

# 生物化学 II 速習

井上 翔太

2023 年 7 月 27 日

- magenta の文字列をタップすると、参照先へジャンプできます。
- ヘッダから目次へ戻ることができます。

## 目次

<b>1 大局観</b>	<b>1</b>
1.1 ATP を合成すること	1
1.2 基質レベルでのリン酸化	1
1.3 酸化的リン酸化	1
<b>2 酵素の命名について</b>	<b>2</b>
<b>3 解糖系</b>	<b>3</b>
3.1 反応フロー	3
3.2 全反応	3
<b>4 クエン酸サイクル</b>	<b>4</b>
4.1 反応フロー	4
4.2 全反応	5
<b>5 電子伝達系・酸化的リン酸化</b>	<b>6</b>
5.1 P/O 比	6
<b>6 過去問 (一部)</b>	<b>7</b>

# 1 大局観

内容はすべて代謝である。代謝とは、臓器の機能維持などに必要な物質を合成する働きである（代謝はふつう低分子レベルで起きる。タンパク質や多糖といったポリマーの分解は消化である）。とりわけ、様々な代謝過程（吸エルゴン反応）で必要となる ATP を合成するための機構を学ぶことが主たる目的。

## 1.1 ATP を合成するという事

さまざまな代謝過程に存在する吸エルゴン反応を進行させるためには、高エネルギー化合物である ATP（アデノシン三リン酸）が必要である。ATP は ADP をリン酸化することで得られる：

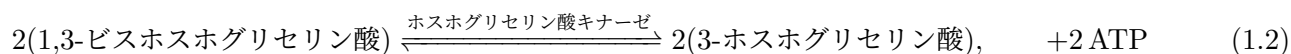


ATP を生じるリン酸化はおもに 2 つの機構で起きる：**基質レベルでのリン酸化**と、**酸化的リン酸化**。以下では、グルコース 1 分子に対する量論で ATP 合成を考える。

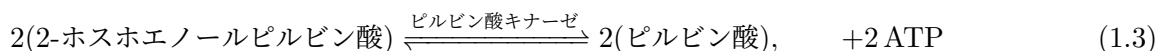
## 1.2 基質レベルでのリン酸化

代謝経路の合成段階で起きる ATP 合成のこと。以下の 3 つの反応が当てはまる。

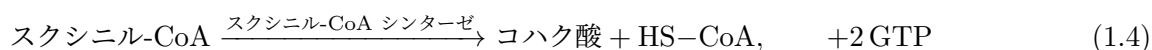
解糖系 第 7 反応：



解糖系 第 10 反応：



クエン酸サイクル 第 6 反応：



## 1.3 酸化的リン酸化

補酵素 NADH, FADH<sub>2</sub> は電子キャリアーとしての役割を持ち、それぞれ 1 対の電子を電子伝達系まで送り込む（電子伝達系で再酸化される）。送り込まれた電子は電子伝達系の複合体を（間接的に）通過することでプロトン濃度勾配を作り出し、この濃度勾配の解消にともなうエネルギー放出で ATP を大量に合成する。これが酸化的リン酸化。

## 2 酵素の命名について

酵素は基本的に触媒する反応の基質名 + 反応の内容 + *-ase* で命名される。

表 1: おもな酵素の種類

接尾辞	触媒する反応	由来	備考
<i>-ase</i>	特定の物質の合成?	知らん	
<i>-kinase</i>	ATP 生成/ADP 生成	知らん	
<i>-dehydrogenase</i>	脱水素 (酸化)	水素 (hydrogen)	だいたい反応に補酵素が絡む
<i>-isomerase</i>	異性化	異性化 (isomerization)	
<i>-mutase</i>	原子団移動	変形 (mutation)	

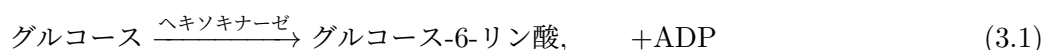
各反応の基質と反応の内容を覚えれば酵素の名前はおのずとわかる。

### 3 解糖系

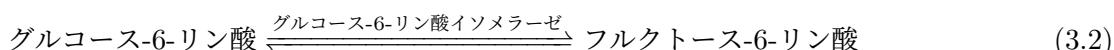
グルコース (C<sub>6</sub>) が 2 分子のピルビン酸 (C<sub>3</sub>) に至る代謝過程である。第 6 反応以降は量論が 2 倍になることに注意。

#### 3.1 反応フロー

##### 1. リン酸化：



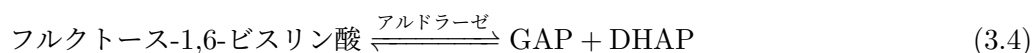
##### 2. 異性化：



##### 3. リン酸化：



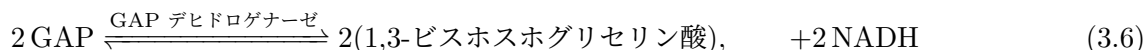
##### 4. アルドール解裂：



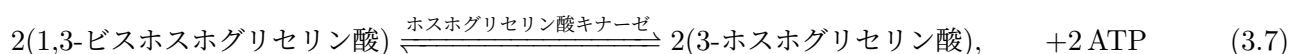
##### 5. 異性化：



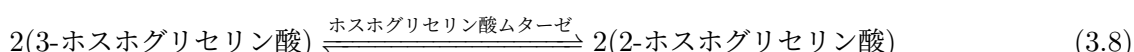
##### 6. 酸化：



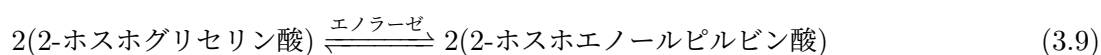
##### 7. 脱リン酸：



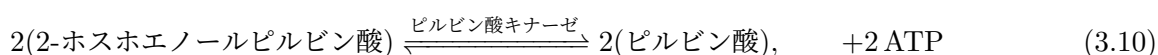
##### 8. リン酸基転移：



##### 9. エノール化：

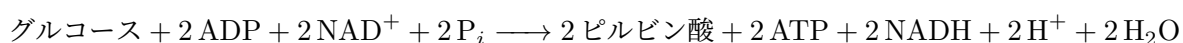


##### 10. 脱リン酸：



#### 3.2 全反応

##### 解糖系：全反応



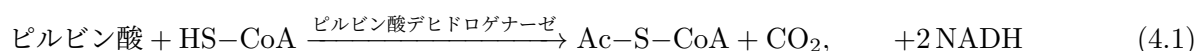
2NADH と 2ATP が生成する。O<sub>2</sub> を必要とせずに ATP を生産できる。したがって、嫌気的条件下では解糖系のループで ATP を大量合成することになる（ピルビン酸から乳酸への経路，Cori サイクル）。

## 4 クエン酸サイクル

解糖系で生成した2分子のピルビン酸が、ループによって補酵素 NADH, FADH<sub>2</sub> に変換される過程である。ATP 合成（異化）の中間経路でありながら、各種代謝経路の基質を供給（同化）する役割もある両性代謝経路である。

### 4.1 反応フロー

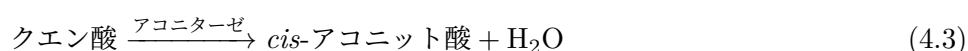
#### 1. アセチル CoA 生成（酸化）：



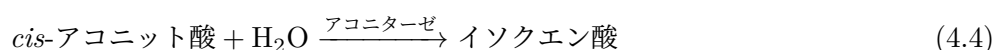
#### 2. クエン酸生成：



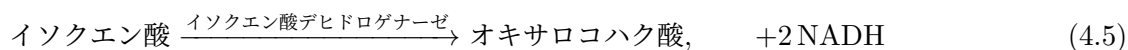
#### 3A. イソクエン酸生成（脱水）：



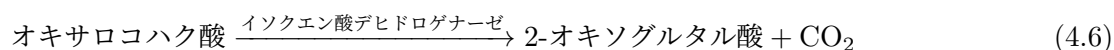
#### 3B. イソクエン酸生成（水付加）：



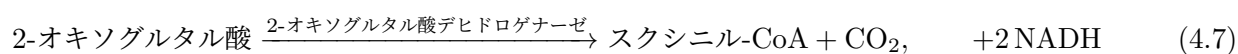
#### 4A. 2-オキシグルタル酸生成（酸化）：



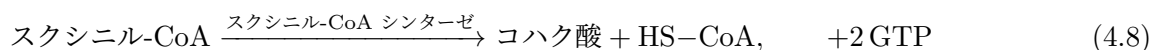
#### 4B. 2-オキシグルタル酸生成（脱炭酸）：



#### 5. スクシニル-CoA 生成（脱炭酸）：



#### 6. コハク酸生成（GTP 生成）：



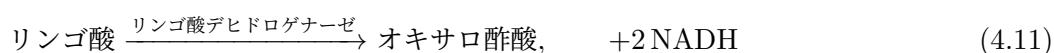
#### 7. フマル酸生成（酸化）：



#### 8. リンゴ酸生成：



#### 8. オキサロ酢酸生成（酸化）：



## 4.2 全反応

### クエン酸サイクル：全反応

これはピルビン酸 1 分子での式である。グルコース 1 分子からは倍量生成する。



クエン酸回路ではほとんど ATP は合成されない (GTP は ATP と同一とみなしていいが)。ATP 合成におけるクエン酸回路の役割は、**酸化リン酸化で使う補酵素 NADH, FADH<sub>2</sub> を大量合成すること**である。これらの補酵素は、酸化リン酸化の部分で ATP に変わる。

## 5 電子伝達系・酸化のリン酸化

### 5.1 P/O 比

## 6 過去問（一部）

パスツール効果とはなにか？

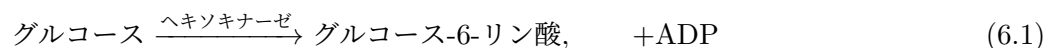
O<sub>2</sub> によって解糖速度が低下する現象。嫌氣的生物では酸化的リン酸化を利用することができず、ATP 合成経路は解糖系のみである。解糖系ループで ATP を大量合成するには NAD<sup>+</sup> が必要であるが、嫌氣的生物ではこれをピルビン酸からのアルコール発酵で賄う。

グリコーゲンホスホリラーゼによる G1P 生成の機構は？

グリコーゲン分枝の 4 残基目から先を G1P として分離→ 3 残基を非還元末端に転移→ 1 残基を加水分解で遊離。

なぜ血中グルコースを用いるよりもグリコーゲンを分解した方が効率がいいのか？

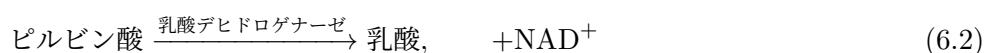
血中グルコースは、G6P への変換で



の反応によって ATP を消費する。グリコーゲン分解によって G6P を生成した場合は、ATP の消費がないためエネルギー的に有利。

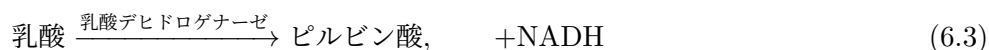
酸素不足である場合に乳酸が生成するメカニズムは？

好氣的生物において、嫌氣的条件ではクエン酸回路以降の反応は進行しないため、ATP を解糖系で得なければならぬ。解糖系ループを回すためには酸化剤 NAD<sup>+</sup> が必要なため、NADH を酸化し NAD<sup>+</sup> を得るためにこの機構が必要である。



嫌気下での乳酸アシドーシスを解消する Cori 回路の機構は？

乳酸は可逆的にピルビン酸へと変換される：



ピルビン酸は糖新生における基質であるため、最終的にグルコースへと変換できる。このようなグルコース、ピルビン酸、乳酸を経由する可逆経路を Cori 回路という。