

天然高分子 2

タンパク質

F.1 タンパク質

タンパク質は極めて高度な機能性を発揮する高分子である。タンパク質である酵素は、化学産業が未だにまねのできない、理想的触媒である。機能性を可能にしているのは、タンパク質の分子構造に由来する。タンパク質は 20 数種のアミノ酸を単位として、それらのアミノ酸が目的に応じた順序で重合している高分子である。タンパク質の分子構造は、アミノ酸の直線的な重合構造を 1 次構造とよばれる。アミノ酸とアミノ酸の結合は、アミノ基とカルボキシル基の縮合による重合で、ペプチド結合と呼ばれる。ペプチド結合の部分を図 F.1 に示す。窒素原子のローンペアとカルボニル酸素の電子が共鳴構造をとるため、ペプチド結合の部分が平面構造で固定している。アミノ酸の中心の炭素の 2 つの結合(C-C C-N)は、自由に回転できる。タンパク質はその主鎖の中に固定された部分と回転できる部分を持つこと、さらにアミノ基の水素原子とカルボニル基の酸素のローンペアとで水素結合を形成することから、分子鎖が特徴のある構造をとる。そのひとつがらせん構造であり、高分子の機能性において重要である。ある窒素原子からみて分子鎖上の 10 番目の炭素原子に結合したカルボニル酸素のローンペアと水素結合をしている。この関係がタンパク質上で繰り返されていることで、図 F.2 に示すらせん構造をとる。

F.2 蛋白質の変性

物質は、基本的には固体液体気体のいずれかである。低温から温度を上昇させると、ふつうは、固体から液体そして気体へと相変化を起こす。これらは、温度の上昇にともなって、分子間力に比べて分子の運動エネルギーが大きくなっていくためである。そして分子の運動エネルギーは熱の本質である。我々の周りには、水のような温度の上昇とともに素直な相変化を起こす物質、とは異なった変化を起こす物質がある。蛋白質はその異なる物質のひとつである。卵の白身は、加熱により固体になる。これは水などの普通の分子とは反対の変化である。しかも、温度をさげてももとは戻らず、固体のままであ

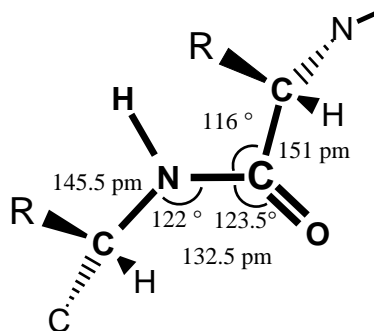


図 F1 ペプチド結合

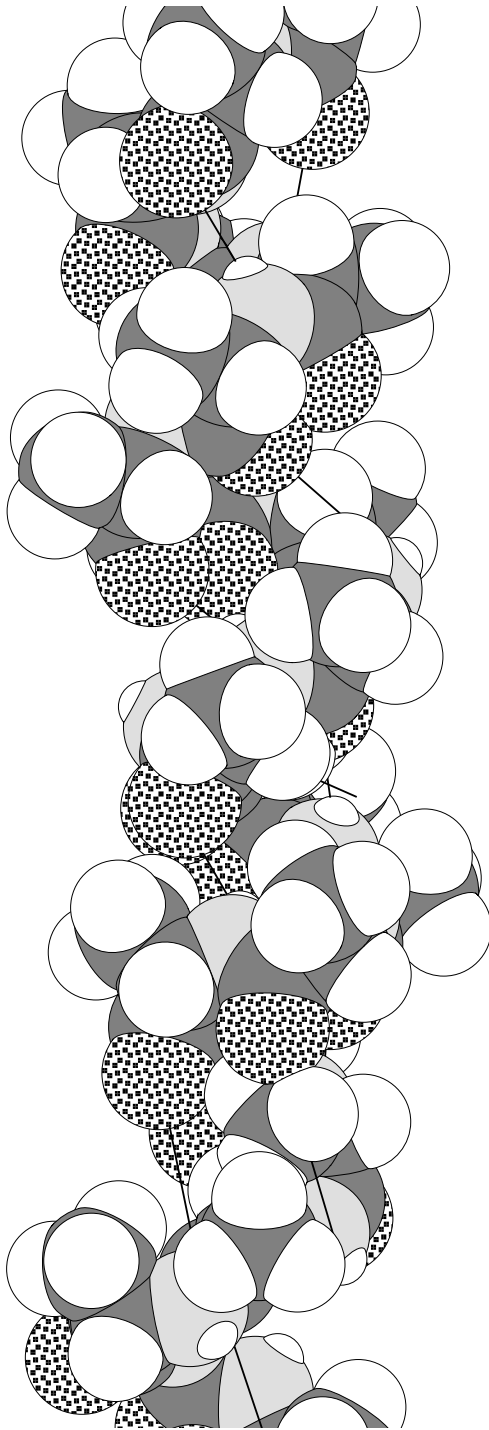


図 F.2 タンパク質の α ヘリックス。らせんの一回転ごとに、カルボニル酸素とアミノ基が水素結合をしている。アミノ酸として、グリシンがあると、そこで α ヘリックスが折れ曲ることができる。この図では、アミノ酸は、すべてアラニンである。アラニンの側鎖のメチル基が、すべて外向きになっている。酵素のタンパク質では、側鎖にカルボキシル基やアミノ基が現れ、これが触媒能を示す。

る。

蛋白質は代表的な天然高分子であり、極めて高度な機能性(筋肉や酵素など)を発揮する。その構造はアミノ酸がペプチド結合により直線状に多数結合した高分子化合物である。数ある蛋白質の内、牛乳や卵の白身に含まれる蛋白質は球状蛋白とよばれ、線状高分子鎖が糸を丸めたようになっている。独立した1個の蛋白質分子が水分中に分散しているのが、牛乳や白身である。アミノ酸分子に存在するカルボニル基とアミノ基の間での水素結合が、線状高分子をして立体的な球状高分子を形作るためののりの働きをしている。水素結合は化学結合の内では弱い結合であって、常温からすこし温度を上げると結合が切断される。球状にまとまっていた蛋白質は形状の束縛が解け、線状高分子として水分中に分散する

が、このとき糸が絡み合い流動性が失われてしまう。このため固化する。また、一部のアミノ酸ユニットが架橋をおこしゲル化する。蛋白質の高機能製は三次構造によって発現しているため、蛋白質の機能性は耐熱性に乏しい。なお、卵や牛乳に含まれる蛋白質は、本来は、酵素の働きにより可溶化し体をつくる原料となる予定である。

蛋白質をモデルにした人工高分子の代表がナイロンと呼ばれるポリアミドである。ナイロンは蛋白質の一次構造(直鎖構造)のみを類似させているので、耐薬品性や耐熱性は高い。また、ケブラーと呼ばれるポリアミドは極めて強度が強い繊維材料である。

2.1 タンパク質の熱変成の実験

小さい200 ml程度の加熱容器にサッカロース(砂糖のこと)20gと水10mlを加え、加熱する。しばらくするとサッカロースの炭化がおこり溶液が褐色になってくる。適当なところでやめ、100 mlのガラス容器3個に少しずつ入れ、しばらく放置しておく。途中で水を足すときは、溶融したサッカロースの温度が、100℃を越えているので、突沸に注意すること。

500 ml程度の容器に卵3個とサッカロース50gを入れかき混ぜる。サッカロースが溶解したら、暖めた牛乳240mlをかき混ぜながら加える。これを蛋白質溶液とする。蛋白質溶液をガーゼのフィルターを使って濾過し、溶液に含まれる固形分を除去する。ごく少量のブランデーとごく少量のバニラエッセンスを、理由はともかく、加える。

ステンレスのふか底バットに水100mlをいれる。褐色に変化したサッカロース溶液が入った100mlのガラス容器に蛋白質溶液を約100ml流しこみ、ビーカーをステンレスのふか底バットの中に並べる。バットにふたをして、150℃に設定している恒温槽に入れる。(水蒸気によって加熱する器具があれば、なおよい)20分間程度加熱を続ける。温度が上がりすぎたり、時間が長すぎると、タンパク質から水が分離してきて、よくないので、これも注意する。あとは、好きにすればよい。

F.3 タンパク質の等電点

タンパク質を構成しているのは、アミノ酸である。アミノ酸には、ペプチド結合に寄与するカルボキシル基以外にも、カルボキシル基を持つアミノ酸がある。カルボキシル基は、pHの低い条件以外では、解離し、マイナスの電荷を持つ。この静電反発により、牛乳のようなタンパク質溶液において、タンパク質同士は、お互いに距離を開けている。pHが下がってくると、お互いの分子間力により接近し、凝固してしまう。

F.3.1 ヨーグルト

乳酸菌は、牛乳に含まれる糖분을餌にして、乳酸を作り出す。乳酸によって、pHが下がり、等電点に達して、凝固したのが、ヨーグルトである。生ヨーグルトの食べ残しと牛乳で、ヨーグルトの合成実験ができる。

生ヨーグルトのパックに残った食べ残し生ヨーグルトを少し、小スプーン一杯程度を、紙パック入りの牛乳に入れる。ふたを閉めて、暖かい部屋に、30℃ぐらい、一日おいておく。固まっていたら、食べる。ただし、あまり繰り返し使用はしない方がいい。

F.3.2 チーズ

チーズはヨーグルトから水分を除去した物質である。生ヨーグルトをフィルターでろ過する。(家庭でする場合は、コーヒーのフィルターでよい。)フィルターの上に残った固形物を水で洗浄する。水分をできるだけ落とす。これが、クリームチーズ。好きなようにして、食べる。さらに水分を取ると、いろんなチーズになる。カビは、水分の除去とタンパク質の分解をする。分解により生成するアミノ酸が、うまみの要素となるのは、鰹節と同じである。

水分には、水溶性タンパク質がまだ溶存している。これはすててはもったいない。