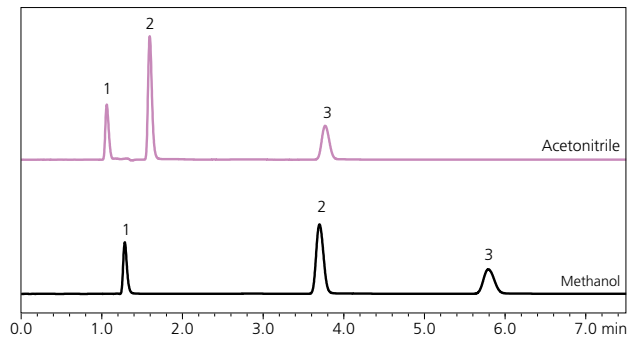
Figure 19にC18系カラム・Phenyl系カラム・PFPP系カラムのそれぞれを用いて、Uracil、Caffeine、Phenolを分析したクロマトグラムを示し、Table 6に本分析の分析条件を示します。それぞれのクロマトグラムの上線(ピンク線)にアセトニトリルを使用した場合、クロマトグラムの下線(黒線)にメタノールを使用した場合を示します。

一般的にアセトニトリルとメタノールを各々同じ比率で混合した場合、逆相モードではアセトニトリル系の移動相の方が溶出力が高いと言われています。¹²⁾⁻¹³⁾

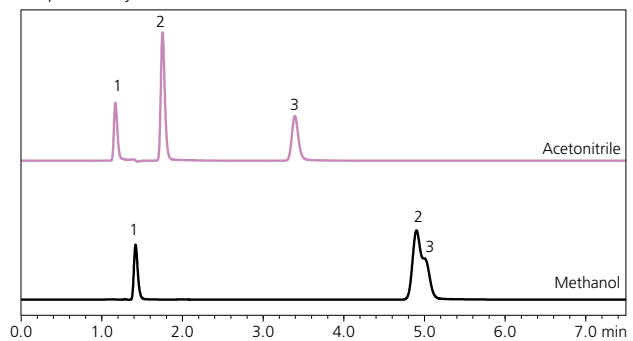
Figure 19に示す各クロマトグラムの結果の場合、アセトニトリルを用いた時の方が全体的な保持は早くなる一方で、各々の化合物の保持時間の動きがカラム毎で大きく異なります。例えば、溶出順番について、有機溶媒を変更してもC18系カラムではPeak 2とPeak 3の順番が変わらないことに対し、Phenyl系カラムやPFPP系カラムでは有機溶媒を変更することで、Phenyl系カラムでは各ピーク間隔が大きく変わり、PFPP系カラムでは溶出順序が逆転しています。

メタノールとアセトニトリルはそれぞれ化学的特性が異なり、メタノールはプロトン性、アセトニトリルは非プロトン性の有機溶媒です。これらの特徴により、Phenyl系・PFPP系カラムの持つ種々の相互作用の大きさが用いる有機溶媒の特性に応じて変化します。そのため、Phenyl系・PFPP系のカラムを用いる際、有機溶媒種の変更は最適な分離検討に有効な手段の一つです。

Scepter C18



Scepter Phenyl



Scepter PFPP

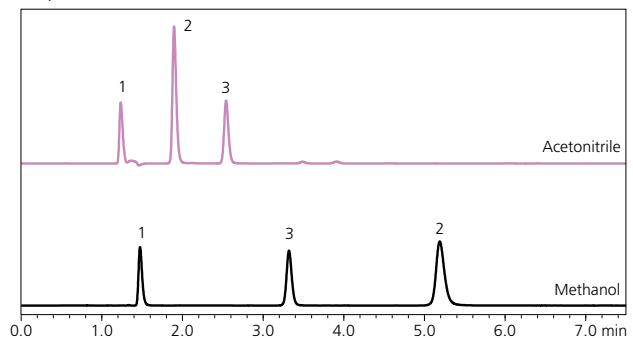


Figure 19: 有機溶媒2種による分離挙動の比較

Table 6: 分析条件

Column	: Shim-pack Columns (100 mm x 3.0 mm I.D., 1.9 μm)
Mobile phase	: Water/ Methanol or Acetonitrile = 70 : 30 (v/v)
Flow Rate	: 0.42 mL/min
Column Temp.	: 40 °C
Injection vol.	: 1 μL
Detection	: UV 254 nm
Sample	: 1. Uracil 2. Caffeine 3. Phenol
Vial	: SHIMADZU LabTotal™ Vial for LC/LCMS, P/N : 227-34001-01

4-2. 異性体認識に優れるケース

Phenyl系 PFPP系

Phenyl・PFPP系のカラムはいずれもC18カラムと比較してエナンチオマーを除く芳香環や二重結合などを有する化合物の異性体の分離に有効に働く場合があります。

4-2-1. 異性体分離例の紹介

① Phenyl系カラムによる異性体分離例

Phenyl系

Phenyl系カラムの代表例として、Shim-pack Velox BiphenylによるPTAD誘導体化Vitamin D₃代謝物のジアステレオマー分離例を紹介します。Figure 20にPTAD誘導体化Vitamin D₃代謝物の分離例を、Table 7に本分析の分析条件を示します。現在ファーストチョイスのC18カラムとして推奨しているShim-pack Scepter C18や構造異性体分離に優れた高密度C18タイプのShim-pack GIS C18-Pでは分離できなかった化合物をShim-pack Velox Biphenylを用いて良好に分離することができます。

特にBiphenylのカラムは他のPhenylカラムと比較して、2つのベンゼン環により π - π 相互作用が強く働きます。この隣接した2つのベンゼン環により、C18カラムや他Phenylカラム等では分離の難しい異性体の化合物に対しても有効に働くケースがあります。

Table 7: 分析条件

System	: LCMS™-8050
Column	: Shim-pack Velox Biphenyl (50 mm x 2.1 mm I.D., 1.8 μ m), P/N : 227-32013-02
Mobile phase	: A) 0.1% Formic acid in water B) 0.1% Formic acid in methanol
Time program	: B conc. 70% (0 min) \rightarrow 80% (6-8 min) \rightarrow 70% (8.1-10 min)
Flow Rate	: 0.3 mL/min
Column Temp.	: 30 °C
Injection vol.	: 5 μ L
Detection	: LC-MS/MS (ESI positive, MRM)
Sample	: 1. 3-epi-25(OH)D ₃ -PTAD (6R-isomer) 2. 25(OH)D ₃ -PTAD (6S-isomer) 3. 25(OH)D ₃ -PTAD (6R-isomer) 4. 3-epi-25(OH)D ₃ -PTAD (6S-isomer)
Vial	: SHIMADZU LabTotal Vial for LC/LCMS, P/N : 227-34001-01

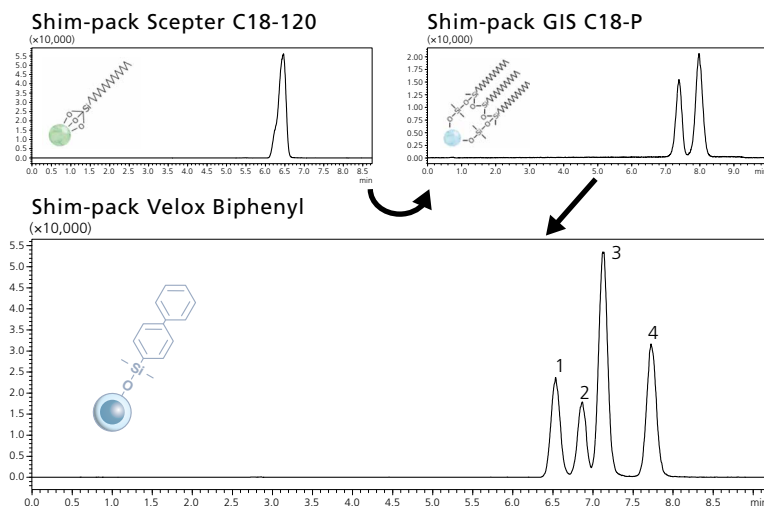


Figure 20: Shim-pack Velox Biphenylを用いたPTAD誘導体化Vitamin D₃代謝物の分析

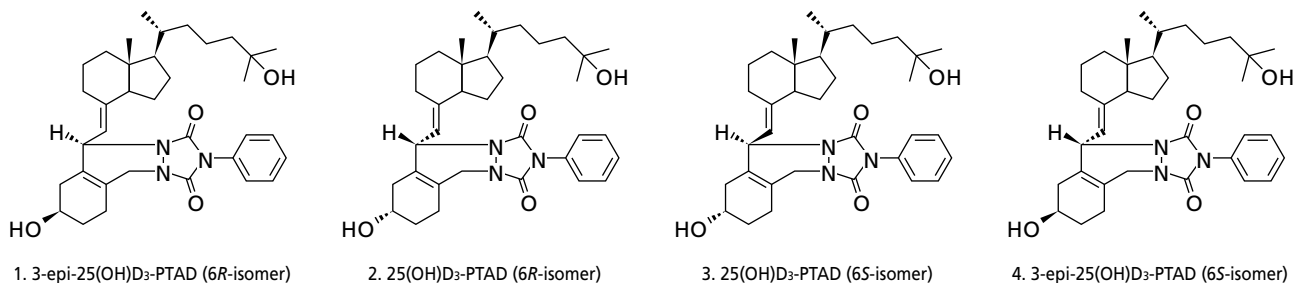


Figure 21: PTAD誘導体化Vitamin D₃代謝物の構造式について

② PFPP 系カラムによる異性体分離例 (Application News L533より)

PFPP系

PFPP系カラムの代表例として、Shim-pack Scepter PFPP-120 によるDNPH誘導体化アルデヒド類の一斉分析例を紹介します。

Figure 22では特定悪臭物質の一種であるDNPH誘導体化アルデヒド類6物質を一斉分析したクロマトグラムを示し、Table 8では本分析の分析条件を示します。本PFPPカラムを用いることで、構造異性体である*n*-Butyraldehydeと*iso*-Butyraldehyde、*iso*-Valeraldehydeと*n*-Valeraldehydeの良好な分離が可能です。

Table 8: 分析条件

System	: Prominence™-i Plus
Column	: Shim-pack Scepter PFPP-120 (150 mm × 4.6 mm I.D., 3 μm), PN : 227-31057-05
Mobile phase	: A: Water B: Methanol/Acetonitrile = 8/2 (v/v)
Time program	: B.CONC. 20% (0 min)→55% (5 min)→60% (25 min)→60% (25-35 min)→20% (35-40 min)
Flow Rate	: 1.0 mL/min
Column Temp.	: 35 °C
Injection vol.	: 20 μL
Detection	: 360 nm (D ₂ Lamp)
Mixer volume	: 0.5 mL

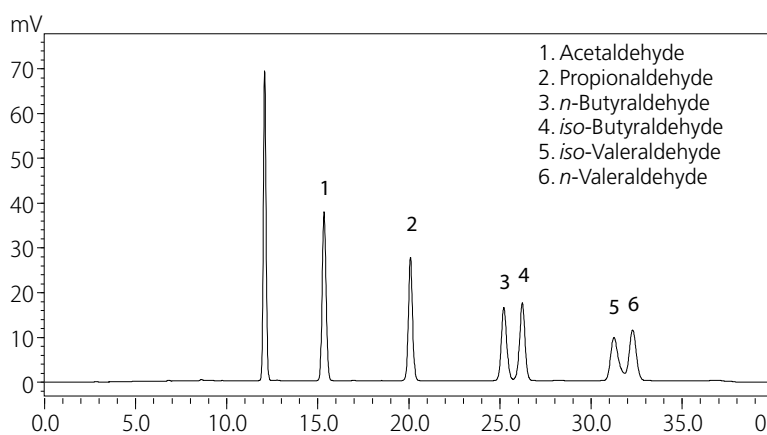


Figure 22: 混合標準液のクロマトグラム (各アルデヒド濃度 1.0 μg/mL)

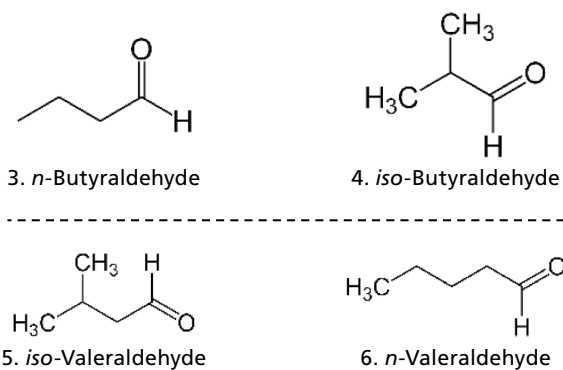


Figure 23: プチルアルデヒド2種およびバレラルデヒド2種の異性体の構造式について

Application News L533 [はこちら](#) ▶



ここで、Phenyl系・PFPP系カラムが有効に働きやすい異性体分離に関して、Table 9に示します。¹⁴⁾特に逆相分析カラムの中で cis/trans異性体やジアステレオマーなど異性体分離をトライする際にはPhenyl系・PFPP系のカラムは有効に働く場合があります

ます。特に、PFPP系カラムは、固定相のもつ様々な相互作用が芳香族化合物のわずかな官能基の変化などを認識しやすいことに起因すると推察されます。¹⁵⁾

Table 9: Phenyl系カラムやPFPP系カラムが得意とする異性体分離について*

		例	解決策
異性体	構造異性体 -分子式は同じで分子の構造が異なる化合物	官能基異性体	アルコールとエーテル、アルデヒドとケトンなど官能基同士が異なる
		位置異性体	o-Cresol、m-Cresol、p-Cresol など 骨格に対して官能基の付いている位置が異なる
	立体異性体 -分子式と分子の構造が同じで、分子の3次元的な立体配置が異なる	幾何異性体	cis/trans異性体など
		光学異性体	ジアステレオマー エナンチオマー (L-アミノ酸、D-アミノ酸 など)
			基本的に一般的なC18カラムなどで分析可
			・高機能なC18カラム ・Phenyl系カラム ・PFPP系カラム など
			・Phenyl系カラム (特にBiphenyl) ・PFPP系カラム など
			・光学異性体用カラム ・サンプルの誘導体化 など

*本表に示す情報は全てのアプリケーションを代表および分析結果を保证するものとは限りません。

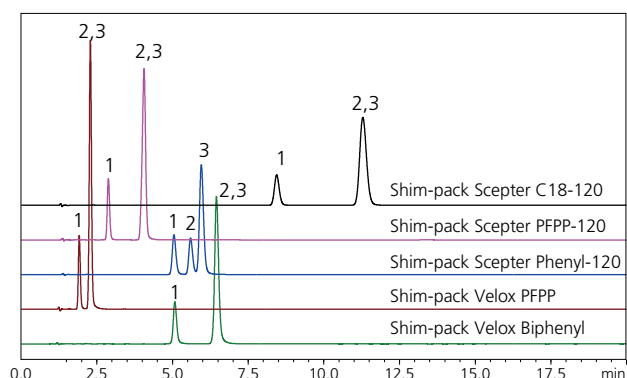
4-2-2. 有機溶媒違いの異性体分離例について

4-1.の項で示した通り、アセトニトリルとメタノールでは分離選択性が異なりますが、位置異性体をはじめとした分離においても、有機溶媒の選択は良好な分離を得るために重要な要素です。

Figure 24にTerphenyl位置異性体を2種類の有機溶媒にて5種類のカラムを用いて分析した例を示し、Table 10に本分析の分析条件を示します。上図がメタノール使用時、下図がアセトニトリル使用時のクロマトグラムです。

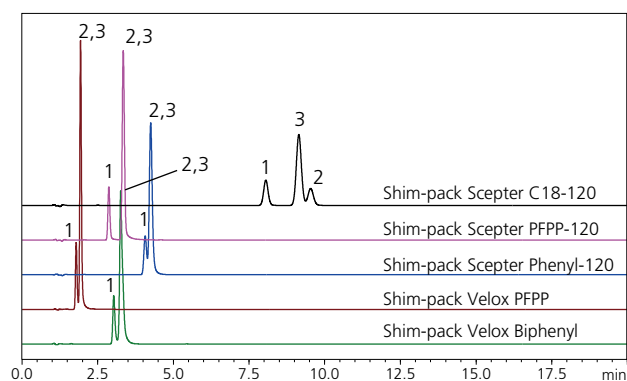
メタノール使用時はAlkyl-phenylタイプのShim-pack Scepter Phenyl-120にて位置異性体分離が確認できますが、アセトニトリル使用時にはC18カラムShim-pack Scepter C18-120のみで位置異性体分離を確認できます。アセトニトリルは三重結合を有することから、アセトニトリル使用時にはカラムが化合物に寄与する相互作用の内、 π - π 相互作用が相対的に弱まり、カラムの疎水性特性が相対的に強くなる傾向にあります。一方、メタノールはカラム-化合物間の π - π 相互作用に影響を与えないため、メタノール使用時にはPhenyl系・PFPP系カラムは疎水性相互作用の他、 π - π 相互作用が化合物に対して働きます⁴⁾。したがって、使用する有機溶媒およびカラム種類によって分離に寄与する相互作用は変化することで、分離パターンも変化したことが推察されます。

また、C18カラムと比較して異性体分離に優れるPhenyl系・PFPP系といえど、カラムの種類や用いる移動相によって分離パターンは様々です。そのため、良好な異性体分離を達成するためには、カラム・移動相等を種々検討することが重要です。



メタノール使用時

(分析条件は、Table 10を参照。Mobile phase : (1) 0.1% formic acid in water / 0.1% formic acid in methanol = 20 : 80 (v/v))



アセトニトリル使用時

(分析条件は、Table 10を参照。Mobile phase : (2) 0.1% formic acid in water / 0.1% formic acid in Acetonitrile = 30 : 70 (v/v))

Figure 24: 位置異性体Terphenylの有機溶媒違いによる5種カラム分離比較

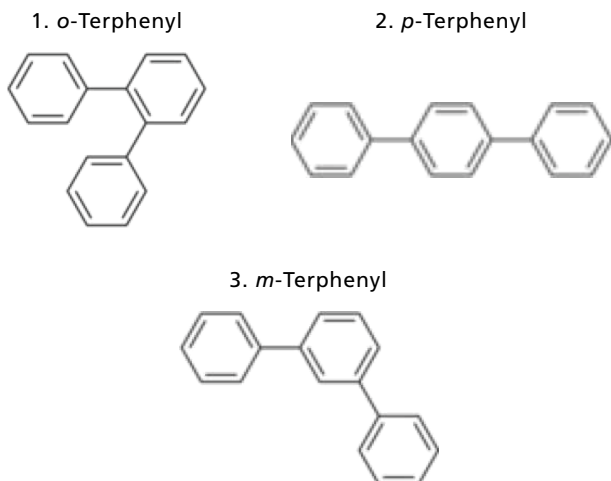


Figure 25: Terphenyl位置異性体の構造式について

Table 10: 分析条件

System	: Nexera X3
Column	: Shim-pack columns (100 mm × 2.0 mm I.D., 3 μm)
Mobile phase	: (1) 0.1% formic acid in water / 0.1% formic acid in methanol = 20 : 80 (v/v) (2) 0.1% formic acid in water / 0.1% formic acid in Acetonitrile = 30 : 70 (v/v)
Flow Rate	: 0.2 mL/min
Column Temp.	: 40 °C
Injection vol.	: 1 μL
Vial	: TORAST-H Vial, P/N :370-04300-01
Detection	: UV 254 nm

4-3. 極性塩基性化合物の保持に優れるケース

PFPP系

PFPP系カラムは極性化合物の中でも塩基性化合物の保持に優れる逆相カラムです。

以下にPFPP系カラムについて、有機溶媒比率の違いによる分離挙動の変化を他の逆相官能基のカラムと比較して示します。

分析条件をTable 11に示します。また、試験にはFigure 26に示す酸性化合物・中性化合物・塩基性化合物・両性化合物の混合物試料を用いました。このうち混合物試料の各4成分を酸性化合物マーカー (Celecoxib)、中性化合物マーカー (Testosterone)、塩基性化合物マーカー (Nortriptyline)、両性化合物マーカー (Tyrosine) とし、それぞれの化合物の保持係数はt₀マーカー (Uracil) を基に算出しました。算出した保持係数のアセトニトリル比率による推移について、Microsoft Excelによる平滑線挿入によりイメージ化したグラフをFigure 27に示します。

Table 11: 分析条件

System	: Nexera X3, LCMS-2050
Column	: •Shim-pack columns (100 mm × 2.0 mm I.D., 3 μm) •Shim-pack Scepter C18-120 (全多孔性C18) •Shim-pack Scepter Phenyl-120 (全多孔性 Alkyl-phenyl) •Shim-pack Velox Biphenyl (表面多孔性Biphenyl) •Shim-pack Scepter PFPP-120 (全多孔性PFPP) •Shim-pack GIST PFPP (全多孔性PFPP) •Shim-pack Velox PFPP (表面多孔性PFPP)
Mobile phase	: (1) 0.1% Formic acid in Water / 0.1% Formic acid in Acetonitrile = 70 : 30, 50 : 50, 30 : 70, 10 : 90 (v/v)
Flow Rate	: 0.45 mL/min
Column Temp.	: 40 °C
Injection vol.	: 1 μL
Vial	: TORAST-H Vial, P/N :370-04300-01

MS Conditions

Ionization	: DUIS™, Positive mode
Mode	: SIM
Drying gas flow	: 5.0 L/min
Heating gas flow	: 7.0 L/min
Desolvation temp.	: 450 °C
Nebulizing gas flow	: 2.0 L/min

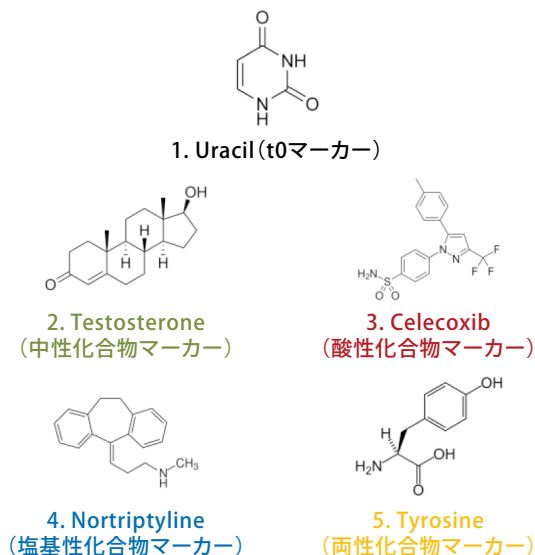


Figure 26: 使用した化合物の構造式について

Figure 27の結果より、PFPP系カラムは他逆相固定相カラムと比較して、下記2点の特徴が挙げられます。

- 塩基性化合物の保持が強い
- アセトニトリル比率が70%程度以上になると、塩基性化合物の保持および両性化合物の保持が増大する

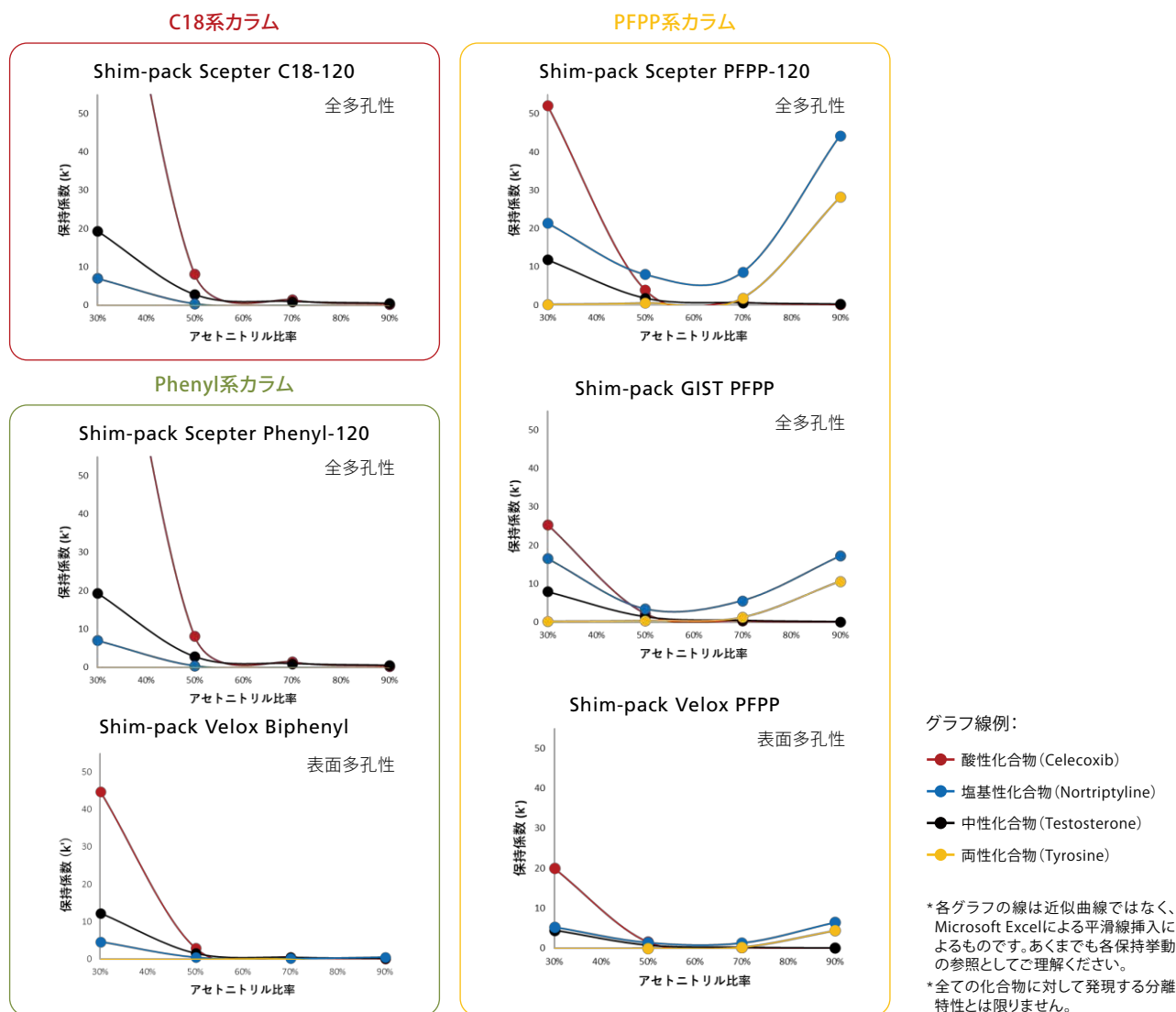


Figure 27: 4種類の化合物マーカによるカラム毎の保持係数比較

一般的に逆相モードにおいて、有機溶媒比率を上げるにつれて移動相自体の溶出力が高まり、化合物の溶出が早くなります。本結果においても、C18カラムやPhenyl系カラムにおいてはどの化合物マーカもアセトニトリル比率が高まるとともに各化合物マーカの保持係数も下がります。一方、PFPP系カラムはアセトニトリル比率70%程度を境に、アセトニトリル比率が高まるとともに塩基性化合物・両性化合物の保持が増大します。

これは移動相中のアセトニトリル比率が高まるとともに、静電的相互作用が相対的に高まり、カチオン性化合物の保持が強くなったと考えられます。

こうした「水系溶媒とアセトニトリルの使用中、アセトニトリル比率が高まるとカチオン性化合物の保持が強くなる」という現象を「HILICモードの分離機構によるもの」と解釈されるケースもあり

ますが、t₀マーカとして用いられるUracilといった核酸類はHILICカラムの特性評価における保持指標を示す親水性化合物としても用いられる実績がある¹⁶⁾一方で、PFPP系のカラムにおいてアセトニトリル比率の増加とともに保持が増大する傾向は見られません。したがって、PFPP系カラムの分離には、疎水性特性による分配相互作用とともに静電的相互作用が有機溶媒比率によって強弱つけて働くと考えられます。^{9),17)-18)}

また、Shim-pack PFPP系カラムの中でも、基材が異なると塩基性化合物の保持力にも変化が見られます。これは基材自体の比表面積や多孔質性の違いといった基材の形態・エンドキャッピング処理の有無などが起因します。Shim-pack PFPP系カラムについては、Table 4を参照ください。

PFPP系カラムを用いた塩基性化合物の分析例を下記1件紹介いたします。

・Shim-pack Scepter PFPP-120による塩基性化合物を含むコーヒー中の機能性成分の一斉分析例 (Application News 01-00280-JPより)

Figure 28に塩基性化合物を含むコーヒー中の機能性成分の混合標準試料を一斉分析した際のクロマトグラムを示します。C18カラムでは保持することが難しいTrigonellineのような極性塩基性化合物をPFPPカラムでは保持することができます。Shim-pack Scepter PFPP-120は他のShim-pack PFPP系カラムと比較して、カチオン性化合物の保持が強い傾向にあるため、より強くカチオン性化合物を保持したい際にお勧めのカラムです。

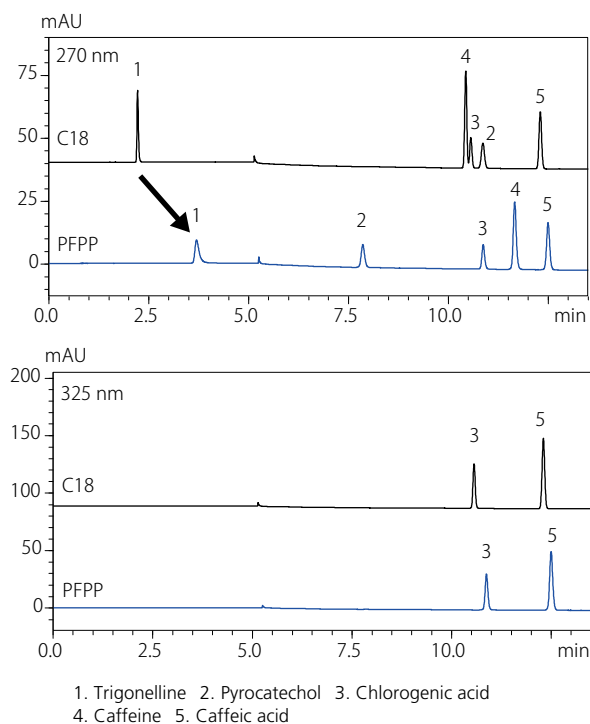


Figure 28: 各化合物の混合試料 (各 10 mg/L) のクロマトグラム

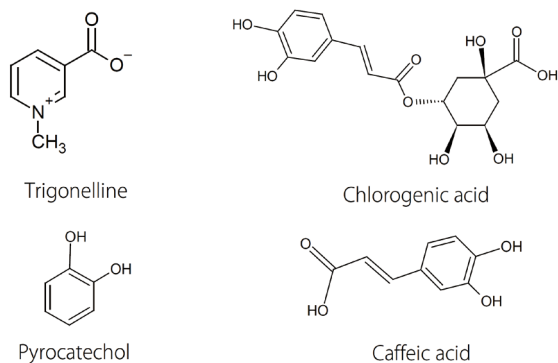


Figure 29: コーヒー中の機能性成分の構造式について (Caffeine を除く)

Table 12 分析条件

System	: Nexera lite
Column (C18)	: Shim-pack Scepter C18-120 (150 mm x 4.6 mm I.D., 3 μm), P/N : 227-31016-05
Column (PFPP)	: Shim-pack Scepter PFPP-120 (150 mm x 4.6 mm I.D., 3 μm), P/N : 227-31057-05
Mobile phase	: A) 20 mmol/L (Sodium) phosphate buffer (pH 2.6) B) Acetonitrile
Time program	: B conc. 0% (0.00-1.00min) → 10% (4.00min) → 20% (10.00-12.00min) → 70% (12.01-13.00 min) → 0% (13.01-18.00min)
Flow Rate	: 1.0 mL/min
Column Temp.	: 25 °C
Injection vol.	: 5 μL
Vial	: SHIMADZU LabTotal Vial for LC/LCMS, P/N : 227-34001-01
Detection	: PDA Ch1 : 270 nm, Ch2 : 325 nm (SPD-M40)

Application News 01-00280-JP [はこちら](#)



5. 最後に

本稿ではラインアップしているShim-pack逆相カラムの中でもPhenyl系・PFPP系といった官能基を化学修飾しているカラムをメインで取り上げました。Shim-pack逆相カラムの中での選定で迷った際はFigure 30に示すShim-pack逆相カラムの選択チャートを参照ください。

実際の分析では予めカラムが指定されているなど、カラム選定に苦勞しないケースもあります。一方、分析メソッドの開発では、カラムの選定は重要でありながら、悩むポイントです。同じ官能基のカラムと言えど、それぞれにコンセプトを持たせて設計されているため、カラムが変われば得られる分離選択性も大きく変わります。そのため、分析メソッドの開発時には、複数種のカラムをスクリーニングして適したカラム・分析条件を検討することをお勧めします。

Shim-pack逆相カラムは多様な分離選択性を提供できるラインアップとなっておりますので、メソッド開発時にはShim-packカラムの使用を是非ご検討ください。また、カラムを含む分離条件のスクリーニングや最適化には、島津製作所が提供するLC分析メソッド開発支援ソフトウェアLabSolutions™ MDおよびMethod Scouting Solutionも是非ご検討ください。

参考文献

- 1) K. Kimata, K. Iwaguchi, S. Onishi, K. Jinno, R. Eksteen, K. Hosoya, M. Araki and N. Tanaka, *J. Chromatogr. Sci.* 27, 721-728 (1989)
- 2) R.R. Brindle and K. Albert, *J. Chromatogr.* A757, 3 (1997).
- 3) D.H. Marchand, K. Coes, J.W. Dolan, L.R. Snyder, R.A. Henry, K.M.R. Kallury, S. Waite, and P. Carr, *J. Chromatogr.* A1062, 65-78 (2005).
- 4) J. Horak, N.M. Maier, and W. Linder, *J. Chromatogr.* A1045, 43-58 (2004).
- 5) A. Fujii, H. Hayashi, J. W. Park, T. Kazama, N. Mikami, S. Tsuzuki, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 13, 14131-14141 (2011)
- 6) M.R. Euerby, A.P. McGeown, and P. Petersson, *J. Sep. Sci.* 26, 295-306 (2003).
- 7) M. Reta, P.W. Carr, P.C. Sadek, and S.C. Rutan, *Anal. Chem.* 71, 3484-3496 (1999).
- 8) D.S. Bell, H.M. Cramer, and A.D. Jones, *J. Chromatogr.* A1095, 113-118 (2005).
- 9) D.S. Bell and A.D. Jones, *J. Chromatogr.* A1073, 99-109 (2005).
- 10) H.M. Cramer, C.R. Aurand, J. McKenzie, and D.S. Bell, *LCGC North Am.* 32, 704-712 (2014).
- 11) C. West, E. Lemasson, S. Khater, and E. Lesellier, *J. Chromatogr.* A1412, 126-138 (2015).
- 12) メタノールとアセトニトリルを使い分ける7つのポイント, 島津製作所
<https://www.an.shimadzu.co.jp/service-support/technical-support/analysis-basics/hplc/faq/tips1/lctalk-35aintro/index.html>
- 13) D. T. Harvey, S. Byerly, A. Bowman, J. Tomlin, *J. Chem. Educ.*, 68, 162-168 (1991).
- 14) 中村洋監修, 日本分析化学会 液体クロマトグラフィー研究懇談会編集, 液クロ犬(イヌ)の巻 誰にも聞けなかったHPLC Q&A, 第4版, 42-43 (2017).
- 15) Tony Taylor, *The LCGC Blog: A New View of Reversed-Phase HPLC Selectivity*, LCGC International (2021)
<https://www.chromatographyonline.com/view/the-lcgc-blog-a-new-view-of-reversed-phase-hplc-selectivity>
- 16) Y. Kawachi, T. Ikegami, H. Takubo, Y. Ikegami, M. Miyamoto, and N. Tanaka, *J. Chromatogr. A* 1218, 5903-5919 (2011).
- 17) C. T. Santasania and D. S. Bell, *LCGC Europe*. 29, 86-92 (2016).
- 18) D.S. Bell, *LCGC North America*. 33, 90-101 (2015)

ファーストチョイスカラム群

- Scepter C18-120 (使用pH範囲: 1-12)
- GIST C18 (使用pH範囲: 1-10)

分析条件 (移動相溶媒・溶媒比率・移動相pH条件・温度など) を変更しても満足な分析ができていない場合

保持時間の改善

保持が小さい
(極性化合物)

保持が小さい
(疎水性化合物)

保持が大きい

逆相カラムでは
保持が困難な場合

移動相の水系比率を
高めて分析

特に塩基性化合物を
保持したい

疎水性化合物全般の
保持を強めたい場合

疎水性化合物全般の
溶出を今よりも早めたい

• HILICカラムの検討

• GIST C18-AQ
• 他100%水系移動相で
使用できる逆相カラム
(参照Table 5)

• PFPP系カラム

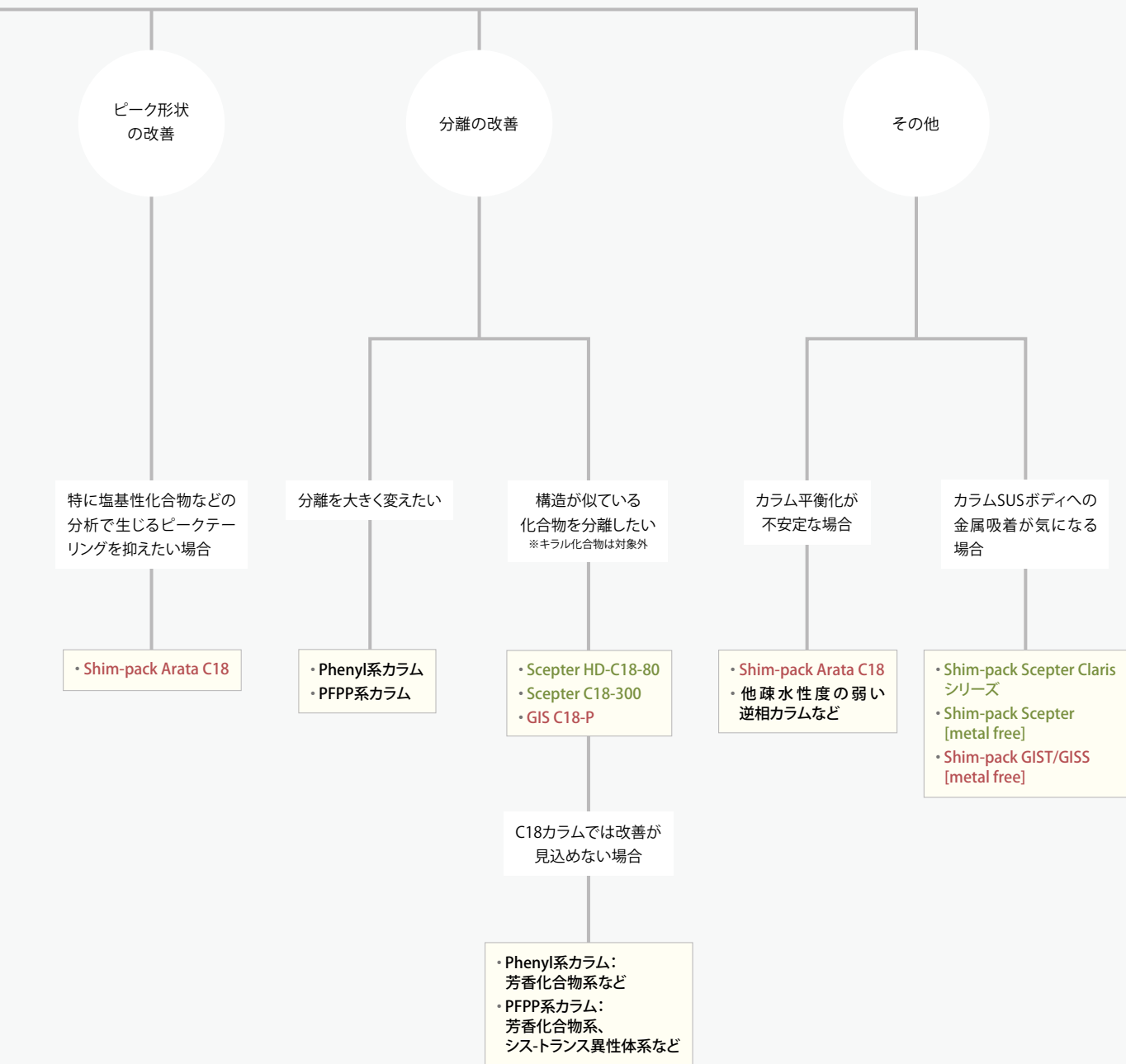
• Scepter HD-C18-80

• Velox C18, SP-C18
• GISS C18
• Scepter C18-300
• C8系カラム
• Scepter C4-300

※高耐圧仕様の装置を使用
中であれば、同シリーズで
サイズ・粒子径を小さくし
流速をあげる方法もあり

Figure 30: Shim-pack カラムラインナップに

赤字:全多孔性シリカカラム
 緑字:全多孔性有機シリカハイブリッドカラム
 青字:表面多孔性シリカカラム(コアシェルシリカカラム)



※1 すべての Shim-pack カラムについて記載しているわけではありません。

※2 同じ括りにあるカラムでも分離選択性は大きく異なります。また、実際のカラムの選択は、分析対象物や条件によってはこのチャートよりも複雑になります。

本カラム選択チャートは分析結果を保証するものではなく、あくまでも参考程度にお使いください。

CoreFocusロゴ、Shim-pack、Shim-pack Scepter、Nexera、TORAST、SHIMADZU LabTotal、LCMS、Prominence、DUIおよびLabSolutionsは、株式会社島津製作所またはその関係会社の日本およびその他の国における商標です。

株式会社 島津製作所
分析計測事業部 <https://www.an.shimadzu.co.jp/>

本資料の掲載情報に関する著作権は当社または原著者に帰属しており、権利者の事前の書面による許可なく、本資料を複製、転用、改ざん、販売等することはできません。掲載情報については十分検討を行っていますが、当社はその正確性や完全性を保証するものではありません。また、本資料の使用により生じたいかなる損害に対しても当社は一切責任を負いません。本資料は発行時の情報に基づいて作成されており、予告なく改訂することがあります。

初版発行：2024年10月
© Shimadzu Corporation, 2024