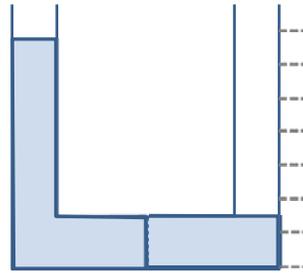
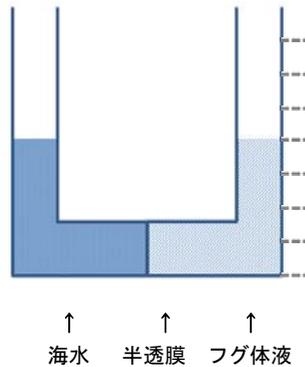


I 浸透圧に関する下記の問いに答えよ。

下図のように、途中で半透膜をはさんで、U字型の管の左側に浸透圧 $1,030 \text{ mOsm}$ の海水、右側にフグ体液を等量ずつ入れた後、じゅうぶん時間が経過したとき、水面の高さはどのように変化するか。右側の図内にできるだけ正確に示しなさい。また、①このような変化が起こる理由、②フグが海水中で行っている体液の浸透圧調節について、それぞれ簡潔に述べなさい。

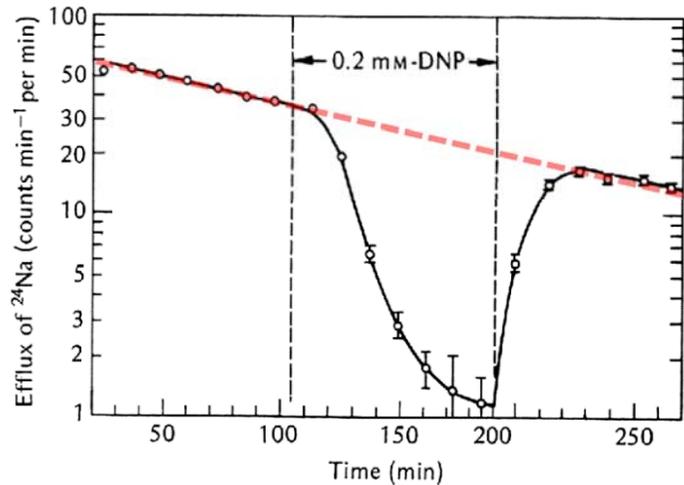


① 浸透圧の高い溶液と低い溶液が半透膜を介して接している場合、イオンの移動がないならば（半透膜なので）、浸透圧の高い方へ水のみが移動する。その結果、左側の水かさが増える（希釈される）ことになる。右側は、逆に脱水される（濃縮される）。最終的には、同じ濃度になるまで水位は変化するはずであるが、左側の水かさ分（高さ分）、水圧が上がるために、この水圧と同じ浸透圧差がわずかに残る（ 1 mOsm 差ならば 260 mm の高さ差）。最終濃度は、ほぼ 660 mOsm と予測されるが、これは右側のフグ体液がほぼ2倍に濃縮された（体積が $1/2$ になる）状態と考えられる。

② フグは、海水中では、この変化が生じて体液中の水分が失われないように（体液が濃くならないように）している。主に、この作用はエラによる塩類の能動的な分泌による。一般に、海水魚は、多量の海水を飲み、それを腸から吸収する（塩と水の両方を吸収）。その中で、余分な塩だけをエラを使ってエネルギーを使った能動輸送により、排出している。

II イカ巨大軸索神経を使った実験についての以下の問いに答えよ。

Na 放射線同位体を用いると細胞内外でのこの元素の移動を定量的に解析することができる。下の図は、イカ巨大軸索神経内に $^{24}\text{NaCl}$ を注入したのち、神経線維を入れた溶液（海水）へ漏れ出してくる放射線量を計測した結果である。①0~100分、②100-200分、③200-250分の間で、この神経細胞に起こっていることは何か。それぞれ簡潔に説明しなさい。



① 神経軸索内へ注入した Na イオンが、神経軸索の外に流出していることを示す。縦軸が対数表示であるので、ここで示す直線は、 $\text{速度} = A \times \log(\text{時間}) + B$ で表記できることになる（A、B は定数）。これは、軸索内の Na イオン濃度の減少に伴って、徐々に排出速度が減じていることを示していると考えられる。別の表現をすると、常に、内部の Na イオン濃度に依存した排出速度となっていることを意味する。

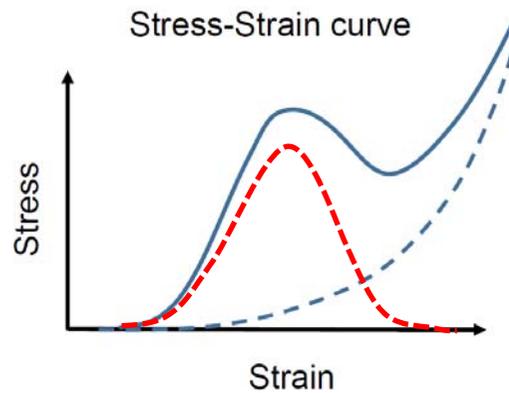
② 呼吸阻害剤の DNP（脱共役剤）によってよるミトコンドリアでの ATP 産生が抑制され、神経軸索内 ATP 濃度が減少し、徐々に Na の流出量が減少すると考えられる。つまり、この観察から、Na イオン流出は、ATP を使った能動輸送であることが証明されたことになる。排出速度変化の速度（ゆっくりした減少）は、ミトコンドリアへの DNP の作用速度の他に、神経

軸索内の ATP ストック量（通常 mM 濃度）、ATP 緩衝作用（クレアチンリン酸、アルギニンリン酸など）の影響を反映しているであろう。

③ DNP を取り除くことで、速やかにミトコンドリアでの呼吸が回復し、神経軸索内の ATP 濃度は復活する様子がわかる。阻害よりも早い時間経過である。230 分頃には、ほとんど DNP 添加前の速度まで回復している。この DNP 処理間のロスもほとんどない（わずかに、外挿した赤破線より上になっていると予測）。

Ⅲ カエルの筋を使った実験についての以下の問いに答えよ。

脊髄神経に後肢の筋（腓腹筋）がつながったまま取り出した。この筋を伸ばしながら、張力を測定した結果、以下のようなカーブが得られた。実線は神経刺激を約 20Hz で繰り返したとき、破線は神経刺激を行わないときの実験結果である。このような **Strain-Stress** 曲線が得られる理由を、①神経刺激のとき、②神経刺激しないとき、それぞれについて簡潔に説明しなさい。



① 神経刺激の最中には、筋内のアクチン繊維とミオシン繊維の相互作用（滑り運動）により、この2本の繊維間の重なり距離に応じた収縮力が生まれる。この能動的な滑り力は、アクチン繊維とミオシン線間の重なり距離に依存し、赤破線で示すような長さ・張力曲線になることがわかっている。これが、下に記述する受動的な弾性力（主に筋細胞内のコネクチン、および、筋外部の結合組織によるもの）を加算された形で実線のように観察される。

② アクチン繊維とミオシン繊維の間の相互作用が起こらないので、筋の受動的な弾性要素の反応のみが観察される。主に、コネクチン、ネブリン、筋細胞外部の繊維構造（コラーゲンなど）に由来する。の実験から、受動的な弾性要素は、フックの法則には従わず、引き伸ばされる距離に応じて、弾性係数が

増加する（傾斜が大きくなる）ことがわかる。

IV

① 生物が低温にさらされたときに何が起こるか？起こり得ることをすべてリストしなさい。

(a) 全温度領域で起こること

ボルツマン分布則に従ったエネルギー分布の変化（平均エネルギーの減少）

ガスが存在する場合には、気体方程式に従った気圧低下

アレニウスの式に従った化学反応速度の低下

弾性の変化（一般に上昇）

熱膨張係数に従った収縮による密度上昇

(b) 水溶液で起こること

水溶液や脂質への溶解度（塩・有機物）低下

水溶液や脂質への溶解度（気体）上昇

脂質やポリマーの流動性の低下

溶液の粘性の上昇

氷結（氷の微結晶の生成）

② 生物が低温にさらされた時にどのように対処しているか、例を1つあげなさい。どのようなしくみで、その対処が有効かも説明しなさい。

上の例に沿って、生物の対処するしくみの例（すべてに対処できるわけではない）をあげ、そのしくみについて解説すること。