

ディビジョン番号	13
ディビジョン名	高分子

大項目	2. 高分子の構造と物性
中項目	2-6. ゲル
小項目	2-6-1. 物理ゲル

概要（200字以内）

化合物を溶媒に加熱溶解させ冷やすと、放冷過程で軟体物のゲルを形成する場合がある。このとき形成されるゲルが物理ゲルである。物理ゲルを形成する原動力は水素結合、ファンデルワールス力、 π - π 相互作用、静電相互作用などに代表される非共有結合的な相互作用である。非常に弱い非共有結合によって形成されるため、形成された物理ゲルは加熱すると非共有結合が切れて溶液になり冷やすと再び非共有結合が形成されゲル化するという熱可逆的なゾル・ゲル相転移を示す。



現状と最前線

低分子化合物によるゲル化の挙動を結晶化と比較して示すと図1のようになる。結晶を溶媒中で加熱すると溶けて均一溶液となる。これを冷やすと溶解度の差に応じて結晶化する（図1の左半分）。しかし、まれに結晶化の代わりにゲル化する場合があり（図1の右半分）、このとき形成されたゲルが物理ゲルである。物理ゲルを加熱すると元の均一溶液に戻る。一方の結晶化は分子が凝集して3次元的に秩序性のある配列をするために起こり、他方のゲル化は2次元的な配列で繊維状の会合体が形成されるために惹起される。結晶化もゲル化も原動力は共に水素結合、ファンデルワールス力、 π - π 相互作用、静電相互作用などの非共有結合的相互作用である。なお、テングサから抽出した天然高分子の寒天（アガー）は熱水に溶かして冷やすと物理ゲル（寒天ゼリー）を形成するけれども、アガーは高分子であるので図1の左半分の結晶への転移はない。

低分子化合物の結晶化は熱力学的に安定な転移であり、準安定状態の物理ゲルの形成はむしろ例外的な現象である。そのため物理ゲルを形成する化合物はゲル化剤とよばれ、学問的にも応用的にも注目を集めている。

例えば、下記の化合物1~5は様々な溶媒に対し物理ゲルを形成する。化合物1~5のように物理ゲルを形成する化合物には光学活性なものが多い。そのため、アミノ酸由来や糖由来の化合物に物理ゲルを形成するものが多数見られる。なお、キラルな化合物であってもラセミ体は結晶化しやすく物理ゲルを形成しない。

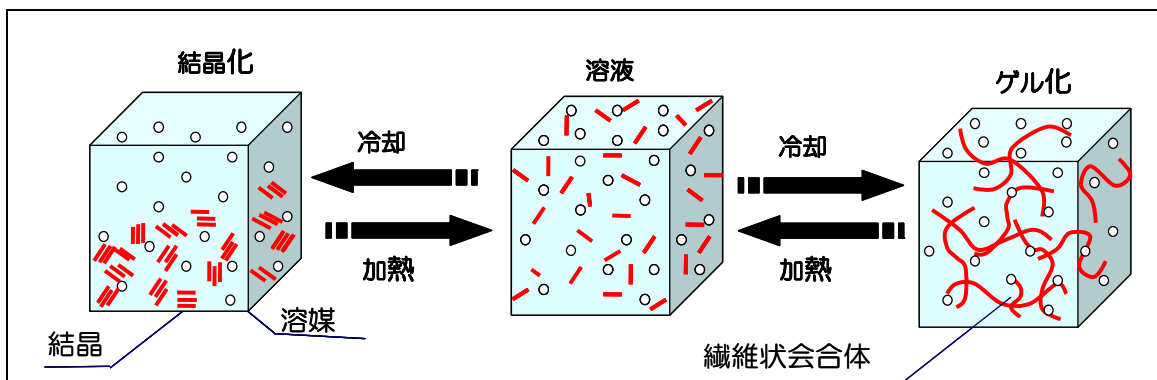
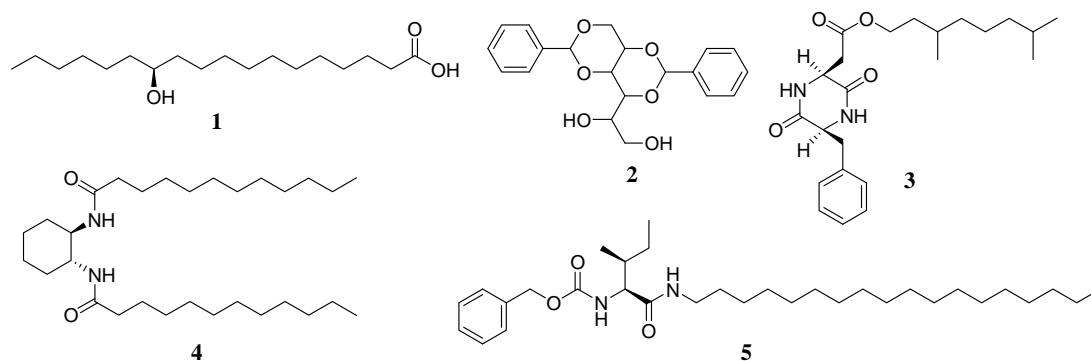


図1 低分子化合物の挙動



1と2は市販されているゲル化剤で前者は廃食用油の固化剤、後者は化粧品などに使われている。3～5は極性溶媒、非極性溶媒、プロテック溶媒、アプロテック溶媒を問わず様々な溶媒や溶剤、油類に対し物理ゲルを形成する。低分子化合物によって物理ゲルが形成された場合、電子顕微鏡観察によりナノメータサイズの繊維状会合体がほとんどの場合観察される。

(参考文献) 未来材料第4巻第6号8～15頁(2004年)

将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題

物理ゲルを形成する化合物の分子設計指針の確立

- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題

アレルギー性のない化粧品用ゲル化剤の開発。食することのできる食品添加物としてのゲル化剤の開発。二次電池や燃料電池に使えるゲル化剤の開発。液晶表示材料としてのゲル化剤の開発。

キーワード

ゲル、物理ゲル、非共有結合、水素結合、ゲル化剤

(執筆者：英 謙二)