


AP SEIKO — スプリント生物 No.10

呼吸を"エネルギー通貨"として読む

—— 解糖系・TCA回路・電子伝達系を一本化する

 **今日のゴール**：細胞呼吸を「グルコース → ピルビン酸 → アセチルCoA → CO₂ + H₂O + ATP 38分子」の一本の流れとして理解し、解糖系・TCA回路・電子伝達系の役割と収支を定量的に計算する。

 この授業の問い

1. グルコースはどのようにしてATPに変換されるか？3段階の場所と産物は？
2. NADHとFADH₂はなぜ「高エネルギー」なのか？電子伝達系とどう接続するか？
3. なぜ酸素がないと効率が激減するのか（嫌気呼吸の限界）？

 細胞呼吸の3段階と場所 第1段階：解糖系（細胞質基質）

グルコース (C₆) → ピルビン酸 (C₃) × 2。酸素不要。

収支：ATP -2（投資）+ 4（回収）= **+2 ATP**、NADH +2、ピルビン酸 +2。

 第2段階：TCA回路（ミトコンドリアマトリックス）

ピルビン酸 → アセチルCoA (C₂) + CO₂ + NADH（ピルビン酸脱水素酵素）

アセチルCoA (C₂) + オキサロ酢酸 (C₄) → クエン酸 (C₆) → ... → オキサロ酢酸 (C₄)

1回転の収支：CO₂ × 3、NADH × 3、FADH₂ × 1、ATP (GTP) × 1。2回転で：**+2 ATP**、

NADH 8（前段2含む：合計10）、FADH₂ 2。

 第3段階：電子伝達系（ミトコンドリア内膜）

NADH → 複合体I・III・IVを経てO₂に電子を渡す → H₂O生成。H⁺ポンプ → ATP合成（酸化的リン酸化）。

FADH₂ → 複合体II（H⁺ポンプなし） → 複合体III・IV。

収支：NADH 1個 ≈ 2.5 ATP、FADH₂ 1個 ≈ 1.5 ATP（P/O比の現代的推定値）

📊 グルコース1分子の全収支

段階	場所	直接ATP	NADH	FADH ₂	ATP換算 (×2.5/1.5)
解糖系	細胞質	2	2 (細胞質)	0	2 + (2 × 1.5) = 5
ピルビン酸脱炭酸	マトリックス	0	2	0	2 × 2.5 = 5
TCA回路 (×2)	マトリックス	2	6	2	2 + 6 × 2.5 + 2 × 1.5 = 22
合計	—	4	10	2	約30~32 ATP

💡 **教科書値38 ATPについて** : 旧来の計算 (NADH=3ATP、FADH₂=2ATP) では最大38ATPとされていた。現在のP/O比を用いると約30~32が実測値に近い。試験では問題指定の係数を使うこと。

💡 嫌気呼吸 (発酵)

種類	生物	反応	ATP収量
乳酸発酵	動物・乳酸菌	ピルビン酸 + NADH → 乳酸 + NAD ⁺	2 ATP (解糖系のみ)
アルコール発酵	酵母	ピルビン酸 → アセトアルデヒド + CO ₂ → エタノール + NAD ⁺	2 ATP (解糖系のみ)

嫌気vs好気の効率比 : 2 ATP (嫌気) vs 30~38 ATP (好気) = 約15~19倍の差。NADHが電子伝達系に入れないため、エネルギー回収率が大幅に低下する。

採点者の視点

採点者はここを見ている —— 呼吸・エネルギー代謝の問題で合格答案はこういう「構造」をしている

① なぜ同じ答えでも評価が違うのか

清光学院の講師陣は、これまでに皆さんと同じ志を持った先輩受験生たちの答案を何千枚も採点し、合格・不合格の判定を下してきました。その経験から言えることが一つあります。

「正しい答えを出していても、なぜそう考えたのかが見えない答案は、採点者の印象に残らない。」

呼吸・エネルギー代謝の問題では、*ATP*の産生経路の根拠の理解が答案の質を大きく左右します。

② 呼吸・エネルギー代謝の問題で採点者が見ているポイント

「解糖系・TCA・電子伝達系の各段階でのATP収支」を示した答案が採点者に「代謝を俯瞰している」と映る

 この授業の使い方

各問題のワンポイントには「採点者がどこを評価するか」の視点が含まれています。答えを出すだけでなく、根拠を一文添える習慣を意識しながら取り組んでください。

③ 総合型選抜・口頭試問でも同じ構造が問われる

採点者（大学教員）が口頭試問で確認したいのは「答えが出るか」ではなく「思考の構造を説明できるか」です。この授業で習得する「上から俯瞰する」視点は、あらゆる試験形式に通用します。

続きは講義でご覧いただけます

この教材には、採点者の視点・核心的な解法・入試問題・演習・まとめがさらに収録されています。

大学教授陣が設計した「普通の授業では出会えない接続点」を体験できる完全版は講義でご提供いたします。

清光学院 AP SEIKO 理系講座 © 清光教育総合研究所