

# 動物栄養学 (第2回: 栄養素の化学 I [タンパク質とアミノ酸])

## 今日のまとめ Take-home message

- ☑ タンパク質は炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O)、窒素 (N)、イオウ (S) で構成される有機高分子
- ☑ タンパク質はアミノ酸が連結したポリペプチド構造
- ☑ タンパク質は細胞中固形成分の約70%を占め、体構成成分、エネルギー源、代謝調節因子といった、生命活動のあらゆる場面で必要
- ☑ 必須アミノ酸は動物種、発達段階により変動

## 来週の小テスト

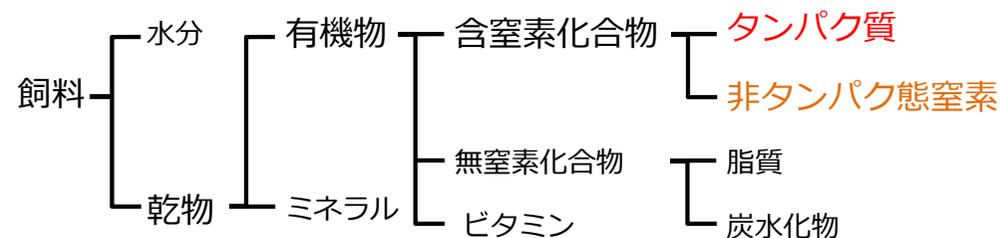
必須単語を使って、**タンパク質に関する**要約文章を作成しなさい  
(150-250字程度; 選択単語を1つ以上用いること)

必須単語: 必須アミノ酸、構造、酵素

参考単語: 結合、窒素、変性、極性、反芻動物、加水分解

1

## 飼料の一般成分



タンパク質は炭素 (C)、水素 (H)、酸素 (O) 以外に窒素 (N) とイオウ (S) を含む有機化合物である。

→N, Sに関しては、生体にとってほぼ唯一の供給源

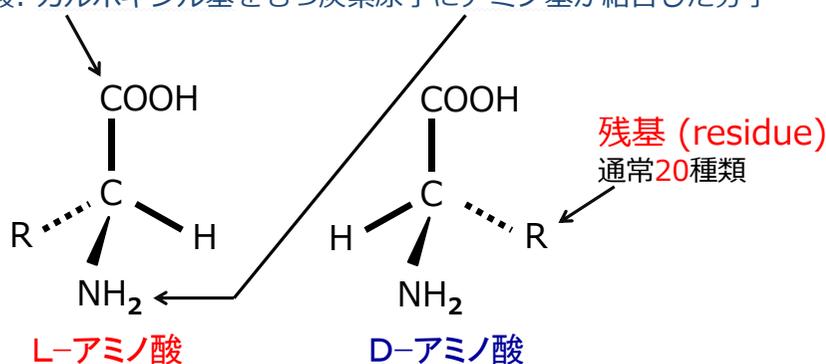
タンパク質は平均して16%(重量)のNを含むので、飼料の一般分析ではNを6.25倍して**粗タンパク質 (crude protein; CP)**とする。

→非タンパク態窒素 の分だけ実含量より多く見積られる(過大評価)

2

## タンパク質の構成成分 - アミノ酸 -

タンパク質: アミノ酸がペプチド結合で多数連結された高分子  
アミノ酸: カルボキシル基をもつ炭素原子にアミノ基が結合した分子



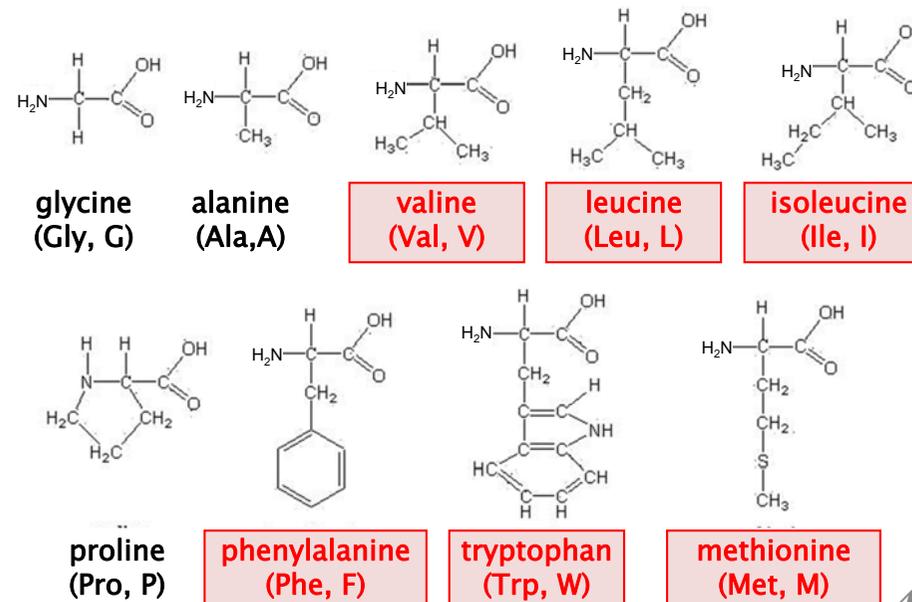
グリシン以外のアミノ酸には、結合相対が異なる不斉炭素があるため、立体異性体を有する。

タンパク質には**L-アミノ酸**しか含まれない。  
(自然界に存在するアミノ酸は、ほとんどがL型)

3

## アミノ酸の種類

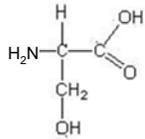
①疎水性 (hydrophobic) ...分子として極性がないもの



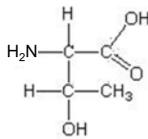
4

# アミノ酸の種類

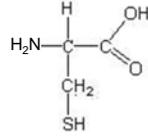
② 親水性(hydrophilic) …分子として極性を持つもの



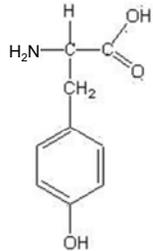
serine  
(Ser, S)



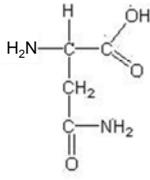
threonine  
(Thr, T)



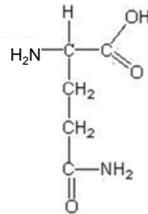
cysteine  
(Cys, C)



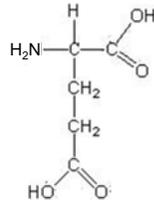
tyrosine  
(Tyr, Y)



asparagine  
(Asn, N)



glutamine  
(Gln, Q)

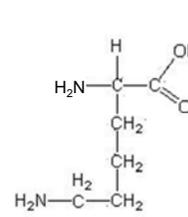


glutamic acid  
(Glu, E)

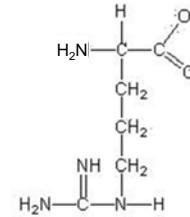
5

# アミノ酸の種類

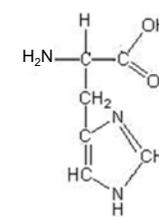
親水性(hydrophilic)[2]



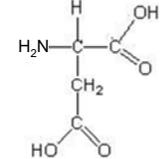
Lysine  
(Lys, K)



arginine  
(Arg, R)



histidine  
(His, H)



aspartic acid  
(Asp, D)

□ --

動物の成長や維持に不可欠で、生体で全く合成できないか、必要量に比べ合成量が少ないもの-対外からの取り込み(摂取)が必要  
→動物種により代謝系・要求量が異なるため、必須アミノ酸の構成も異なる。特に、反芻動物の成獣では生体内(第一胃)で微生物によりタンパク質が再合成されるため、必須アミノ酸はないと解釈されている。

6

# アミノ酸はエネルギー源にもなる

## 糖原性アミノ酸

炭素骨格部分がグルコースに転換可能なアミノ酸

アラニン    グリシン    セリン    バリン  
 トレオニン    シスチン    メチオニン  
 アスパラギン    アスパラギン酸  
 アルギニン    ヒスチジン  
 プロリン  
 グルタミン  
 グルタミン酸

トリプトファン  
 チロシン  
 フェニルアラニン  
 イソロイシン

リジン  
 ロイシン

炭素骨格部分が  
 脂肪酸やケトン体に転換されるアミノ酸

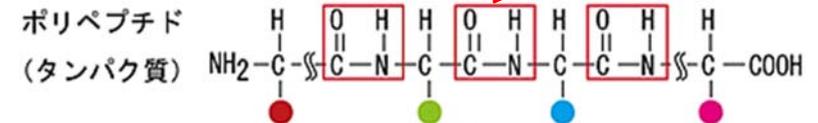
## ケト原性アミノ酸

7

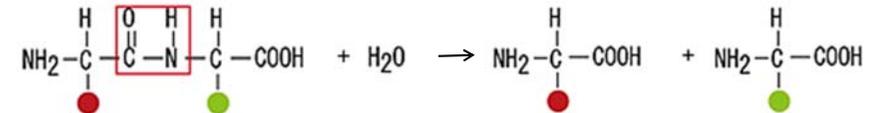
# タンパク質からアミノ酸へ

食品・飼料として摂取

ペプチド結合



消化酵素による加水分解 エネルギー不要



低分子化(アミノ酸、ペプチド)されたものを吸収

体内(細胞内)で保持 … 「アミノ酸プール」

どこに? ①

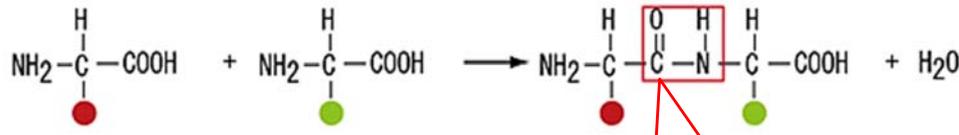
②

8

# アミノ酸からタンパク質へ

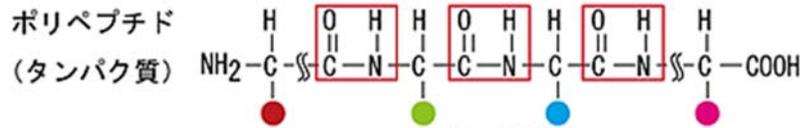
・リボソームにおける翻訳と伸長

エネルギー消費



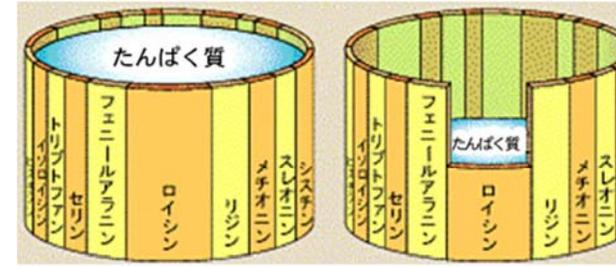
ペプチド結合

- ・タンパク質の最低構成単位はそれぞれのアミノ酸
- ・種類のアミノ酸が不足すると翻訳が停止する



- ・修飾とフォールディング
- ・機能発現

# 「桶の理論」

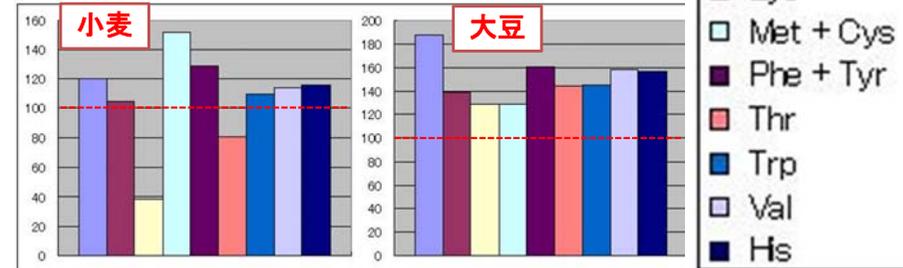


充分なタンパク質を生成

充分なタンパク質を生成できない

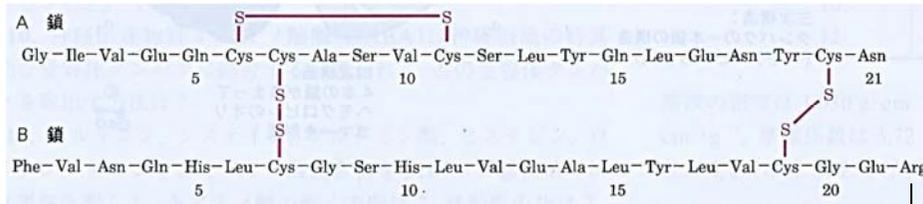
タンパク合成と利用の効率性は、**もっとも不足する**アミノ酸に律速される

食品中の必須アミノ酸スコア

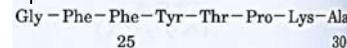


# タンパク質の一次構造

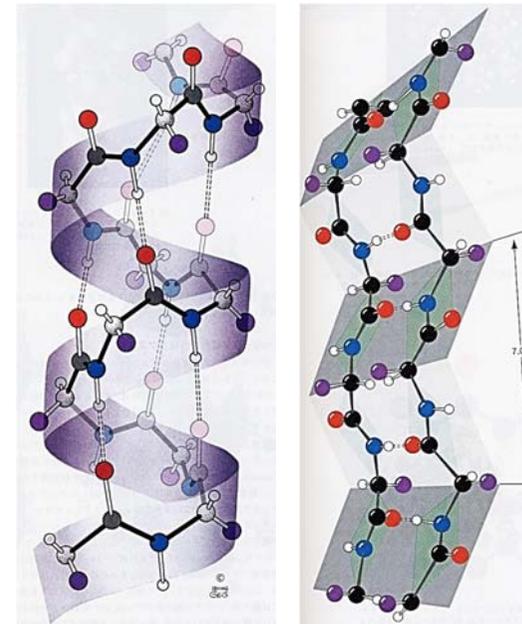
一次構造はアミノ酸の配列順序を意味し、DNAの遺伝情報により一義的に決まる。ペプチド鎖中のシステイン残基間に\_\_\_\_\_結合が存在する場合は、結合部位を含めた化学構造を一次構造という。



ウシインスリンの一次構造



# タンパク質の二次構造



二次構造は、ペプチド鎖中の極性残基間に静電引力が働き、\_\_\_\_\_が生じることで形成される

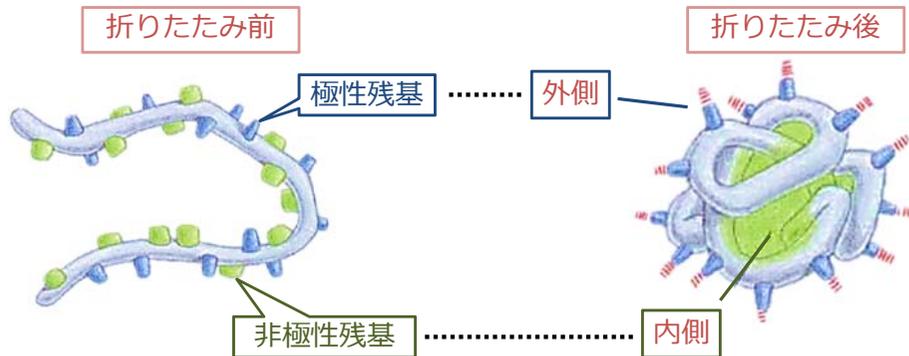
二次構造を取ることでタンパク質は安定・規則的な半結晶構造となり、生物体の構造保持に寄与する

- 炭素
- 窒素
- 酸素
- 水素
- 残基

α-ヘリックス

β構造

## タンパク質の三次構造

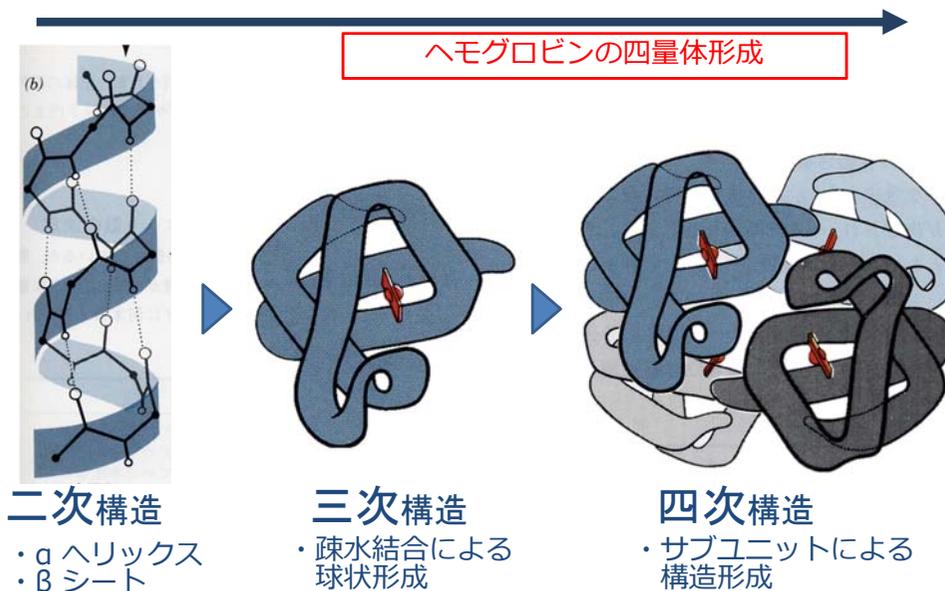


二次構造がさらに不規則に折りたたまれた構造で、球状を取る (= 力学的に安定)。酵素を含めて細胞内タンパク質の大部分は球状

疎水基が分子の内側に集まるよう互いに作用(疎水結合)した結果、親水基が分子の表面に出るため可溶性に富む (= 水とよく馴染む)。

13

## タンパク質の構造形成 (フォールディング)



二次構造

・  $\alpha$  ヘリックス  
・  $\beta$  シート

三次構造

・ 疎水結合による球状形成

四次構造

・ サブユニットによる構造形成

→ 実際は翻訳作業 (一次構造形成) と並行して起こる

14

## タンパク質の機能 (教科書 p8, 12)

① 反応触媒	消化酵素	
② 情報伝達	成長ホルモン 副腎皮質刺激ホルモン 性腺刺激ホルモン インスリン グルカゴン	タンパク合成促進 コルチゾール分泌 性腺刺激 血糖低下 グリコーゲンと脂肪分解
③ 輸送	ヘモグロビン リポタンパク質 アルブミン Na K・ATPアーゼ	酵素運搬 脂質の運搬 アミノ酸, 脂肪酸の運搬 ナトリウム, カリウムの運搬
④ 免疫防御	グロブリン リゾチーム	抗体 細菌細胞壁分解
⑤ エネルギー		
⑥ 運動	ミオシン, アクチン エラスチン	筋原繊維 弾力性付与
⑦ 物理的支持	コラーゲン プロテオグリカン ケラチン	体組織 細胞や組織の支持と固定 外圧緩衝作用

15

## タンパク質の機能と構造

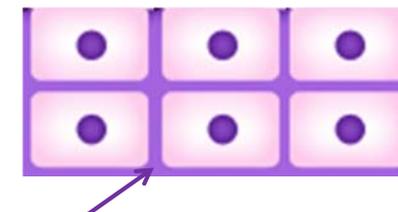
・ 物理的支持

例: コラーゲン (体内で最も多く存在するタンパク質)

特に皮膚の真皮層では90~95%を占める。コラーゲン は皮膚の他、骨、軟骨、腱、血管壁や腸壁などの内臓支持組織に多く含まれ、体の基本構造を形成している繊維状タンパク質である。



3本のポリペプチド (タンパク分子) が三重らせん構造を形成して、コラーゲン分子となる



コラーゲンは細胞と細胞の間に存在し、細胞の接着や組織形成剤として機能する

16