

やさしい基礎理論と間違いない選び方

Contents

1. キャピラリーGCの良さ！？
2. キャピラリーカラムと固定相の特長
 - ・フューズドシリカキャピラリーとその内面
 - ・シリコン系固定相とポリエチレングリコール
 - ・カラムの劣化とブリード
3. ダイナミックレンジと試料量
4. 注入口の選択
5. カラムの入口で何が起きているか？

ガスクロマトグラフィーの歴史

Milestones

年	人	歴史的事項
1906年	M.S.Tswett	<i>Ber. Deusch. Bot. Ges.</i> , 24 , 316,384(1906) 「クロマトグラフィー」と名付け、植物色素の分離をした
1941年	A.J.P. Martin, R.M.Syngé	<i>Biochem J.</i> , 35 , 1358 (1941) 液-液クロマトグラフィーのアイデア (1952年 ノーベル賞)
1952年	A.T.James, A.J.P.Martin	<i>Analyst(London)</i> 77 , 915 (1952) 気-液クロマトグラフィ-を創始した
1958年	M.J.E.Golay	"Gas Chromatography 1957" ed. by V.J.Coates et al, p.1, Academic Press, New York (1958) キャピラリ-カラムの理論について報告した
1958年	M.J.E.Golay	"Gas Ghromatography 1958" ed.by D.H.Desty, p.36 Butterworth London(1958) さらに詳しい理論と応用例を報告した
1958年	G.Dijkstra, J.Degoey	同上 p.56、キャピラリ-カラム実用化の可能性と固定相の動的塗布法に関する報告
1959年	D.S.Desty,A.G oldup,B.H.F.W hyman,	<i>J.Inst.Petroleum</i> , 45 , 287(1959) キャピラリ-カラムによる複雑な組成の炭化水素の分離
1960年	D.S.Desty, J.N.Haresnip,B. H.F.Whyman	<i>Anal. Chem.</i> , 32 , 302 (1960) ガラスキャピラリ-製造装置の提案
1968年	K.Grob	<i>Helv.Chim. Acta</i> , 51 , 729 (1968) 化学結合型固定相による有機リチウム化合物の分離をした
1979年	R.Dandenneau, E.H. Zerenner	<i>HRC&CC.</i> , 2 , 351 (1979) 熔融シリカキャピラリ-の開発をした



8 March 1903 M.S. Tswett
Warsaw University

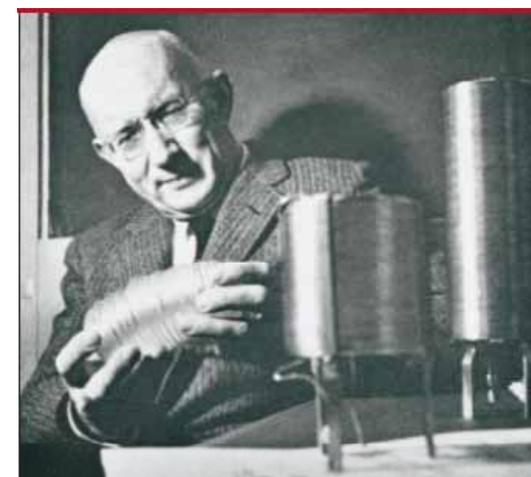
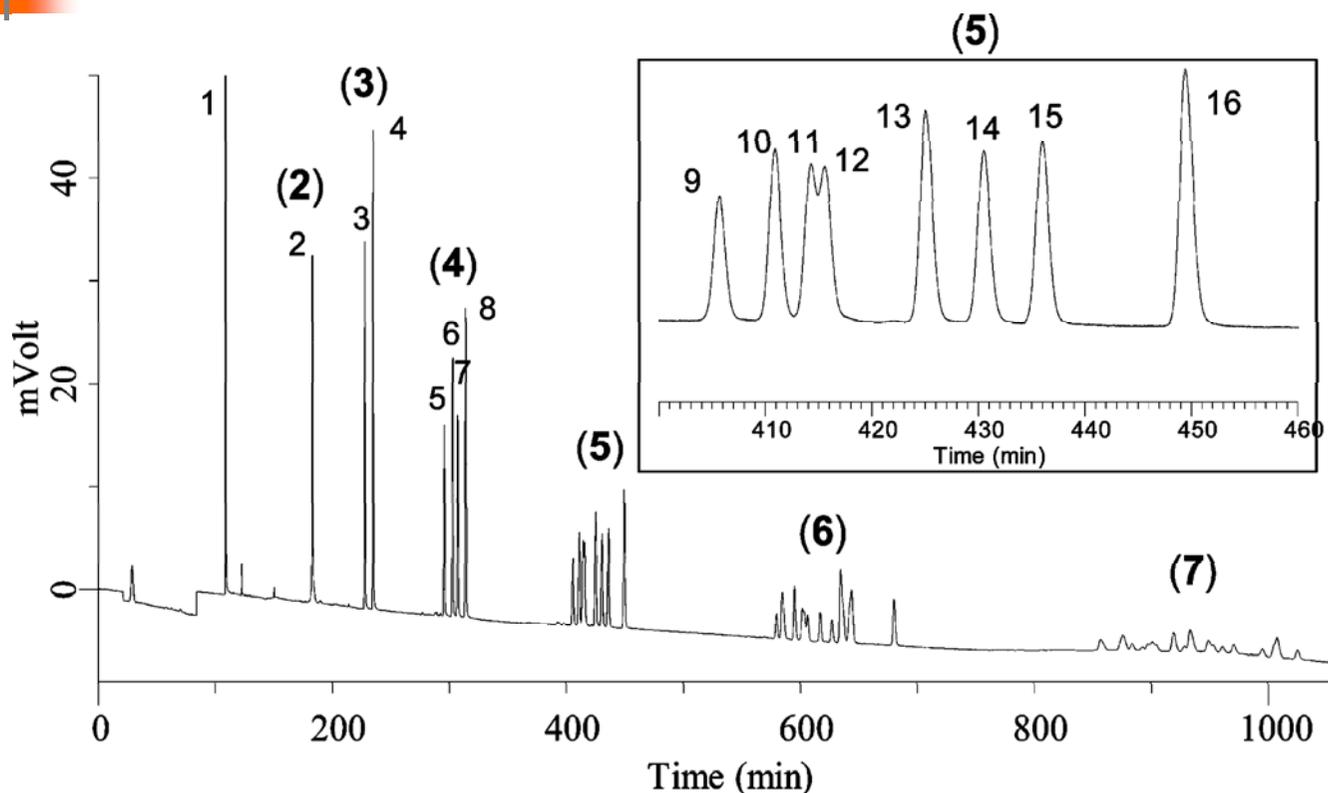


Figure 1: M.J.E. Golay, circa 1960.

Leslie S. Ettre. Evolution of
Capillary Columns for Gas
Chromatography. LCGC
19(1),48-59, (2001)

HPLCのカラム分離の限界は？



500,000~
1,000,000段の性能が出る！？

Separation of styrene oligomers (molecular weight standard for MW = 580). The numbers in parentheses indicate the number of styrene units in the oligomer. Column: MS-100H-C18 (8KM, 9KM, and another 9KM). Effective length: **1130 cm**. Mobile phase: acetonitrile–water (95/5). $\Delta P = 39.5$ MPa. $u = 1.73$ mm/s. Detection: 210 nm. Temperature: 30 ° C. The inset is a magnification of the chromatogram for the pentamers.

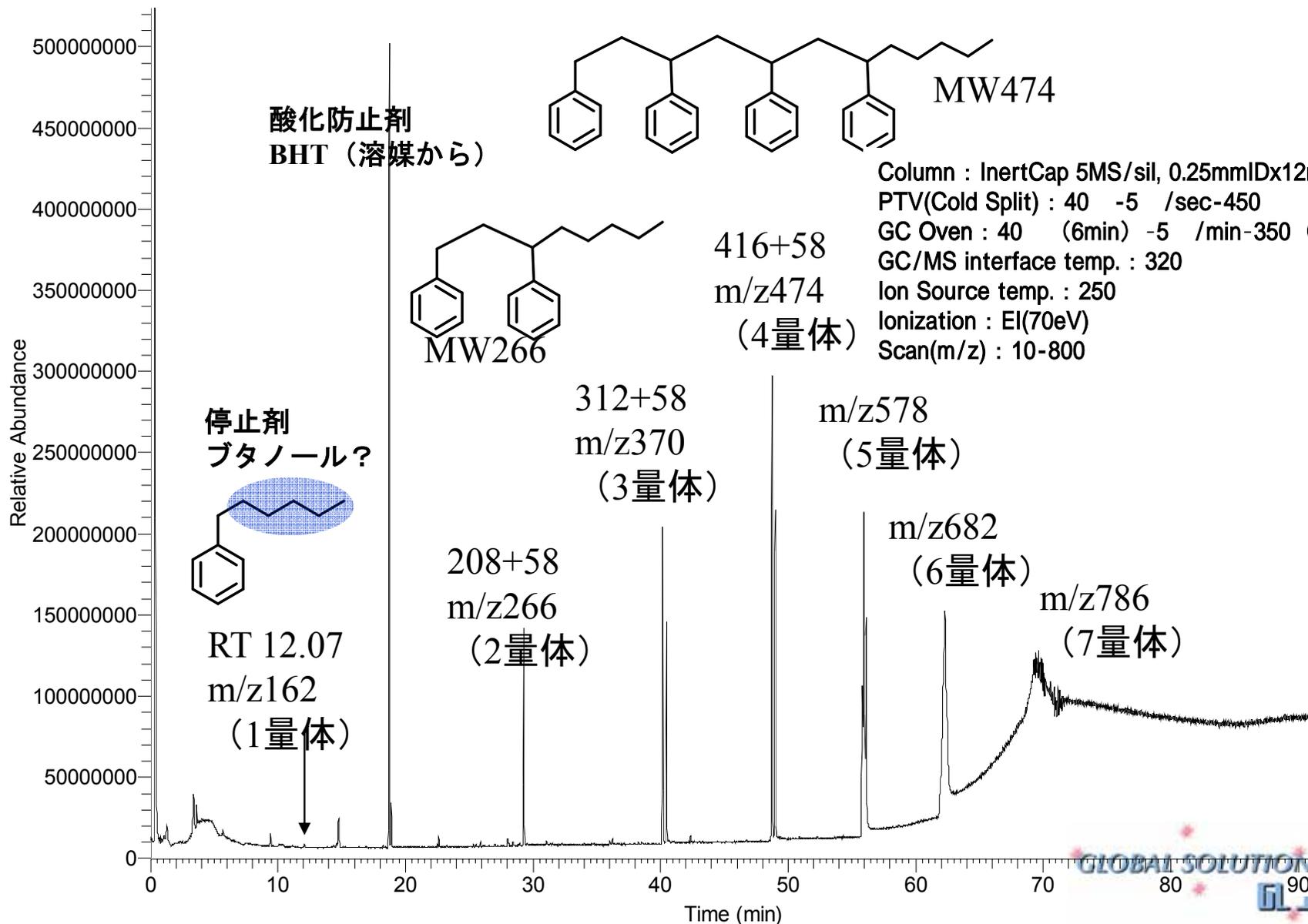
Kosuke Miyamoto; Takeshi Hara; Hiroshi Kobayashi; Hironobu Morisaka; Daisuke Tokuda; Kanta Horie; Kodai Koduki; Satoshi Makino; Oscar Núñez; Chun Yang; Takefumi Kawabe; Tohru Ikegami; Hirotaka Takubo; Yasushi Ishihama; Nobuo Tanaka; *Anal. Chem.* 2008, 80, 8741-8750.

ポリスチレンMW580標準試料のキャピラリーGC分析

RT: 0.00 - 91.41

THFに溶解して注入

NL:
8.83E9
TIC F: MS
PS580(1mg
ml)-05



High Resolution Separations HPLC vs GC

HPLC

◆微粒子カラム $2\mu\text{m}$
理論段数 > 30,000
(L=150mm 実用圧力下)

◆モノリスカラム
理論段数 > 100,000
(L > 1 m 実用圧力下)

◆移動相の線速度 1-5mm/秒

GC

◆キャピラリー 内径0.25mm
理論段数 > 100,000 (3,000/m)
(L=30-60m He)

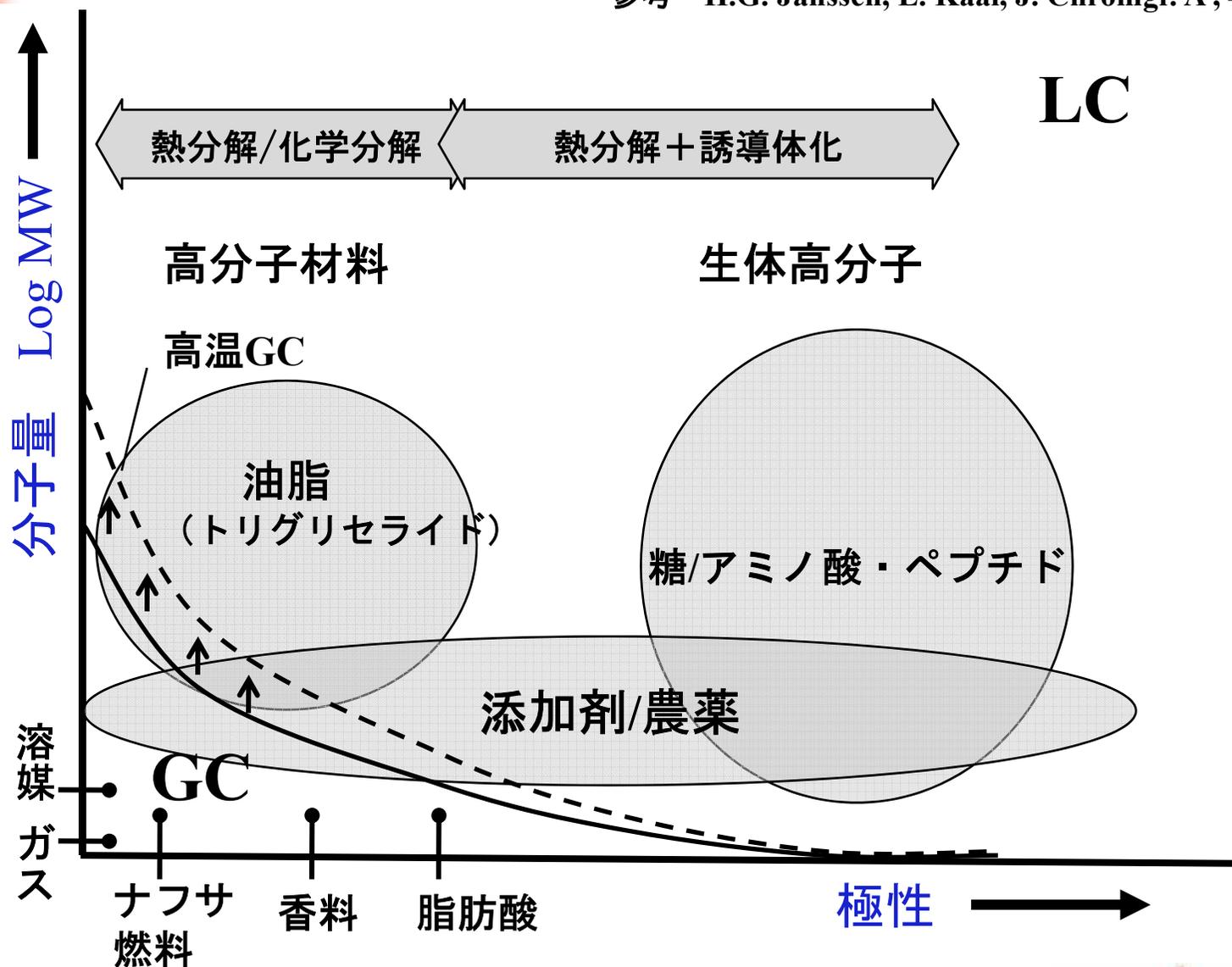
◆キャピラリー 内径0.1mm
理論段数 > 300,000 (10,000/m)
(L=30-60m H₂)

◆移動相の線速度 200-500mm/秒

- 分離の速度： GCが圧倒的に有利
- 適応対象の広さ： LCが圧倒的に有利
- ピークキャパシティー（ピークの数/情報）： ややGC有利
- 検出器の使いやすさ（汎用性と選択性）： ややGC有利

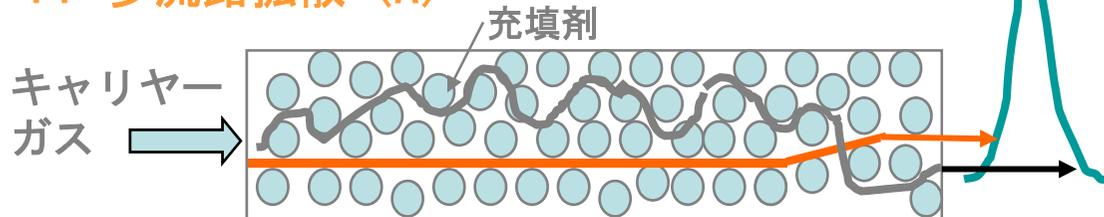
ガスクロマトグラフの適用範囲の拡大

参考 H.G. Janssen, E. Kaal, J. Chromgr. A, 43,1184 (2008)



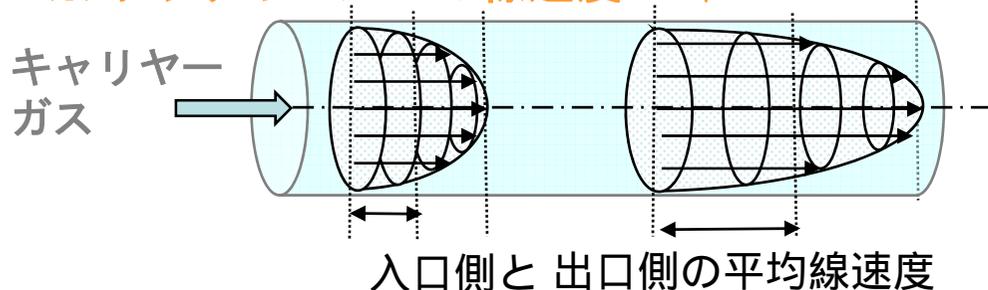
カラムでのピークの広がり

1. 多流路拡散 (A) キャピラリーカラムでは省略

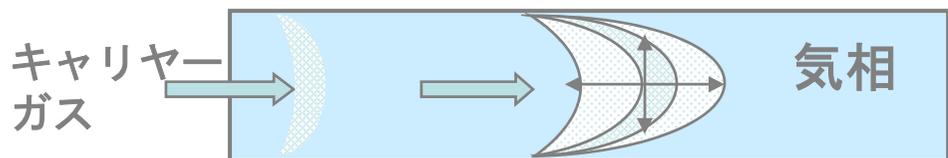


$$H = A + \frac{B}{u} + (C_L + C_G) \cdot u$$

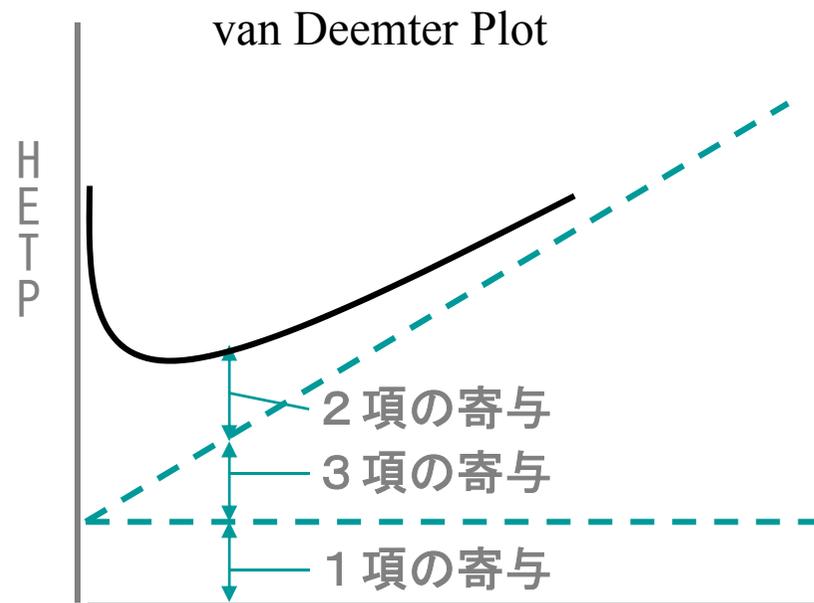
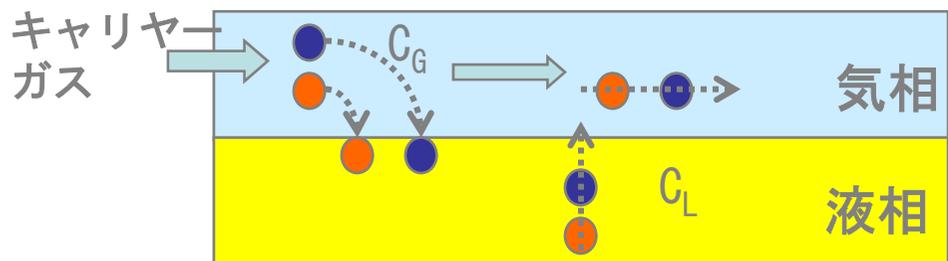
※キャリアーガスの線速度 u mm/sec



2. 分子拡散 (B)



3. 物質移動のスムーズさ (C_L, C_G)



キャリアーガス線速度 u

キャピラリーカラムのHETP (H)

Fig.1 Calculated Van Deemter Plot for each film thickness (k=2)

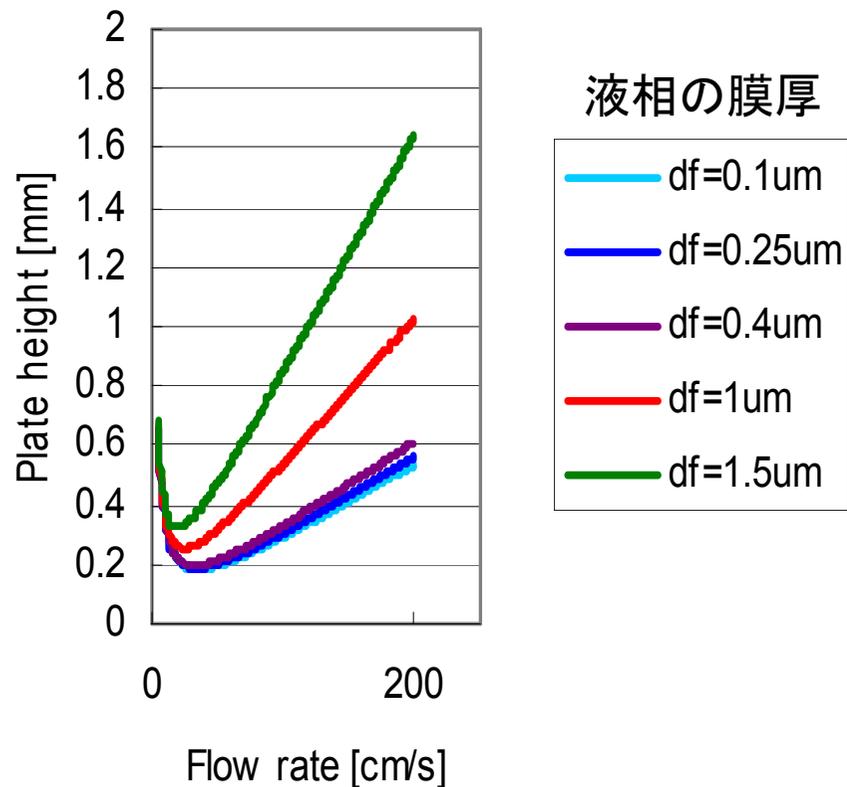
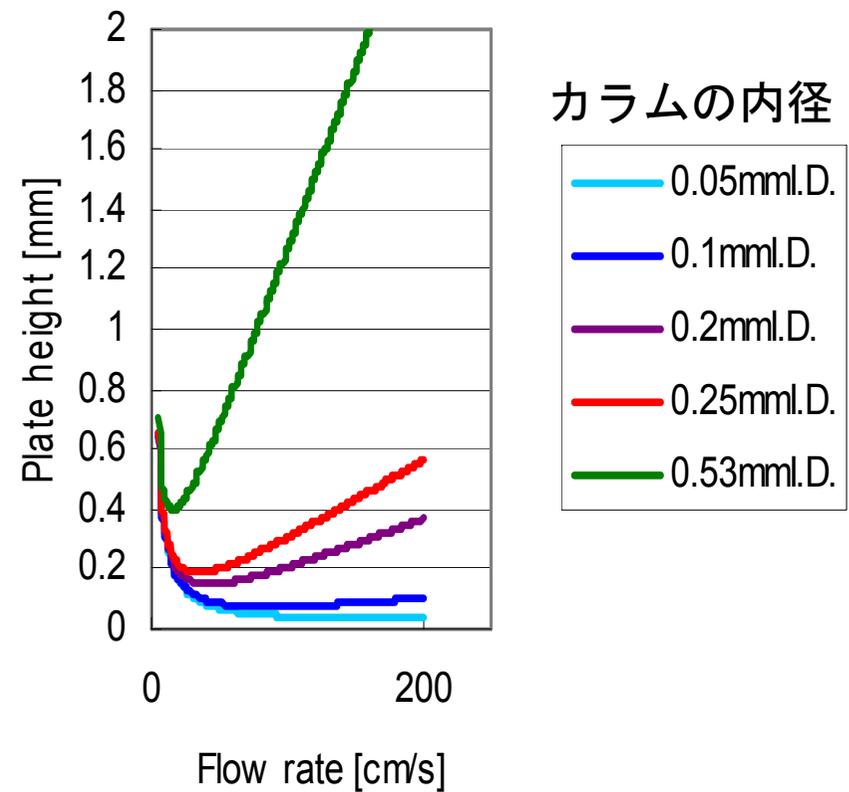
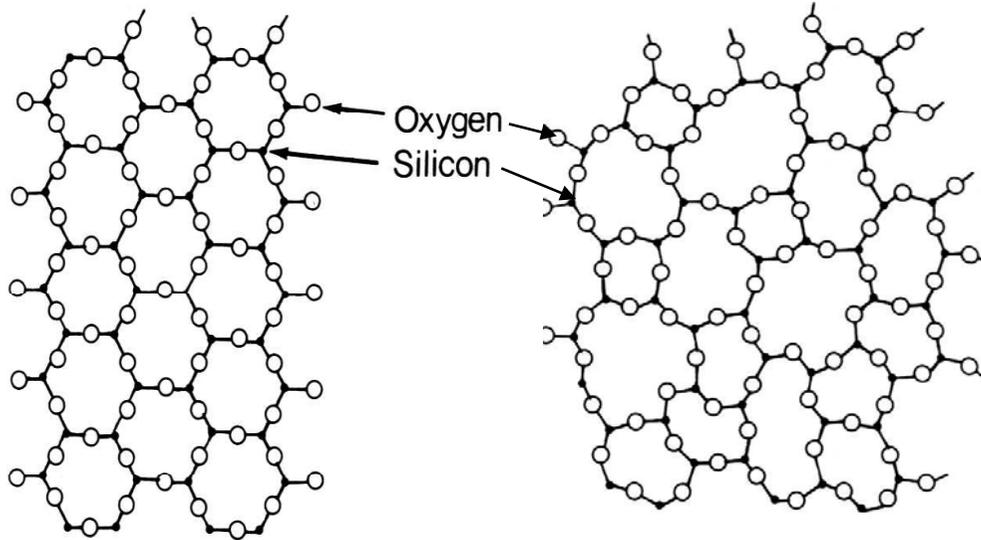


Fig.2 Calculated Van Deemter Plot for column internal diameter (k=2)



参考：津田孝雄 クロマトグラフィー(丸善)

熔融シリカガラス管(2)

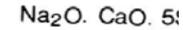
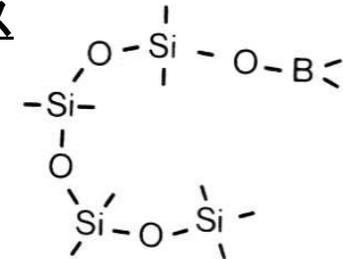
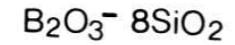


石英・水晶

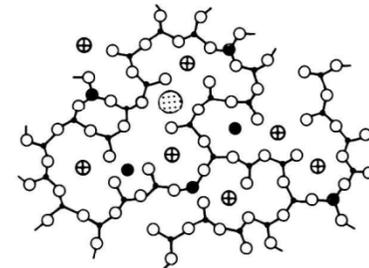
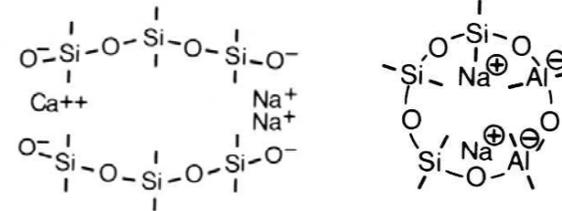
熔融石英

(断面図； 実際には、紙面の表裏方向に結合基が伸びている。)

ほう珪酸ガラス



軟質ガラス



- Silicon
- Oxygen
- Cation modifier
- ⊕ Cation modifier
- ⊙ Cation modifier

図1. 天然水晶/石英(結晶性)、熔融シリカガラス(アモルファス)とその他のガラス

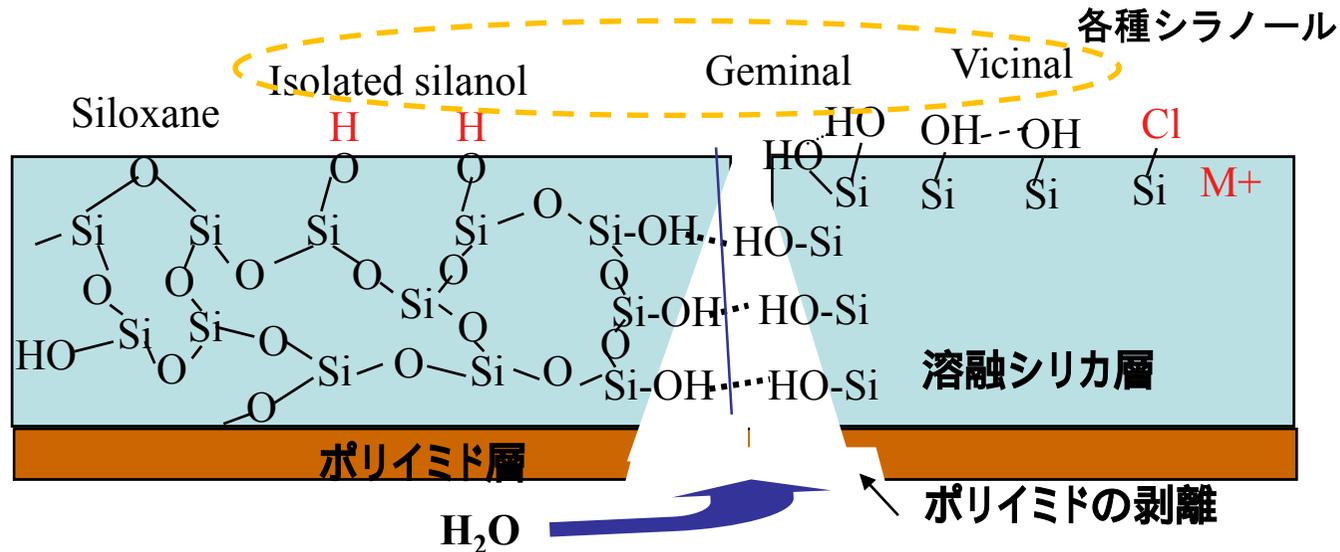
F.I.Onuska; Open Tubular Column Gas Chromatography in Environmental Sciences, 29(1984) Plenum Press NY

光ファイバーの分野； 熔融シリカ層に多数存在するマイクロクラックがファイバーを曲げたときに成長して折れやすくなるのを防ぐ。また、周囲の雰囲気や外力から保護する。表面のコーティング層

GLOBAL SOLUTION

GL Sciences

溶融シリカガラス管とポリイミドコーティング



(断面図； 実際には、紙面の表裏方向に結合基が伸びている。)

ポリイミド層が剥離していたり傷が付いていると、水蒸気の侵入により、シラノールが発生し脆くなる

図2. 溶融シリカ管の破断メカニズム

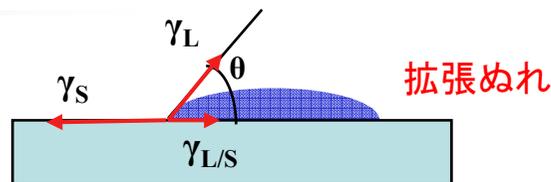
- ☞ 塩素イオンや金属は吸着の原因となる！
- ☞ 微量の金属は固定相を分解する！ ブリード！
- ☞ 溶融シリカ中を水酸基は移動する！
- ☞ 表面を改質しないと、極性の液相をコーティングできない！

表面シラノールの不活性化と固定相の濡れ性の改善

シリカ表面の処理（表面改質）

➡ 固定相—シリカ表面の濡れ性の改善

➡ Si-OHなどの活性点の処理



$$F = \gamma_S - (\gamma_{L/S} + \gamma_L) \quad , \quad F > 0$$

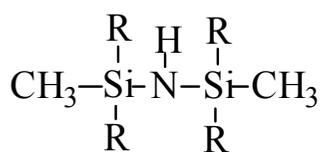
$$\gamma_S - \gamma_{L/S} = \gamma_L \cos\theta$$

シリカ表面とその改質の基本的な文献

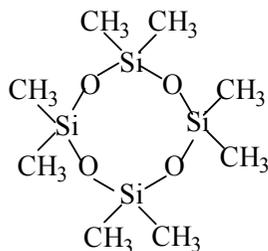
- Martin J.J. Hetem ; *Chemically Modified Silica Surfaces in Chromatography – A Fundamental Study*, (1993) Huthing, Heidelberg
- M. Hetem, C. Cramers, et al. ; *J. of Chromatgr.*, **447**, 3(1989)
- L. G. Blomberg ; *HRC & CC*, **7**, 232(1984)
- L. G. Blomberg ; *HRC & CC*, **8**, 632(1985)
- R. F. Arrendale, et al. ; *J. of Chromatgr.*, **208**, 209(1981)←Wax系

代表的な表面改質試薬

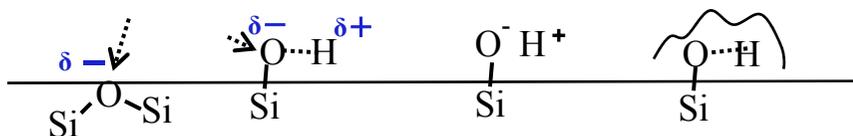
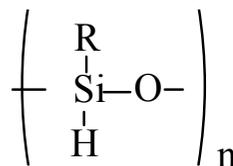
Disilazanes



Cyclic siloxanes, D₄, D₅



Hydrosiloxanes



シラノールの吸着：水素結合、ルイス塩の形成

代表的な評価試薬

1-Octanol	Exposed siloxane bond(弱)
2,6-Dimethylphenol	Exposed basic sites(強)
2,6-Dimethylaniline	Exposed acid silanol(強)
1-Aminodecane	Shielded acid silanol(弱)
Nicotine	Acid silanol(弱)

1980年代～ ➡ {
 ・ゾルゲル
 ・新しい固定相デザインへ

表面処理の目的も
 徐々に変化

コーティング法と膜厚(相比)

1. ダイナミックコーティング法

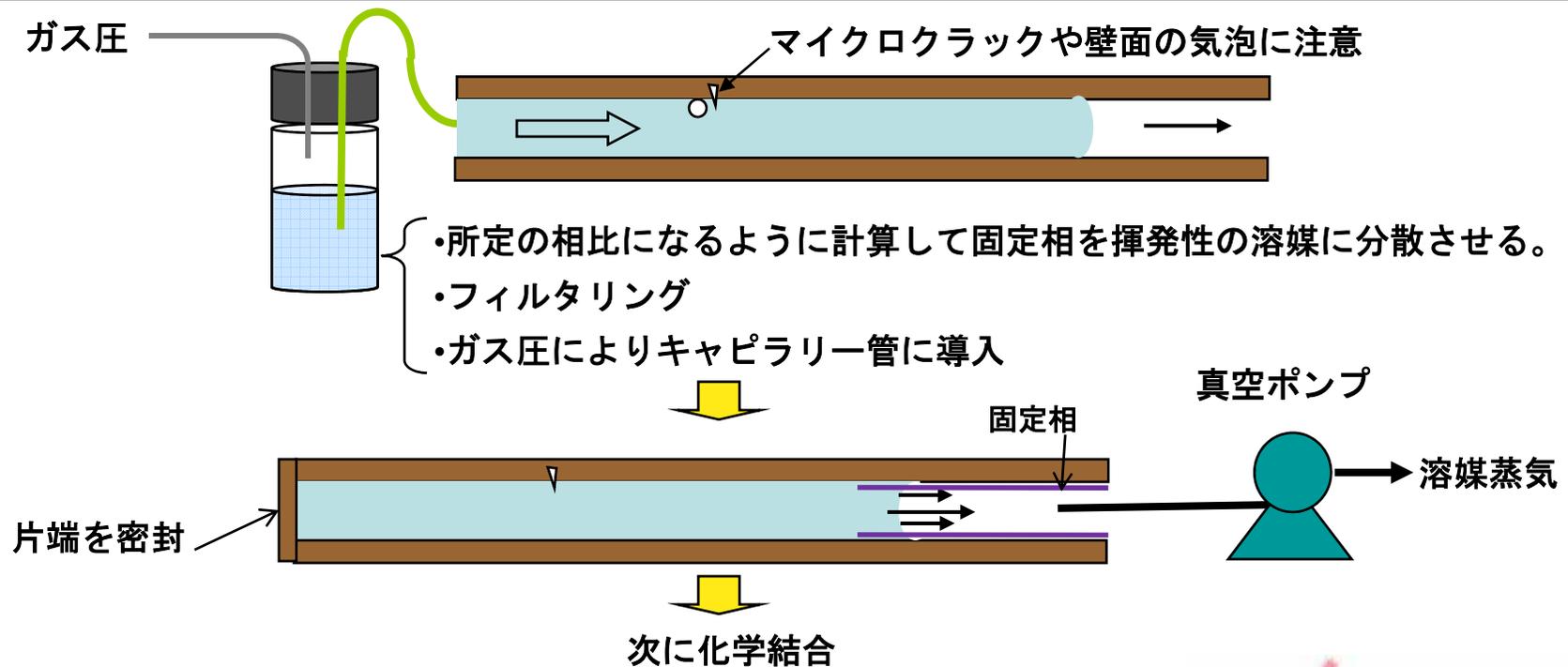
L. Blomberg; *Chromatographia*, Vol.8, No.7,324(1975)

2. スタティックコーティング法

W. Jennings; *Gas Chromatography with Glass Capillary Columns*, 2nd ed., (1980) Academic Press

3. フリーリリース法

B. Xu, N.P.E. Vermeulen; *HRC & CC*, 8, 181(1985)



スタティックコーティング法の概要

コーティングと膜厚(相比) レーザ共焦点顕微鏡による観察

キャピラリーカラム: InertCap 17, 0.25mmID, Df=0.25 μ m

観察手法: 共焦点レーザー走査型顕微鏡、測定レーザー波長458nm

ドライ対物レンズ20倍(デジタルズーム1)、水漬対物レンズ40倍(デジタルズーム40)

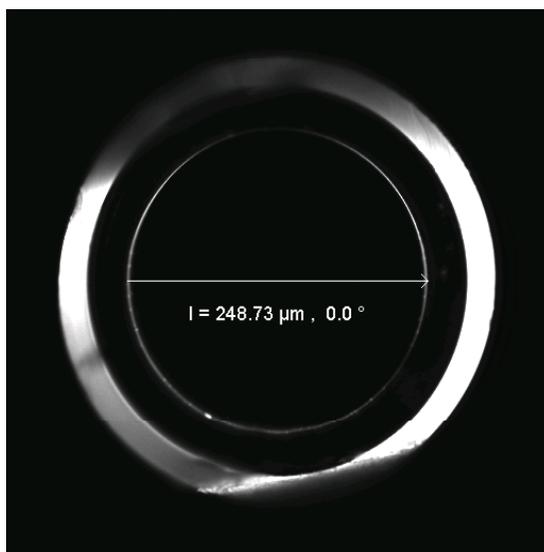
前処理(液相染色操作)

染色溶液: ペリレン0.01g, THF1mlに溶解。純水10ml添加

染色: 50cm長さのキャピラリーカラムに注入。一晩放置。注入溶液を排出。純水にて洗浄。

卵の殻のように薄い!

キャピラリーカラムの特長

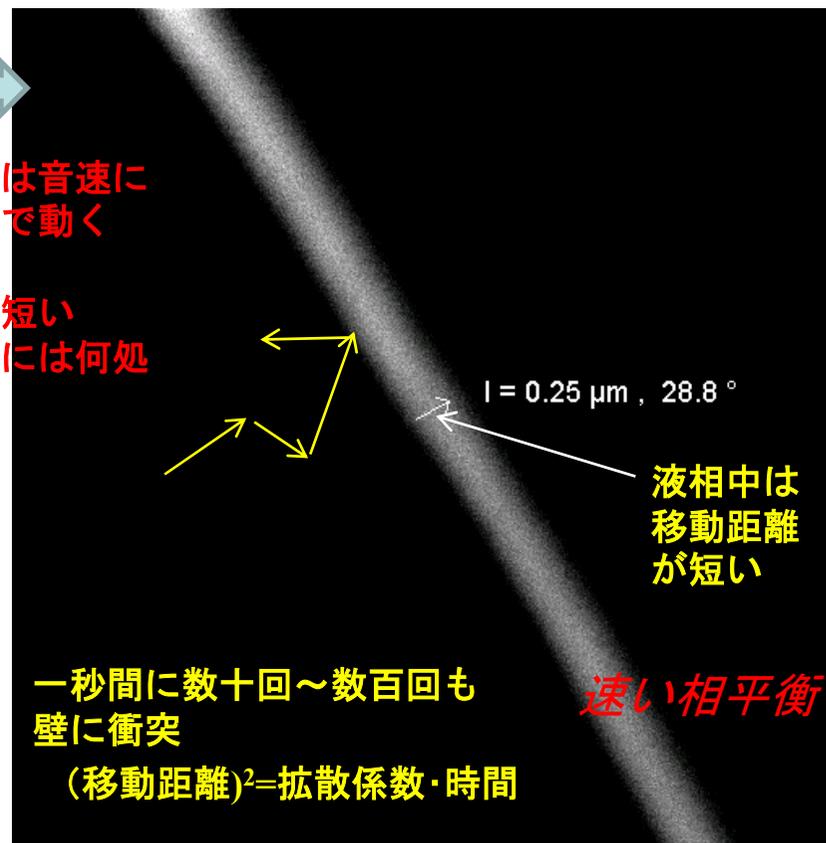


拡大



ベンゼン分子は音速に近いスピードで動く

平均自由行路は短いが・・・一秒後には何処にいるか?



$$K_D = k = k \frac{r}{2d_f}$$

K_D : 分配係数、 k : 保持係数

β : 相比、 r : カラムの半径

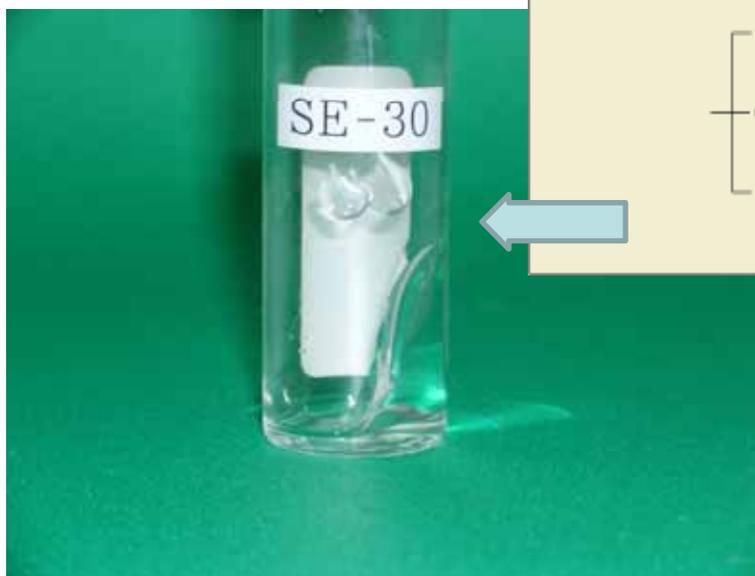
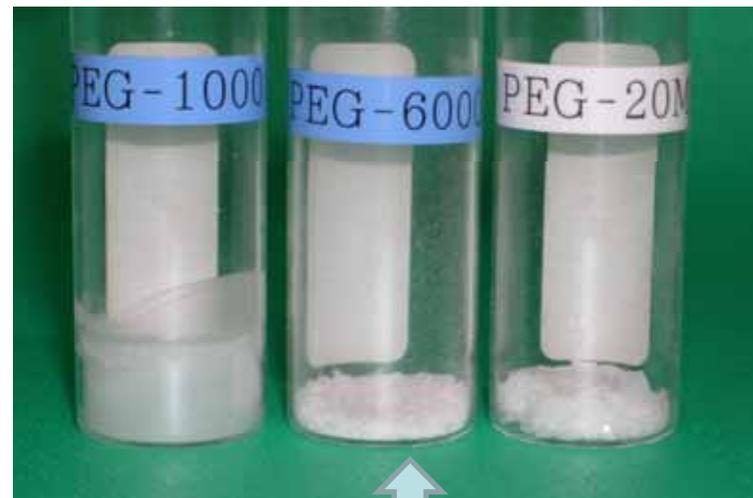
d_f : 固定相の膜厚

参考: 津田孝雄 クロマトグラフィー(丸善)

GLOBAL SOLUTION

GL Sciences

固定相液体って液体ですか？ (1)

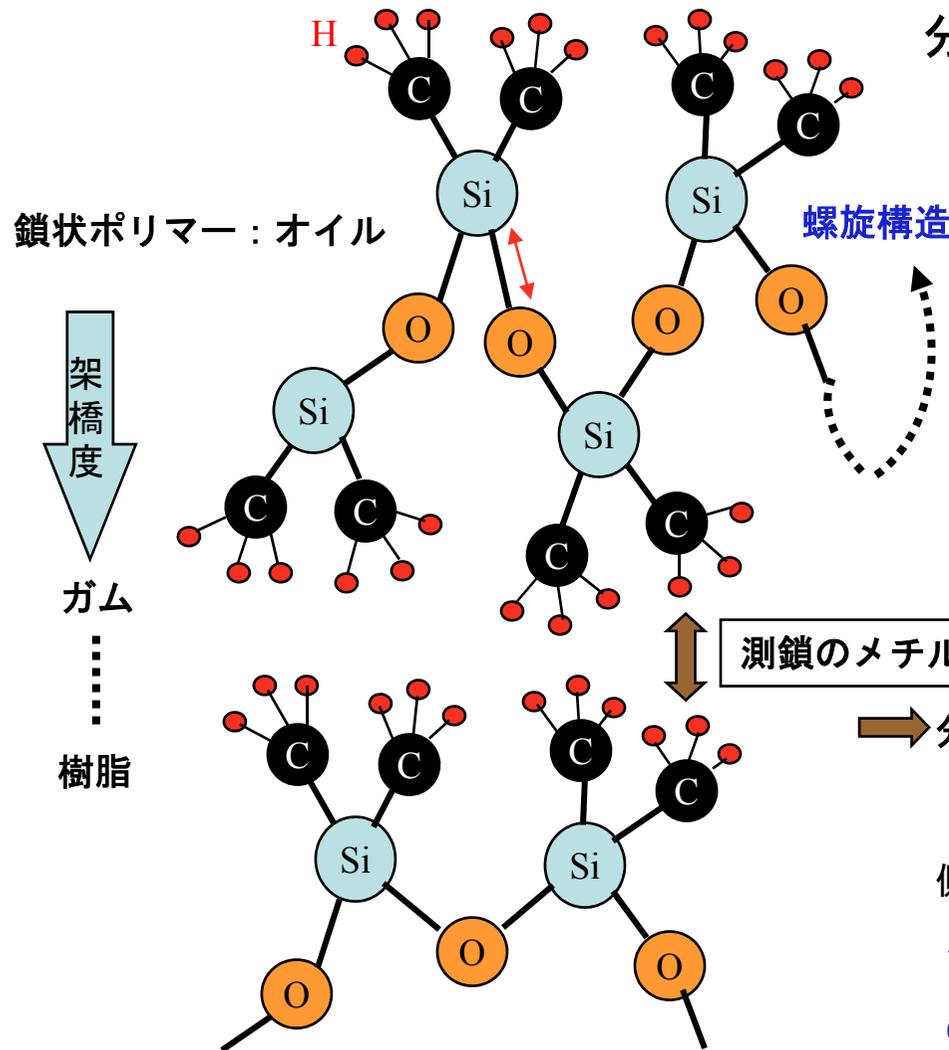


構造式	構造式
$\left[\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{O}-\text{Si} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_{100\%}$	$\text{HO}-\left[\begin{array}{cc} \text{H} & \text{H} \\ & \\ \text{C} & -\text{C}-\text{O} \\ & \\ \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n \text{H}$

固定相液体って液体ですか？ (2)

固定相：溶解させる能力と（気相との間の分析種の自由エネルギー（ $-G$ ）の差

- $\ln K = -G/RT$
- 1秒間に千回を超える移動相—固定相間の物質移動



Si-O 距離	: 0.164nm (PE C-C 0.154nm)
Si-O-Si 角度	: 130-160° (PE C-C-C 110°)
Si-O 結合 E	: 106kcal/mol (C-C 85kcal/mol)

主鎖は柔軟性があり強い結合

測鎖のメチル基間は反発力

→ 分子間凝集しにくい

高温OK

↓

低温OK

界面張力が低い（濡れやすい）

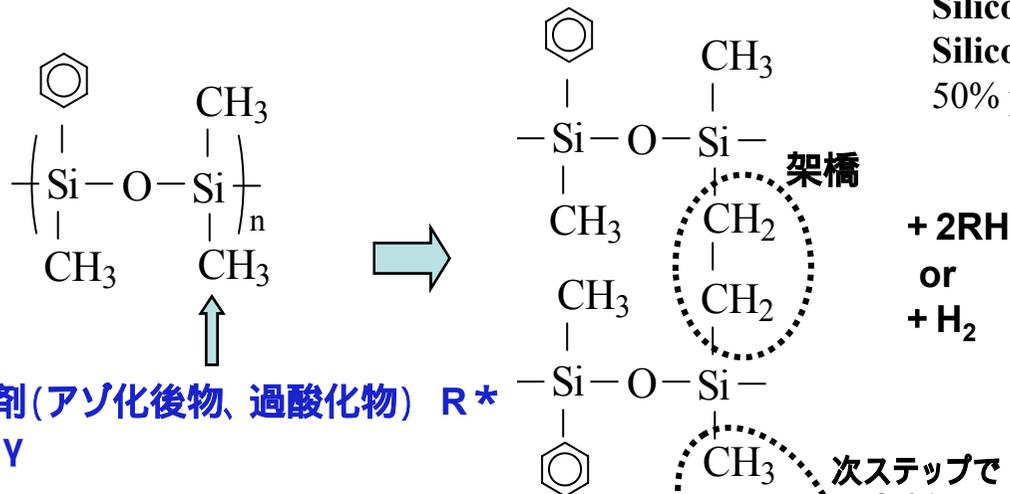
側鎖にフェニル基を導入すると規則性が下がる・・・

化学結合すると・・・どうなるの？

GCの固定相は・・・ゲル <Xerogel> ! ?

化学結合型って？

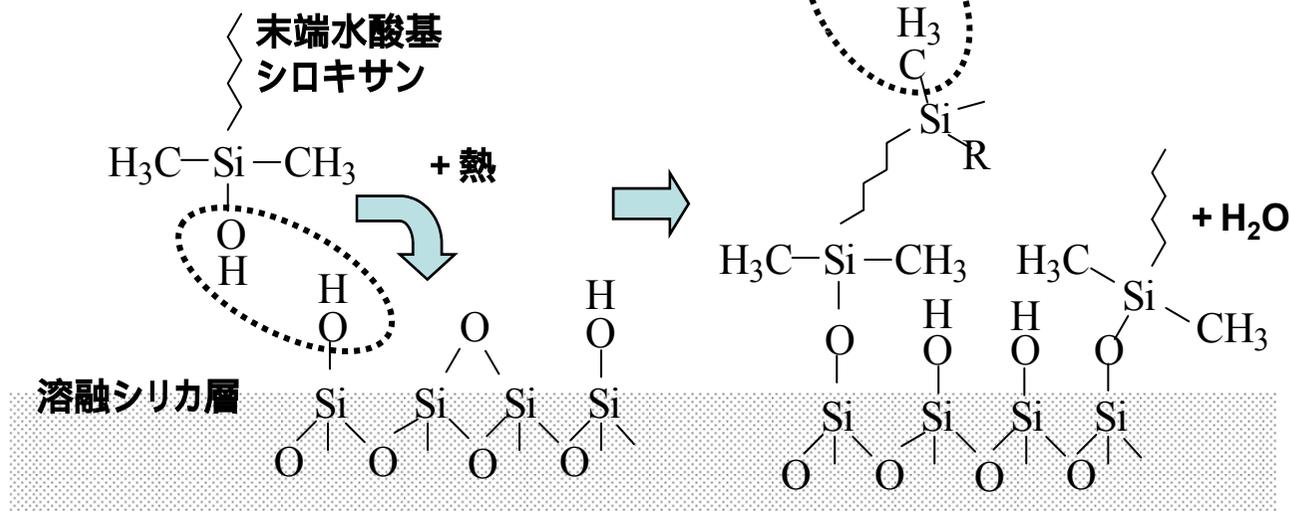
クロスリンクの例



1. 重合開始剤 (アゾ化後物、過酸化物) R*
2. ガンマ線 γ

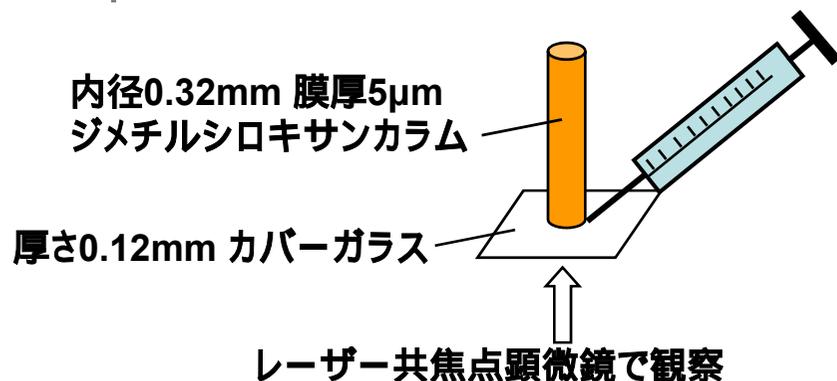
3. 自己架橋する液相を使う
Silicone OV-17 Vinyl Modified
Silicone OV-17-OH Modified
50% phenyl 50% methylsilicone

化学結合の例



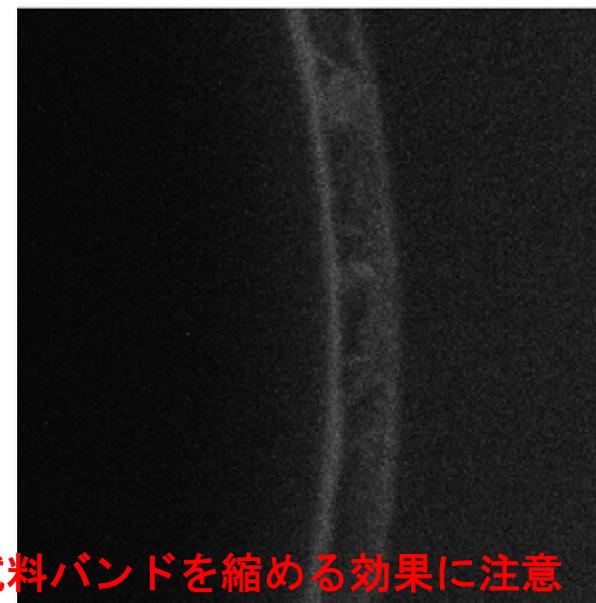
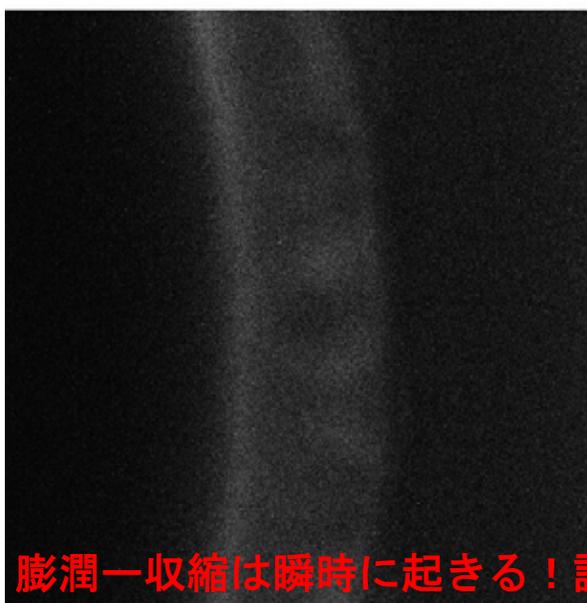
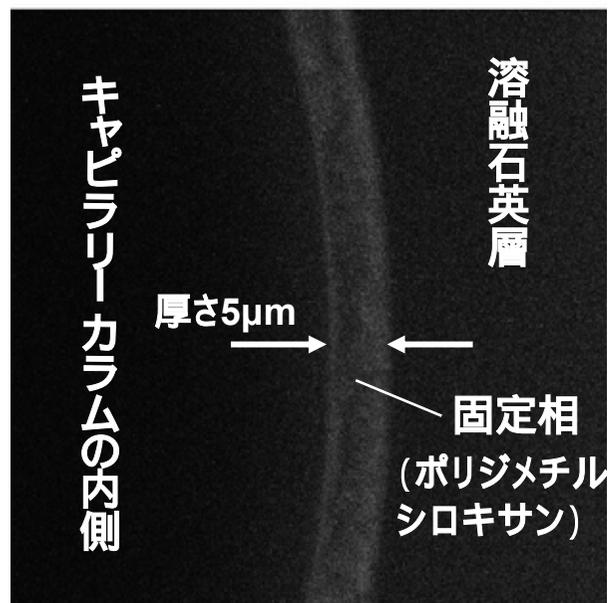
固定相のクロスリンクと化学結合の例

固定相ソーキング(溶媒による膨潤)って？



レーザー共焦点顕微鏡での固定相膨潤の観察手順

1. フルオロセインを溶媒に溶かして固定相にしみ込ませ、十分に溶媒を飛ばす。
2. 数 μ lのジクロロメタンをカラムに毛細管現象により吸引させる。
3. ジクロロメタンを自然乾燥させる。



最初の状態(蛍光着色してある)



ジクロロメタンを吸引させると、瞬時に2倍以上に膨らむ



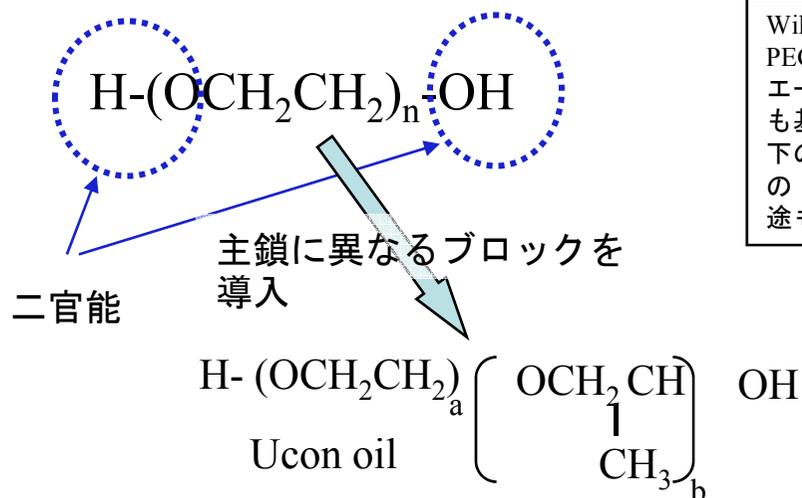
ジクロロメタンが蒸発すると、瞬時に元の膜厚に戻る

GLOBAL SOLUTION

GL Sciences

Carbowax™ (Polyethylene Glycol)

TM : Dow



Wikipediaより抜粋; ポリエチレングリコール (polyethylene glycol、略称 PEG) は、エチレングリコールが重合した構造をもつ高分子化合物 (ポリエーテル) である。ポリエチレンオキシド (polyethylene oxide、略称 PEO) も基本的に同じ構造を有する化合物であるが、PEGは分子量 50,000 g/mol 以下のもの (エチレングリコールの重合体) をいい、PEOはより高分子量のもの (付加重合体) をいう。両者は物理的性質 (融点、粘度など) が異なり用途も異なるが、化学的性質はほぼ同じである。

PEGの化学結合 ← γ 線、DCUP[Bis(-dimethylbenzyl)peroxide]、シランカップリング剤・・・などを使う

自己架橋固定相 (INNOWAX)

- R. C. M. de Nijs, J. Zeeuw ; *HRC & CC*, **5**, 501(1982) 最初の固定化
- J. Buijten, et al.; *J. Chromatgr.*, **268**, 387(1983) DCUP+Methyl(vinyl)cyclopentasiloxane(V₅)
- L. Bystricky ; *HRC & CC*, **9**, 240(1986) 高濃度のDCUP
- M. Horka, et al.; *Chromatographia*, **21**, 454(1986) γ -glycidoxypropyltrimethoxysilaneで素管の処理後、aliphatic pluriisocyanate利用 300 以上

化学結合形固定相の利点と問題点(ブリードとカラムの劣化)

☞ メリット

◆適用範囲の拡大

- 低温から高温まで：使用温度範囲の拡大
- 薄膜(リテンションギャップ) から厚膜の液相まで固定化可能
- 強極性の液相まで固定化可能
- 大量注入が可能、溶媒で洗浄可能な固定相も可能

☞ 注意点

- ### ◆ブリード
- 微量分析の要求
 - MSのSIMと重なる！？

◆切れた後の固定相は？

- McReynolds定数の変化
- 活性サイト（酸の発生）



化学結合は必要・・・

だけど、固定相の変化を予測しにくい！

熱
酸素・水
金属・酸・アルカリ

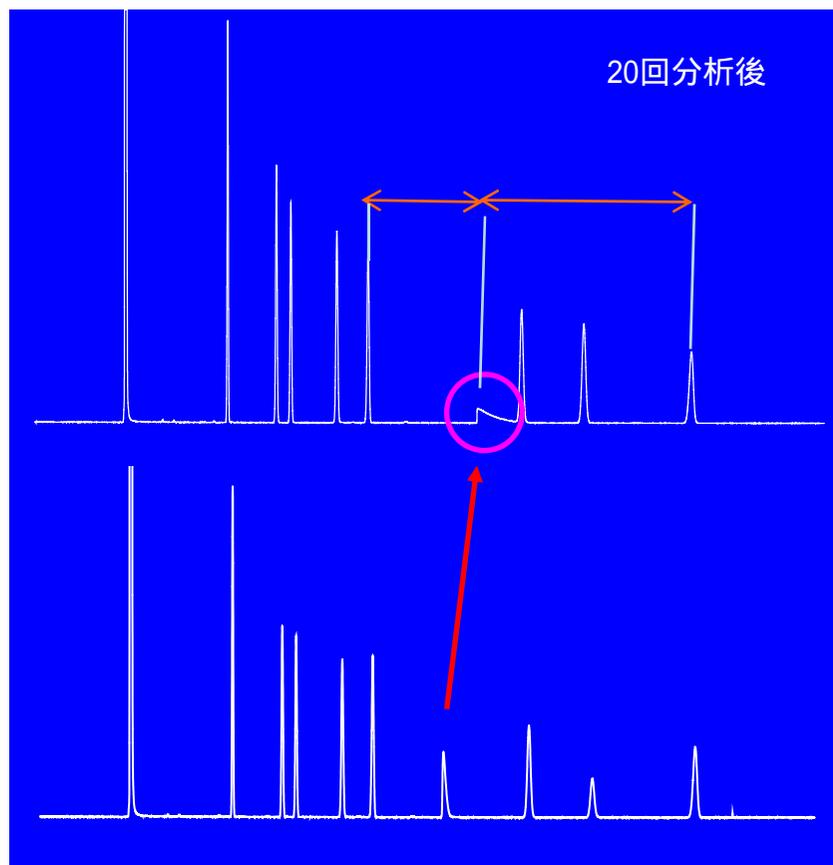
揮発性の酸・アルカリ

極性物質の保持(RI)の変動

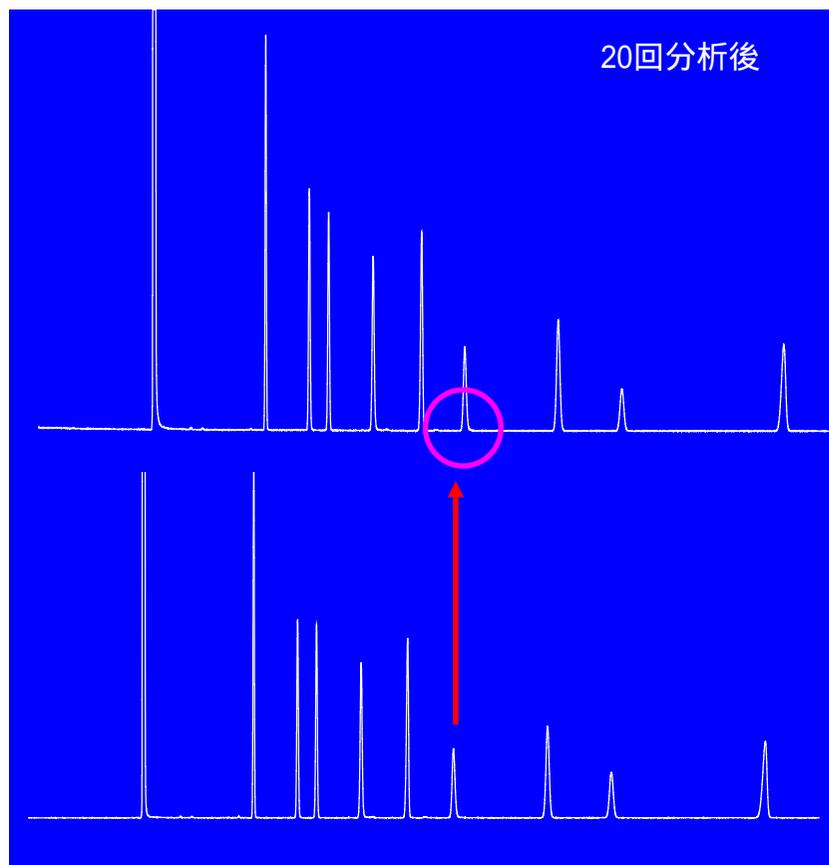
昇温分析を繰り返すことにより、酸性試料のリテンションタイムの変動、または吸着が顕著に起こる場合があります。最終的に完全に吸着する場合があります。

1. n-Hexadecane
2. Dicyclohexylamine
3. Methyl-n-Undecanoate
4. 1-Decanol
5. n-Octadecane
6. n-Hexanoic Acid
7. 2,6-Dimethylphenol
8. 3,5-Dimethylaniline
9. n-Eicosane

A社製WAX

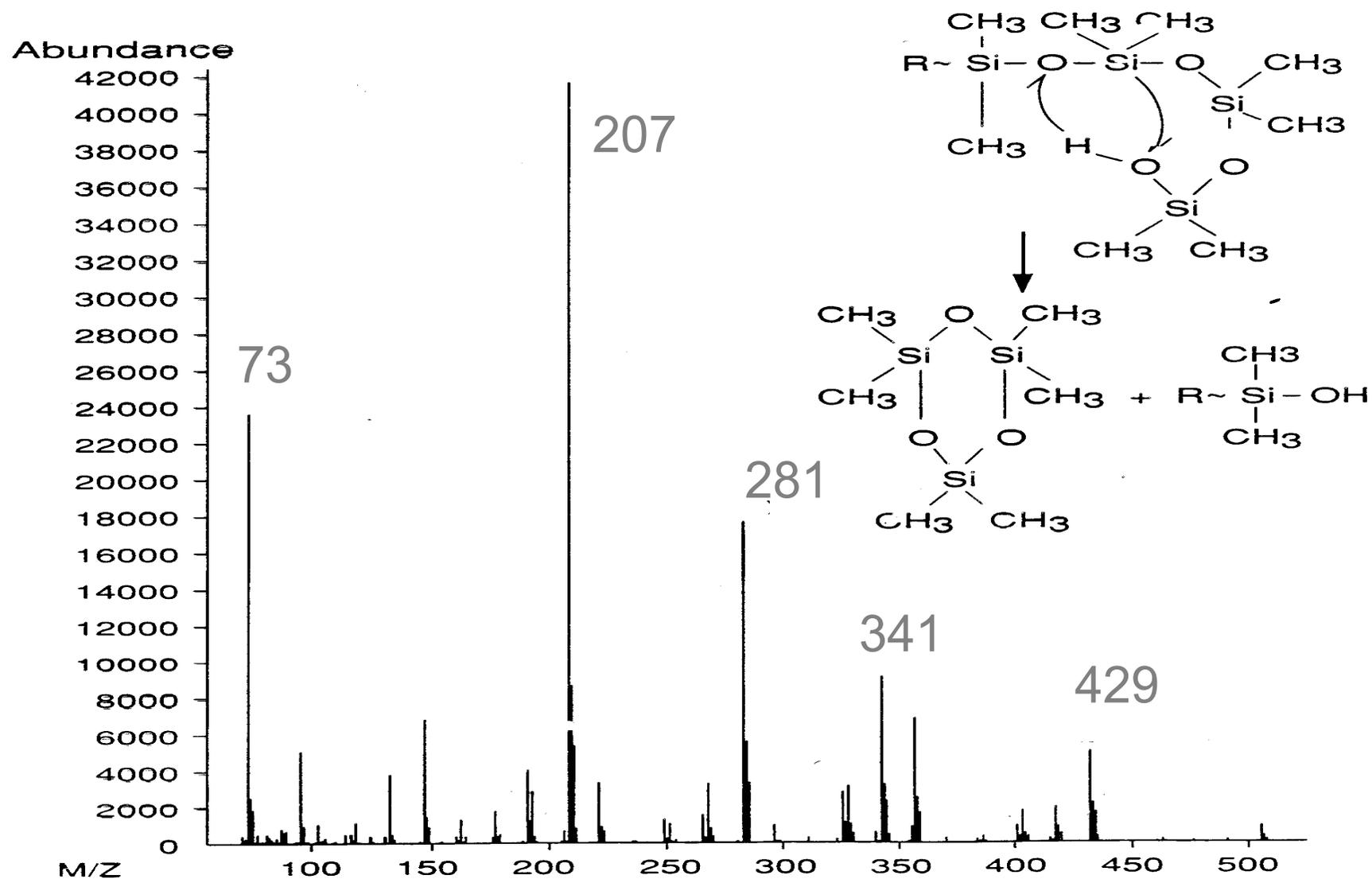


InertCap Pure-WAX



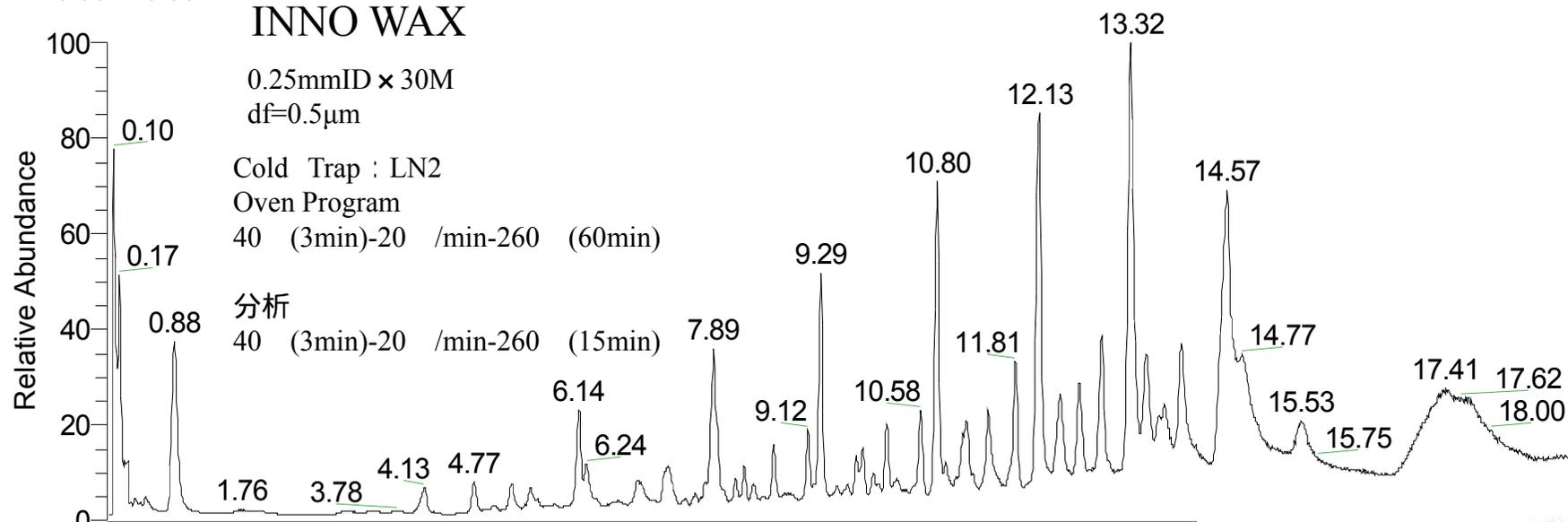
ブリード(環状シロキサン)のMSスペクトル

Bleed product formation and ions found in MS spectrum

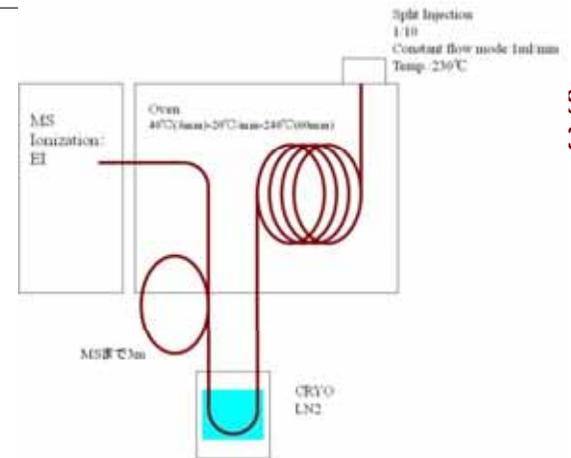
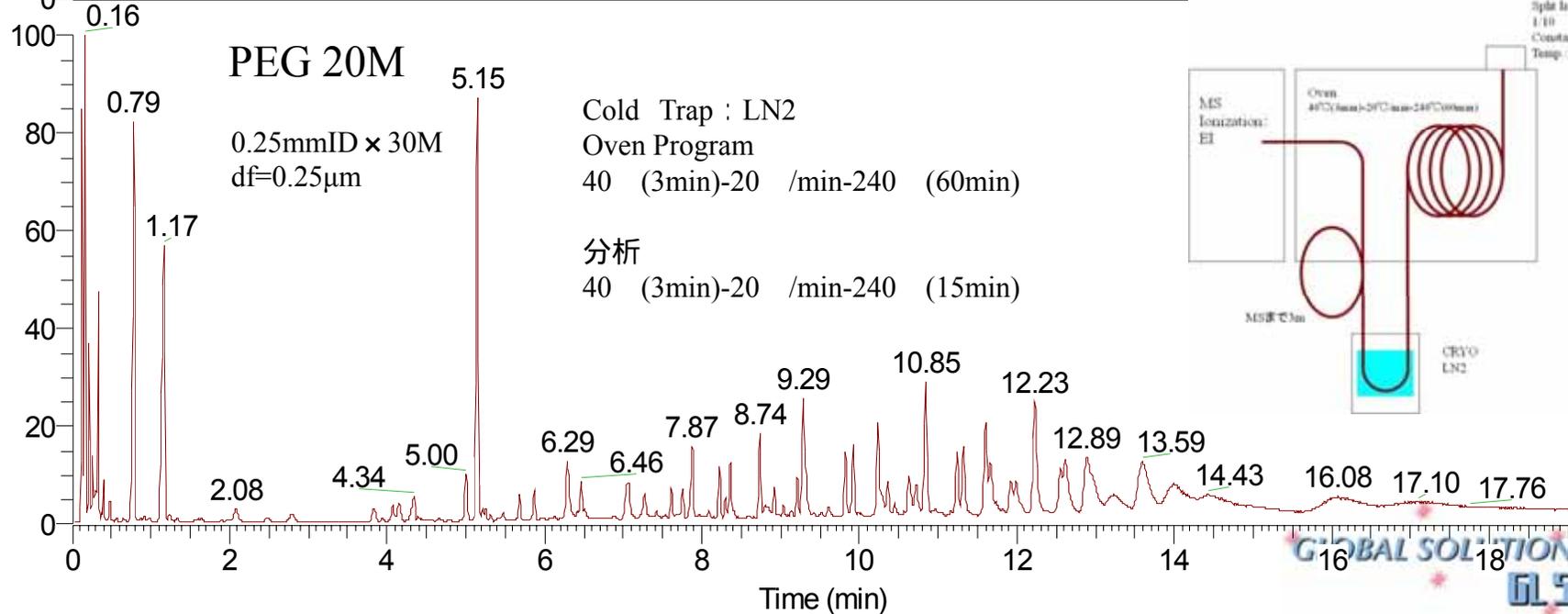


INNO WAXとPEG 20M (化学結合形)のブリード成分は？

RT: 0.00 - 19.06

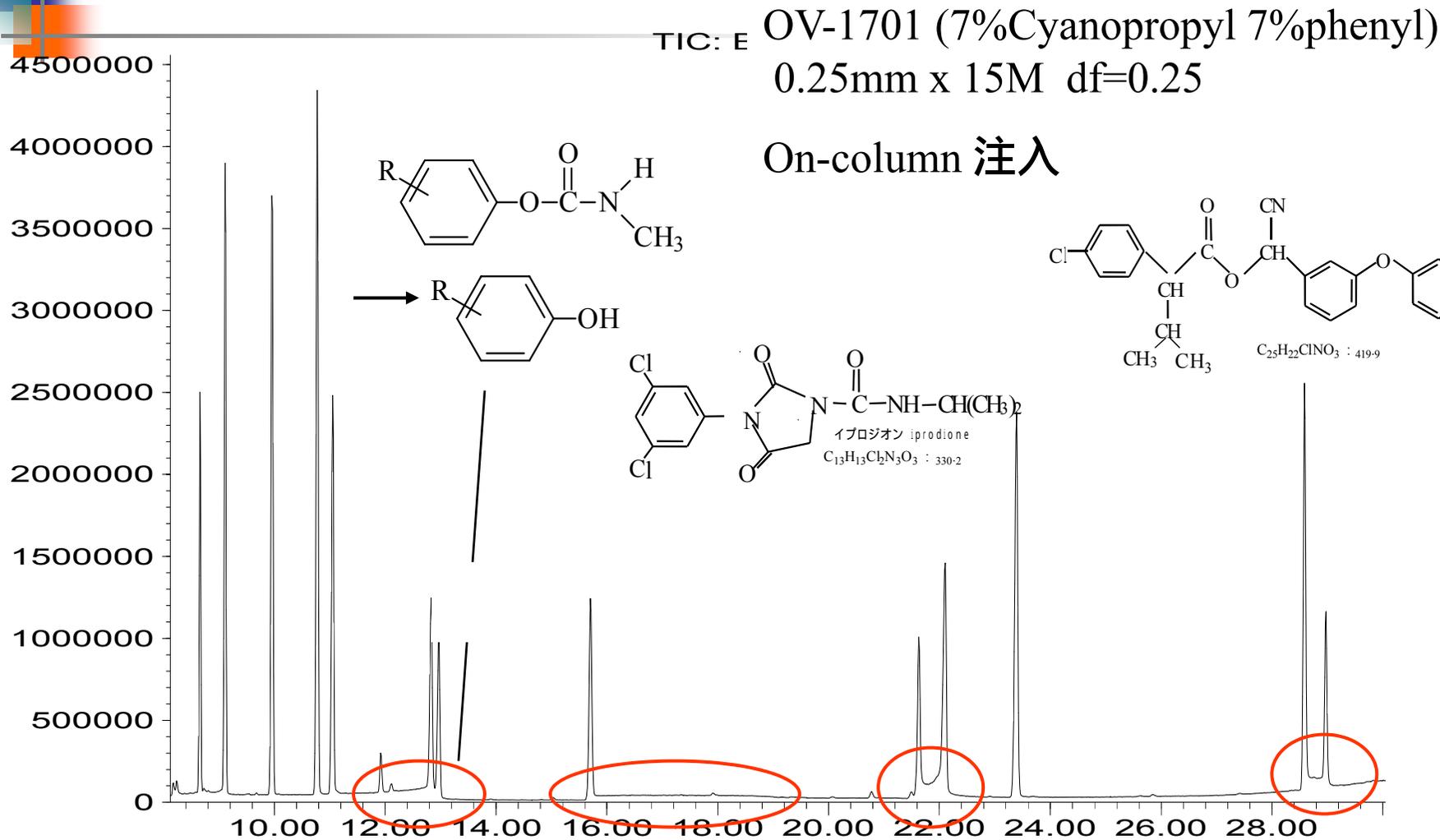


NL:
 1.88E7
 TIC F: MS
 080402-
 sample-02



S
 3-

Abundance カラム内での分析種の変性

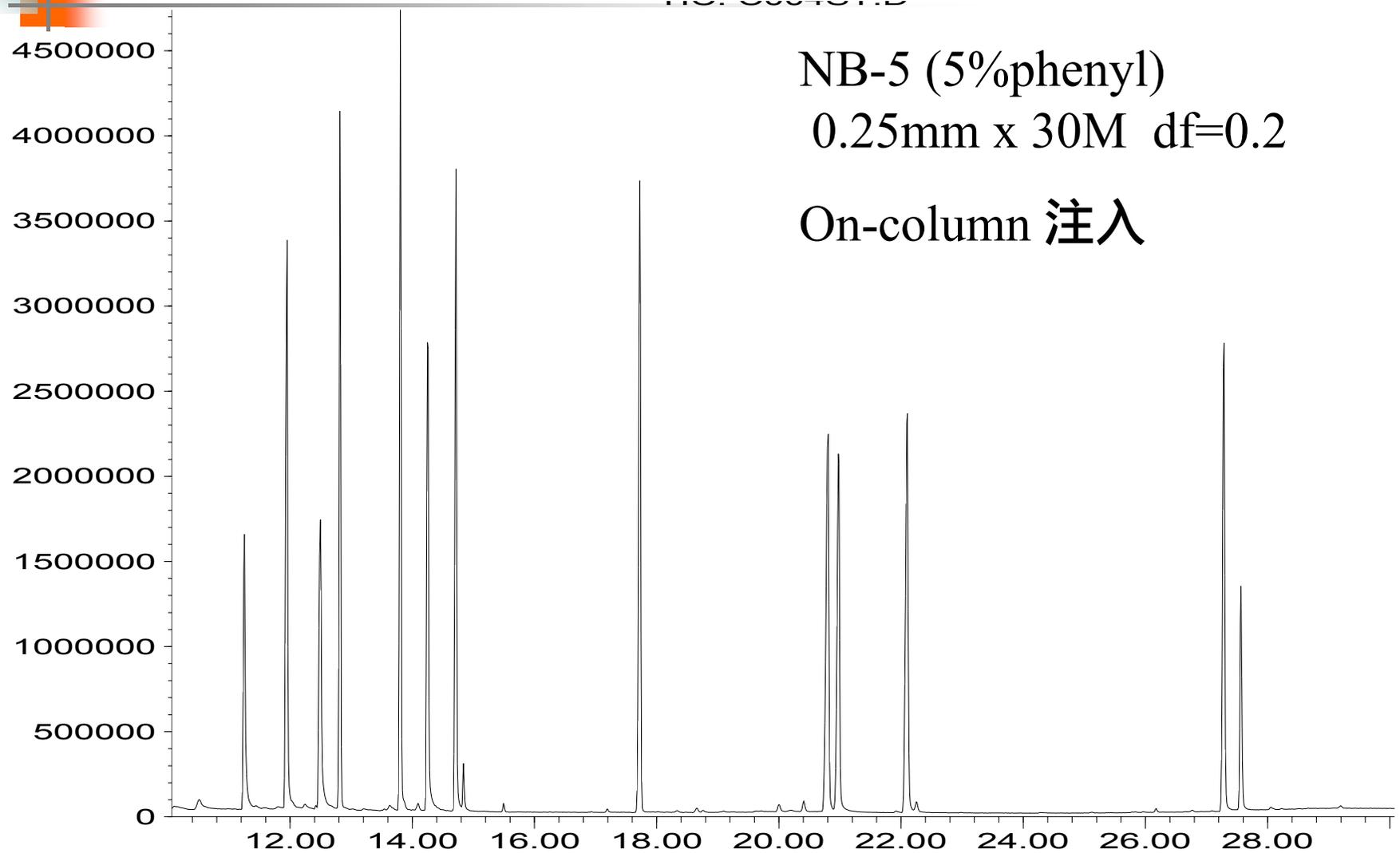


Time-->

Bendiocarb	γ-BHC	Pirimicarb	Dimethoate	Methiocarb
Carbaril	Endrine	EPN	Iprodione	Phosalone
				Fenvalenate

Abundance

カラム内での分析種の変性(2)



NB-5 (5%phenyl)
0.25mm x 30M df=0.2
On-column 注入

Time-->

Bendiocarb γ -BHC Pirimicarb Dimethoate Methiocarb
Carbaril Endrine EPN Iprodione Phosalone Fenvalenate

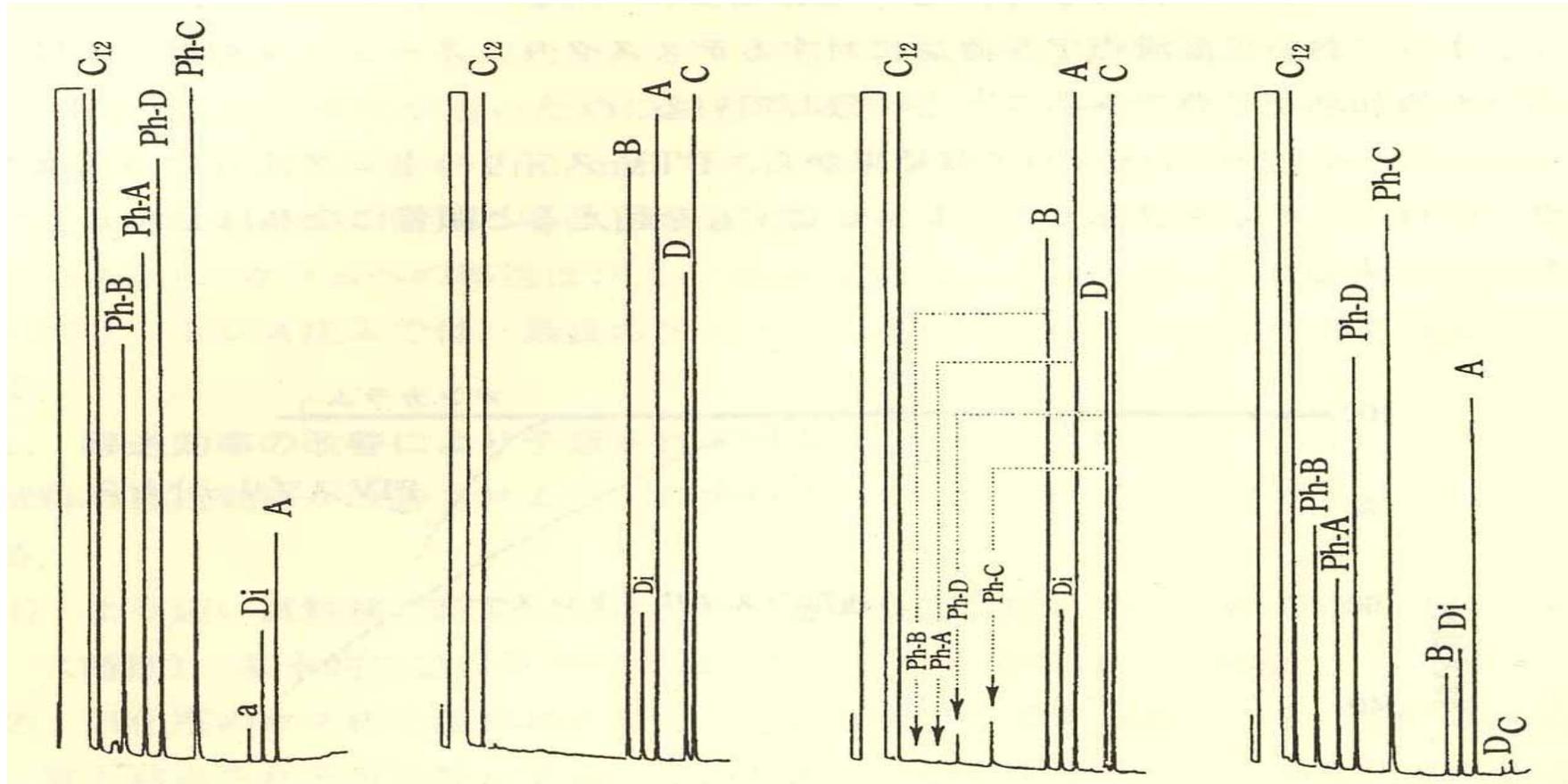
注入法によるカルバメート系農薬の分解の比較

1. スプリットレス注入法
230 (シーメンス製)

2. オンカラム注入法
(HP製)

3. PTV注入法 (ゲステル製)
ガラスウールなし
100 , (8 /秒) ~220

4. PTV注入法
ガラスウール入りインサート
3と同条件



C12 : ドデカン (内部標準物質) , Di : ジメトエート, A : アミノカルブ, B : ベンダイオカルブ, C : カルバリル,
D : ジオキサカルブ,
Ph-A, Ph-B, Ph-C : それぞれ該当するカルバメート系農薬の分解により生成するフェノール類

Hans-Martin Muller and Hans-Jurgen Stan, J.High Resol.Chromatogr., 13, 759(1990)から一部修正して記載

- ◆クロマトグラム全体とベースライン付近を注意して観察しよう！
- ◆カラムの状態に敏感になろう！カラム評価サンプルは役に立つ！

☛リーディングピーク

分析種（分析対象成分）の試料量が多すぎる
分析種に対する固定相の溶解力が低い
分析種がカラム内で分解(ある種の成分はテーリング)

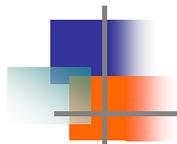
☛テーリングピーク & ピークの消失

カラム内に吸着活性点が発生
(入口の汚れ、固定相のトラブル)
まれに検出器側の金属、温度(コールドスポット)



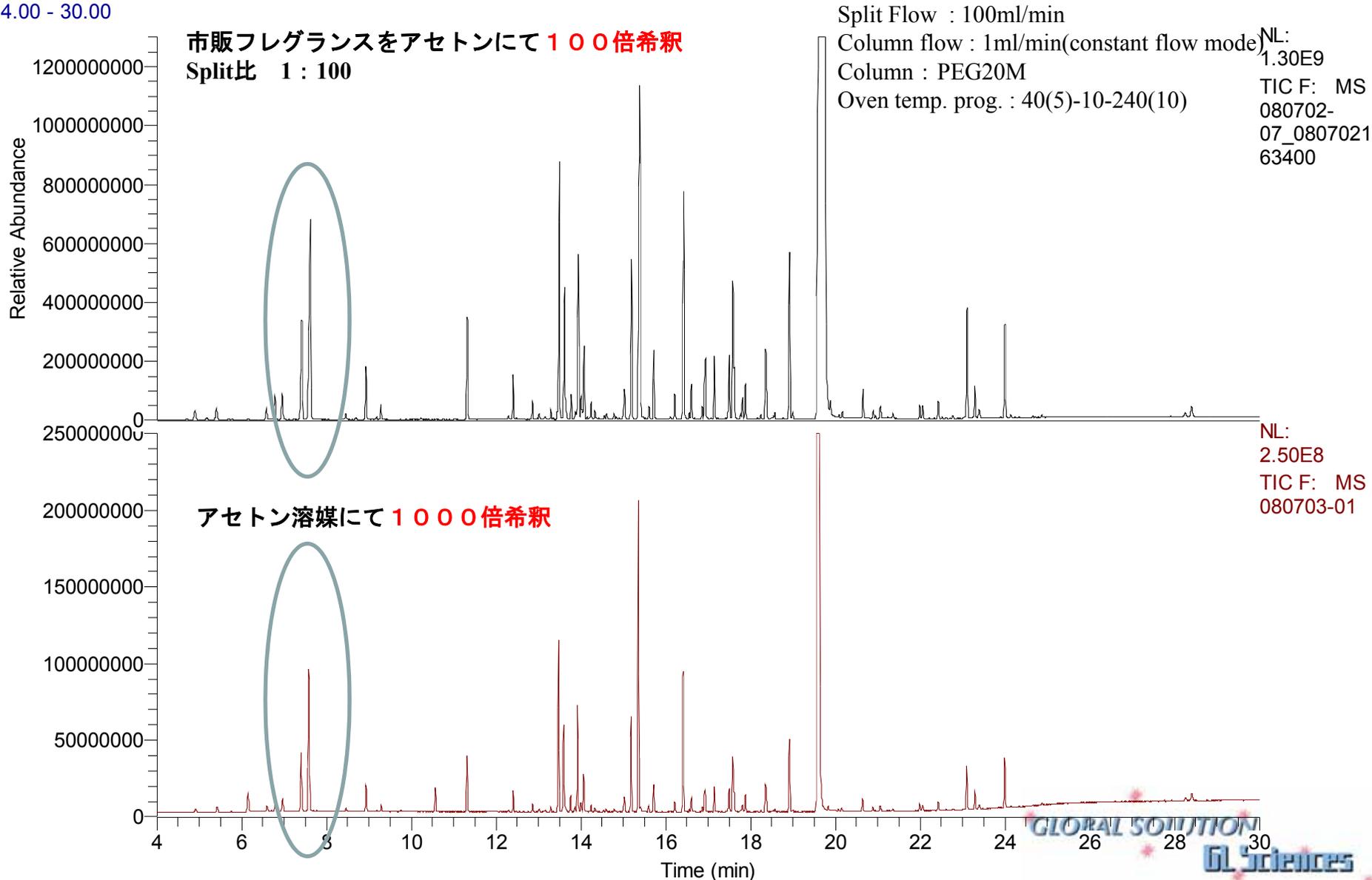
注入口はGCのアキレス腱

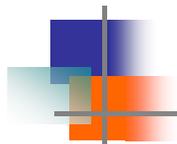
- ◆多くのトラブルは、注入口とカラム入口に発生！



試料負荷量

RT: 4.00 - 30.00

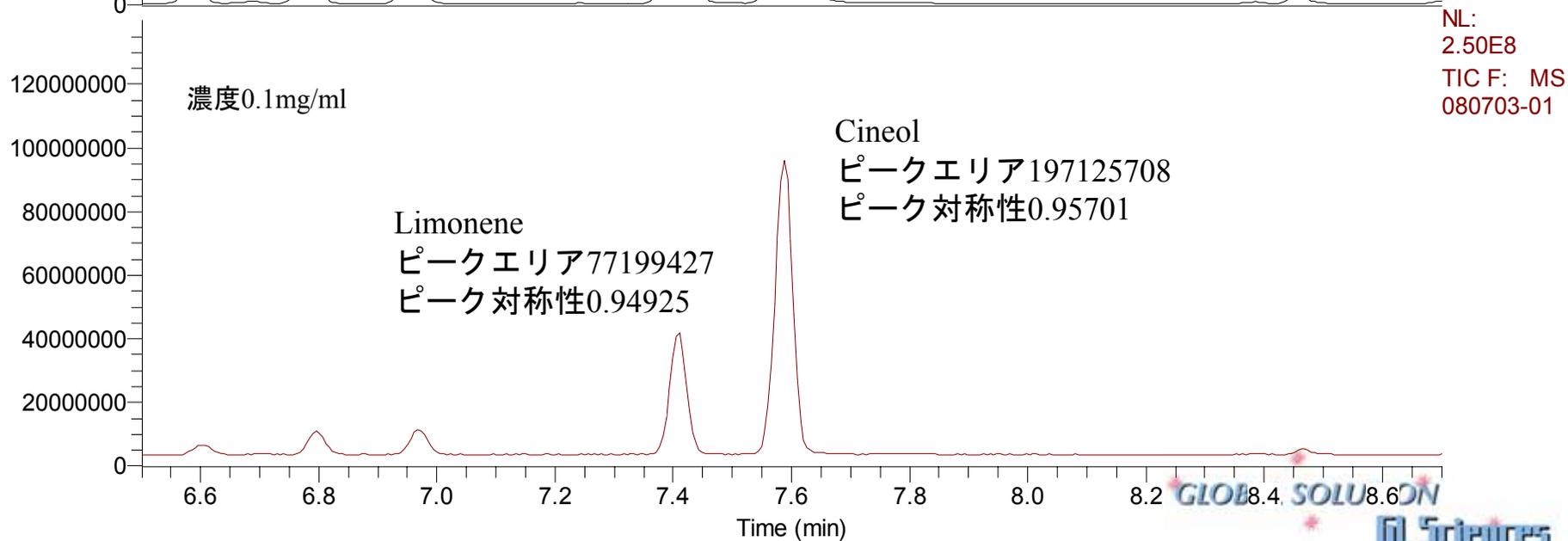
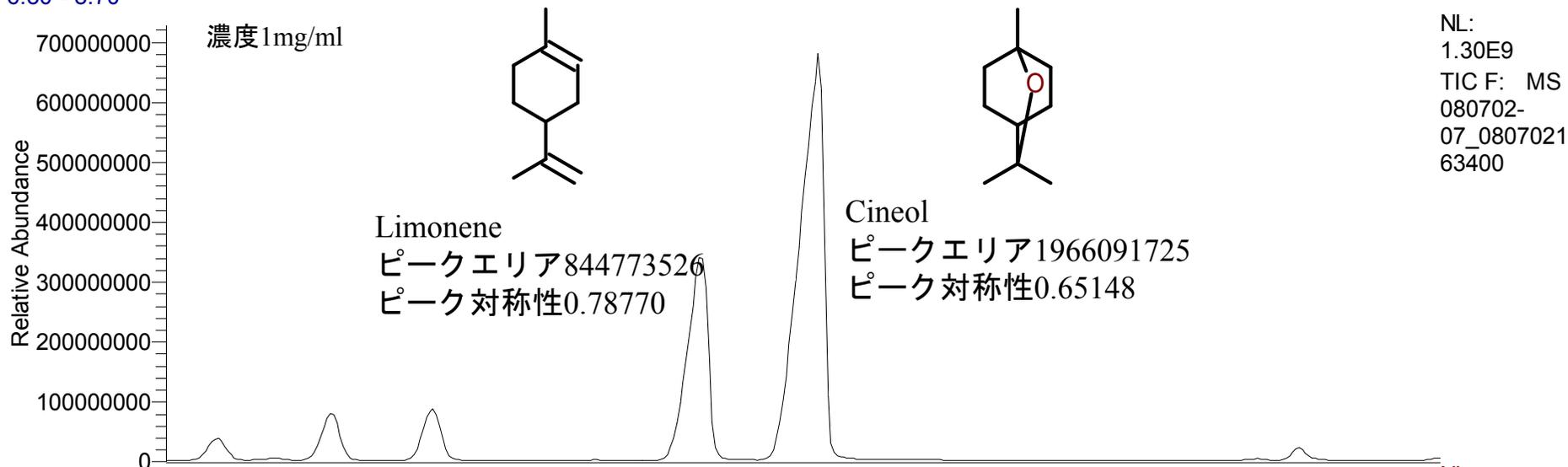




試料負荷量(2)

6.5-8.7min拡大クロマトグラム

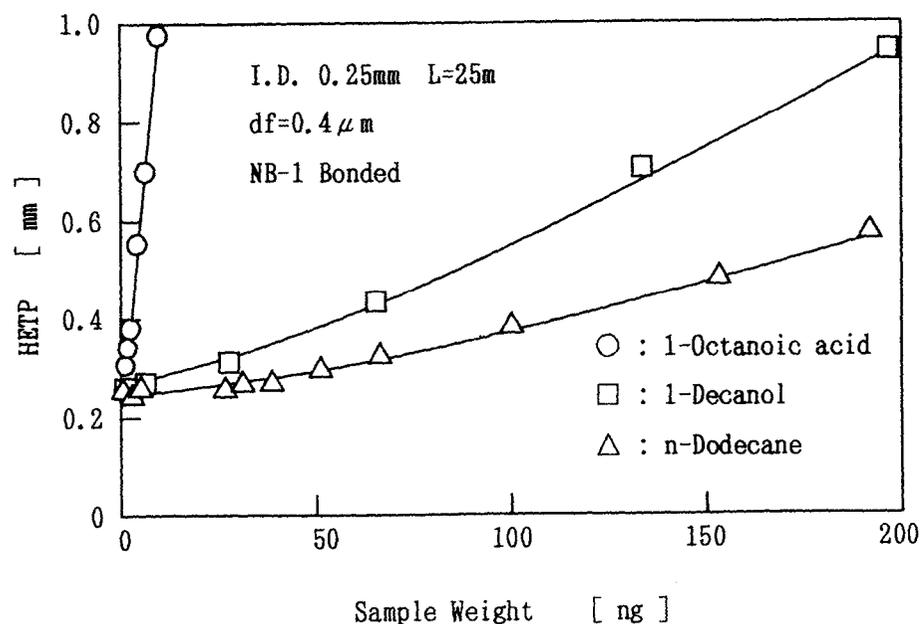
RT: 6.50 - 8.70



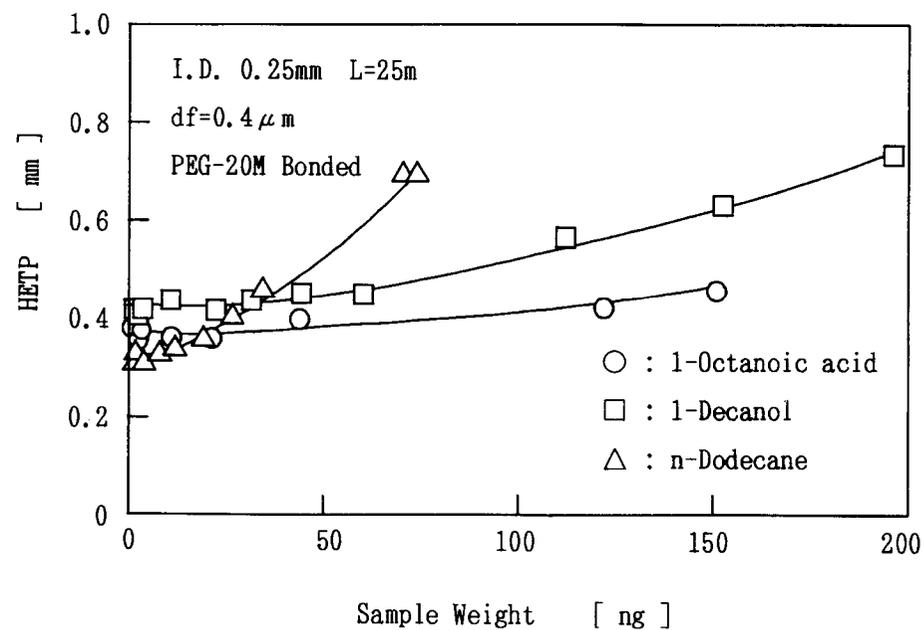
試料負荷量(4)

- カラムの内径
- 固定相の膜厚
- 固定相液体と分析種の相溶性
- 異性体の影響
- 試料マトリクスと主成分

液相: ジメチルシロキサン

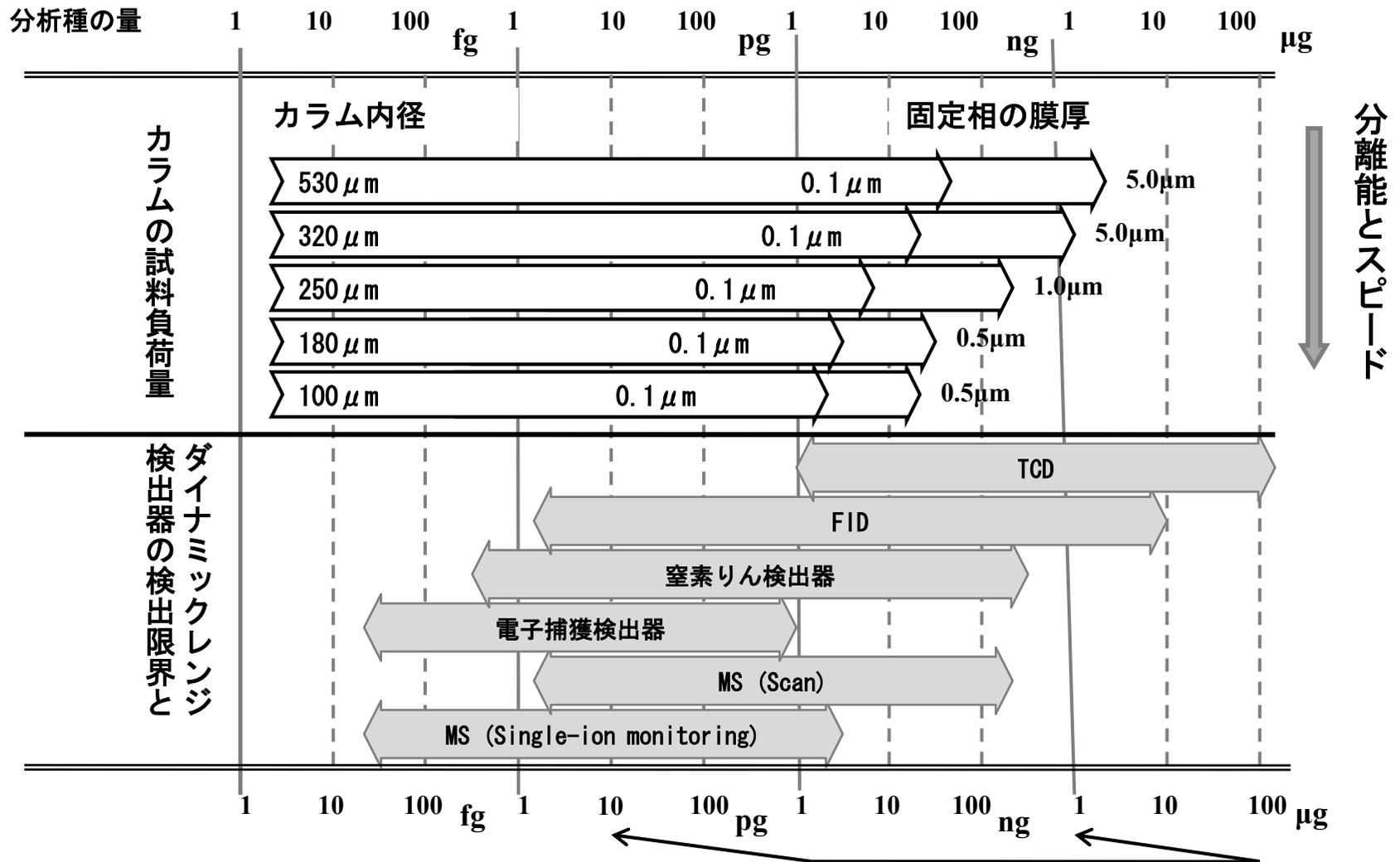


液相: ポリエチレングリコール



固定相と試料の性質による試料許容量

注入される分析種の量とカラム、検出器の関係



1:100のスプリット注入を行うとすると1分析種あたりの量1ng~100µgがFIDでは良い範囲に入る

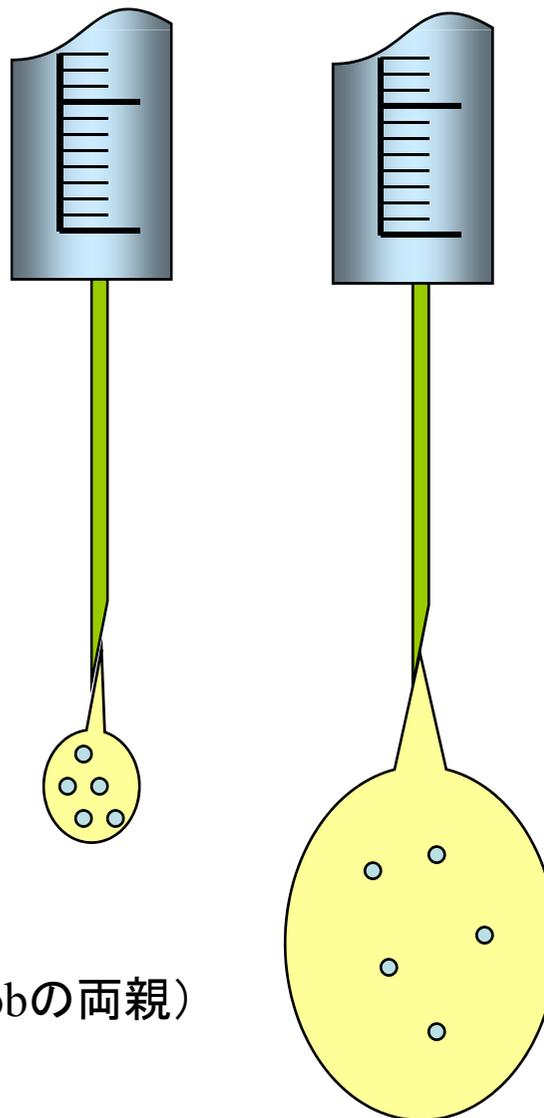
注入口とカラムの関係

キャピラリーカラムが世に出たころは・・・、

そんなに細かいカラムで、
注入量が少なくて感度が
出ない・・・。

試料の総量(注入量) と
試料量 (分析種の量) を混同

1969年にGrob博士夫妻(Dr. Fonrad Grobの両親)
Splitless 注入法を発表



注入法とカラムの関係

・ Classical Splitless

カラムへ均一に導入できるか (ディスクリミネーション)
インサートから試料が溢れてしまう(気化時 約500倍に膨張)

加熱気化されることによる問題。気化しない残渣の大部分はインサートに残る

・ (Cold) On-Column

最も精度の良い注入法
カラムに不揮発性残渣が残る

・ 高圧パルスドスプリットレス

注入量を増やす
熱ストレスを減らす

・ Early Vapor Exit (Thermoグループ)

大量注入が可能

・ Programed Temperature Vaporizing(PTV)

気化させずに注入、シリンジのディスクリミネーション防ぐ
溶媒だけを排出し、急速気化により分析種をカラムに導入
ライナーには不揮発性残渣が残る

インサートに残った残渣の影響

インサートの自動交換機能の出現

・ Difficult Matrix Injection(DMI)

積極的にマトリックスをライナーに残し、
ライナーを交換する

注入口で起きる諸問題と分析種のカラムへのスムーズな移行

微量分析における注入口の選択肢！？

- オンカラム : ◎ デリケートな分析種、定量性
 : × 溶媒の選択、カラムの交換の手間
- 高圧パルスド
 スプリットレス : ◎ 容易に実施、熱ストレスの低減、カラムの保護
 : × ディスクリミネーション、残渣の影響、溶媒の選択
- PTV : ◎ ディスクリミネーションの低減(定量性)、カラムの保護
 : × 残渣の影響、高価

※自動インサート交換は、スプリットレスやPTVの問題の一部を解決！？

・ マトリクス効果による回収率異常

エチレングリコールの添加？起爆注入？・・・FPDやECDよりもMSの方が影響が大きい！

・ ブロードなピーク/ピーク割れ *きれいなフラレットゾーンの形成*

注入口とカラム入口でのバンドの広がり

a. 時間的バンドの広がり

分析種は保持係数に関して広がる

キャリアガス線速度

→ u mm/秒

← 高沸点の k の大きな分析種

揮発性の k の小さな分析種



カラム/リテンションギャップ (プレカラム) の入口付近

内面処理層または固定相

b. 空間的バンドの広がり

固定相への溶媒の濡れ性により、分析種は均一に広がり、保持係数には関係しない

→ u mm/秒

← 高沸点の k の大きな分析種

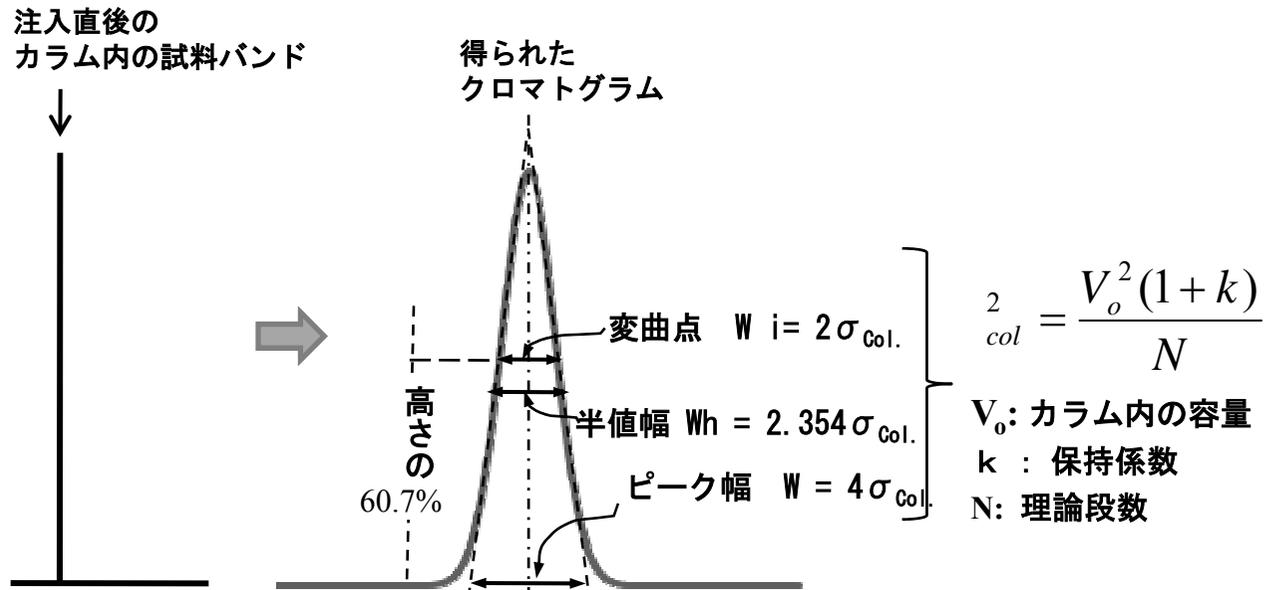
揮発性の k の小さな分析種



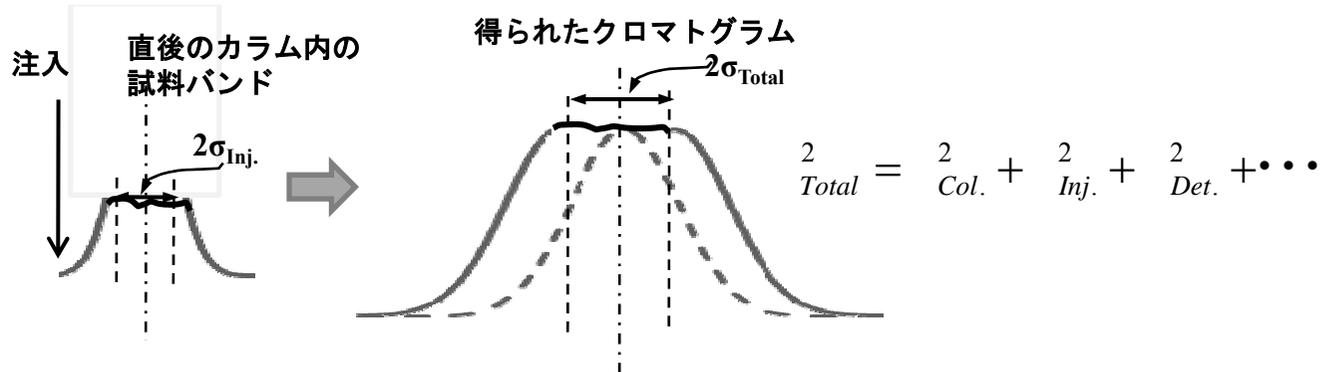
カラム/リテンションギャップ (プレカラム) の入口付近

試料バンドと得られるクロマトグラムの関係

1) 注入時の広がりが無く、非常にシャープに試料を導入したとき

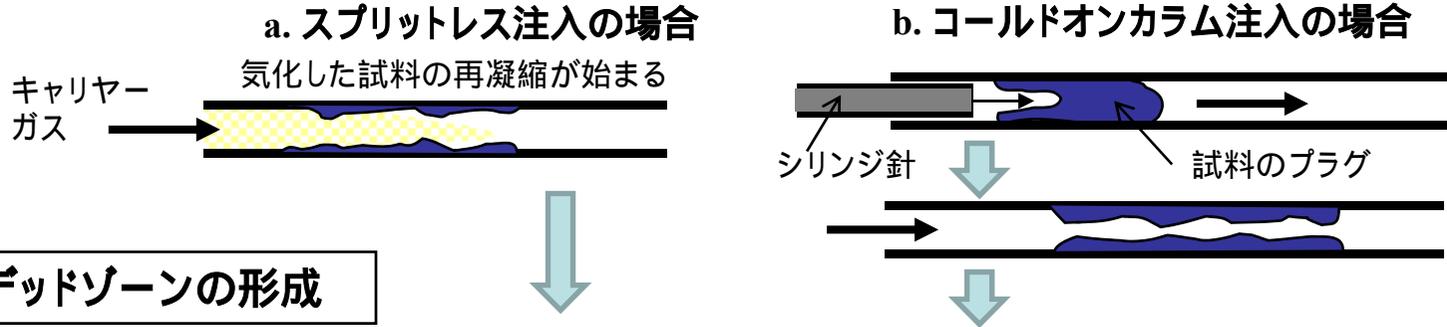


2) 試料注入時のカラム内での広がりを抑えられないとき

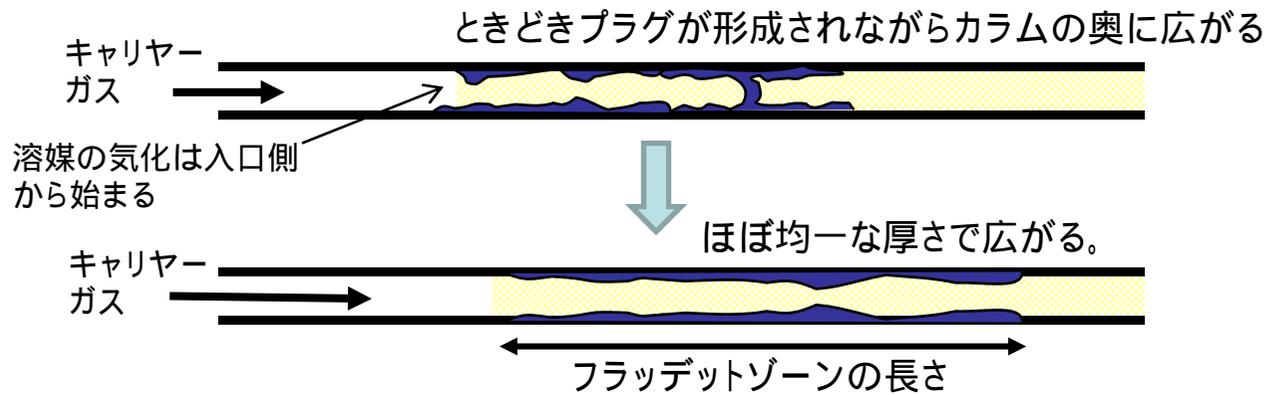


フラデットゾーン

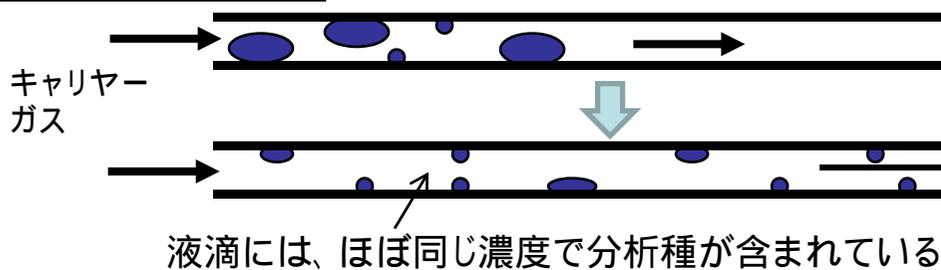
1) 試料の注入直後



2) フラデッドゾーンの形成



カラムに濡れない溶媒の場合



フラデットゾーンとリテンションギャップカラム

		Hexan	Ether	Aceton	Benzene	CH ₂ Cl ₂	MeOH	i-PropOH
0.05 μm	OV - 1	18	17	47	23	25	270	28
0.15 μm	OV - 1	20	16	80	19	17	230	30
0.30 μm	SE - 54	20	17	25	20	16	235	25
2.00 μm	SE - 54	13	9	20	8	9	200	20
0.40 μm	OV - 1701	26	19	23	20	18	240	30
0.22 μm	OV - 17	23	26	20	18	17	30	20

Length of the Flooded Zone in the Column Inlet and Evaluation of Different Retention Gap for Capillary GC; K.Grob,H.P.Neukom,M.-L.Riekkola; J.High Resol.Chromatogr.,7,320 (1984)

内径0.32mm,25 各種キャピラリーカラムにおけるフラデットゾーンの長さ cm/μl

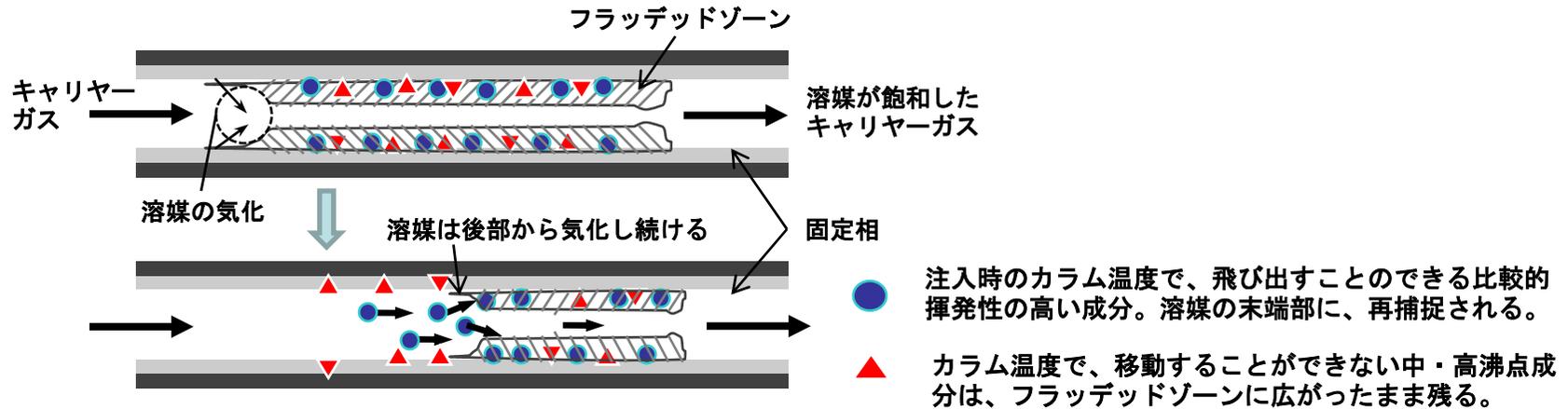
内面処理方法 内面の極性	Methyl 無極性	Cyano/P henyl中極	PEG 強極性
Pentane, Hexane, Heptane			×
Benzene, Toluene			
Diethylether			
Acetone, Methyl ethyl ketone	×		
Chloroform, Dichloromethane			
Methanol, Ethanol	×		
Water	×	×	

混合溶媒も解決法
の一つ！

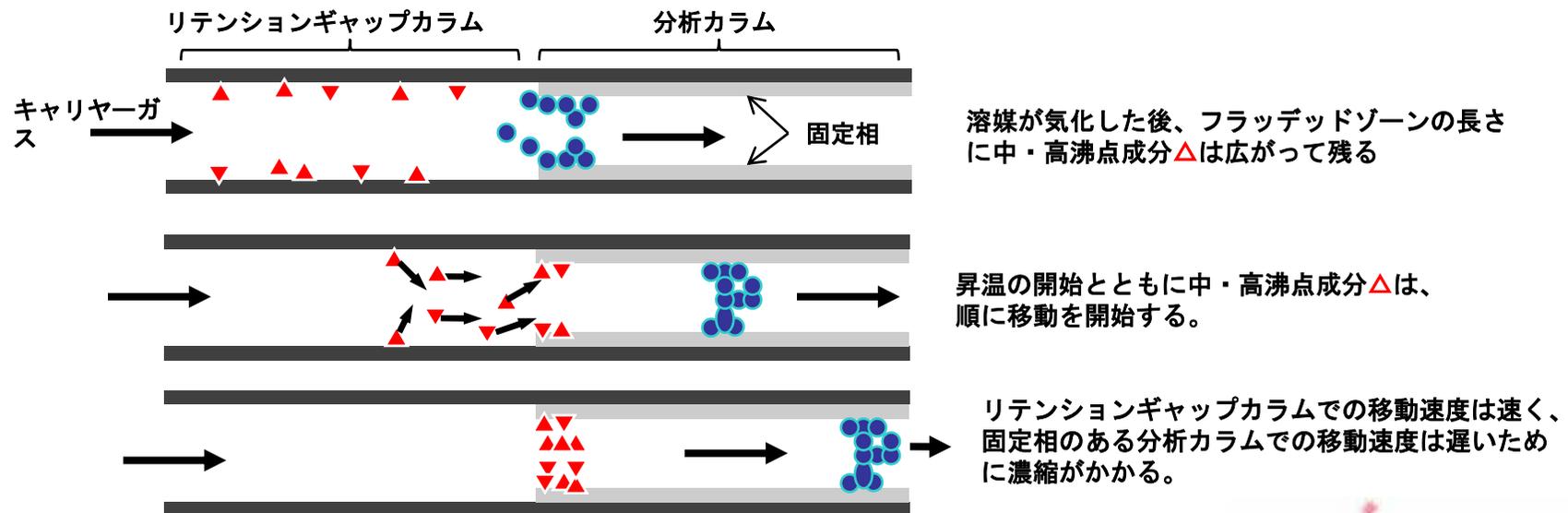
リテンションギャップカラム (GL総合カタログより)

溶媒効果とリテンションギャップ効果による試料バンドのフォーカシング

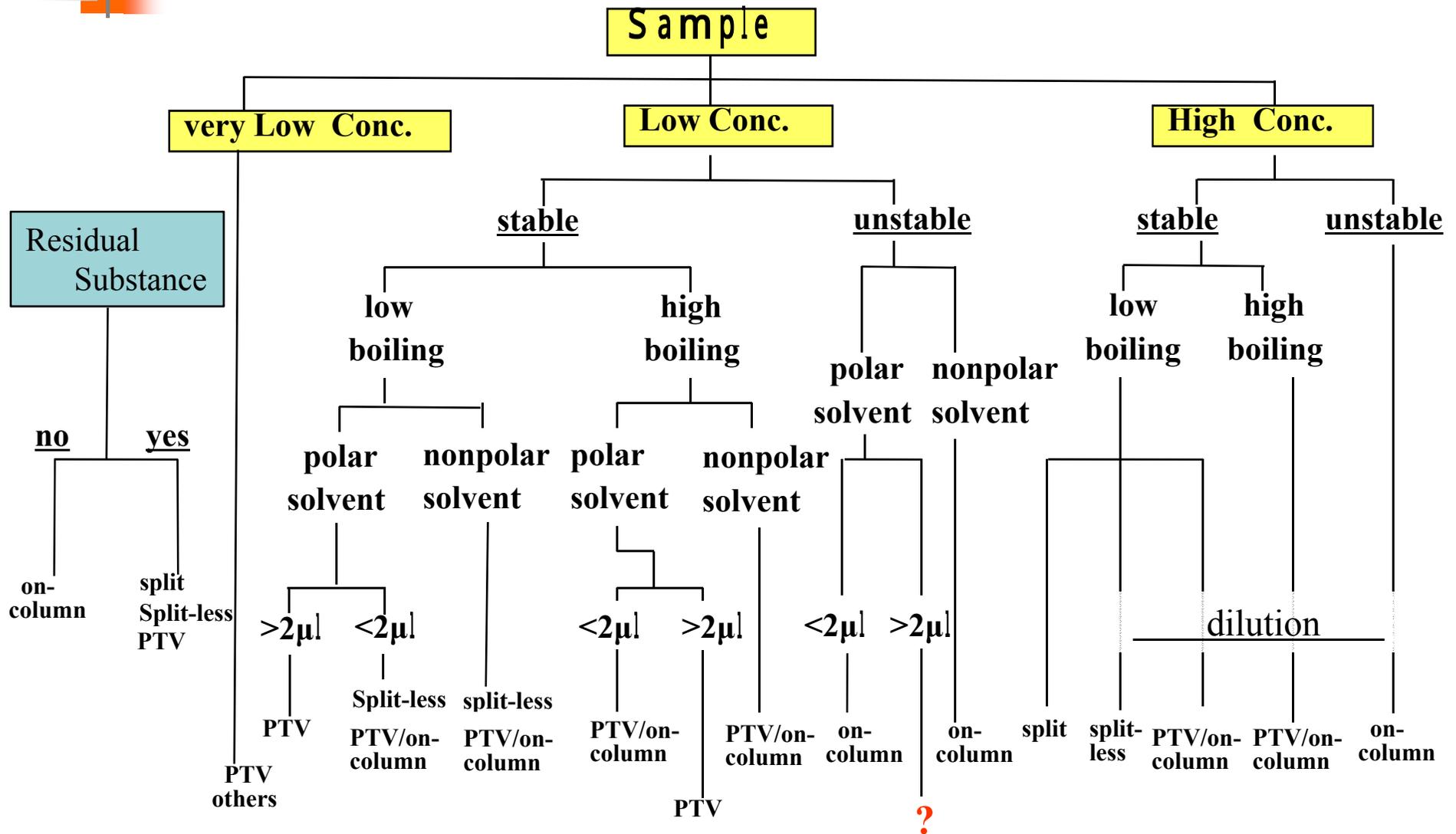
1) 溶媒効果による分析種の濃縮の過程



2) リテンションギャップ効果による濃縮の過程



最適な注入方法は？



液体/固体試料

ヘッドスペース/パージ&トラップ法

- 膜分離併用
- ダイナミックヘッドスペース
- サーマルディソーション (加熱脱離)
- クローズドループストリッピング

熱分解/化学分解

- 誘導体化
- 水素付加

固相抽出法*

- 形態による分類
- 容器
 - シリンジバレル
 - カートリッジ
 - チップ
 - マトリクス分散固相抽出法
 - モノリス固相
 - 膜状固相
 - 固相マイクロ抽出
 - スターバー抽出
 - 磁気ビーズ

溶媒抽出法*

- 液液抽出
- ハイドロマトリクス
- 溶解分別法
- ソックスレー抽出
- 加速抽出
- 超臨界流体抽出
- その他

<気相に変換：抽出またはキャリアーガスでの移送>

- モノリス固相抽出
- 固相マイクロ抽出
- スターバー抽出

捕集剤による
選択的な濃縮

脱水

加熱脱離法

溶媒抽出法

- クリーンナップ
 - ・ 液液抽出
 - ・ 固相抽出
 - ・ HPLC
- 脱水
- 誘導体化
- N₂気流濃縮
- 溶媒希釈・てん溶
- メスアップなど

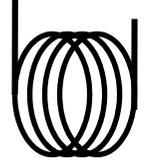
クイフォーカス/
加熱再注入

スプリット法

スプリットレス法

オンカラム法

PTV法



カラム