

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：13903

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K13723

研究課題名(和文)非水溶性合成高分子の電気泳動分析手法の開発

研究課題名(英文)Development of non-aqueous electrophoretic separation method for water-insoluble synthetic polymers

研究代表者

北川 慎也 (Kitagawa, Shinya)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50335080

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：電気泳動法は、高性能分離・分離コスト削減・分離効率向上に優れているが、非水溶性合成高分子分析への適用はほぼ行われていない。当研究室ではすでに界面活性剤を用いる非水系キャピラリー電気泳動法による非水溶性合成高分子の種類別・組成別分離に成功している。今回、界面活性剤種や溶媒組成が分離挙動に与える影響について調査を行い、分離メカニズムについての検討を行ったところ、分離選択性は主として疎溶性相互作用に由来するが、静電相互作用が比較的強く働く試料成分が存在することも明らかにできた。また別途、合成高分子のサイズ別分離を行うための、有機ゲル、および汎用的な検出法の開発に成功した。

研究成果の概要(英文)：Electrophoretic separation of water-insoluble synthetic polymers has a potential for high efficiency separation, reducing analytical cost, and enhancement in analytical performance and we have demonstrated the separation of synthetic polymers in non-aqueous capillary zone electrophoresis using ionic surfactant. In this research, we investigated the effect of surfactant species and electrophoretic medium composition on the electrophoretic behavior of water-insoluble synthetic polymers. Their investigation revealed that the separation is majorly affected by the hydrophobic interactions between the polymers and the ionic surfactants. In addition, electrostatic interaction also affects the selectivity of the polymers in some cases. An organogel for size-based electrophoretic separation of water-insoluble synthetic polymers was developed. In addition, the novel universal detection method of synthetic polymers in the gel was also developed.

研究分野：分析化学

キーワード：非水系電気泳動 合成高分子 界面活性剤 イオン液体

1. 研究開始当初の背景

(1) 合成高分子は、衣料品、日用雑貨、家電製品、自動車などの身の回りの製品に多数用いられている日常生活に不可欠な材料である。溶媒に溶ける合成高分子に関しては、液体クロマトグラフィー(HPLC)を基盤とした分析手法が汎用されている。一方、HPLCは合成高分子だけではなく、DNA やタンパク質の分析にも用いられている。これらの生体高分子については、HPLC とは異なる分離分析手法である電気泳動をもちいた分析も汎用されている。DNA やタンパク質のゲル電気泳動分析は極めて基礎的な手法であり、また、キャピラリー電気泳動法による生体高分子の分析に関しては多数の論文が報告されている。

しかしながら、合成高分子の電気泳動分析に関する報告例は、生体高分子と比べると極めて少ない。さらにその報告例は「水溶性高分子」や「電荷を有する高分子」がほとんどであり、我々の身の回りにある高分子であるポリスチレンやポリメタクリル酸メチルなどの一般的な合成高分子については、我々の知る限り、非水系キャピラリーゲル電気泳動法(NACGE)を用いた僅か1例の報告があるだけであった[1]。

(2) 一般的な合成高分子の電気泳動分析は行われていない理由としては、(i)電気泳動分析は一般的に水溶性成分を対象としているが、合成高分子の多くは非水溶性であること、そして(ii)非水溶性合成高分子の多くは電荷をもたないことが挙げられる。すなわち、合成高分子と電気泳動分析の相性は良くない。

しかし、HPLC と電気泳動分析は分離機構が異なるため、(i)電気泳動分析ではHPLCでは得ることが難しい情報を比較的簡便に得ることができる可能性がある。また、電気泳動分析で必要な溶媒量はHPLCと比較すると極めて少ないため、(ii)電気泳動分析はHPLCよりも低コストでの分析が可能になると考えられる。さらに(iii)電気泳動分析装置はHPLCと比較して単純であるため並列化が容易であるという特徴もある。

これらのことから、合成高分子の電気泳動分析を実用的に行うことができるようになれば、合成高分子分析の時間的・金銭的成本を大きく削減できるのではないかと我々は考えた。

(3) 合成高分子は非水溶性であるという問題は、泳動媒体を水系から非水系溶媒(有機溶媒)に変更すれば解決可能である。また、電荷をもたない合成高分子の電気泳動は、非水溶媒中でイオン性界面活性剤を相互作用させることで実現することが可能である。

(4) 電気泳動分析はいろいろな手法(分離モード)が存在するが、我々は自由溶液中での電気泳動を行う非水系キャピラリーゾーン

電気泳動(NACZE)での分析を試みた[2]。泳動媒体として、合成高分子の溶媒として汎用されるテトラヒドロフラン(THF)を基盤とした混合溶液を用い、界面活性剤として塩化セチルトリメチルアンモニウム(CTAC)を用いて、ポリスチレン(PS)・ポリブタジエン(PBD)・ポリカーボネイト(PC)・ポリメタクリル酸メチル(PMMA)の分離条件について検討を行ったところ、これらの4種の合成高分子の種類別分離に成功した。また、分子量の異なる同一種の合成高分子については、電気泳動速度に分子量依存性がないことをこれまでに確認している。

2. 研究の目的

(1) 我々の研究室ではNACZEを用いた合成高分子の種類別分離・共重合体の組成別分離に成功している。しかしながら、その分離機構についての基礎検討は不十分である。また、CTAC以外の界面活性剤を用いたNACZE分離についても検討が行われていない。

本研究では、合成高分子の非水系電気泳動分離の基礎的な挙動について検討を行い、その分離機構(合成高分子-界面活性剤間の相互作用)についての知見を得ることを目的としている。

(2) さらに、NACZEでは分子量に依存しない分離を達成することができるが、一方で高分子の分子量情報は、そのキャラクタリゼーションに不可欠である。合成高分子の分子量・分子量分布を測定する手法として、非水系ゲル電気泳動法を開発することも目的とする。

3. 研究の方法

(1) NACZEに関しては従来法を踏襲して相互作用についての知見を深める。既報では非水系溶媒にはTHF、アセトニトリル、エタノールの混合溶媒を、界面活性剤にはCTAC用いた。これまでに分離が成功している標準高分子(PS, PC, PBD, PMMA)を用いて、有機溶媒組成や界面活性剤の種類が、電気泳動挙動の選択性に与える影響を測定し、その結果を解析することで、高分子の電気泳動挙動に関する理解を深める。

(2) ゲル電気泳動法については、分離場となる有機ゲルの調製法から検討を行う。すなわち界面活性剤を含むTHFを主体とする有機溶媒中での三次元架橋ゲルの調整法について検討を行う。さらに、ゲル中の高分子の検出法の開発についても検討を行う。

4. 研究成果

(1) イオン性界面活性剤を用いる合成高分子のNACZE分析においては、イオン性界面活性剤が分離挙動に大きな影響を与えると推測される。SDS, CTAC, DMDOAB(dimethyldioctadecylammonium bromide),

HDFOSA (heptadecafluorooctanesulfonic acid), SDSF (sodium dodecanesulfonate), SOS (sodium octanesulfonate), DPA acid (dodecylphosphoric), SDP (sodium dodecylphosphate)について検討を行ったところ、非水溶媒への溶解度・分析挙動の安定性・分離性能など種々の要因があるが、8種のうちCTAC, DMDOAB, SDSに関してはPBD・PC・PMMAの分離を行うことに成功した [3]。

(2) CTAC・DMDOAB・SDSの3種の界面活性剤についてその分離選択性に関する検討を行った。なお、界面活性剤の種類により4種の合成高分子の分析条件は異なっているため、個々の分析条件についてはTable 1にまとめて示している。

我々の既報では70 mM CTACをTHF/アセトニトリル/エタノール(50/43/7)の混合溶液に溶解した溶液を泳動媒体として用いた。その際の溶出順序はPBD, PC, PS, PMMAであった (Table 2#1に記載)。70 mM CTACを含むTHF/アセトニトリル/メタノール(50/40/10)を泳動溶液として用いたところ、この条件においても試料成分の溶出順序はPBD, PC, PS, PMMAであった。すなわち、界面活性剤と各種ポリマーとの相互作用の大きさは、双方の条件において、PBD>PC>PS>PMMAであった。DMDOABを用いた際の溶出順序はCTACを用いた場合と同一であった。すなわち、CTACとDMDOABの分離選択性は同一である。SDSの場合THF/アセトニトリル/メタノール系の完全非水溶媒では分離挙動が不安定となったため、1%の水が含まれた泳動媒体を用いていたが、PSとPBDの分離を達成することはできなかった。SDSを用いた際の、試料ポリマーとの相互作用の大きさはPBD=PS>PMMA>PCであった。すなわち、SDSの分離選択性はCTAC・DMDOABの分離選択性とは異なることが明らかとなった。

Table 1. Effect of surfactant and composition of the electrophoretic medium on polymer selectivity

#	Surfactant	mM	Comparison	Interaction order
1 ^{a)}	CTAC	70	THF/ACN/EtOH = 50/43/7	PBD > PC > PS > PMMA
2		70	THF/ACN/MeOH = 50/40/10	PBD > PC > PS > PMMA
3		70	THF/MeOH = 70/30	not separated
4		70	THF/MeOH/H ₂ O = 68/29/3	PC > PBD > PS > PMMA
5	DMDOAB	70	THF/ACN/MeOH = 50/10/40	PBD > PC > PS > PMMA
6		40	THF/MeOH = 70/30	PC > PBD > PS = PMMA
7		30	THF/MeOH/H ₂ O = 68/29/3	PBD > PC > PS > PMMA
8	SDS	70	THF/MeOH/H ₂ O = 69/30/1	PBD = PS > PMMA > PC

(3) 次に泳動媒体組成が分離選択性に与える影響について、特に水添加の影響に着目をして検討を行った。

CTACを用いた場合、水を含まない系(THF/メタノール(70/30))では合成高分子の分離を行うことができなかったが、水を添加(3%)することで分離が改善された。水添加条件での分離選択性はPC>PBD>PS>PMMAであり、これは水を添加していない条件での分離選択性とは一致しなかった。興味深いことにDMDOABを用いた際にはCTACと異なり、THF/メタノール(70/30)の泳動媒体でも試料

成分の部分分離が達成された。さらに、3%の水を添加することで完全非水条件では分離されなかったPSとPMMAの分離を行うことができた。SDSに関しては前述の通り完全非水条件で安定的な分離を行うことはできなかった。ポリマー分離のためには数%の水添加が不可欠であった。

(4) 界面活性剤の種類と溶媒組成はPC・PBD・PS・PMMAの分離選択性に影響を与える。各条件での分離選択性をTable 1に示した。分離選択性は各条件で変化していることが見て取れるが、普遍的な傾向として、PBD>PS>PMMAという順序が存在している。この順序はグラジエント逆相HPLC分離の逆順と一致する[2]。すなわち、界面活性剤を用いる合成高分子のNACZE分離の選択性は、主として疎水性(疎溶媒性)相互作用に支配されていると推測される。PBD・PS・PMMAとは異なりPCに対する分離選択性は、実験条件に大きく依存した。すなわちPCに対しては疎水性相互作用以外の作用が働いていることが予測される。Table 1に示す通り陽イオン性のCTACとDMDOABのPCへの相互作用は陰イオン性のSDSよりも明らかに大きい。このことから、PCに対しては疎水性相互作用の他に静電相互作用(電荷-ダイポール相互作用)が存在する可能性が示唆された。

今回、6種の陰イオン性界面活性剤と2種の陽イオン性界面活性剤に関して検討を行った。陽イオン性界面活性剤については双方ともPC・PBD・PS・PMMAの分離を達成することができたが、陰イオン性界面活性剤においてはSDSの1種類のみであり、また、水添加を行ってもその分離は不十分であった。このことから、少なくとも今回の系に関しては、合成高分子のNACZE分離においては陽イオン性の界面活性剤の利用が有利であるといえる。また、CTACとDMDOABの分離結果を比較すると、THF/メタノール(70/30)の泳動媒体ではDMDOABが良い分離を与えている。すなわち、高い疎水性、または高い陽イオン種を用いることが分離の改善につながると推測できる。

(5) Table 1に示す様に、CTAC・DMDOAB・SDSを用いるNACZEでPC・PBD・PS・PMMAの4成分分離を達成するためには3種類の溶媒を混合した複雑な組成の泳動媒体が必要である。しかしながら、3種混合溶媒で分離条件の検討・最適化を行うことは非常に複雑であり、手間がかかる。本研究において3種混合系を用いている理由の一つはTHFに対してイオン性界面活性剤が溶解しないため、その溶解度を増大させるためである。THFに対して溶解度が高く、また、有機溶媒中で合成高分子と相互作用することができるイオン種があれば、泳動媒体の組成を単純化することが可能となる。

イオン液体は非有機溶媒と有機溶媒の両方に高い溶解性を持つことから、しばしば NACE の添加剤に用いられている。我々は疎水性の高いカチオン種を含むイオン液体である塩化トリヘキシルテトラデシルホスフォニウム(P66614)を用いる NACZE 分析に関する検討を行った[4]。

(6) THF・アセトニトリル・メタノールに対する P66614 の溶解度を調べてみたところ、これらに溶媒に対してはすべて 500 mM 以上の溶解度を有することが分かった。そこで 100% THF 泳動溶媒を用いた際の合成高分子の NACZE 分離について検討を行った。しかしながら、100% THF の泳動媒体では、4 種の高分子を分離することはできなかった。THF/メタノール(7/3)の泳動溶液を用いて行ったところ P66614 濃度の増大に伴い、分離は改善された。

(7) P66614 を 180 mM 含む泳動媒体の泳動媒体組成が分離に与える影響について検討を行った。30%のメタノールを添加することで 4 成分の分離を行うことに成功した。しかしながら、50%添加ではピークを検出することはできなかった。メタノールの増加が検出感度を低下させたためだと考えられる。同様の検出感度の低下はアセトニトリル添加でも観測された。しかしながら、アセトニトリルの場合 50%添加でもピークを観測することはできた。

30%アセトニトリル添加では、PC と PS を分離することはできなかったが、50%添加により 4 成分分離を行うことに成功した。イオン性界面活性剤と同様に P66614 を用いた際の隠すポリマーとの相互作用の大きさを Table 2 にまとめた。

CTAC を含む THF/メタノール (70/30) 泳動媒体では、Table 1#3 に示す様に、4 成分は分離せず一つのピークとして観測された。界面活性剤が DMDOAB の場合は、PS と PMMA は分離することができなかったが、部分分離を達成することができた(Table 1#6)。一方、P66614 の場合 4 成分の分離が達成された。すなわち、我々が提案する NACZE による合成高分子分離において、合成高分子と相互作用を行うイオン種の疎水性、もしくは、嵩高さが増大することでポリマーの種類別分離が促進されることが確認された。

Table 2. Effect of the composition of the electrophoretic medium on the selectivity

#	Additive	mM	Composition	Interaction order
1	P ₆₆₆₁₄ Cl	180	THF/MeOH 70/30	PC > PBD > PS > PMMA
2		180	THF/ACN 70/30	PBD > PS = PC > PMMA
3		180	THF/ACN 50/50	PBD > PS > PC > PMMA

(8) 泳動媒体組成が THF/メタノール (70/30) の際の DMDOAB (Table 1#6) と P66614 (Table 2#1) を比較するとその分離選択性は類似し

ている。上述の通り PBD > PS > PMMA という選択性は、すべての添加剤(CTAC, DMDOAB, SDS, P6614)で共通して観測される挙動である。THF と混合する有機溶媒がメタノールでもアセトニトリルでもこの挙動は観測されるが、興味深いことに、PC については混合する溶媒により分離選択性が大きく変わった。すなわち、メタノール添加は P66614 と PC との相互作用を促進、もしくは、アセトニトリル添加が PC との相互作用を抑制することが明確に示された (Table 2#1 と#3)。類似の現象は CTAC (Table 1#2 と#4) や DMDOAB (Table 1#5 と#6) でも観測されていたが、いずれも三元系の混合溶媒を用いているため、明確な解析が困難であった。THF に対して溶解度の高い P66614 と単純な二元系混合溶媒を用いることで、NACZE による合成高分子分離の基礎挙動を明確にすることに成功した。

Table 3. Compositions of the reaction solution.

	AA-BIS	MMA-EDMA (THF)	MMA-EDMA (THF/MeOH)	MMA-EDMA (THF/ACN/MeOH)
THF	2.0 mL	2.0 mL	1.8 mL	1.0 mL
MeOH	-	-	0.2 mL	0.2 mL
ACN	-	-	-	0.8 mL
AA	190 mg	-	-	-
BIS	10 mg	-	-	-
MMA	-	380 μ L	380 μ L	380 μ L
EDMA	-	10 μ L	10 μ L	10 μ L

All solutions contains 9.8 mg AIBN and 40 mL TEMED.

(9) NACZE を用いる合成高分子の分離では、高分子の分子量に依存しない種類・高分子組成に基づいた分離を行うことを目的としている。一方、高分子分析においては分子量別分離も重要である。そこで、合成高分子のゲル電気泳動分離法の開発も行った。

まずは非水系ゲル電気泳動で用いるゲルについての検討を行った。一般的な水系ゲル電気泳動ではポリアクリルアミドゲルが汎用される。そこで、THF を溶媒として Table 3 (AA-BIS) に示す組成でゲルの調整を試みたところ、モノリス化してしまい、ゲル電気泳動で用いるゲルの調整に失敗した。そこでゲルの種類を根本的に見直して、メタクリル酸メチルゲル(MMA-EDMA)の調整を試みた。

Table 3 (MMA-EDMA (THF)) の反応溶液を重合したところ、モノリス化することなく透明な電気泳動に用いることができるゲルが調整された。また、100% THF の泳動溶媒ではなく、メタノール、アセトニトリルとの混合溶媒を用いる溶媒条件 (Table 3 の MMA-EDMA (THF/MeOH)、および、MMA-EDMA (THF/ACN/MeOH))、電気泳動用ゲルの調整が可能であることを確認した。実際の合成高分子のゲル電気泳動分離においては、非水系泳動媒体中には界面活性剤を用いる必要がある。界面活性剤として CTAC を含む溶媒中でのゲル調整について検討を行った。CTAC 濃度 10, 50, 70, 100, 150, 200, 250 mM の溶媒を用いてゲル調整を行ったと

ころ、150 mM 以下では問題なくゲルの調整を行うことができたが、200、および、250 mM では相分離が生じ、均一なゲルが調整できなくなるが明らかになった。

(10) 次に検出方法の開発を行った。タンパク質や DNA の水系ゲル電気泳動法では、クマシーブリリアントブルーやエチジウムブロマイドを用いる汎用的な染色方法が開発されており、ゲル内の試料成分の検出を行うことができる。しかしながら、我々が開発を試みている合成高分子の非水系ゲル電気泳動法には、汎用的な試料成分の検出方法は存在しない。そこで、我々は汎用性の高い合成高分子の検出方法の開発を行った。

合成高分子は不適切な溶媒では沈殿を生じることが知られている。この現象を利用して、目的試料である合成高分子を泳動ゲル中で沈殿させることで可視化を行う新たな検出方法の開発を行った。乾燥させた MMA-EDMA ゲルを THF、メタノール、アセトニトリル、水、アセトン、エタノール、1-オクタノール、ジメチルスルホキシド、ジエチルエーテル、ヘキサンに浸漬したところ、THF とアセトニトリルでは透明なゲルが得られたが、他の溶媒では白濁したゲルとなった。本検出手法では、ゲルは透明であり、分析対象の沈殿が生じる必要がある。THF は多くの合成高分子に対して良溶媒であり、今回の目的には不適切である。他方、アセトニトリルは多くの合成高分子にとって貧溶媒であることから、今回の目的に適していると考えられる。

実際に沈殿による PS の検出が可能であるかどうかを確認した。PS を含む MMA-EDMA ゲルと含まないゲルをそれぞれ調整した。双方のバイアルにアセトニトリルを添加したところ、双方のゲルは透明なままであり、PS の析出を検出することはできなかった。アセトニトリルの代わりにメタノールを添加したところ、PS 入りゲルは白濁したが、リファレンスである PS を含まないゲルは透明なままであった。すなわち、ゲル中の PS の沈殿検出に成功した。アセトニトリルで PS が析出しなかったのは、ゲル中の THF が完全に除去されていないため、十分な析出能が得られなかったためだと考えられる。一方、メタノール MMA-EDMA ゲル自体が白濁しなかったのは残存 THF が、逆にゲルの白濁化を防いでいると考えられる。貧溶媒を用いたゲル中合成高分子の汎用的な検出手法の開発に成功した。

(12) 実際に調製を行った MMA-EMDA ゲル中での電気泳動を行った。まずは、負電荷を有する低分子化合物であるプロモフェノールブルーを試料として電圧印加を行ったところ、正極方向への電気泳動を確認することができた。ついで、中性物質であるペリレンについても同様の実験を行ったところ、

CTAC が電氣的に中性であるペリレンと相互作用することで負極方向へ電気泳動していることが確認された。分子量 5200 の PS について同様の実験を行い、メタノールによる沈殿操作を行ったところ、負極方向への泳動が確認された。すなわち、非水ゲル中での合成高分子の電気泳動、および、沈殿現象を用いる検出方法の開発に成功した。

(13) 以上の通り、合成高分子の非水系電気泳動法による分析に関して、NACZE を用いた研究を行うことで、基礎的な電気泳動挙動に関する知見を得ることができた。合成高分子の電気泳動挙動は、基本的には疎水性相互作用（疎溶媒性相互作用）に支配されているが、PC の電気泳動挙動に示されるように、それ以外の要因が働く高分子もあることが示されたことは、今後の研究の進展にとって極めて重要な知見である。また、合成高分子と相互作用するイオン種の疎水性・嵩高さが大きな分離挙動に大きな影響を与えていることが判明したことから、より良い分離剤（添加剤）の選定の効率化が期待できる。

さらに、ゲル電気泳動法による合成高分子のサイズ別分離の基礎的な成果を得ることができた。特に、ゲル電気泳動で問題となる検出について汎用性の高い検出法を提案することができたのは、重要な成果である。

今後は NACZE・ゲル電気泳動双方において、分離手法のさらなる高度化を図るとともに実分析への応用を踏まえた研究を進めていく予定である。

<引用文献>

- [1] Li, G.; Zhou, X.; Wang, Y.; Krull, I. S.; Mistry, K.; Grinberg, N.; Cortes, H. J. *Liq. Chromaogr. Relat. Technol.* 2004, 27, 939-964.
- [2] Yamamura, T.; Kitagawa, S.; Ohtani, H. *J. Chromatogr. A* 2015, 1393, 122-127.
- [3] Fukai, N.; Kitagawa, S.; Ohtani, H., Effect of surfactant species and electrophoretic medium composition on the electrophoretic behavior of neutral and water-insoluble linear synthetic polymers in nonaqueous capillary zone electrophoresis, *Electrophoresis*, 2017, 38, in press.
- [4] Fukai, N.; Kitagawa, S.; Ohtani, H., Separation of water-insoluble and neutral linear synthetic polymers in nonaqueous capillary zone electrophoresis using phosphonium-based ionic liquid, *Chromatography*, 2017, 38, submitted.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計2件)

Fukai, N.; Kitagawa, S.; Ohtani, H., Effect of

surfactant species and electrophoretic medium composition on the electrophoretic behavior of neutral and water-insoluble linear synthetic polymers in nonaqueous capillary zone electrophoresis, *Electrophoresis*, 2017, **38**, in press.

DOI: 10.1016/j.chroma.2017.04.058

Fukai, N.; Kitagawa, S.; Ohtani, H., Separation of water-insoluble and neutral linear synthetic polymers in nonaqueous capillary zone electrophoresis using phosphonium-based ionic liquid, *Chromatography*, 2017, **38**, submitted.

[学会発表](計10件)

深井菜緒, 北川慎也, 大谷 肇, 二本鎖のイオン性界面活性剤を用いた非水系キャピラリー電気泳動における非水溶性合成高分子の分析, 第34回分析化学中部夏期セミナー(2015.8.31-9.1, 静岡).

北川慎也, 山村知之, 深井菜緒, 大谷 肇, イオン性界面活性剤を用いた非水系電気泳動法による合成高分子の分離, 第20回高分子分析討論会(2015.10.27-28, つくば) **[審査委員賞受賞]**.

深井菜緒, 北川慎也, 大谷 肇, 非水系キャピラリー電気泳動法における二本鎖イオン性界面活性剤を利用した非水溶性合成高分子の分離, 第35回キャピラリー電気泳動シンポジウム(2015.11.4-6, 岡山) **[優秀ポスター賞受賞]**.

北川慎也, 山村知之, 深井菜緒, 大谷 肇, 非水系キャピラリー電気泳動法による非水溶性合成高分子分析法の開発, 第76回分析化学討論会(2016.5.27-28, 岐阜) **[依頼講演]**

S. Kitagawa, T. Yamamura, N. Fukai, H. Ohtani, Electrophoretic separation of linear synthetic polymers in non-aqueous medium containing ionic surfactants, 31st International Symposium on Chromatography (2016.8.28-9.1, Cork, Ireland).

深井菜緒, 北川慎也, 大谷 肇, イオン性界面活性剤を用いた非水系キャピラリー電気泳動法による非水溶性合成高分子の泳動挙動の解明, 日本分析化学会第65年会(2016.9.14-16, 札幌) **[RSC Analyst ポスター賞受賞]**.

北川慎也, 電気泳動法およびイオンモビリティ質量分析法による合成高分子分析法の開発, 日本分析化学会第65年会(2016.9.14-16, 札幌) **[高分子研究懇談会依頼講演]**.

深井菜緒, 北川慎也, 大谷 肇, 非水系電気泳動法におけるイオン性界面活性剤を利用した非水溶性合成高分子の分離, 第36回キャピラリー電気泳動シンポジウム(2016.11.9-11, 徳島) **[最優秀賞ポスター賞受賞]**.

臼井一貴, 北川慎也, 大谷 肇, イオン性

界面活性剤を利用した非水系合成高分子の非水系ゲル電気泳動法の開発, 「分析中部・ゆめ21」若手交流会第16回高山フォーラム(2016.11.11-12, 高山).

北川慎也, 深井菜緒, 大谷 肇, 非水系電気泳動法による非水溶性合成高分子分離, 第77回分析化学討論会(2017.5.27-28, 京都).

[図書](計0件)

[産業財産権]

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

[その他]

ホームページ等

大谷・北川研究室 研究紹介-北川グループ: 合成高分子の電気泳動分析

http://cec.ach.nitech.ac.jp/researches/kitagawa_files/kitagawa_PolymerCE.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

北川 慎也 (KITAGAWA, Shinya)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号: 50335080

(2)研究分担者

(3)連携研究者

大谷 肇 (OHTANI, Hajime)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号: 50176921

(4)研究協力者