コロイド　Colloid

ある媒質に、微粒子や分子が分散している状態を、コロイド状態という。粒子が小さいので、重力の影響をほとんどうけず、粒子はいつまでも均一に分散している。

コロイド状態

固体、液体、気体のどれもが、媒質および分散粒子としてコロイド状態を生ずることが可能であるが、媒質と分散粒子がともに気体であるコロイド状態は知られていない。媒質が気体のエーロゾルというコロイド状態には、分散粒子が固体のタバコの煙や、分散粒子が液体の霧がある。

乳濁液(エマルション)は、液体中にほかの液体が分散しているコロイド状態で、水中に小さな油滴が分散している例が、マヨネーズである。サスペンション、つまり懸濁液とよばれるゾルは、液体中に固体が分散しているコロイド状態で、油性の媒質中に固体の色素粒子が分散しているペンキがその例である。ゲルはゾルのひとつの状態で、分散粒子が緩やかではあるが、安定な3次元空間構造をもってならび、流動性はないが弾力性をもっている。ゼリーがその例である。

コロイド状態で分散粒子が均一に分散しつづけるのは、媒質分子がたえず分散粒子に不規則に衝突しているため、つまりブラウン運動によっている。逆にいえば分散粒子はそのくらいに小さいといえる。しかし、高速遠心分離機(→ 遠心分離機)などによって、ひじょうに大きな重力をかけると、コロイド状態がこわれて分散粒子を沈殿させることができる。

コロイドの調製

工業的に液体を媒質としたコロイドを調製するには、分散粒子が固体の場合には、粉砕機で徹底的に小さくしたり、液体の場合には、両液体を乳化機ではげしくまぜあわせる。コロイド状態をたもつために乳化剤として湿潤剤をくわえることもある。液状のコロイド粒子に直流電圧をかけると、プラスに荷電した粒子は陰極へ、マイナスに荷電した粒子は陽極へ移動する。この現象を電気泳動という。1937年にスウェーデンの生化学者ティセリウスが開発した電気泳動装置は、タンパク質や血清の研究、血清の異常をひきおこす病気の診断、その原因追求に使用されている。

透過性

コロイド粒子は、ふつうのろ紙を通過してしまうが、透析膜のような半透膜のきわめて小さな穴は通過できない。これはコロイド粒子の大きさのためである。ろ紙を通過してしまうコロイド粒子は、ろ紙をもちいたろ過では精製できない。そのため、コロイド粒子の精製には透析法がもちいられる。つまり、コロイド液を半透膜の袋にいれ、これを純粋な水の中におく。コロイド液中にとけている小さな不純物も、半透膜をどんどん通過するわけではないが、時間をかければ徐々に半透膜の穴を通過して拡散してゆく。しかし、コロイド粒子はその中にとじこめられたままのこり、精製できる。透析をじゅうぶんにおこなうとコロイド状態がやぶれてコロイド粒子が沈殿してくることがしばしばおこる。これはコロイド状態として安定しているためには、電解質の存在によってコロイド粒子の電荷が特定の状況にある必要があること、つまり、個々のコロイド粒子自体の電荷がその安定性に一役かっている場合があることをしめしている。

観察

個々のコロイド粒子は小さすぎて、ふつうの顕微鏡ではみることができないが、暗視野顕微鏡の一種である限外顕微鏡をつかえば観察できる。コロイド液をこの顕微鏡下において片側から光束をあてると、コロイド粒子からの光散乱によって光が通過する部分にある粒子がひかってみえる。これは、くらい部屋の隙間(すきま)から光線がはいってきたとき、光のとおる部分がかがやき、ほこりなどがみえる現象と同じで、顕微鏡をつかって高い倍率で反射してくる光をみていることになる。このようなコロイド粒子の観察によって、粒子がブラウン運動によって不規則にうごいており、うごく速さも粒子の大きさに依存していることがしめされている。電子顕微鏡をもちいれば、コロイド粒子を直接観察することができる。

ブラウン運動 **Brownian Motion**

液体や気体に分散している微粒子がたえずつづけている気まぐれな運動。この現象は、1827年にイギリスの植物学者ブラウンによって、花粉の研究中に発見された。しかし、ブラウン運動は有機物の微粒子ばかりでなく、無機物の微粒子にもみられた。これは、流体の分子が固有の運動をしているために、分散している微粒子に無秩序なかたちで衝突するためである。衝突の衝撃をうけて、粒子も無秩序に運動する。1905年にアインシュタインがこの現象に数学的な説明をくわえ、気体運動論に統合した。アボガドロ定数の値のもっとも初期の推定値は、フランスの科学者ジャン・バプチスト・ペランによって、ブラウン運動の定量的研究からえられた。

エマルション　Emulsion

乳濁液ともいい、水と油のようにたがいに溶解しない 2 種類以上の液体の混合物で、一方が他方の中に微粒子になって分散しているコロイドのこと。牛乳(→ 乳)、クリーム、バター、石油乳剤などはひとつの例である。エマルションという言葉は、もともと乳をしぼるという意味のラテン語 emulgere の過去分詞 emulsus に由来する。家庭用の塗料としてつかわれるエマルション塗料は、酢酸ビニルなどを乳化させた中に顔料を分散させた塗料。コンクリートやモルタル面などの塗装に適している。酢酸ビニル系、スチレンブタジエン系、アクリル系などの種類があり、アクリル樹脂系は、屋外塗装にも適する。

エマルションの生成

水と油のようにたがいにまざりあわない液体を接触させ、はげしくかきまぜても、やがて分離してしまう。安定したエマルションをつくるために、界面活性剤(乳化剤)がもちいられることが多い。界面活性剤は油と水の界面ではたらく界面張力(→ 表面張力)を低下させ、水と油のどちらともなじむ微細な液滴を生成し、長く同じ状態にたもつ働きをする。また、エマルションの生成のためには、通常、ミキサーで攪拌したり、超音波などで外部から機械的振動をくわえる。

エマルションの種類

エマルションには、水の中に油が微粒子状に分散する油—水エマルション(o/w 型エマルション)と、その逆の水—油エマルション(w/o 型エマルション)の 2 種類がある。o/w 型のエマルションは水で希釈でき、水溶性の染料で着色できて、電気伝導性が高いものが多い。w/o 型は油や有機溶剤で希釈でき、油溶性染料で着色可能で、電気伝導性は低いものがほとんどである。

乳化剤によってエマルションをつくったときは、乳化剤の性質によってエマルションの型が決定されることが多い。

懸濁液　けんだくえき　Suspension

泥水のように、液体中に土の微粒子が分散している状態で、サスペンションともいう。これは液体や気体の中に固体の微細粒子が連続して分散した状態で、おもに固体粒子の大きさが肉眼か光学顕微鏡(→ 顕微鏡)でみえるものをいう。顕微鏡でもみえないが、ふつうの分子サイズより大きいコロイド粒子(100nm(ナノメートル：10 億分の 1m)以下程度)からなるものは懸濁質とよばれるが、広義には同一のものとされる。これに対し、油が水中に分散したような液体と液体の系は、エマルション(乳濁液)といわれる。 懸濁液中の粒子は水となじまないものが多く、長時間放置したり電解質をくわえると容易に凝集して沈殿するが、短時間では比較的安定性をたもっている。一般に固体粒子が微細なほど凝集しにくい。凝集をふせぐには、たとえば墨汁は炭素の微粒子が水中に分散したものだが、これに安定剤である膠(にかわ)をくわえると粒子の分散が安定する。写真フィルムの乳剤は、臭化銀のコロイド粒子をゼラチンで安定化させたものである。

コロジオン　Collodion

微黄色のシロップ状の溶液で、ピロキシリンともよばれる硝化度の低いニトロセルロース(窒素含有率 10.5～12.2%)4g をエーテル 75 ミリリットルとエタノール 25 ミリリットルの混合液にとかし 100 ミリリットルにしたもの。水にとけず、引火性(引火点 -17.7°C)の有機物質である。

コロジオンの語源はギリシャ語の kolla(にかわ)に由来しており、同系の単語であるコロイド、コラーゲン(→ タンパク質)なども「にかわ」の意味から発している。皮膚にぬるとエーテルとアルコールが蒸発して可燃性のコロジオン膜という半透膜がのこる。皮膜は、局所を保護するほかに殺菌の効果もあり、水絆創膏(ばんそうこう)などの商品名で爪(つめ)や皮膚の保護につかわれる。そのほかには浸透圧測定用の膜、透析膜、あるいは写真感光膜、リトグラフィーにもつかわれる。コロジオン膜は溶剤が完全に蒸発してしまうと亀裂ができやすいが、少量のヒマシ油(3%)かさらにカンフル(2%)をくわえて、コロジオン膜に弾力性をもたせて、亀裂をふせぐ。 特殊引火物に指定されており、密封容器にいれて 30°C 以下で火気をさけて保存する。

牛乳　完全食品ともいわれるほど多くの栄養素(→ 栄養)をふくんでいる。牛乳 100g 中の成分はだいたい、水分 88g、タンパク質 2.9g、脂質 3.2g、炭水化物・糖質 4.5g、カルシウム 100mg、リン 90mg、ビタミン A110IU、ビタミン $B_2$0.15mg などをふくむ。タンパク質はカゼインが主成分で、カルシウムやリンとむすびついてコロイド状になっている。また、人間の血液と組織をつくる必須アミノ酸がすべてふくまれている。脂肪はタンパク質の膜でおおわれて乳化しているので消化されやすい。糖質のほとんどは乳糖で、ほのかな甘みを感じる。カルシウムは、カゼインと結合しているため吸収されやすい。牛乳のカルシウム吸収率は 40%程度で、小魚の 33%程度、野菜の 19%程度とくらべても高く、カルシウム不足を解消するにはありがたい食品である。

金　金は、海水中にも、ごくわずかにふくまれる。とけている金は 0.000004ppm といわれ、海洋全体では、550 万 t に達すると推定されるが、濃度が極端に小さいため、採取は困難である。海水からの金採取にかかる費用は、採取された金の価格を大きく上まわることになろう。

銀　鏡の製造では、銀を蒸着させたり、硝酸銀溶液を塗布するなどして、ガラスの表面に銀膜をつくる(→ 銀鏡反応)。最近では、アルミニウムが銀のかわりにひろく利用されている。また、電気部品の接点や電池につかわれる。銀コロイド、硝酸銀の希薄溶液は殺菌剤となる。銀とタンパク質の化合物アルジロルは、目、耳、鼻、のどの消毒薬である。

グレアム **Thomas Graham** 1805～69 イギリスの化学者。気体と液体の拡散の研究をおこない、コロイド化学の創設者として有名。スコットランドのグラスゴーに生まれ、エディンバラ大学およびグラスゴー大学にまなんだ。1837年からロンドン大学のユニバーシティ・カレッジの化学教授となり、55年からは王立造幣局の長官をつとめた。1831年に気体の拡散速度が気体密度の平方根に逆比例するというグレアムの法則を発表した。この法則は気体の分子量の測定と混合気体の分離に利用される。さらに溶液中の分子の拡散を研究し、拡散性の結晶性物質をクリスタロイド、非拡散性の非結晶性物質をコロイドと定義・命名し、溶液からコロイドを分離する透析法を考案した。

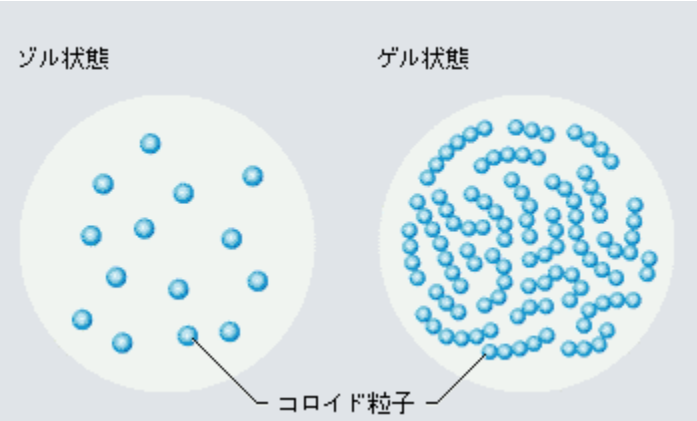
オストワルト **Wilhelm Ostwald** 1853～1932 ドイツの物理化学者。ラトビアのリガに生まれ、ドルパト大学にまなんだ。1881年にリガ工業大学の教授、1887～1906年、ドイツのライプツィヒ大学で物理化学教授と化学研究所長をつとめた。

近代物理化学の創設者のひとりで、有機酸の電気伝導と電離に関する重要な研究をふくめて、とくに電気化学の分野で大きな業績をのこした。いまでも溶液の粘度を測定するのにつかわれている粘度計を発明し、1900年には、アンモニアの酸化によって硝酸をえるオストワルト法を発見。第1次世界大戦中、ドイツが連合国の封鎖により硝酸塩の供給がとめられたとき、この方法をもちいて爆薬を製造した。オストワルト法は現在もつかわれている。1909年、ノーベル化学賞をうけた。 著書に「一般化学教科書」「一般化学綱要」「分析化学の科学的基礎」などがある。息子のウォルフガングも著名な科学者で、コロイド化学の創設者として知られている。

ジグモンディ **Richard Adolf Zsigmondy** 1865～1929 オーストリア生まれのドイツの化学者。1925年、コロイドの研究に対して、ノーベル化学賞が授与された。ウィーンに生まれ、1890年にミュンヘン大学で有機化学の博士号を取得。グラーツの工業大学で化学工学をおしえ、ついで、イエナのガラス工業会社で着色ガラスや乳濁ガラスの研究に従事した。のちにゲッティンゲン大学の無機化学教授に就任した。

ガラス工業会社につとめるうちに色ガラスに関心をもった。色ガラスは独特の色とコロイド粒子による不透明さをもつ。その粒子は肉眼ではみえないので、ジグモンディは暗い視野を照明で明るくした超微細顕微鏡を発明し、粒子を観察できるようにした。これは限外顕微鏡とよばれ、空中にまっているほこりが光を散乱させてかがやいてみえるのと同じ原理を利用している。 研究の多くは金のコロイド溶液に関するもので、溶液にさまざまの塩をくわえるとコロイドの色が変化すること、また、ゼラチンやアラビアゴムを保護剤としてくわえると色の変化を防止できることをしめした。限外顕微鏡による観察で、色の変化はコロイド粒子が凝集して大きさが変化することが原因であり、保護剤はこのような凝集をさまたげることによって、色の変化をふせぐことを明らかにした。

ゲルとゾル **Gel and Sol** ゾルもゲルも液体に分散しているコロイドの状態をしめし、ゾルは液体に近く、ゲルは固体に近いものをいう。



ゾルというのは、水などの溶媒の中で固体や液体の粒子が自由に運動できるように分散している状態をいう。ゲルというのは分散させていた水などがなくなって、粒子が凝縮し運動できなくなった状態である。ニューガラスの製造などでは、ケイ素やほかの金属の有機化合物を溶媒に分散させてゾルからゲルをつくる。

ゾル Sol　コロイド溶液ともいい、本来は液体(分散媒という)の中でコロイド粒子(分散質ともいい、直径が 1 万分の 1mm 程度の微粒子)が自由に運動できる状態をゾルという。分散媒が水の場合には、とくにヒドロゾルといい、有機溶媒の場合にはオルガノゾルという。この概念が拡張されて、気体の中に液体や固体の微粒子が分散して浮遊している状態をエーロゾルという。ゾルというのはドイツ語の発音で、英語ではソルと発音する。ゾルを生成させる方法には、分散法と凝縮法の 2 つの方法がある。分散法は、大きな粒子を電気的、化学的、機械的などの方法によって微粒子にして液体に分散させる方法で、凝縮法は、イオンや分子の状態になっている分散質を適当な大きさの粒子になるように凝縮させる。

ゲル Gel　ゾルでコロイド溶液中に分散している粒子が、運動性をうしなって固化した状態をゲルという。ゾルで分散しているコロイド粒子にはたがいにひきつけあう力が作用しているが、コロイド粒子の濃度が高い状態で、適当な刺激がくわえられると、コロイド粒子が強くひきつけあって 3 次元の網目や蜂の巣のような構造になる。そうすると外見はゼリー状や固体になる。ゾルがゲルに変化することをゲル化という。ペクチンを使用してつくられるゼリーは、典型的なゲルである。テングサを原料につくられる寒天もゲルのひとつで、医薬品、食品の原料などに広くつかわれるほか、細菌を培養する寒天培地にもつかわれる。

シリカゲル

煎餅などの包装に乾燥剤としてはいっているシリカゲル $SiO_2 \cdot nH_2O$ は、水ガラス(ケイ酸)を中和してゲル化し水分子を除去したものである。ゲルとしての構造をとっているかぎり、水分子が少ないほど水蒸気をはじめ大量の気体を吸着する作用がある。食品用だけでなく、石炭ガスからベンゼンをとりだしたり、天然ガスから分子量の小さい炭化水素をとりだすのに利用する。

吸着剤としての働き:シリカゲルは水やその他の分子を吸着する力が強く、乾燥剤や脱色剤につかう。ゲルとしての構造をもっているかぎり、よく脱水されているものほど、吸着力が大きい。熱に強いので、水分を吸着して吸着力をうしなったものを再度加熱して利用できる。市販のシリカゲルが吸湿量によって青から赤に変色するのは、混入してある塩化コバルトによるものである。冷水にわずかだがとけ、熱水にはやや多くとける。コロイドをつくりやすい。アルカリにかなりよくとけ、塩酸、硫酸、硝酸にとけない。熱するか、無水エタノール、濃硫酸などの脱水剤にふれると脱水される。

原形質　Protoplasm

かつて、細胞の中の生命の基礎をになう「生きた物質」と考えられ、それをさしてつかわれた言葉。原形質は、コロイド性の複雑な構造をもった物質がふくまれ、細胞核や細胞質、色素体、ミトコンドリアをかたちづくっている。今では原形質という言葉は、細胞質という言葉にほとんどとってかわられているが、細胞質には細胞核はふくまれない。また有形成分は、オルガネラ(細胞小器官)とよばれ、それ以外の無構造部分を一括して細胞ゾルという。

天然ゴム

パラゴムノキなどの植物にふくまれるラテックスには、直径 0.05～2μm(マイクロメートル：100 万分の 1m)ほどのゴムの粒子がコロイドとして分散している。ラテックスの供給源として商業的にもっとも重要な植物は、トウダイグサ科のパラゴムノキで、高さ約 30m の高木である。もともとはブラジル原産の植物だったが、現在ではマレー半島やスリランカ、インドネシアのゴム園で、大規模に栽培されている。天然ゴムの全生産量のうち、約 90%はパラゴムノキのラテックスによるものである。

パラゴムノキ以外の植物では、アカテツ科のグッタペルカや、バラタからラテックスを採取することができる。これらの植物のラテックスは、ゴルフボールの外皮などの原料として、わずかに利用されている。そのほかメキシコ産のキク科低木、グアユールや、中央アジア、カザフスタン地方原産のゴムタンポポが、ラテックスをふくむ植物として知られている。第 2 次世界大戦中アジアからの原料がはいりにくくなったため、アメリカでは、天然ゴムの不足をおぎなうためにグアユールとゴムタンポポの栽培がおこなわれた。

電気泳動　Electrophoresis

液体中に分散された固体粒子や油粒子は帯電しているので，電界を与えられると移動する。この現象を電気泳動という。粒子はその帯電電荷に応じて陰極または陽極に移動し，また粒子の大きさや形状によって泳動速度(移動度)も異なるので，これを利用して精製･分離や分析を行うことができる。

電気泳動の具体例：気体や液体中で帯電した粒子が、電極をいれると発生した電界によって移動をする。たとえば、ゴムの微粒子が液体中で乳濁しているゴムのラテックスでは、ゴム粒子はイオンの吸着によって帯電しやすくなっている。このラテックスの中に 1 対の電極をいれると、ゴム粒子は自分のおびている電気とは逆の電極にむかって移動する。 このとき電極に人間の手などの形状をもたせておくと、移動してきたゴム粒子がこれをおおうように付着するので、手術用のゴム手袋などをつくることができる。自動車の塗装（電着：水溶性樹脂(アクリル樹脂など)に顔料を混じた塗料を 15%以下の濃度でコロイド粒子として水中に分散させ，被塗物と塗料槽の間に 40～270V の直流電圧を与えると，コロイド粒子は被塗物に向かって電気泳動し，ここに達すると電荷を失って，被塗物表面に連続して被膜を形成する。このような原理に基づく電着を泳動電着という。）にも同様の方法がもちいられている。また、集塵機(しゅうじんき)にも電気泳動が利用され、電極によってちりの粒子をあつめ、空気を浄化する。

限外顕微鏡(暗視野顕微鏡)

この装置では、照明先の直進先が対物レンズにはいらないようにし、側方からのみ光があたるようにしている。こうすることで、物体からの散乱光だけをとらえ、その結果、暗い背景の中に明るくうかびあがる微小な物体の観察が可能になり、ふつうの顕微鏡照明では見ることができない微小な物体も見えるようになる。

【コロイド】

均質な媒質中に直径 1～500nm(10^{-6}～5×10^{-4}mm)程度の微粒子あるいは巨大分子が分散している状態(コロイド状態)にある系をコロイドあるいはコロイド分散系という。コロイドとはギリシア語のにかわ(膠)を意味する kolla に由来する名称で，膠質(こうしつ)ともいう。この大きさの粒子(あるいは分子)は普通の光学顕微鏡では見えず，また普通のろ紙を通り，見たところ通常の均一溶液と同じであるが，1粒子当り 10^3～10^9 個の原子を含んでいて，10^3 個以下の原子から成る低分子が分散溶解している溶液とは異なる特徴的な性質を示すことが知られている。コロイドは，大きく粒子コロイド，分子コロイド，会合コロイドの三つに分類することができる。

【コロイドの概念と特徴】

コロイドの概念は 1861 年イギリスの化学者 T. グレアムにより初めて提唱された。彼は種々の物質の拡散の現象を研究し，ある種の物質(硫酸マグネシウム，砂糖など)は速い拡散速度をもつのに対し，別の物質(ゼラチン，アルブミンなど)の移動速度は非常に遅いことを知り，前者がたやすく結晶として取り出すことができるのに対し，後者はそうでないことから，一般に物質は 2 種に分類できると考え，前者にクリスタロイド crystalloid，後者にコロイドという名前を与えた。そして半透膜を用いる透析によりクリスタロイドは容易に透析されるのに対し，コロイドは半透膜を通らないことから，両者を容易に分離できることを示した。グレアムの提案は基本的に重要な意味をもつものであったが，この分類は必ずしも適切でないことがすぐに明らかになった。すなわち多くのコロイド，たとえばアルブミンなどのタンパク質は結晶化され，一方ほとんどすべてのクリスタロイドはまたコロイドとすることができることが，実験事実として示された。これによりグレアムのいうコロイドは物質固有の性質を示すものではなく，物質がある大きさの微粒子に分散したときの状態を示すものであることが明らかとなり，F. W. オストワルト(1909)は分散度の概念を導入して分散系を表 1 のように分類した。このようにしてコロイドの概念は，初めグレアムが提案した物質そのものの分類としてではなく，物質のある分散状態を示すものとして確立されることとなった。　コロイド系が共通してもつ最も重要な性質は，分散粒子が非常に大きな表面積をもつということである。1辺が 1cm の立方体は $6cm^2$ の表面積をもつが，これをコロイドの典型的な大きさである1辺が 10^{-6}cm の立方体に分割すると全表面積は $6\times10^6cm^2$ に増える。このような微細な粒子が分散しているコロイド系は分散粒子と媒質との広い界面をもち，この界面の物理化学的性質がコロイド系の性質を強く支配する。コロイド系における界面の重要性を初めて指摘したのはドイツのフロイントリヒ H. M. F. Freundlich(1907)であり，それ以来コロイドの化学は界面の化学とともに発達した。 コロイド粒子の構造は 1930 年ころまでにしだいに明らかにされた。コロイド粒子の存在が初めて実験的に確定したのは，R. シグモンディによる簡単な実験(1900)によってである。彼は金や銀のコロイドに日光を照射し，側方からその光束を顕微鏡で観察したところ，そこに多くの光り輝く粒子が不規則なブラウン運動をしているのを見いだした。これはコロイド系が不均一な分散系であることを直接に証明するものであり，この装置は限外顕微鏡として完成された。A. アインシュタインや M.von スモルコフスキーのブラウン運動の理論に基づいて，J. B. ペラン(1909)は粗大粒子のブラウン運動の解析から分子の実在性を示したが，同じころ T. スベドベリは限外顕微鏡を用いてコロイド粒子のブラウン運動を解析した。彼はその後 1924 年に超遠心法によるコロイド粒子の大きさの決定法を開発した。

【コロイドの種類】

金や銀のコロイドなど多くの無機物のコロイドは少量の電解質の添加により凝集し沈殿する。これを凝結という。凝結しやすいコロイドを疎水コロイド hydrophobic colloid，あるいは一般的に疎液コロイド lyophobic colloid という。疎水コロイドは多く微細な結晶質あるいは非晶質の粒子が分散した系で，このように微細ではあるが独立した一つの相をつくる粒子が分散したコロイド系を粒子コロイドという。粒子コロイドが安定に存在する要因は粒子表面の電荷である。セッケンの溶液がコロイドの一種であることはかなり以前から知られていたが，アメリカのマクベイン J. W. McBain(1913)はこれがセッケン分子の会合によると考え，その会合体をミセルと呼んだ。界面活性剤分子が水溶液中でコロイド次元の会合体を形成することは，その後多くの研究により明らかにされ，これらは会合コロイドと呼ばれる。デンプンやタンパク質など高分子物質は巨大分子からなるので，媒質中に分散して分子コロイドをつくる。これも初めミセル構造をもつ会合コロイドと考えられたが，X 線回折などの実験や化学結合理論の発展によって，実は巨大分子であることが，30 年ころまでに明らかにされた。巨大分子あるいは高分子の概念はコロイド粒子の構造解明の過程で生まれたともいえるのである。親水性高分子が水中に分散したコロイドは非常に安定で，少量の電解質の添加によって凝結することなく，親水コロイド hydrophile colloid，あるいは一般に親液コロイド lyophilic colloid と呼ばれる。

［粒子コロイド particular colloid］

分散コロイド dispersion colloid ともいう。粒子コロイドは媒質と粒子の少なくとも二つの相をもち，それぞれの相は気体，液体，固体の場合があるので，表 2 に示すような種々の型ができる。粒子コロイドをつくるには，大きい粒子を細分してコロイド粒子とする分散法(機械的･電気的･化学的分散，超音波分散)，あるいは凝縮法が用いられる。凝縮法としては，溶媒組成を変えたり温度を下げることにより溶解度を下げてコロイド粒子を析出させる方法，あるいは化学反応により生成した物質を成長させる方法がある。コロイドの研究に広く用いられてきた金コロイドは，テトラクロロ金(III)酸 $HAuCl_4$ 水溶液を沸騰させながらホルムアルデヒドで還元することによりつくられる。10～20nm の粒径をもち，ルビー色を示す。　水中に分散した固体粒子は一般に界面に電荷をもっている。系全体としては電気的中性が保たれるので，粒子界面の周辺には粒子電荷と反対符号のイオンがとりまき界面電気二重層をつくる。界面電気二重層のために，電気泳動，電気浸透，流動電位，沈降電位などの界面電気現象を示すが，これらの挙動を支配するのは粒子界面の真電荷ではなく，粒子と媒質の相対運動が生じるすべり面の電位であり，これをゼータ(ζ)電位または界面動電位という。電気二重層をもつ二つの粒子が接近すると，粒子間に働く普遍的な力であるファン･デル･ワールス力のほかに，電気二重層間の相互作用による静電的な反発力が働き，この 2 種の力のかね合いによって粒子間に働く力がきまる。分散媒の電解質濃度が十分低いときは静電的反発力が勝ち，粒子は凝集せず安定に存在する。電解質濃度が高くなると反発力は小さくなり，粒子は凝集してかたまりとなって沈降する。これが凝結である。凝結に対してはシュルツェ H.Schulze(1882)およびハーディ W. B. Hardy(1900)によるシュルツェ=ハーディの法則が知られており，それによると凝結は粒子電荷と反対の電荷をもつイオンの価数により強く支配され，2 価イオンの凝結力は 1 価イオンのそれより 20～80 倍大きく，3 価イオンの凝結力は 2 価イオンのそれより数十倍大きい。

これらの疎水コロイドの安定性に対する親水性高分子の添加効果はかなり複雑であり，少量の添加では凝結を促進(増感作用)するが，多量の添加では凝結を抑え安定化(保護作用)する。これは粒子界面への特異的吸着によると考えられ，少量の添加は荷電の部分的遮へいや粒子間の橋架けとして働くが，多量の添加では粒子表面をおおい粒子を親水性とするためである。増感作用を示すものは凝集剤として，保護作用を示すものは保護コロイド protective colloid として利用される。古くから保護コロイドとしてアラビアゴム，ゼラチンが有名であったが，最近ではカルボキシメチルセルロース，ポリビニルアルコールなども用いられる。　互いに混じり合わない 2 液体の一方を他方に分散させ，安定なエマルジョンをつくるためには乳化剤を加える必要がある。乳化剤分子は親水性部分と疎水性部分から成り，2 液の界面にあって層状に配列し薄膜をつくる。エマルジョンの安定性はこの薄膜の強さとそれがもつ電荷による。水と油のつくるエマルジョンには二つの型があり，水を連続相とする水中油滴(O/W)型と，油を連続相とする油中水滴(W/O)型である。牛乳は，脂肪滴がタンパク質の薄膜により安定化された O/W 型エマルジョンである。放置すると比重の差により脂肪滴が上部に集まりクリームをつくる。クリームも O/W 型の濃厚なエマルジョンである。

［分子コロイド molecular colloid］

グリコーゲンやアルブミンなどが水に分散して安定なコロイドをつくることは古くから知られており，とくにこれらは少量の電解質を加えても凝結せず，水に対する親和性の強いことから親水コロイドと呼ばれた。30 年ころ H. シュタウディンガーらにより巨大分子(高分子)の存在が明らかにされ，巨大分子が単独あるいは少数個集まって浮遊する分子コロイドの概念が確立された。その後多くの高分子物質が合成されるようになったが，伝統的に親水性高分子の水溶液がコロイドとして取り扱われることが多い。分子コロイドには，グリコーゲンやアルブミン，ヘモグロビンのような球形分子コロイドと，デンプン，コラーゲン，フィブリンなどの線形分子コロイドがある。分子の形状は力学的性質に強く反映され，前者が比較的高濃度までニュートン粘性を示すのに対し，後者は低濃度でも非ニュートン性の高粘性を示す。これらの親水性分子コロイドが安定なのは分子表面が強く水和しているためで，多量の電解質を加え水和水を奪うことによって沈殿させることができる。これを塩析という。塩析効果はイオンの水和力の順になり，次の系列が知られている。陽イオン:$Mg^{2+} > Ca^{2+} > Li^{+} > Na^{+} > K^{+} > NH4^{+}$ 陰イオン:クエン酸イオン $^{3-} > SO_4^{2-} > Cl^{-} > NO_3^{-} > Br^{-}$ これをホフマイスター系列といい，イオンの離液系列と一致する。分子コロイドとくに線形分子コロイドに特徴的なことはゼリー状になりやすいことである。これは線状分子が長い分子鎖のところどころで会合し系全体にわたる網目構造をつくるためで，その間隙を水分子がうずめる。ゼラチンや寒天がつくるゼリー状構造が典型的であり，非常に軟らかいが固体状態をとりゲルと呼ばれる。しかしこの三次元網目構造をつくる分子鎖の会合はそれほど強くないので，温度が高くなり分子鎖の運動が激しくなるとほどけて液体状態となる。これをゾルという。外力が加わっても分子鎖の結合がほどけてゾルとなり，放置すると再びゲルとなる。このようにゾル - ゲルの変換が可逆的に起こり，かつその変換にかなりの時間がかかると，チキソトロピーなどの複雑な力学的性質を示すようになる。線状高分子を化学的に架橋し網目状高分子とすると，水で膨潤しゲルとなるが，流動性をもつゾルにはならない。

［会合コロイド association colloid］

ミセルコロイド micelle colloid ともいう。親油性の炭化水素基と親水性のカルボキシル基，スルホン酸基，硫酸基，アンモニウム基などをあわせもつ分子は界面活性剤と呼ばれ，その水溶液は低い表面張力をもつ。

溶液中である濃度以上になると，数十個の分子が会合しミセルをつくる。

この濃度を臨界ミセル濃度 critical micelle concentration(略号 CMC)という。

ミセルはコロイド次元の大きさをもつので，臨界ミセル濃度以上で界面活性剤溶液はコロイド系となり，コロイドに特有の性質を示すようになる。

水中で比較的低濃度では疎水性部分を内側に向け親水性部分を外に向けて界面活性剤分子が球状に会合した構造をもつ球形ミセルをつくるが，高濃度になるとさまざまな配向状態をとるようになる。

ミセルコロイドは水に溶けない物質を溶解することができる。

これはミセルの内部に溶けこむためで，これを可溶化 solubilization という。

長鎖アルコールなど極性物質を可溶化させると，これらの分子はミセルの中に配向して入り，ミセルは全体として膨潤して大きくなり，非極性物質をさらに可溶化させるようになる。このような系をマイクロエマルジョンという。

非極性溶媒中では界面活性剤分子は極性基を内側に，疎水性基を外に向け会合する。これを逆ミセルという。逆ミセルは水を可溶化することができる。

可溶化能の大きい逆ミセルは膨潤して W/O 型のマイクロエマルジョンをつくる。界面活性剤のつくるミセルコロイドが会合コロイドの典型的なものであるが，レシチンなど脂質がつくるベシクル(小胞)も会合コロイドの一種であり，生体系では種々の両親媒性物質がつくる会合コロイドが存在し，重要な働きをしていると考えられている。