

第2巻のまえがき

山下裕司

『化粧品科学へのいざない』シリーズ第1巻では、化粧品の基盤となる考え方を多方面の専門家から幅広く解説頂きましたが、本巻では化粧品のモノづくりに絞り、関連する基本知識と技術を整理してみました。少し難解な内容もありますが、化粧品を創作するためのキーワードが多数盛り込まれていますので、本巻を通して研究開発の方向性を見出して頂ければと存じます。また、本巻から化粧品の科学技術に関わるコラムを挿入していますので、本編と併せてご覧ください。

第1章は「濡れと表面のキャラクタリゼーション」の題で、辻井薫氏に「濡れ」を支配する科学的因子と幾何学的構造因子、そして濡れという現象が化粧品の科学技術とどのように関係しているのか解説して頂きました。また、化粧品製品や感触に関わる濡れ技術の将来展望にも触れて頂きました。

第2章は「界面活性剤の分子構造と溶解挙動」の題で、三宅深雪氏、山下裕司、坂本一民氏の共著により、化粧品製剤に使用される様々な界面活性剤の特徴について、分子構造と相図、溶液物性の関係をまとめて頂きました。

第3章は「界面活性剤」の題で、中間康成氏に界面活性剤の基本的な性質と製剤開発の観点から界面活性剤溶液物性の捉え方について解説して頂き、今後化粧品に求められる界面活性剤の将来展望にも触れて頂きました。

第4章は「ラメラゲルの原理と応用」の題で、岩田俊之氏にフェイシャルクリームやヘアコンディショナーなどの製品に古くから利用されてきたラメラゲルを体系的にまとめて頂き、その物理化学的特徴、化粧品製剤としての利点、形成機構を解説して頂きました。

第5章は「乳化」の題で、山下裕司、宮原令二氏、坂本一民氏の共著により、多くの化粧品で用いられる乳化技術の基本的な考え方をまとめて頂き、実用化されている乳化法の他に最近の研究動向を概説して頂きました。

第6章は「分子集合体を用いたエマルションおよびゲル」の題で、鈴木敏幸氏に界面活性剤系で形成される分子集合体（液晶やαゲル）を活用したエマルション化粧品調製方法を解説して頂き、実用面から分子集合体を利用するメリットを紹介して頂きました。

第7章は「リポソームの化粧品への応用」の題で、姫野達也氏、紺野義一氏、内藤昇氏の共著により、化粧品製剤技術で注目されているリポソームについて、安定化のための必須構成成分やリポソームの物理化学的性質を解説して頂きました。また、有効成分のキャリア（ドラッグデリバリーシステム）としてのリポソームの特徴と皮膚への有用性をまとめて頂きました。

第8章は「化粧品の製造と製造装置」の題で、高木和行氏に化粧品を安定して製造するための製造技術と製造装置を概説して頂きました。バルク製造装置に加え、成型、充填、包装の工程で使用される装置にも触れて頂きました。

第2巻 化粧品を支える科学技術 目次

第2巻のまえがき 山下裕司

第1章 濡れと表面のキャラクタリゼーション

辻井薫

1	はじめに	12
2	平らな表面の濡れ	14
3	粗い(凹凸)表面の濡れ	24
4	フラクタル構造による超撥水/撥油表面	31
5	化粧品科学/技術における濡れ	37
6	化粧品における濡れの技術の将来展望	49
コラム	01 毛髪における濡れのピン止め効果の実感	56
コラム	02 平衡接触角とは?	58

第2章 界面活性剤の分子構造と溶解挙動

三宅深雪、山下裕司、坂本一民

1	はじめに	62
---	------	----

第3章

界面活性剤

中間康成

2	界面活性剤系の相平衡図	62
3	自己組織体の構造	76
4	アニオン界面活性剤	81
5	カチオン界面活性剤	88
6	ノニオン界面活性剤	94
7	糖系界面活性剤	102
8	おわりに	106

1	はじめに	110
2	界面活性剤の特徴と種類	111
3	界面活性剤のミセル形成	115
4	界面活性剤の溶解性	121
5	界面活性剤の吸着	127
6	界面活性剤混合系	132
7	まとめ	140
	界面活性剤の吸着によって表面（界面）張力はなぜ下がるのか？	145

コラム：03

第4章 ラメラゲルの原理と応用 岩田俊之

序論.....150

1 ラメラゲルネットワークに特異な利点.....153

2 α ゲル.....156

3 セテアリアルアルコール.....158

4 多相ネットワーク構造.....162

5 ラメラゲル相.....163

6 バルク水相.....184

7 油相.....188

8 高級アルコール水和結晶.....189

9 ラメラゲルネットワークの安定性.....191

10 様々なラメラゲルネットワークの処方スペース.....196

まとめ.....199

第5章 乳化 山下裕司、宮原令二、坂本一民

はじめに.....206

1 エマルションの定義と分類.....207

2	乳化に関わる界面活性剤の性質	208
3	界面活性剤の選択とエマルションの型	212
4	油のHLB(所要HLB)と乳化	215
5	エマルションの不安定化要因とその対処法	219
6	乳化法	229
7	物理的手法によるエマルションの微細化	245
	おわりに	247
	疎水性相互作用	252

第6章

分子集合体を用いたエマルションおよびゲル

鈴木敏幸

1	はじめに	258
2	リオトロピック液晶と α ゲルの形成とその特性	259
3	分子集合体とエマルション	269
4	液晶乳化	275
5	機能性化粧品への分子集合体の応用	285
	物質の5態と液晶	301

第7章 リポソームの化粧品への応用

姫野達也、紺野義一、内藤昇

1	はじめに	304
2	リン脂質の特性	305
3	リポソーム	307
4	リポソームの形成条件について	309
5	リポソーム形態について	312
6	リポソームの安定性について	314
7	リポソーム製剤の有用性	323
8	リポソーム製剤の経皮吸収性	327
9	おわりに	329
コラム	界面活性剤ベシクルが発見された頃	332

第8章 化粧品の製造と製造装置

高木和行

1	化粧品の製造	336
2	化粧品の製造装置	338
3	バルクの製造装置	339
4	成型・充填・包装に用いられる装置	345

第2巻のあとがき
辻井薫

第1章

濡れと表面の キャラクターゼーション



辻井 薫

1 はじめに

濡れは、日常生活や産業プロセスの至る所に関係する、極めて一般的な現象である。日常生活の一例を挙げてみよう。朝起きて顔を洗えば、その後タオルで拭くであろう。タオルが顔の水を拭ってくれるのは、タオルが水に濡れるからである。もしタオルが柔軟剤で処理されていると、柔らかいけれども、水を吸い難くなっていることに気付くであろう。皆さんは、その様な経験を何度もされていることと思う。奥様は、テフロン・コーティングされたフライパンで、朝食の目玉焼きを作っている。テフロン・コーティングされたフライパンは、汚れが付き難く、また洗い落し易い。この効果も、濡れに密接に関係した現象である。あなたが仕事に出掛けた後、彼女は洗濯を始める。濡れは、洗濯の初期過程を支配するキーの現象である。

産業界の各種プロセスにおいても、濡れは重要な役割を果たしている。接着においては、よく濡れることは最も重要なポイントである。塗料の製造において、有機顔料を媒体に分散する場合には、濡れはその過程の重要な第一段階である。もし濡れが良くなければ、顔料の粉はママコ（ダマ）になって分散しないであろう。塗料、粘着テープ、グラビア紙等の塗装

においては、塗布液と基板の間の濡れが良くないと、均一で滑らかな表面を得ることが出来ない。

日常生活におけるスキンケア、メイクアップ、身体洗浄等の化粧品の使用、更に化粧品の製造プロセスも、勿論、例外ではない。例えば、風呂上がりの濡れた体にW/O型のスキンクリームを塗ると、うまく均一に拡がらずに斑付きすることがある。これは、湿った皮膚表面とクリームの濡れが良くないからである。この様に、化粧品科学と技術においても、濡れは重要で有用な現象である。本章では、濡れの原理と化粧品への応用について解説する。

ある固体表面が、液体で濡れるか濡れない（はじく）かの基本は、平らな表面上での濡れの挙動にある。平らな表面上での液体の接触角（後述）が、 90° より小さい時に「濡れる」と言い、大きい時に「はじく」と言う。この濡れるかはじくかの性質は、表面に微細な凹凸が存在すると強調される。つまり、濡れる表面はより濡れる様になり、はじく表面はよりはじく様になる。何故そうなるかの説明は3節で述べるが、凹凸の程度が大きい程、濡れが強調される程度も大きい。そして、凹凸の程度が極限的に大きい構造が、フラクタル表面なのである。化粧品が使用される対象である人体表面には、多かれ少なかれ凹凸が存在する。特に毛髪表面はキューティクルで覆われており、凹凸の程度は大変大きい。従って、化粧品の科学と技術に関わる濡れを理解するためには、凹凸表面の濡れの原理は必須である。人体表面の

どこかにフラクタル構造が存在するかどうかは、現在まだ解っていないが、将来見出される可能性は充分にある。フラクタル構造は、自然界に普遍的に存在する構造なのだから。人体表面に存在するかどうかは兎に角、極端な凹凸構造の濡れの理解に、フラクタル表面の濡れは格好の材料なのである。

濡れの原理は既にご承知の読者の方や、化粧品科学と技術にどの様に濡れが関係しているのかを先ず知りたい方は、5節以降を先にお読み頂くとよい。5節以降の説明がよく理解できない場合には、それに関係する節の解説を読まれることをお勧めする。

2 平らな表面の濡れ

固体表面上での液体の濡れは、二つの因子によって支配されている。一つは化学的因子であり、もう一つは固体表面の幾何学的構造（粗さ・微細な凹凸）因子である。化学的因子は、平らな表面上の濡れを決め、固体と液体の物質そのものに依存する。この因子は、固体と液体中の、および固／液界面における分子間相互作用を反映している。他方、表面の構造因子は、表面の粗さあるいは形状を表すものである。従って、濡れの研究は、ミクロな分子に関する情報と、マクロな表面のキャラクタリゼーションの両方の理解に役立つのである。

ヤングの式

$$\gamma_S = \gamma_{SL} + \gamma_L \cos\theta \quad \text{または} \quad \cos\theta = \frac{\gamma_S - \gamma_{SL}}{\gamma_L} \quad (1)$$

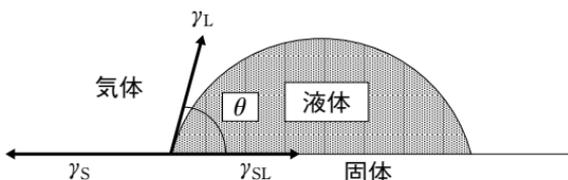


図1 平らな固体表面上での液体の濡れ

接触角 (θ) は、固体と液体の表面張力 (γ_S 、 γ_L) および固/液の界面張力 (γ_{SL}) の横方向の釣り合いで決まる

2-1-1 平らな表面の濡れを決めるヤングの式

図1に、液滴が平らな固体表面上にのっている様子を示す。濡れの定量的表現である接触角 (θ) は、固体と液体と気体が接する3相線上における、液体表面に対する接線と固体表面がなす角で、液体を含む方の角度で定義する。接触角が90°より小さい時に「濡れる」と言い、大きい時に「はじく」と言う。この接触角は、固体と液体の表面張力および固/液の界面張力の、横方向の釣り合いによって決まる。よく知られている様に、この釣り合いを表す式として、ヤング (Young) の式が成り立つ¹⁾。

ここで γ_S 、 γ_L 、 γ_{SL} は各々、固体の表面張力、液体の表面張力および固/液の界面張力である。固体の表面張力が大きく、固/液の界面張力が小さいと、

「リム：01 毛髪における濡れのピン止め効果の実感」

本書の第1章、5-2-1において、毛髪の水に対する濡れには、ピン止め効果が重要な働きをしていることを述べた。それを、文献の実験データをもとに解説したのであるが、実はその前に、私は簡単な実験を通じてその効果を実感していた。今は定年後の生活で、実験室や実験器具があるわけではないので、家にある道具を使って実験を行った。読者の皆さんにも、毛髪の濡れのピン止め効果を簡単に実感してもらうために、その方法と結果を述べておこうと思う。

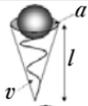
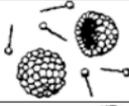
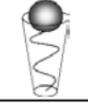
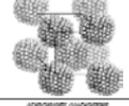
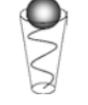
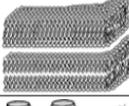
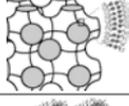
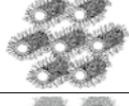
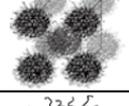
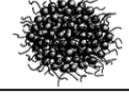
まず、お皿でも湯呑でもいいが、そこに水道水を入れる。その水面上に、髪の毛を一本そっと置く。すると、髪の毛は水面上に浮かび、恐らく2〜3日放つておいても沈むことはない。この結果から、「毛髪とはずいぶん疎水性なのだな」と思うことであろう。ところが、この髪の毛を指先で水中に押し込むと、今度は水中に沈んでしまう。一旦沈むと、2〜3日放つておいても、再び浮かんでくることはない。しかし、沈んでいる髪の毛を取り出し、水を切り、しばらく乾燥させてから再び水面に置くと、髪の毛は水面に浮かび、最初の状態に戻る。髪の毛を水中に押し込んだり、水中から取り出したりに指先を使うことに、生体物質による汚染を心配される向きには、ピンセットかお箸を使うことをお勧めする。さて、このような簡単な実験結果の解釈である。初めは、水面上に浮かんだ髪の毛が2〜3日も沈まないことから、毛髪は水をはじく（接触角が90°より大きい）疎水性表面を持つように思える。一方、一旦沈むと浮かんでこないという結果からは、毛髪の表面は親水性で、濡れる（接触角が90°より小さい）

表 11 代表的な糖系界面活性剤の分子構造

化合物名	構造
シヨ糖脂肪酸エステル	<p style="text-align: right;">R=H or Alkyl</p>
アルキルグルコシド	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>α 型</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>β 型</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">R=Alkyl</p>
アルキルグルコシド脂肪酸エステル	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>α 型</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>β 型</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">R=Alkyl</p>
アルキルポリグルコシド	<p style="text-align: right;">R=Alkyl</p>
アシル糖アルコール	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div> <p style="text-align: right;">R=Alkyl</p>
ソルビタン脂肪酸エステル	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> </div> <div style="text-align: center;"> </div> </div> <p style="text-align: right;">R=H or Acyl</p>
バイオサーファクタント	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>マンノシルエリスリトールリッド (MEL)</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>ソホロリッド</p> </div> </div> <p style="text-align: right;">R₁, R₂=Alkyl</p>

三宅深雪, 山下裕司 (2015), 糖系界面活性剤, PHARM TECH JAPAN, Vol.31 No.16, 63 (3035), じほうより転載

表1 分子形状と会合構造 (A: 模式図と名称)

	溶存状態	臨界充填パラメーター	会合構造	構造
親水性 +	ミセル	 $v/al \leq 1/3$		球状
		 $1/3 < v/la \leq 1/2$		棒状
曲率 ↑ ↓	液晶	$v/al \leq 1/3$		キュービック
		 $1/3 < v/la \leq 1/2$		ヘキサゴナル
		$1/2 < v/al \leq 1$		キュービック
		 $v/al \approx 1$		ラメラ
		$1 \leq v/al$		キュービック
		 $1 \leq v/al$		逆ヘキサゴナル
親油性 -	逆ミセル	$1 \leq v/al$		キュービック
		 $1 \leq v/al$		球状

〈編者、著者紹介〉

坂本一民（さかもとかずたみ） 1946年生まれ。東北大学大学院工学研究修了。味の素、資生堂、成和化成、千葉科学大学薬学部教授を経て、現在東京理科大学客員教授。理学博士、日本化学会フェロー。

山下裕司（やましたゆうじ） 1977年生まれ。横浜国立大学工学研究科を修了後、パイロイト大学（ドイツ）で理学博士の学位を取得。チッソ石油化学株式会社に4年間勤務後、聖マリアンナ医科大学ポストドクターを経て、現在千葉科学大学薬学部講師。

辻井薫（つじいかおる） 1945年生まれ。大阪大学大学院理学研究科修士課程修了。大阪大学論文博士。花王(株)研究所、海洋研究開発機構を経て、元・北海道大学電子科学研究所教授。日本化学会フェロー、高分子学会フェロー。

三宅深雪（みやけみゆき） 1983年東海大学理学研究科化学専攻で修士修了後、ライオン株式会社に入社。以降界面科学を基盤に応用研究に従事。現在先進解析科学研究所に所属。2009年東京理科大学理工学研究科工業化学専攻にて学位を取得。

中間康成（なかまやすなり） 1956年、東京都生まれ。東京理科大学大学院卒、工学博士（東京工業大学）、(株)資生堂 基盤技術研究センター長を経て、現在 (株)パラエルモサ。

岩田俊之（いわたとしゆき） 1967年生まれ。大阪府立大学農学部卒。住友ダウ及びダウ・ケミカル

にて熱可塑性樹脂開発に携わった後、1998年よりP&Gにて様々な製品開発に携わる。現在にはヘアケアR&Dにてコンディショナー等の製品開発リーダー。

宮原令二（みやはられいじ） 1959年生まれ。1985年東京大学大学院農学系専門課程（修士）修了。1985年（株）資生堂研究所（現、資生堂グローバル）入社。2007年東京理科大学理工学部より博士（工学）の学位取得。現在、資生堂グローバルイノベーションセンター 主幹研究員。

鈴木敏幸（すずきとしゆき） 1951年生まれ。日本大学大学院理工学研究科修了。花王株式会社に33年間勤務、エスエス製薬を経て現在、ニッコールグループ（株）コスモステクニカルセンターに勤務。工学博士、東京理科大学客員教授。

姫野達也（ひめのたつや） 1972年生まれ。1998年同志社大学大学院工学研究科工業化学専攻博士前期課程修了、同年、株式会社コーセー入社。スキンケア製品研究室に配属後、メイク製品研究室、開発研究室への異動を経て、2008年よりスキンケア製品研究室にて従事。

紺野義一（こんのよしかず） 1969年生まれ。1991年千葉大学園芸学部農芸化学科卒、同年、株式会社コーセー入社。現在開発研究室素材製剤開発グループ主任研究員。

内藤昇（ないとうのぼる） 1954年生まれ。1977年東京農工大学工学部卒、同年、株式会社コーセー入社。2005年学位取得（工学、横浜国立大学）。現在常務取締役 研究・商品開発担当。

高木和行（たかぎかずゆき） 1956年、大阪府生まれ。信州大学卒、元みづほ工業株式会社常務取締役。

『化粧品科学へのいざない』シリーズ第2巻

けしょうひん ささ か がく ぎじゅつ

化粧品を支える科学技術

2018年3月16日 第1刷発行

編者 坂本一民、山下裕司
著者 辻井薫、三宅深雪、山下裕司、坂本一民、
中間康成、岩田俊之、宮原令二、鈴木敏幸、
姫野達也、紺野義一、内藤昇、高木和行
発行者 小山紀夫
発行 株式会社薬事日報社 <https://www.yakuji.co.jp/>
東京都千代田区神田和泉町1番地 電話 03-3862-2141
印刷 三報社印刷株式会社
カバー ファントムグラフィックス株式会社

©2018 ISBN978-4-8408-1425-6

落丁本、乱丁本はお取り替えます。

本書の無断複写は、著作権法の例外を除き禁じられています。