

問題23：不凍タンパク質

地球上では気温が0℃以下になることは珍しくないのだが、生物は水が凍るような状況においてどうして生存できるのだろうか。長く水が凍るような状況におかれる多くの昆虫では、初秋から体内で凍結を防止ような物質が合成されはじめ、初春にはそれらが消滅する。図1に示すのは、凍結を避けている昆虫の体内での季節ごとにおけるグリセロール（注：グリセリンのこと）の含有量である。

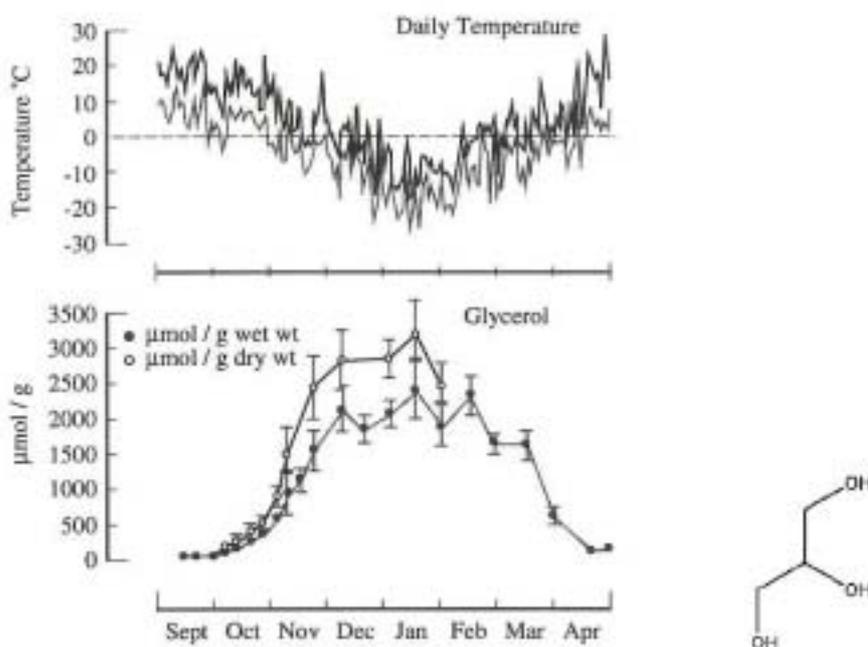


図23-1 . (上)最高気温,最低気温の変動 (下)凍結を回避しているgoldenrod gall moth (注：ガの一種)の幼虫の体内グリセロール含有量。右図はグリセロールの構造式(参照: K.B. Storey and J.M. Story 1988 Physiol. Rev. 68:27)

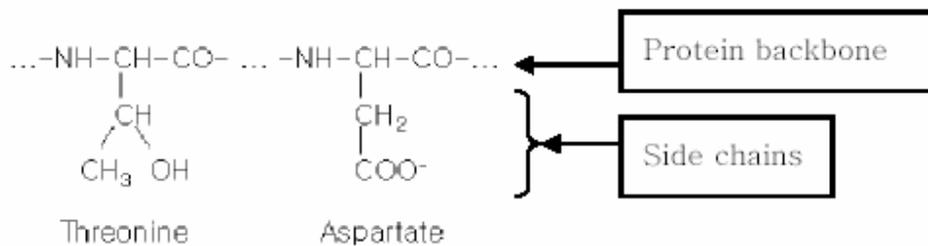
wet wt 生きた状態での質量；dry wt 乾燥質量（ヒント：この差が実際に体液中に溶けて凝固点効果に寄与するグリセロールということになる）

23-1 - 20°Cにおいてグリセロールの濃度による効果だけで昆虫が凍結せずにいられるとしたら、昆虫内でのグリセロールの質量パーセントはいくらか。昆虫の体内は理想溶液であると仮定する。また、このグリセロール濃度での浸透圧はいくらか。その数値についてどのように考えるか説明せよ。

ただし、水の凝固点降下定数は $K_f = 1.86^\circ\text{C}/(\text{mol}/\text{kg})$. とする。

23-2. 1月の昆虫の生きた状態でのグリセロール含有量は何 $\mu\text{mol/g}$ くらいか。その際の水の凝固点はいくらか。ただし、凝固点降下がグリセロールだけで起こるものと考えよ。

23-3. 凝固点降下剤に加えて、低温の水中で生活する魚類、多くの昆虫などの動物では不凍タンパク質が凍結の防止作用をするものとして存在することが知られている。しかし、不凍タンパク質の濃度効果による凝固点降下は非常に小さい。実験によると、不凍化タンパク質は体内で小さな氷の粒子が成長するのを阻害している。仮にたんぱく質のトレオニンやアスパラギン酸残基の側鎖を化学的に修飾すると、凍結を防止する機能も消失してしまうことも確認されている。氷の粒子と不凍タンパク質との間のどのような相互作用が、凍結を防止する作用に重要であると考えるか。



トレオニン（左）とアスパラギン酸（右）の構造式
上部がタンパク質の骨格を形成するアミド結合
下部が側鎖を示している。