

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 5月23日現在

機関番号	14602
研究種目	若手研究（B）
研究期間	2011 ～ 2012
課題番号	23750163
研究課題名（和文）	高機能性および抗酸化能をもつ多鎖型両親媒性 dendrimer 保護ナノコロイドの開発
研究課題名（英文）	Development of Nano-Colloid Protected by Multi-Chained type Amphiphilic Dendrimers with High Functional and Antioxidant Activity
研究代表者	吉村 倫一（YOSHIMURA TOMOKAZU） 奈良女子大学・研究院自然科学系・准教授
研究者番号	10339111

研究成果の概要（和文）：本研究では、高い抗酸化能および機能性を有する金、白金ナノコロイド粒子の開発を目指し、保護剤として dendrimer 骨格にアルキル鎖を導入した単鎖型およびジェミニ型両親媒性 dendrimer とその dendrimer 末端基を糖鎖で修飾した両親媒性多糖 dendrimer を分子設計・合成した。これらの水溶液中における物性と会合挙動を調べ、両親媒性 dendrimer を保護剤として金、白金ナノ粒子を調製し、触媒活性を検討した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to develop gold or platinum nano-colloid particles with high antioxidant activity and functionality by using monomeric and gemini-type amphiphilic dendrimers with one or two alkyl chains and two dendron skeletons and their sugar-modified amphiphilic dendrimers as protected agent. We investigated their solution properties and aggregation behavior, and discussed catalytic activities for their gold or platinum nanoparticles.

交付決定額

（金額単位：円）			
	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,100,000	630,000	2,730,000

研究分野：コロイド・界面化学

科研費の分科・細目：複合化学・機能物質化学

キーワード：dendrimer、両親媒性 dendrimer、ジェミニ型 dendrimer、表面張力、臨界ミセル濃度、会合体、ナノ粒子、触媒活性

1. 研究開始当初の背景

(1) 活性酸素は体中で発生して細胞を攻撃し、動脈硬化、がん、アルツハイマー、脳梗塞など 200 種類以上の病気や老化の原因となり、近年、健康などへの影響が問題となっている。人間の体内にはこの活性酸素を消去してくれる強力な酵素をもっているが、20代をピークにその働きは衰えていく。これを補うためには、ビタミンCやポリフェノールなどの抗酸化物質を体外から摂取する必要があるが、現代の食生活でこれらを効果的に摂取することは非常に難しい。また、活性酸素の一つであるヒドロキシルラジカルなどのラジカル性物質は、生体だけではなく、工業・生活製品の保存安全性にも大きく影響する。

(2) これまでに申請者らは、ヒアルロン酸、フコイダン、キトサン、dendrimer などの水溶性高分子存在下で調製した金ナノ粒子が、ヒドロキシルラジカルの活性酸素消去活性に対して高い活性、すなわち抗酸化能が認められることを見出した。このことは、高い抗酸化能をもつ水溶性高分子の金ナノ粒子を化粧品などの分野に使用することにより、10 nm 以下のナノサイズである金ナノ粒子を肌の奥まで浸透させることが可能であるため、活性酸素を消去するための解決策の一つと期待される。

(3) 界面活性剤が使用される様々な分野で重要となる乳化、可溶化、分散などの機能を十分に発揮するには、気/液や液/液界面など

の界面吸着と水溶液中での会合体形成の両特性に優れることが求められる。申請者は最近、 dendroliマー骨格に1本のアルキル鎖を導入した Tadpole 型両親媒性 dendroliマー (世代 1~5) の分子設計・合成に成功した。これらは、親水部の dendroliマー骨格が高高いにもかかわらず、気/液界面に効率よく吸着・配向し、水溶液中で大きく特異な会合体を形成し、界面吸着と会合体形成の両特性を發揮できることを明らかにした。また、 dendroliマー保護金ナノコロイドは高い抗酸化能を有することから、両親媒性 dendroliマーにも同等またはそれ以上の抗酸化能の期待がもたれる。すなわち、両親媒性 dendroliマーは、これまでに例のない多機能性をもった新規両親媒性化合物と言える。

(4) ジェミニ型界面活性剤は、1991年頃から F. M. Menger, R. Zana, M. J. Rosen らによって多種多様な構造のものが精力的に研究されてきた。ジェミニ型界面活性剤は、従来型の界面活性剤と比較して、臨界ミセル濃度 cmc が 1~3 桁低い、表面張力低下能が非常に高い、水溶液中で cmc 付近の低濃度においてベシクルを形成するなどユニークな会合特性を示す、などの理由から、近年次世代界面活性剤として注目されている。

(5) 本研究では、さらなる高い機能性や界面活性の発現を目指して、Tadpole 型両親媒性 dendroliマーをさらに改良すべく、2本のアルキル鎖を導入したジェミニ型などの多鎖型両親媒性 dendroliマー、さらに生体などへの応用を考慮し、 dendroliマーのアミノ末端基に糖鎖またはポリエチレングリコール鎖を修飾した多鎖型両親媒性 dendroliマーを分子設計・合成する。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、高い抗酸化能および機能性を有する金または白金ナノコロイド粒子の開発を目指し、保護剤として dendroliマー骨格に1または2本のアルキル鎖を導入した単鎖およびジェミニ型の両親媒性 dendroliマーおよびその dendroliマー末端基を糖鎖で修飾した両親媒性多糖 dendroliマーを分子設計・合成し、それらの水溶液中における物性ならびに会合挙動を調べる。

(2) さらに、これらの両親媒性 dendroliマーを保護剤として用いて金・白金ナノ粒子を調製し、スクワランとの乳化能や活性酸素消去活性を検討する。本申請での金・白金ナノコロイドは、様々な工業分野に貢献できると期待される。

3. 研究の方法

(1) 分子設計・合成

① 単鎖型両親媒性 dendroliマー: 1本のアルキル鎖と2または3つの dendroliマー骨格を有

する両親媒性 dendroliマー (C_{16} -2denGn, n は世代数で 1, 2, 3, 4, 5, 2den は dendroliマーの数; Fig. 1) は、コアにドデシルアミンを用いて、アクリル酸メチルによる Michael 付加反応と生成したメチルエステルとエチレンジアミンの反応を繰り返す Divergent 法に従い合成した。構造は、 1H NMR および ESI-MS により確認した。

② ジェミニ型両親媒性 dendroliマー: 2本のアルキル鎖と2つの dendroliマー骨格を有するジェミニ型両親媒性 dendroliマー ($2C_{12}$ -2denGn, n は世代数で 1, 2, 3, 4, 5, Fig. 1) は、コアに N,N' -ジドデシルエチレンジアミンを用いて、アクリル酸メチルによる Michael 付加反応と生成したメチルエステルとエチレンジアミンの反応を繰り返す Divergent 法に従い合成した。構造は、 1H NMR および ESI-MS により確認した。

③ 糖鎖の修飾: ①および②で合成した C_{12} -2denGn, $2C_{12}$ -2denGn の末端アミノ基に糖鎖のラクトビオン酸を作用させて、両親媒性多糖 dendroliマー (C_{12} -2denGnLac, $2C_{12}$ -2denGnLac) を合成した。構造は、 1H NMR および ESI-MS により確認した。

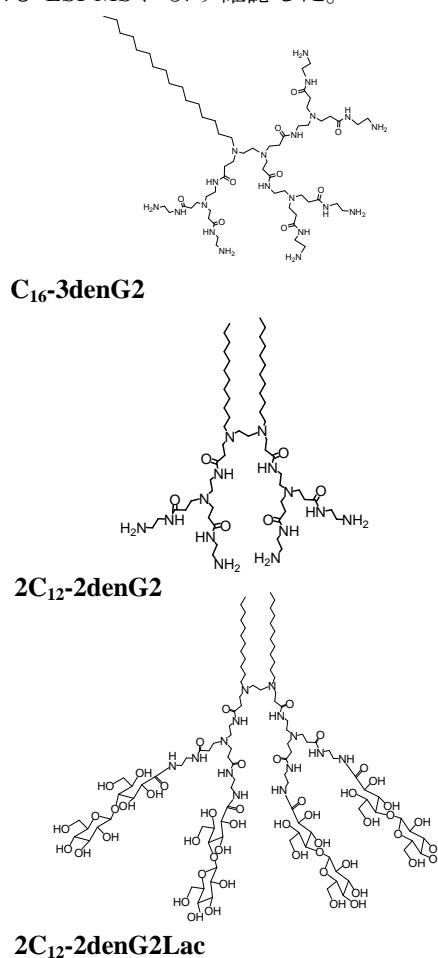


Fig.1 Structures of C_{16} -3denG₂, $2C_{12}$ -2denG₂ and $2C_{12}$ -2denG₂Lac.

(2) 物性評価

単鎖型およびジェミニ型両親媒性 dendriマーと多糖 dendriマーの物性は、Wilhelmy 法による平衡表面張力、最大泡圧法による動的表面張力の測定により 25°C で検討した。

(3) 水溶液中で形成する会合体のナノ構造解析

単鎖型およびジェミニ型両親媒性 dendriマーと多糖 dendriマーが水溶液中で形成する会合体のナノ構造は、プローブのピレンによる蛍光、動的散乱 (DLS)、中性子小角散乱 (SANS)、X 線小角散乱 (SAXS)、低温透過型電子顕微鏡 (cryo-TEM) の測定により調べた。

(4) 金・白金ナノ粒子の合成

単鎖型およびジェミニ型両親媒性 dendriマーの水溶液に塩化金酸または塩化白金酸を溶解させた後、還元剤に水素化ホウ素ナトリウムを加えて金・白金イオンを還元することで、金または白金ナノ粒子を合成した。ナノ粒子の安定性、形状、大きさは、可視紫外スペクトル (UV)、DLS、TEM の測定により検討した。

(5) 金・白金ナノ粒子の触媒活性

金または白金ナノ粒子の触媒活性は、*p*-ニトロフェノールの還元反応および 1,1-ジフェニル-2-ピクリルヒドラジル (DPPH) ラジカルの消去反応によって、それぞれ 400、517 nm における吸光度の経時変化から見かけの反応速度定数を見積もり評価した。

4. 研究成果

(1) 両親媒性 dendriマーの合成

単鎖型およびジェミニ型両親媒性 dendriマーは、いずれの世代においても 90% 以上の高収率で合成することができた。また、ジェミニ型両親媒性多糖 dendriマーは、10~50% の収率で合成できた。世代 1~3 では糖の導入率 100%、世代 4 では 81%、世代 5 では 76% であり、高世代になると嵩高い構造による立体障害のために糖の導入率が少し低下した。

(2) 界面化学的性質

① 単鎖型両親媒性 dendriマー

pH 2 の水溶液中における C₁₆-2denGn (*n* = 1~5) の濃度と表面張力の関係より、表面張力は、いずれも濃度の増加とともに減少し、臨界ミセル濃度 (cmc) を示す明瞭な屈曲点が見られほぼ一定となった。世代 1~3 の cmc は世代の増加すなわち dendriマーの親水性の増大とともに増加したが、世代 4、5 になると cmc の大きな増加は認められなかった。気/液界面での吸着・配向状態は、cmc にお

ける表面張力 (γ_{cmc}) および Gibbs 式から求めた分子占有面積 (A_{cmc}) を用いて評価することができる。C₁₆-2denGn の γ_{cmc} は 36~47 mN m⁻¹、 A_{cmc} は 0.41~0.78 nm² であり、嵩高い構造の dendron 骨格を有しているにもかかわらず、従来の界面活性剤と同様に気/液界面に効率よく吸着・配向していることがわかった。これは世代および dendron 骨格が増加すると、dendriマーのアミド基間の水素結合が増加して密にパッキングできるためと考えられる。C₁₆-mdenGn のミセル形成の標準自由エネルギーの絶対値 $|\Delta G_{mic}^0|$ は、世代の増加とともに小さくなり、高世代では dendron 骨格が嵩高くなるために会合体を形成しにくいことが示唆される。いずれの世代でも $|\Delta G_{mic}^0|$ は、吸着の標準自由エネルギーの絶対値 $|\Delta G_{ads}^0|$ よりも小さくなり、ミセル形成よりも気/液界面への吸着の方が優れることがわかった。また、ピレンの蛍光スペクトルの 373 nm と 384 nm の強度比 I_1/I_3 および SLS から得られた散乱強度は、世代 1 および 2 では表面張力曲線から求めた cmc 付近の濃度からそれぞれ減少、増大したが、世代 3~5 では cmc 以下の濃度から変化が見られた。これは世代が高くなると、気/液界面への吸着と同時に水溶液中で会合体を形成していることを示唆する。

② ジェミニ型両親媒性 dendriマー

pH 2 の水溶液中における 2C₁₂-2denGn (*n* = 1~5) の濃度と表面張力の関係を Fig. 2 に示す。表面張力はいずれも濃度の増加とともに減少し、臨界ミセル濃度 (cmc) を示す明瞭な屈曲点が見られほぼ一定となった。世代 1~3 の cmc は、世代の増加すなわち親水性の増大とともに増加したが、世代が 4、5 に増加すると親水性が増大するにもかかわらず、cmc の大きな増加は認められなかった。cmc は、同世代において pH 2 よりも pH 9 の方が低くなった。気/液界面での吸着・配向状態は、cmc における表面張力 (γ_{cmc}) および Gibbs 式から求めた分子占有面積 (A_{cmc}) を用いて評価することができる。pH 2 および 9 の水溶液中における 2C₁₂-2denGn の γ_{cmc} は、それぞれ 29~38、25~45 mN m⁻¹ であった。pH 2 の水溶液中において世代が 1 から 2 に増加すると、dendron 骨格が広がって大きくなるために γ_{cmc} および A_{cmc} 値は高くなり、気/液界面での吸着・配向は低下した。世代がさらに増加すると γ_{cmc} は小さくなり、高世代 5 のときに 29 mN m⁻¹ の最も高い表面張力低下能が認められた。このとき A_{cmc} は逆に大きくなる傾向が見られた。これは世代が増加すると、dendron 骨格が嵩高くなるにもかかわらず、dendron のアミド基間の水素結合が増大して、密にパッキングできるためと考えられる。

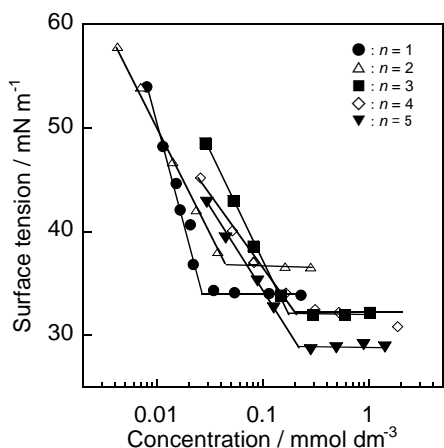


Fig. 2 Surface tension plots for 2C₁₂-2denGn.

(3) 水溶液中での会合体のナノ構造解析

① 単鎖型両親媒性 dendリマー

C₁₆-2denGn が形成する会合体の構造は、 dendリマーのアミノ基のプロトン化状態が異なる pH 2 および 9 の溶液を用いて 25°C で調べた。pH 9 の低濃度溶液 (5 mmol dm⁻³) における C₁₆-2denGn (n = 1~5) の SAXS 曲線より、散乱ベクトル $Q > 0.07 \text{ \AA}^{-1}$ において、いずれも Q^{-4} に従う散乱が観測されていることから、会合体の構造は球状であることが示唆される。一方、pH 2 の溶液では、 dendリマーのアミノ基がすべてプロトン化されるため、SAXS 曲線は $Q = 0.06 \sim 0.09 \text{ \AA}^{-1}$ 付近にミセル間の静電的反発に起因するブロードなピークプロファイルが観測された。このピーク位置は濃度の増加とともに高 Q 側にシフトし、ミセル間の距離が近づいたことがわかった。また、pH 2 の溶液でも pH 9 で見られた低 Q 領域での立ち上がりが同様に観測され、ミセルの凝集体が示唆された。これは DLS の結果と一致した。

pH 9 の溶液で C₁₆-2denGn が形成する会合体の 1 分子あたりの体積をコントラスト変化法により求めたところ、いずれの世代でも計算値よりも小さくなり、その差は世代の増加とともに大きくなった。これは高世代になるほど会合体中で C₁₆-2denGn 分子が密にパッキングされていることを示唆する。この傾向は気/液界面での吸着と同じで、世代の増加とともに dendリマーのアミド基間の水素結合が増加するためと考えられる。また、C₁₆-2denGn (n = 2, 3) の SAXS 曲線は、溶液の温度を 25°C から 63°C に上昇させても違いが見られなかったことから、C₁₆-2denGn のミセルおよびミセル同士が集まった凝集体は温度に対して極めて安定であることがわかった。

② ジェミニ型両親媒性 dendリマー

pH 9 の低濃度水溶液 (5 mmol dm⁻³) にお

ける 2C₁₂-2denGn (n = 2~5) の SAXS 曲線を コア-シェル型多分散球のモデル式を用いたフィッティング曲線とともに Fig. 3 に示す。モデル解析より、いずれの世代においてもミセルの半径は 3.1~3.3 nm で世代に依存しないものの、ミセルのコア半径および会合数は世代の増加とともに減少し、シェルの厚みは増加する傾向が見られた。これは、高世代では dendロン鎖が嵩高いにもかかわらず、ミセル中でアルキル鎖と dendロン鎖がそれぞれ効率よく充填していることを示唆する。濃度が 10~100 mmol dm⁻³ に増加してもミセルの半径はいずれの世代でも 3.0~3.3 nm であり、濃度依存は認められず、大きな会合体を形成しにくいことがわかった。これは嵩高い dendロン骨格をもつためと考えられる。また、高世代では SAXS 曲線の低 Q 領域で立ち上がりが見られ、これはミセル同士が集まって大きな凝集体を形成していることが示唆される。

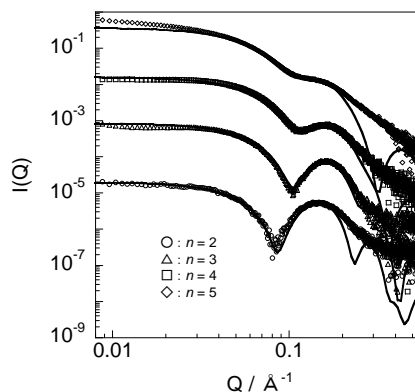


Fig. 3 SAXS curves for 2C₁₂-2denGn at pH 9.

(4) ジェミニ型両親媒性 dendリマーで保護

した金・白金ナノコロイドの調製と触媒活性
2C₁₂-2denGn (n = 2~5) を保護剤に用いて調製した金ナノ粒子の UV-vis スペクトルには、いずれも 520 nm 付近に金ナノ粒子特有の表面プラズモン吸収が見られた。[2C₁₂-2denG3] : [Au³⁺] = 4 : 1 で調製した金ナノ粒子の TEM 写真を Fig. 4 に示す。TEM よりすべての世代で粒径 3.4~4.0 nm の小さな金ナノ粒子が得られたことがわかり、SAXS 曲線の Guinier 近似を用いて算出した粒径 4.2~4.6 nm とほぼ一致し、ナノ粒子の大きさは世代に依存しないことがわかった。白金の場合、いずれの世代でも粒径 48~160 nm の広い分布をもつナノ粒子が得られたことから、金属と dendリマーのアミノ基の相互作用は金よりも白金の方が弱いことがわかった。p-ニトロフェノールの還元反応におけるナノ粒子の触媒活性は、400 nm での吸光度の経時変化から見かけの反応速度定数を算出して評価した。2C₁₂-2denGn 保護金ナノ粒子の

触媒活性は、世代の増加とともに低下した。低世代では金ナノ粒子のまわりがジェミニ型両親媒性 dendrimer で被われる構造をとり、高世代では dendron 骨格内に金ナノ粒子が取り込まれる構造をとるため、低世代では比較的容易に反応物質が金表面に到達できるが、高世代では到達しにくいことを示唆している。一方、 $2C_{12}$ -2denGn 保護ナノ粒子の DPPH ラジカルの消去活性は世代の増加とともに増加し、 TiO_2 に付着した金ナノ粒子と比べてほぼ同等のラジカル消去活性を有することがわかった。興味深いことに、 $2C_{12}$ -2denGn 単体でもラジカル消去活性を示し、世代 3~5 のときにナノ粒子よりも活性が高くなった。これより DPPH ラジカル消去能は、金ナノ粒子だけではなく dendron 骨格も寄与していることが明らかになった。

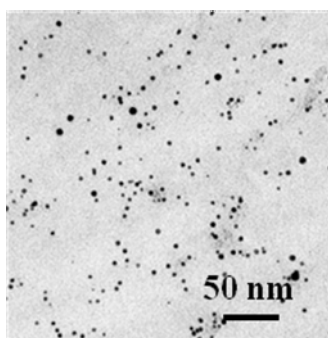


Fig. 4 TEM image of gold nanoparticles stabilized by $2C_{12}$ -2denG3.

今後、金または白金ナノ粒子を用いて、活性酸素消去活性の評価を電子スピン共鳴 (ESR) により検討し、抗酸化能について明らかにしていく予定である。

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 7 件)

① T. Yoshimura, M. Saito, K. Esumi, Solution Properties of Tadpole-type Cationic Amphiphilic Dendrimers Consisting of an Alkyl Chain, a Quaternary Ammonium, and a Poly(amidoamine) Dendron, *J. Oleo Sci.*, 査読有, 62, 2013, 213-221.

DOI: 10.5650/jos.62.213

② T. Kusano, H. Iwase, T. Yoshimura, M. Shibayama, Structural and Rheological Studies on Growth of Salt-Free Wormlike Micelles Formed by Star-type Trimeric Surfactants, *Langmuir*, 査読有, 28, 2012, 16798-16806.

DOI: 10.1021/la304275h

③ T. Yoshimura, S. Abe, K. Esumi, Unique Solution Properties of Quaternized Oligomeric Surfactants Derived from Ethylenediamine and G0 Poly(amidoamine) Dendrimers, *J. Oleo Sci.*, 査読有, 61, 2012, 699-706.

DOI: 10.5650/jos.61.699

④ K. Matsuoka, N. Chiba, T. Yoshimura, Aggregation Properties of Supra-Long Chain Surfactants with Double or Triple Quaternary Ammonium Head groups, *J. Colloid Interface Sci.*, 査読有, 379, 2012, 72-77.

DOI: 10.1016/j.jcis.2012.04.043

⑤ T. Yoshimura, T. Kusano, H. Iwase, M. Shibayama, T. Ogawa, H. Kurata, Star-Shaped Trimeric Quaternary Ammonium Bromide Surfactants: Adsorption and Aggregation Properties, *Langmuir*, 査読有, 28, 2012, 9322-9331.

DOI: 10.1021/la301220y

⑥ T. Yoshimura, N. Chiba, K. Matsuoka, Supra-Long Chain Surfactants with Double or Triple Quaternary Ammonium Headgroups, *J. Colloid Interface Sci.*, 査読有, 374, 2012, 157-163.

DOI: 10.1016/j.jcis.2012.01.033

⑦ K. Nyuta, T. Yoshimura, K. Tsuchiya, H. Sakai, M. Abe, H. Iwase, Zwitterionic Heterogemini Surfactants Containing Ammonium and Carboxylate Head groups 2: Aggregation Behavior Studied by SANS, DLS, and cryo-TEM, *J. Colloid Interface Sci.*, 査読有, 370, 2012, 80-85.

DOI: 10.1016/j.jcis.2011.12.027

[学会発表] (計 15 件)

① 吉村倫一、小角散乱を用いた分子集合体のナノ構造解析、第 44 回洗浄に関するシンポジウム、2012 年 11 月 21 日、奈良女子大学(奈良)

② T. Kusano, H. Iwase, T. Yoshimura, M. Shibayama, Structural Analysis of Wormlike Micelles Formed by Trimeric Surfactants, World Congress on Oleo Science & 29th ISF Congress -JOCS/AOCS/KOCS/ISF Joint Meeting-, 2012 年 10 月 4 日、アルカス SASEBO (長崎)

③ T. Yoshimura, M. Hayami, K. Matsuoka, H. Iwase, Adsorption and Aggregation Properties of Partially-Fluorinated Gemini Quaternary

Ammonium Chloride Surfactants, World Congress on Oleo Science & 29th ISF Congress -JOCS/AOCS/KOCS/ISF Joint Meeting-, 2012年10月3日, アルカス SASEBO (長崎)

④A. Morishima, H. Iwase, T. Ogawa, H. Kurata, T. Yoshimura, Synthesis and Solution Properties of Fluorocarbon-Hydrocarbon Hybrid Type Anionic Gemini Surfactant, World Congress on Oleo Science & 29th ISF Congress -JOCS/AOCS/KOCS/ISF Joint Meeting-, 2012年10月3日, アルカス SASEBO (長崎)

⑤H. Iwase, T. Yoshimura, A. Ebihara, M. Shibayama, Small-Angle Neutron and X-Ray Scattering Study on Aggregation Properties of Amphiphilic Dendrimer solutions, World Congress on Oleo Science & 29th ISF Congress -JOCS/AOCS/KOCS/ISF Joint Meeting-, 2012年10月3日, アルカス SASEBO (長崎)

⑥吉村倫一、界面活性剤の基礎科学－構造と物性－、第42回被服整理学夏季セミナー、2012年8月31日、奈良ロイヤルホテル(奈良)

⑦吉村倫一、高性能・高機能性を旨とした両親媒性 dendrimer の創製、色材協会関係コロイド化学セミナー、2012年6月18日、東京塗料会館(東京)

⑧T. Kusano, H. Iwase, T. Yoshimura, M. Shibayama, Mechanism of Wormlike Micelles Formed by Trimeric Surfactants Solutions, International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference IACIS 2012, 2012年5月17日, 仙台国際センター(宮城)

⑨A. Morishima, H. Iwase, T. Ogawa, H. Kurata, T. Yoshimura, Adsorption and Aggregation Properties of Fluorocarbon-Hydrocarbon Hybrid type Anionic Gemini Surfactants, International Association of Colloid and Interface Scientists, Conference IACIS 2012, 2012年5月16日, 仙台国際センター(宮城)

⑩中谷友香、岩瀬裕希、西井一郎、吉村倫一、両親媒性多糖オリゴマーからなるミセルと金属ナノ粒子の X 線小角散乱を用いた構造解析、日本油化学会フレッシュマンサミット OSAKA、2011年11月5日、近畿大学(大阪)

⑪河埜ナラ・カリン、岩瀬裕希、西井一郎、吉村倫一、X線小角散乱によるジェミニ型両親媒性 dendrimer の会合体構造と金ナノ粒子の合成、日本油化学会フレッシュマンサミット OSAKA、2011年11月5日、近畿大学

(大阪)

⑫海老原彩、岩瀬裕希、吉村倫一、Tadpole型両親媒性 dendrimer で保護した金・白金ナノ粒子の合成と活性酸素消去能、第63回コロイドおよび界面化学討論会、2011年9月9日、京都大学(京都)

⑬岩瀬裕希、吉村倫一、海老原彩、大場洋次郎、大沼正人、柴山充弘、中性子・X線小角散乱法による両親媒性 dendrimer 会合体の構造解析、第63回コロイドおよび界面化学討論会、2011年9月8日、京都大学(京都)

⑭河埜ナラ・カリン、岩瀬裕希、吉村倫一、ジェミニ型両親媒性 dendrimer の水溶液中での物性と会合体特性、第63回コロイドおよび界面化学討論会、2011年9月8日、京都大学(京都)

⑮中谷友香、岩瀬裕希、柴山充弘、大場洋次郎、大沼正人、吉村倫一、X線小角散乱による両親媒性多糖オリゴマーのミセル構造解析、第63回コロイドおよび界面化学討論会、2011年9月8日、京都大学(京都)

〔図書〕(計1件)

① 日本油化学会編、丸善、油脂・脂質・界面活性剤データブック、2012、pp.271-278, 296-303, 327-330, 351-352 (執筆分担)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉村 倫一 (YOSHIMURA TOMOKAZU)
奈良女子大学・研究院自然科学系・准教授
研究者番号：10339111