

自然界でのコロイドの概要とその特性について

金井 豊¹⁾

1. コロイドとは

「コロイド」というのは、光が溶液中の微細な粒子で散乱される「チンダル現象」でよく知られている。コロイドはこのような微細な粒子が分散している状態を指すが、コロイド粒子(分散質)と媒質(分散媒)の相によって、第1表のように様々な呼び方がある。液体を分散媒とするゾル、乳濁液(相互に溶解しない2液体が微粒子となって分散している液/液分散系)であるエマルジョン、また、ゾルの濃度が高く、コロイド粒子間の引力が大きく鎖状・網状構造をとり、ゼリー状に固化したゲルなどもコロイドの仲間である。しかし、地下水シナリオに関与する地層処分研究で考慮すべきコロイドとは、当然の事ながら水を分散媒とする固相のコロイド粒子を指している。

コロイドの語源は、19世紀の半ばにT.Grahamが水中の溶質の拡散速度の実験をしている時に、比較的速いものと遅いものがあることに気付き、無機塩類などの前者を「クリスタloid」、ゼラチン等の後者を「コロイド」と名付けたのが最初であるという(日本化学会編, 1995)。その後、実験的・現象論的研究が進

み、分散・界面化学の学問へと拡大して、理論的にもかなり研究が進み、1世紀半を経た現在、専門の国際誌が刊行されるまでに至っている(例えば、Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces)。コロイドについてはかなりわかったように思われるかも知れないが、それは化粧品や合成のコロイド、工業製品等に関してであり、自然界のコロイドについてはまだまだ未解明な点も多い。

2. コロイドの特質

一円玉のようなアルミニウム金属は燃えることはないが、これが細かな粒子となったアルミニウム金属粉体は燃焼・爆発する危険性があり、一円玉のように扱うことはできない。コロイドも粒子が細かいので、通常とは異なる様々な特質を持っている。これまでによく研究されてきているコロイドが持つ特性として、次の点を挙げるができる。

(1) まず、微細な大きさであることをあげることができる。おおよそ1nm-1 μ m程度を考えればよいであ

第1表 様々なコロイドの呼称。

粒子	分散媒	呼び名・区分	例
固体	気体	エアロゾル	煙・埃
固体	液体	ゾル	塗料・インキ
固体	固体	固体コロイド・固体ゾル	色ガラス
液体	気体	エアロゾル	霧・もや
液体	液体	エマルジョン(乳濁物)	牛乳・マヨネーズ
液体	固体	固体コロイド	
気体	液体	泡	ビールの泡・ホイップクリーム
気体	固体	固体コロイド・固体泡	発泡スチロール・軽石

1) 産総研 深部地質環境研究センター

キーワード: コロイド, 特質, 種類, 地下水コロイド

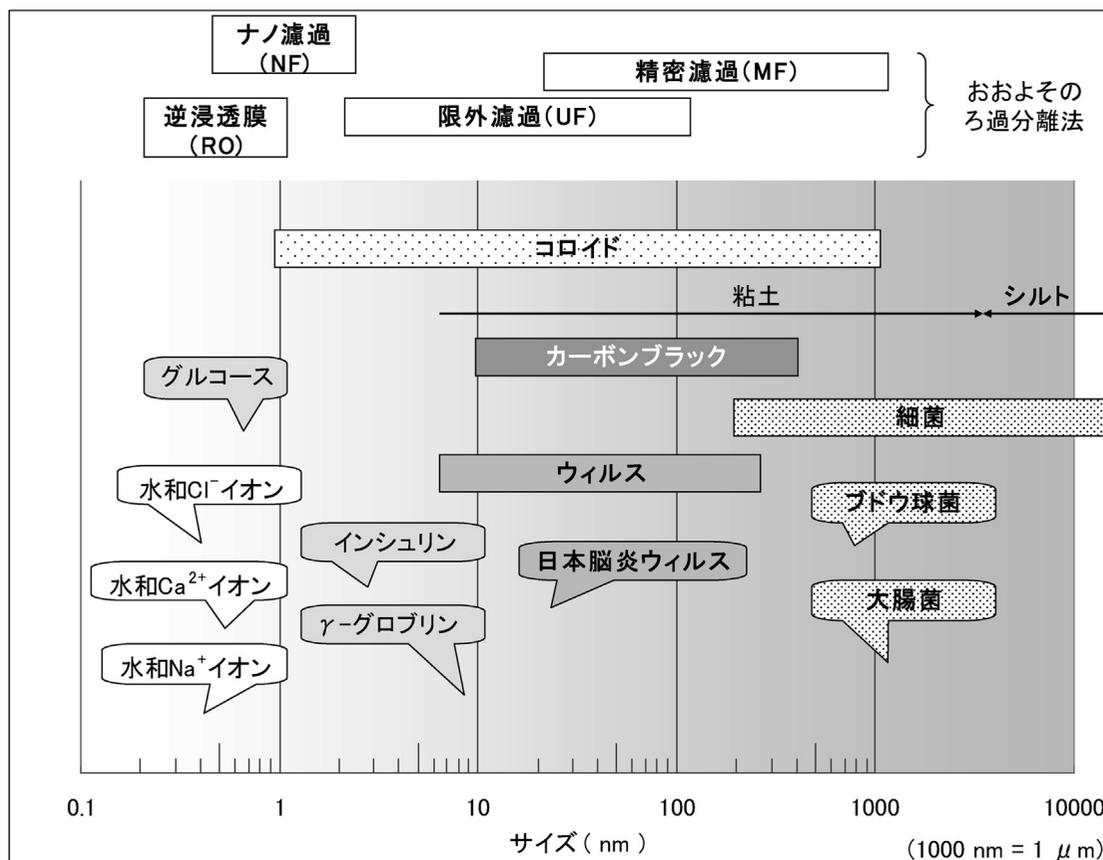
ろう。現在では、粒子1個に含まれる原子の数が 10^3 – 10^9 個をコロイド状粒子と定義し、 10^9 個以上を粗大粒子、 1 – 10^8 個を分子やイオンと分類しているという(日本化学会編, 2002)。その粒子は球状とは限らない。平面や中空のパイプ状であるかもしれない。微小であるため、単位重量当たりの表面積は膨大なものとなる。第1図には、いろいろな物質について大体の大きさを示した。横軸は対数表示である。細菌、ウイルス、タンパク質と次第に小さくなっていくのがわかる。コロイドはこれらを幅広くカバーする範囲の粒子である。

(2) 電荷を帯びている。静電的な力によって、様々なイオンを吸着することができる。例えば、層状珪酸塩の粘土鉱物では、2:1型単位層(雲母、パーミキュライト、スメクタイト)や1:1型単位層(カオリン鉱物・ハロイサイト)も、ともにエッジ部分に溶液のpH・組成に応じて正負に帯電するが、2:1型単位

層では平坦な表面内にも負電荷が散在(同形置換)している。酸化物(ギブサイト、ゲータイトなど)では表面水酸基(S-OH)が弱塩基性で、pH4.5–7では $S-OH_2^+$ として正電荷を、高pHでは $S-O^-$ として負電荷を帯びる。また、有機物・腐植物質ではカルボキシル基(-COOH)、フェノール性水酸基($\phi-OH$)、アミノ基(-NH₂)等が、それぞれ COO^- 、 $\phi-O^-$ 、 $-NH_3^+$ という形で電荷を帯びている。非結晶性物質(非晶質)であるアロフェン・イモゴライトなどでは変異荷電物質(SiO^- , $AlOH_2^+$)が帯電している。

また、表面電荷密度の高い粒子の表面近傍では電場勾配は非常に高くなるので、通常とは異なる反応が生じる可能性がある。電気的な性質を示す等電点、電荷零点(PZSE)、総電荷零点(PZNC)等のパラメータは粒子によって異なっている。

(3) 多様な表面特性を示す。境界面はエネルギー的に不均質なので、特異的な反応性や活性を示す。



第1図 物質のおおよその大きさとコロイド粒子の範囲。大きさに応じて適用される濾過分離法も示してある。

また、分散・凝集したり集合体を形成したりする。
 (4) 化学組成・構造には様々なものがあり、無機・有機の物質からなる。これについては、次に述べる。

3. コロイドの種類

物質化学的にコロイドを眺めた場合、自然界におけるコロイドは以下のように分類されるのが一般的である(長崎, 2003)。このうち、我々の関心の高い地下水コロイドについては、後の章で詳しく説明する。

1. 地下水コロイド

- 1a 無機コロイド…シリカコロイド, アルミニウムコロイド, 鉄コロイド(ギブサイト, ゲータイトなど), 粘土鉱物, 非晶質物質(アロフェン・イモゴライトなど)
- 1b 有機コロイド…有機物コロイド(フミン酸, フルボ酸など)
- 1c 微生物コロイド(無機と有機の混合コロイドも含む)

2. 真性コロイド…低溶解度な元素それ自体から構成されるコロイド(例, プルトニウムなど)

3. 擬似コロイド…イオンあるいはそのイオンからなる真性コロイドが, 地下水コロイドに吸着された複合体コロイド

環境水中のコロイド濃度としては, サイト特異的なものであり, 処分場が決まっていない現状では定量的評価はできないが, 河川水, 海水, 地下水などの天然水中にはコロイドが1mLあたり 10^6 個以上存在するとされる(Stumm and Morgan, 1996; MacCarthy and Zachara, 1989)。また, その種類も多様であることが推定され, 一様ではないだろう。仮にサイト特性

としてデータが取られたとしても, コロイドの影響が広範囲・長期にわたり, 且つ水質の異なる地下水の混合等が起こる環境下ではコロイドが生起する可能性があるため, コロイドが生成しやすい化学環境についての情報を整理・検討しておくことは有用と考えられる。

4. 終わりに

概要調査段階では, ボーリング掘削などを開始すると地質環境が変わるおそれがあるため, その前の地質環境を把握する目的で, 「ベースライン調査」が行われるであろう。精密調査前の概要調査ではあるものの, コロイドに関する検討もある程度は必要であろう。そのためにも, コロイドに対する知見を整理しておく必要がある。

多種で多様な物質の混在する自然界において, その一部であるコロイドに関する我々の知見は限られており, 多くのフィールドでの調査をふまえて早急にもその実態を把握していくことが重要と考えている。

文 献

- MacCarthy, J.F. and Zachara, J.M. (1989) : Subsurface transport of contaminants. *Environ. Sci. Tech.*, 23, 496-502.
- 長崎晋也 (2003) : “地層中におけるコロイドの形成と移動” 土のコロイド現象. 学会出版センター, 東京, pp.251-267.
- 日本化学会編(1995) : コロイド化学 I - 基礎及び分散・吸着 -. 東京化学同人, 東京, 418p.
- 日本化学会編(2002) : 現代界面コロイド科学の基礎 講義と測定マニュアル [第2版]. 丸善, 東京, 343p.
- Stumm and Morgan (1996) : *Aquatic Chemistry*. 3rd Edition Wiley, New York.

KANAI Yutaka (2007) : *Outline of colloidal materials in environment and their characteristics*.

< 受付 : 2006年11月30日 >