

# 2024 ズバリ! 的中



# 生物

## 京都大学

### 褐色脂肪組織でみられるUCP 1というタンパク質を介した熱産生のしくみについて解答する問題が的中

#### 入試問題

#### 前期日程 Ⅳ 問3

哺乳類の褐色脂肪組織は、急性の寒冷暴露に応じて熱を産生する特殊な脂肪細胞(褐色脂肪細胞)が集まった組織であり、体温調節に寄与する。寒冷刺激を与えたときの褐色脂肪組織における代謝の変化や熱の産生のしくみを調べることを主な目的として、実験1～実験3をおこなった。

実験3: 褐色脂肪細胞のミトコンドリア内膜には、ATP合成酵素を介さずにマトリックスへのH<sup>+</sup>の流入を可能にするタンパク質Aが多量に存在することがわかっている。野生型ラットおよびタンパク質A欠損ラットに短時間の寒冷刺激を与えたとき、表1に示すような変化が観察された。

表1

	褐色脂肪組織へのグルコース取り込み量	褐色脂肪組織での脂肪の分解量	褐色脂肪組織における温度
野生型ラット	増加した	増加した	上昇した
タンパク質A欠損ラット	増加した	増加した	変化なし

問3 以下の文章は、実験3において野生型ラットの褐色脂肪組織の温度が上昇した理由を考察したものである。[キ]～[ス]にあてはまるもっとも適切な語句を、以下の語群の(あ)～(ぬ)から1つ選び、記号を記せ。また空欄①については「熱エネルギー」という語句を含めて30字程度で文章の一部を完成せよ。

寒冷刺激後に褐色脂肪組織に取り込まれたグルコースは[キ]と[ク]を経て代謝され、[ケ]によりミトコンドリア内膜の内外に[コ]が形成される。褐色脂肪組織に存在していた脂肪は寒冷刺激によって[サ]と[シ]とに加水分解される反応が促進され、[サ]は[キ]で代謝されて[ク]に入る。一方、[シ]は炭素を2個ずつ含む部分で順次切断される反応により繰り返し酸化され、[ス]となって[ク]に入る。すなわち、脂肪由来の代謝中間物質によってもミトコンドリア内膜の内外で[コ]が形成される。

褐色脂肪組織以外の組織の細胞ではこの[コ]がATP合成酵素を駆動してADPと無機リン酸を結合させることでATPが合成される。それに対して、褐色脂肪細胞ではタンパク質Aが多量に存在するので、タンパク質Aを介したマトリックスへのH<sup>+</sup>流入が優先的に起こり、[コ]が解消される。[コ]として蓄積されていたエネルギーは①ため、褐色脂肪組織の温度が上昇すると考えられる。

語群:

- (あ) アルコール発酵、(い) オルニチン回路、(う) 解糖系、(え) 電子伝達系、(お) 糖新生、(か) 乳酸発酵、(き) クエン酸回路、(く) ビルビン酸、(け) アセチル CoA、(こ) オキサロ酢酸、(さ) グリセリン、(し) エタノール、(す) 乳酸、(せ) 脂肪酸、(そ) グリシン、(た) グルタミン、(ち) CO<sub>2</sub>、(つ) H<sub>2</sub>O、(て) O<sub>2</sub>、(と) Na<sup>+</sup> 濃度勾配、(な) K<sup>+</sup> 濃度勾配、(に) H<sup>+</sup> 濃度勾配、(ぬ) 電子密度勾配

#### 河合塾

#### プライムステージ 1 問6

グルコースを呼吸基質とした呼吸では、細胞質基質で進行する①とよばれる過程でグルコースは②に変換され、この過程で脱水素酵素の還元型補酵素が生じるとともに、グルコース1分子あたり差し引き2分子のATPが合成される。次に、②はミトコンドリアのマトリックスに移行して脱水素反応と脱炭酸反応を受けてアセチル CoA になり、アセチル CoA は③と反応してクエン酸になる。クエン酸はその後、脱水素反応と脱炭酸反応を連続的に受け、最終的に③になって再びアセチル CoA と反応する。この一連の過程がクエン酸回路であり、脱水素酵素の還元型補酵素が多量生じるとともに、グルコース1分子あたり④分子のATPが合成される。

①とクエン酸回路で生じた還元型補酵素は、電子伝達系に電子を受け渡す。この電子は電子伝達系を構成するタンパク質複合体の間を受け渡され、最終的に、酸素を受け渡されて⑤を生じるが、この電子伝達の過程でマトリックスから膜間腔(外膜と内膜の間のスペース)へ水素イオンが能動的に輸送され、マトリックスと膜間腔の間で水素イオンの濃度勾配が形成される。この水素イオンの濃度勾配が解消されるときにエネルギーが放出され、その一部はATP合成酵素によるATPの合成に利用され、残りは熱として放出される。ATP合成酵素は内部に水素イオンを通過させる通路をもち、ここを水素イオンが受動的に輸送されるときにATPが合成される。このとき、電子伝達系の電子伝達にもなって起こる水素イオンの輸送と、ATP合成酵素によるATPの合成とともに起こる水素イオンの輸送は、一方が停止すると他方も輸送される水素イオンが不足するため停止する。

問6 哺乳類にみられる褐色脂肪組織は多量の熱を産生する組織であり、体温を維持する上で重要な役割を果たしている。褐色脂肪組織を構成する褐色脂肪細胞では、ミトコンドリアの内膜にUCPとよばれるイオンチャンネルが発現しており、褐色脂肪細胞のミトコンドリアを用いて実験1と同様の実験を行うと、ADPを加えなくてもはじめてから酸素濃度が大きく低下する。このことを参考にして、褐色脂肪細胞が熱を産生するしくみを推測し、UCPのはたらきとともに100字以内で述べよ。