

# 高性能GFC カラム TSK-GEL SuperSW シリーズの開発

村 上 卓 司  
森 山 弘 之

## Evaluation and Application of TSK-GEL SuperSW series, New GFC packings for Protein Separation

Takushi MURAKAMI  
Hiroyuki MORIYAMA

As an improvement on TSK-GEL SuperSW<sub>XL</sub> series (particle size, 5  $\mu$ m in diameter) widely used as GFC packings for protein separation, the title new packings TSK-GEL SuperSW series (4.5  $\mu$ m in diameter) have been developed and their basic properties evaluated. Although physical and chemical properties are almost similar, the latter series exhibited better resolution and selectivity, proving more effective as GFC packings for microanalysis of biological substances such as proteins, peptides, and nucleotides.

### 1. はじめに

高速液体クロマトグラフィ (HPLC) は迅速性、操作性そして実用感度の高さから生体高分子の分離、精製手段として幅広く利用されている。特にゲル濾過クロマトグラフィ (GFC) は試料分子量サイズによる分離が可能なることから古くから蛋白質の分離、精製に使われてきた。HPLCの高速化に伴いGFC用充填剤にも機械的強度が求められるようになり、初期のデキストラン、アガロースなどの網目構造を有する充填剤からシリカ系を中心とする高強度充填剤へと発達した<sup>1)、2)、3)</sup>。TSK-GEL SW<sub>XL</sub>シリーズ (以下SW<sub>XL</sub>と称する) は蛋白質の分離に適した細孔分布を有するシリカ系GFC充填剤で、蛋白質の分離に現在、幅広く利用されている<sup>4)、5)</sup>。一方、近年ではHPLCの高速・高分離能化に加え、微量分析に適した高感度カラムが求められている。今回、新しく開発したTSK-GEL SuperSWシリーズ (以下SuperSWと称する) はSW<sub>XL</sub>

を微粒子化したものであり、SW<sub>XL</sub>と同じ校正曲線の傾きを有し、さらに従来のGFCカラムに比べて高い分離能と感度を有しており、微量分析に適したGFCカラムである。本報ではSuperSWの基本的性質と蛋白質分離への応用について検討した結果を述べる。

### 2. 実験

測定はポンプにDP-8020およびCCPM-II、検出器にUV-8020紫外可視検出器 (いずれも東ソー製) を用い280nmで検出し、すべて25°Cの恒温室で行った。検出に使用したフローセルはSuperSWの場合、マイクロフローセル (光路長4 mm) を使用し、SW<sub>XL</sub>の場合には感度を比較する場合を除いて、標準フローセル (光路長10mm) を使用した。

### 3. 結果と考察

#### [1] SuperSWの特徴

##### (1) SuperSWとSW<sub>XL</sub>の仕様比較

SuperSWとSW<sub>XL</sub>の仕様一覧をTable 1に示す。SupreSWでは微量分析に対応した高感度を得るため、カラム内径を従来の7.8mmから4.6mmへと小口径化した。また、高分離能を得るためゲルの粒子径を微細

化し、カラム長さについては従来と同じ長さを採用した<sup>7)</sup>。この結果、p-アミノ安息香酸の理論段数は従来の1.5倍に向上した。

##### (2) 較正曲線と分子量分画範囲

Fig. 1およびFig. 2にSuperSWのポリエチレンオキッドおよび蛋白質の較正曲線とSW<sub>XL</sub>の蛋白較正曲線を示す。各グレードのSuperSWで得られる較正曲線は、試料により全く異なっていることがわかる。規

Table 1 TSK-GEL SW packing list

Grade	Particle size ( $\mu\text{m}$ )	Column size	Theoretical plate number
TSKgel SuperSW2000	4.5	4.6 $\times$ 300mm	30,000
TSKgel SuperSW3000	4.5	4.6 $\times$ 300mm	30,000
TSKgel G2000SW <sub>XL</sub>	5	7.8 $\times$ 300mm	20,000
TSKgel G3000SW <sub>XL</sub>	5	7.8 $\times$ 300mm	20,000

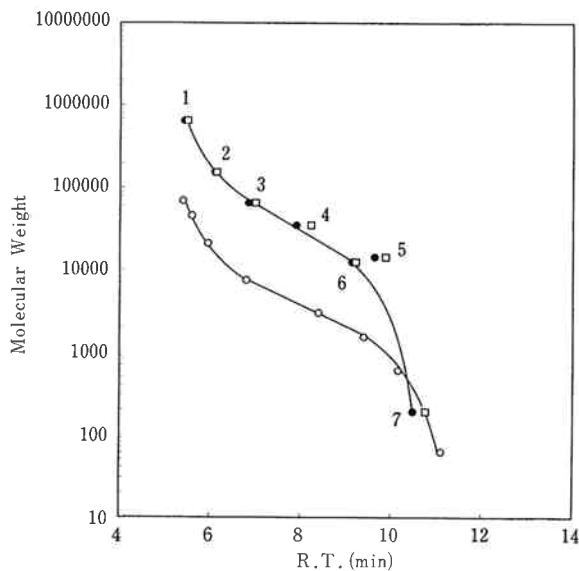


Fig. 1 Calibration curves of TSKgel SuperSW2000.

Column size : (●,○) TSKgel Super2000SW 4.6mm I.D $\times$ 300mmL  
(□) TSKgel G2000SW<sub>XL</sub> 7.8mm I.D $\times$ 300mmL  
Eluent : (●,□) 0.15M Phosphate buffer (pH6.8)  
(○) H<sub>2</sub>O containing 0.05% NaN<sub>3</sub>  
Flow Rate : 0.35ml/min (TSKgel SuperSW2000)  
1.00ml/min (TSKgel G2000SW<sub>XL</sub>)  
Sample : (●,□) Proteins  
1. Thyroglobulin 5. Lysozyme  
2.  $\gamma$ -Globulin 6. Cytochrome c  
3. BSA 7. Triglycine  
4.  $\beta$ -Lactoglobulin  
(○) TSKstandard Polyethylene oxide  
Detector : (●) UV 8020 micro cell (280nm)  
(○) RI-8022  
Temp. : 25 $^{\circ}$ C

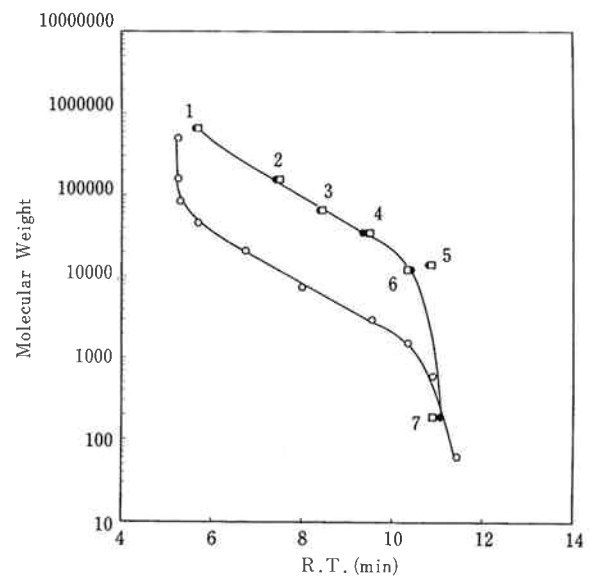


Fig. 2 Calibration curves of TSKgel SuperSW3000.

Column size : (●,○) TSKgel Super3000SW 4.6mm I.D $\times$ 300mmL  
(□) TSKgel G3000SW<sub>XL</sub> 7.8mm I.D $\times$ 300mmL  
Eluent : (●,□) 0.15M Phosphate buffer (pH6.8)  
(○) H<sub>2</sub>O containing 0.05% NaN<sub>3</sub>  
Flow Rate : 0.35ml/min (TSKgel SuperSW3000)  
1.00ml/min (TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>)  
Sample : (●,□) Proteins  
1. Thyroglobulin 5. Lysozyme  
2.  $\gamma$ -Globulin 6. Cytochrome c  
3. BSA 7. Triglycine  
4.  $\beta$ -Lactoglobulin  
(○) TSKstandard Polyethylene oxide  
Detector : (●) UV 8020 micro cell (280nm)  
(○) RI-8022  
Temp. : 25 $^{\circ}$ C

則的な3次元構造をもち、球状構造などをとることの多い蛋白質では、分子量の割に溶液中での分子サイズが小さく、側鎖構造を有しないポリエチレンオキシドと比較すると同溶出容量で10倍近くの分子量の差が認められる<sup>8)</sup>。

一方、SuperSWの蛋白校正曲線はSW<sub>XL</sub>と一致しており、分離可能な分子サイズの範囲(分子量分画範囲)および蛋白質の溶出挙動はSW<sub>XL</sub>とほぼ一致する。SWシリーズの分子量分画範囲をTable 2にまとめた<sup>4)</sup>。

### (3) 標準蛋白質のクロマトグラフィ

Fig. 3およびFig. 4にSuperSWとSW<sub>XL</sub>の標準蛋白質の分離を比較したクロマトグラムを、また、Table 3にカラム段数(T<sub>p</sub>)および分離能(R<sub>s</sub>)を示す。蛋白質の溶出時間はほぼ一致しており、さらに全ての蛋白質についてSuperSWがSW<sub>XL</sub>に比べてカラム段数(T<sub>p</sub>)で1.5~2倍、分離能(R<sub>s</sub>)で1.2~1.5倍向上していることがわかった。

SuperSWはSW<sub>XL</sub>と同じ分子量分画範囲と分離性能を有し、なおかつ、高段数・高分離能を有するGFC

Table 2 Separation range of TSK-GEL SW series

Grade	Separation range	
	G2000(SuperSW2000)	G3000(SuperSW3000)
Polyethylene Glycol	500-15,000	1,000-35,000
Dextran	1,000-30,000	2,000-70,000
Protein	5,000-100,000	10,000-500,000

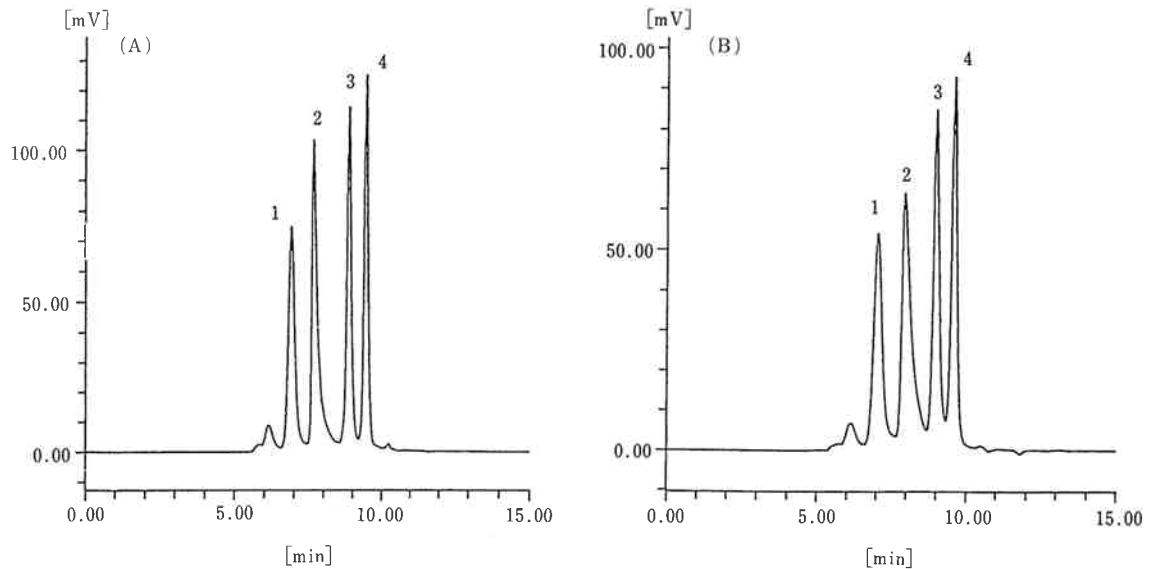


Fig. 3 Comparison of elution profiles of a standard protein mixture on TSKgel SuperSW2000 and TSKgel G2000SW<sub>XL</sub>.

Column size : (A) TSKgel SuperSW2000 4.6mm I.D x 300mm L  
 (B) TSKgel G2000SW<sub>XL</sub> 7.8mm I.D x 300mm L  
 Eluent : 0.1M Phosphate buffer + 0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 0.05% NaN<sub>3</sub> (pH 6.7)  
 Flow rate : 0.35ml/min (TSKgel SuperSW2000)  
 1.00ml/min (TSKgel G2000SW<sub>XL</sub>)  
 Sample : 1. BSA, 2.  $\beta$ -Lactoglobulin, 3. Cytochrome c, 4. Aprotinin  
 Injection vol. : 10  $\mu$ l  
 Detector : UV 8020 (280nm) microcell (TSKgel SuperSW2000)  
 10mmSUS (TSKgel G2000SW<sub>XL</sub>)  
 Temp. : 25  $^{\circ}$ C

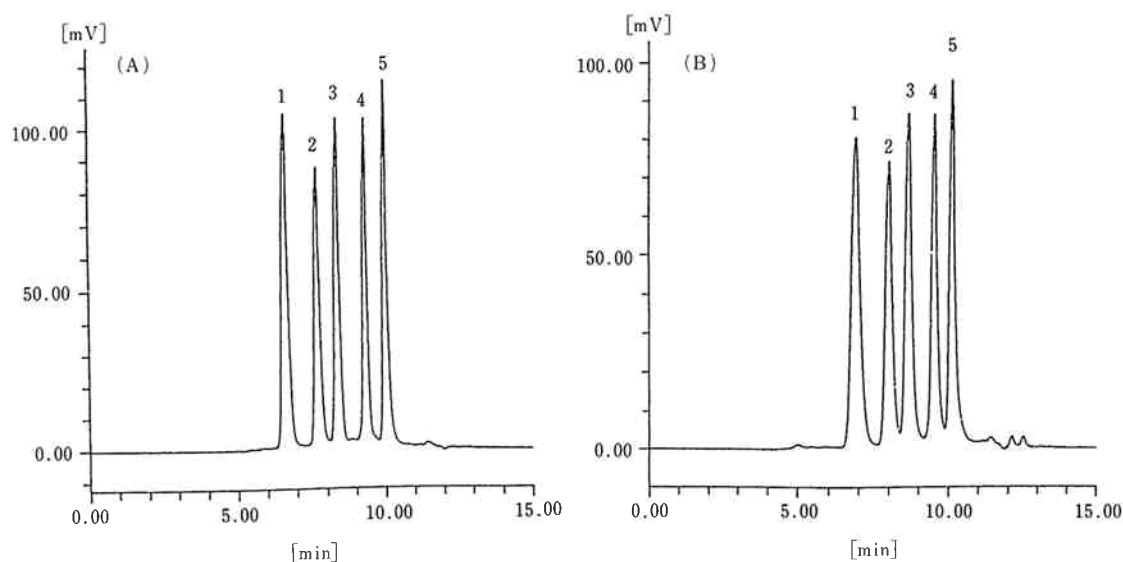


Fig. 4 Comparison of elution profiles of a standard protein mixture on TSKgel SuperSW3000 and TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>.

Column size	: (A) TSKgel SuperSW3000 4.6mm I.D x 300mm L (B) TSKgel G3000SW <sub>XL</sub> 7.8mm I.D x 300mm L
Eluent	: 0.1M Phosphate buffer + 0.1M Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> + 0.05% NaN <sub>3</sub> (pH6.7)
Flow rate	: 0.35ml/min (TSKgel SuperSW3000) 1.00ml/min (TSKgel G3000SW <sub>XL</sub> )
Sample	: MW-Marker 1. Glutamate dehydrogenase, 2. Lactate dehydrogenase 3. Enolase, 4. Adenylate kinase, 5. Cytochrome c
Injection vol.	: 10 μl
Detector	: UV 8020 (280nm) microcell (TSKgel SuperSW3000) 10mmSUS (TSKgel G3000SW <sub>XL</sub> )
Temp.	: 25°C

カラムである。

## 〔2〕 基本的性質

### (1) 理論段高さ (HETP) の流速依存性

Fig. 5 および Fig. 6 にウシ血清アルブミンとミオグロビンをを用いた流速のHETPへの影響を示す<sup>9), 10), 11)</sup>。SuperSW、SW<sub>XL</sub>ともに流速を遅くするとHETPが小さくなることがわかる。一般に、蛋白質のような高分子では溶液中の拡散速度が遅いため、低流速にすることでカラム段数および分離能が向上するのが知られている<sup>11)</sup>。SuperSWにおいても流速を遅くすることでさらに分離能を高めることができる。

さらにSuperSWのHETPの流速依存性はSW<sub>XL</sub>に比べて小さく、高流速域での理論段数および分離能の低下が小さいことがわかった。SuperSWのHETPは全流速域でSW<sub>XL</sub>に比べて小さいことから、SuperSWは従来品と比べてHETPの流速依存性が小さく、なおかつ全流速域で従来よりも高い段数および分離能を有し

ている。

また、各サンプルに対する最適流速はミオグロビン (Mw17,800) では0.25cm/min、ウシ血清アルブミン (Mw66,000) ではさらに遅くなることがわかった。一般に分子サイズの大きい試料ほど流速依存性は大きく、最適流速は遅くなる。このため、流速の設定は試料の分子量サイズ、必要とする分離能および分析時間を考慮して決定する必要がある。

### (2) 試料負荷量

Fig. 7 に注入量一定条件下での試料負荷量がHETPに及ぼす影響を示す。試料負荷量が過剰になるまではSuperSWのほうがSW<sub>XL</sub>に比べてHETPは小さいが、SuperSWでは負荷量が過剰となると急激にHETPが大きくなる。また、HETPが変化し始める試料負荷量もSW<sub>XL</sub>の1 mg付近に対してSuperSWでは0.3mg付近で、約1/3程度の試料負荷量となった。GFCカラムでは充填剤の細孔特性が等しい場合、HETPが変

Table 3 Comparison of resolution of a standard protein mixture on TSK-GEL SuperSW and TSK-GEL SW<sub>XL</sub> series

(A) TSKgel SuoerSW2000 and TSKgel G2000SW <sub>XL</sub>				
Grade	Theoretical plate number and Resolution			
	TSKgel SuperSW2000		TSKgel G2000SW <sub>XL</sub>	
	Tp	Rs	Tp	Rs
BSA	4855		3005	
$\beta$ -Lactoglobulin	9200	2.10	3464	1.75
Cytochrome c	16319	4.07	9803	2.31
Aprotinin	20742	2.22	13055	1.74

(B) TSKgel SuoerSW3000 and TSKgel G3000SW <sub>XL</sub>				
Grade	Theoretical plate number and Resolution			
	TSKgel SuperSW3000		TSKgel G3000SW <sub>XL</sub>	
	Tp	Rs	Tp	Rs
Glutamate dehydrogenase	4807		2649	
Lactate dehydrogenase	8712	3.05	5704	2.32
Enolase	12057	2.12	7752	1.61
Adenylate kinase	20479	3.38	12567	2.35
Cytochrome c	22529	2.55	15174	1.78

## Conditions

Column	: TSK-GEL SuperSW 4.6mmI.D×300mm
	TSK-GEL SW <sub>XL</sub> 7.8mmI.D×300mm
Eluent	: 0.1M Phosphate buffer+0.1M Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> +0.05% Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (pH6.7)
Flow rate	: TSK-GEL SuperSW 0.35ml/min
	TSK-GEL SW <sub>XL</sub> 1.00ml/min
Injection vol.	: 10 $\mu$ l
Temp.	: 25°C
Detector	: UV 8020 microcell (TSK-GEL SuperSW)
	10mmSUS (TSK-GEL SW <sub>XL</sub> )

化しはじめる試料負荷量はカラムのゲル容積に比例する。SuperSWのカラム容積はSW<sub>XL</sub>の約1/3であるから、試料負荷量の低下はゲル容積比とほぼ一致する。

Fig. 8 に試料濃度一定条件下で注入量がHETPに及ぼす影響を示す。HETPの変化が見られる注入量もSuperSWはSW<sub>XL</sub>に比べて少なく、SuperSWでは注入量は約50  $\mu$ l、SW<sub>XL</sub>では約100  $\mu$ lであった。

Fig. 7 およびFig. 8 の結果からSuperSWの試料注入条件は試料負荷量の0.1mg以下、注入量10  $\mu$ l以下が望ましいことがわかった。

## (3) 感 度

Fig. 9 に検出器の光路長を等しくし、標準蛋白質を分離した場合のクロマトグラムを示す。ピーク強度を比較するとSuperSWではSW<sub>XL</sub>の約4倍の強度が得られることがわかった。同一試料のピーク強度はカラム

の断面積に反比例すること、およびカラムの理論段数に依存することからカラム段面の小口径化と高理論段数化により高感度が得られたと考えられる。

## (4) 蛋白質の回収率

蛋白質の回収率の測定は、空カラムを使用した場合のピーク面積を100%として算出した。空カラムには0.1mmI.D×600mmLの配管を使用し、濃度0.05mg/mlのサンプルを100  $\mu$ l注入しピーク面積を得た。SuperSWの場合には濃度1.00mg/mlのサンプルを5  $\mu$ l注入し、ピーク面積を得た。カラム以外のシステム(配管等)においても蛋白質の吸着が認められる場合があるため、測定前に数回、蛋白質を注入し、予めシステム内の吸着点を不活性化した。Table 4 に種々の試料負荷量での蛋白質の回収率を示す。ほとんどの蛋白質で回収率90%以上となり、SW<sub>XL</sub>同様に高い蛋白質回収率を有

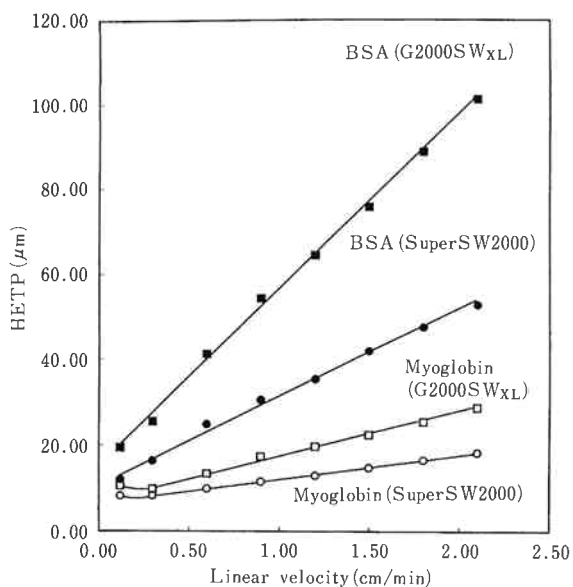


Fig. 5 HETP versus u curves on TSKgel SuperSW2000 and TSKgel G2000SW<sub>XL</sub>.

Column size : TSKgel SuperSW2000 4.6mmI.D×300mmL  
 TSKgel G2000SW<sub>XL</sub> 7.8mmI.D×300mmL  
 Eluent : 50mM Phosphate buffer+0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 +0.05% NaN<sub>3</sub> (pH6.7)  
 Sample : BSA, Myoglobin  
 Sample conc. : 1 mg/ml  
 Injection vol. : 10 μl  
 Detector : UV 8020 (280nm)  
 Temp. : 25°C

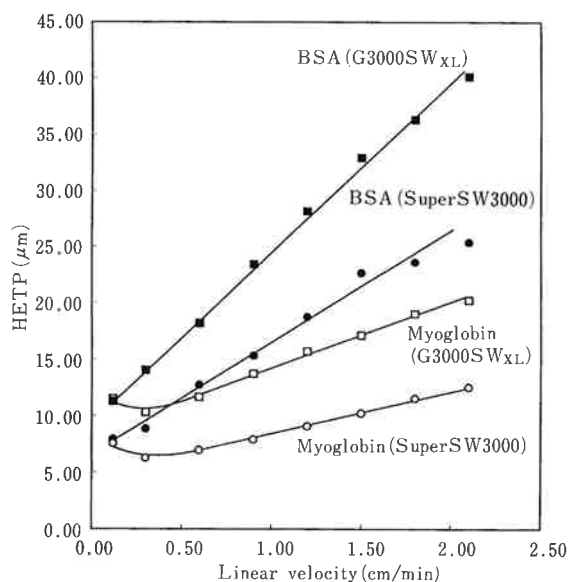


Fig. 6 HETP versus u curves on TSKgel SuperSW3000 and TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>.

Column size : TSKgel SuperSW3000 4.6mmI.D×300mmL  
 TSKgel G3000SW<sub>XL</sub> 7.8mmI.D×300mmL  
 Eluent : 50mM Phosphate buffer+0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 +0.05% NaN<sub>3</sub> (pH6.7)  
 Sample : BSA, Myoglobin  
 Sample conc. : 1 mg/ml  
 Injection vol. : 10 μl  
 Detector : UV 8020 (280nm)  
 Temp. : 25°C

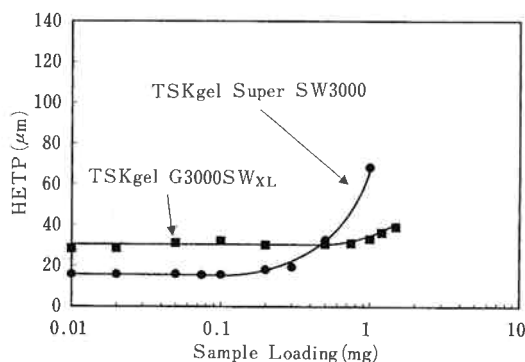
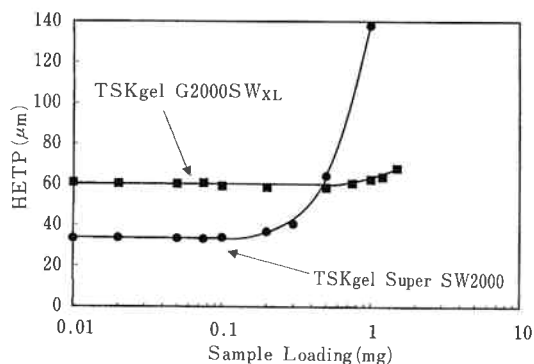


Fig. 7 Relationship between HETP and sample loading on TSK-GEL SuperSW and TSK-GEL SW<sub>XL</sub> series.

Column size : TSK-GEL SuperSW 4.6mmI.D×300mmL  
 TSK-GEL SW<sub>XL</sub> 7.8mmI.D×300mmL  
 Eluent : 50mM Phosphate buffer+0.1M NaCl (pH6.7)  
 Flow Rate : 0.20ml/min (TSK-GEL SuperSW)  
 0.57ml/min (TSK-GEL SW<sub>XL</sub>)  
 Sample : BSA  
 Injection vol. : 10 μl  
 Detector : UV 8020 (280nm)  
 Temp. : 25°C

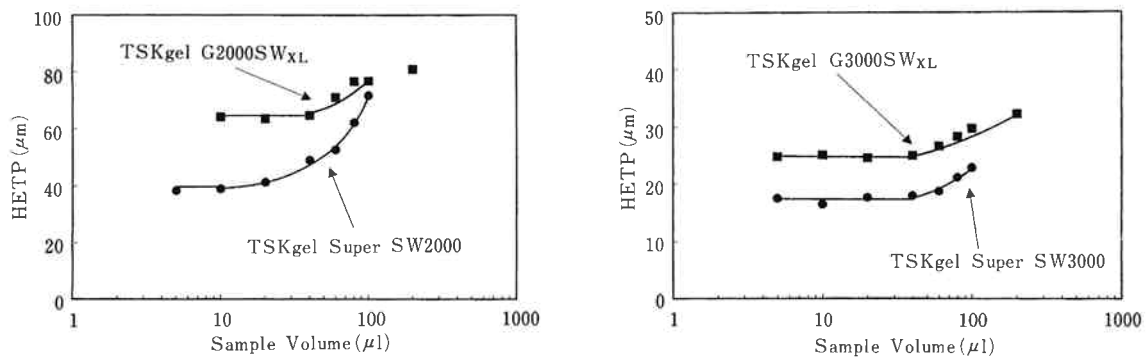


Fig. 8 Relationship between HETP and sample volume on TSK-GEL SuperSW and TSK-GEL SW<sub>XL</sub> series.

Column size : TSK-GEL SuperSW 4.6mmI.D×300mmL  
 TSK-GEL SW<sub>XL</sub> 7.8mmI.D×300mmL  
 Eluent : 50mM Phosphate buffer+0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH6.7)  
 Flow Rate : 0.20ml/min (TSK-GEL SuperSW)  
 0.57ml/min (TSK-GEL SW<sub>XL</sub>)  
 Sample : BSA  
 Sample conc. : 1 mg/ml  
 Detector : UV 8020 (280nm)  
 Temp. : 25°C

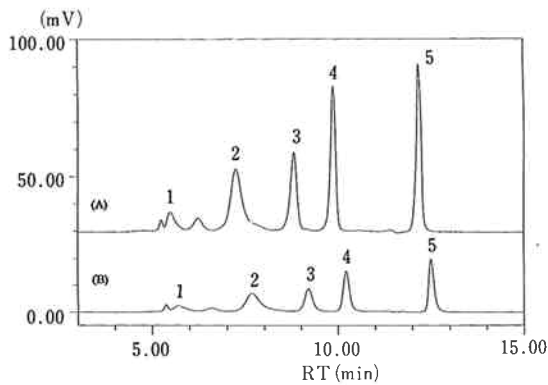


Fig. 9 Comparison of sensitivity of TSKgel SuperSW3000 and TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>.

Column size : (A) TSKgel SuperSW3000 4.6mmI.D×300mmL  
 (B) TSKgel G3000SW<sub>XL</sub> 7.8mmI.D×300mmL  
 Eluent : 0.1M Phosphate buffer+0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  
 +0.05% NaN<sub>3</sub> (pH6.7)  
 Flow rate : 0.35ml/min (TSKgel SuperSW3000)  
 1.00ml/min (TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>)  
 Sample : 1. Thyroglobulin, 2.  $\gamma$ -Globulin, 3. Ovalbumin  
 4. Ribonuclease A, 5. p-Aminobenzoic acid  
 Injection vol. : 5  $\mu$ l  
 Detector : UV 8020 (280nm) microcell  
 Temp. : 25°C

していることがわかった<sup>4), 5), 6)</sup>。

#### 4. 応用例

##### [1] TSKgel SuperSW3000によるマウス腹水の分析

Fig. 10にSuperSW3000及びG3000SW<sub>XL</sub>を用いたマウス腹水の分析例を示す<sup>5), 13)</sup>。マウス腹水はディスクフィルターを用いて試料中の不溶物を除去した後、蒸留水を用いて4倍希釈したものを用いた。溶離液に50mMリン酸緩衝溶液+0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH6.7)を用いることでマウス腹水中のIgGとアルブミンを分離することができた。

##### [2] TSKgel SuperSW3000を用いた

##### pBR322 Hae IIIの分離

Fig. 11にSIGMA社製pBR322 Hae IIIをSuperSW3000及びG3000SW<sub>XL</sub>を用い分離を行った<sup>14)</sup>。G3000SW<sub>XL</sub>では十分な分離が得られなかったが、SuperSW3000ではピークが鋭く、分離も良好であった。

#### 5. まとめ

高性能GFCカラムSuperSWの基本的性質とその評価及び蛋白質の分離例について紹介した。

SuperSWは高分離能を有しているため分析レベルでの高純度精製やタンパク質の粗抽出試料などの多成分試料の分離に最適である。さらにSuperSWは従来のGFCカラムにない高い感度を有しているため、これ

Table 4 Recovery of proteins from TSK-GEL SuperSW columns

Protein	Recovery(%)	
	TSKgel SuperSW2000	TSKgel SuperSW3000
Thyroglobulin	84	87
Bovine serum albumin	92	94
$\beta$ -Lactoglobulin	101	103
Lysozyme	98	100
Cytochrome c	95	96

## Conditions

Column : TSK-GEL SuperSW 4.6mmI.D×300mmL  
 Eluent : 20mM Phosphate buffer+0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(pH6.7)  
 Flow rate : 0.35ml/min  
 Injection vol. : 5  $\mu$ l  
 Sample conc. : 1mg/ml, (5  $\mu$ g)  
 Temp. : 25°C  
 Detector : UV 8020

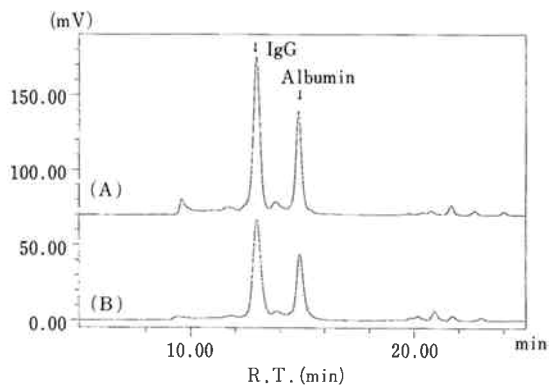


Fig.10 Separation of a crude sample of IgG from mouse ascites on TSKgel SuperSW3000 and TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>.

Column size : (A) TSKgel SuperSW3000 4.6mmI.D×300mmL  
 (B) TSKgel G3000SW<sub>XL</sub> 7.8mmI.D×300mmL  
 Eluent : 50mM Phosphate buffer+0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH6.7)  
 Flow rate : 0.20ml/min (TSKgel SuperSW3000)  
 0.57ml/min (TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>)  
 Sample : The sample was diluted 4 times with H<sub>2</sub>O  
 Injection vol. : 5  $\mu$ l  
 Detector : UV 8020 (280nm) microcell (TSKgel SuperSW3000)  
 10mmSUS (TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>)  
 Temp. : 25°C

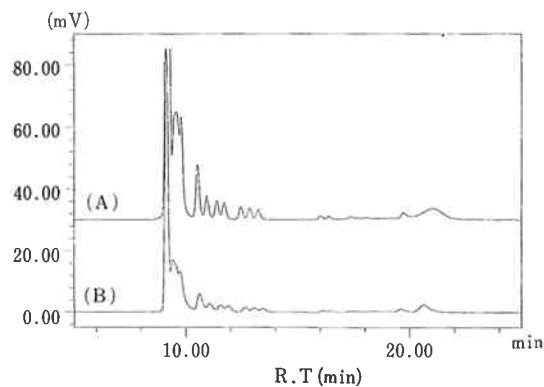


Fig.11 Separation of pBR 322 Hae III DIGEST on TSKgel SuperSW3000 and TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>.

Column size : (A) TSKgel SuperSW3000 4.6mmI.D×300mmL  
 (B) TSKgel G3000SW<sub>XL</sub> 7.8mmI.D×300mmL  
 Eluent : 50mM Phosphate buffer+0.1M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (pH6.7)  
 Flow rate : 0.20ml/min (TSKgel SuperSW3000)  
 0.57ml/min (TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>)  
 Sample : pBR 322 Hae III DIGEST  
 Injection vol. : 5  $\mu$ l  
 Detector : UV 8020 (280nm) microcell (TSKgel SuperSW3000)  
 10mmSUS (TSKgel G3000SW<sub>XL</sub>)  
 Temp. : 25°C

まで使用できなかった微量分析への応用も可能である。また、SuperSWは従来のSW<sub>XL</sub>シリーズと同様の化学的性質および分離特性を有しており、SW<sub>XL</sub>シリーズと同じ分析条件でより高分離能を得ることができる。

## 6. 参考文献

- 1) K.Fukano, K.Komiya, H.Sasaki, T.Hashimoto, *J.Chromatogr.*, **166**, 47 (1978)
- 2) T.Hashimoto, H.Sasaki, H.Aiura, *J.Polymer Sci.*, **16**, 1789 (1978)
- 3) Y.Kato, K.Komiya, H.Sasaki, T.Hashimoto,



- J.Chromatogr.*, **193**, 311 (1980)
- 4) セパレーションレポートNo.46 (東ソー)
- 5) セパレーションレポートNo.62 (東ソー)
- 6) Y.Kato, Y.Yamasaki, H.Moriyama, K.Tokunaga, T.Hashimoto, *J.Chromatogr.*, **404**, 313 (1987)
- 7) J.C.Giddings, K.L.Mallik, *Anal.Chem.*, **38**, 997 (1966)
- 8) Y.Kato, K.Komiya, H.Sasaki, T.Hashimoto, *J.Chromatogr.*, **190**, 297 (1980)
- 9) I.Halasz, E.Heine, *Progress in Gas Chromatography*.
- 10) J.H.Purnell, ed, *Wiley Interscience, New York*, 153 (1968)
- 11) セパレーションレポートNo.18 (東ソー)
- 12) 波多野博行、花井俊彦、高速液体クロマトグラフィー (化学同人) (1988)
- 13) Y.Yamasaki, Y.Kato, *J.Chromatogr.*, **497**, 436 (1989)
- 14) Y.Kato, M.Sasaki, T.Hashimoto, *J.Chromatogr.*, **266**, 341 (1983)



著 者

氏名 村上卓司

Takushi MURAKAMI

入社 平成3年4月1日

所属 科学計測事業部

ゲル製造部

セパレーションセンター

副主任研究員



著 者

氏名 森山弘之

Hiroyuki MORIYAMA

入社 昭和55年4月1日

所属 科学計測事業部

ゲル製造部

セパレーションセンター

センター長