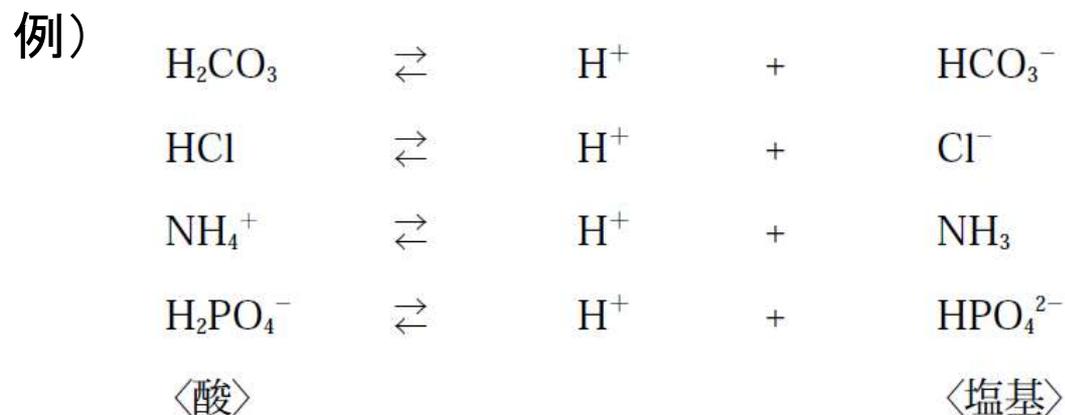


# 酸塩基平衡

# 酸・塩基とは

酸とは解離して  $\text{H}^+$  を放出するもの

塩基とは  $\text{H}^+$  を受け取るもの



# 生体内での酸の産生

## ▶ 揮発性酸 (肺から呼出)

細胞呼吸でCO<sub>2</sub>として産生 ( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ )

20000 mEq/日

## ▶ 不揮発性酸 (腎臓から呼出)

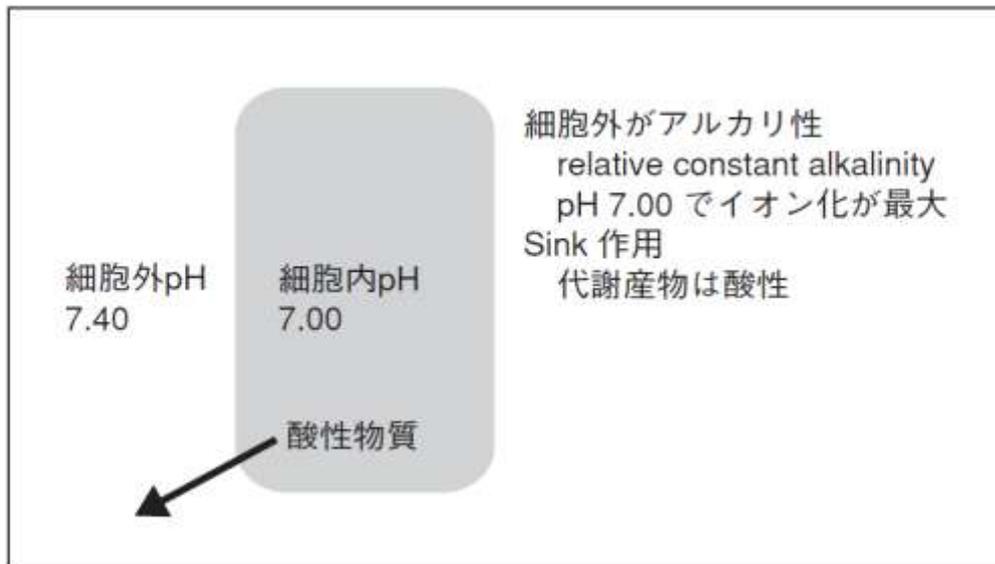
タンパク代謝 (硫酸, リン酸), リン脂質代謝 (リン酸)  
糖代謝 (乳酸, ピルビン酸), .....

50 mEq/日

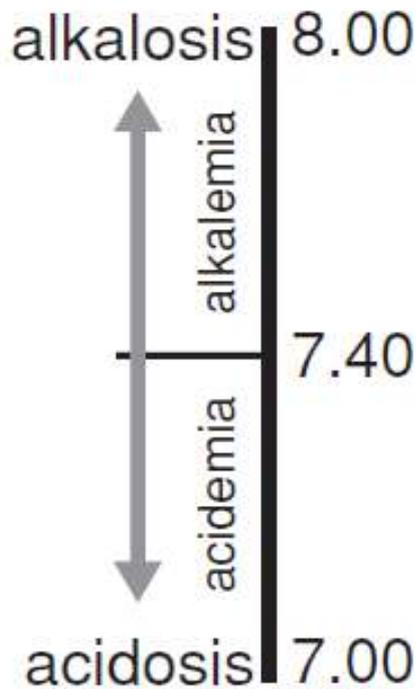
pH は H<sup>+</sup> 濃度の逆数の常用対数

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$$

H<sup>+</sup> 濃度は中性で 10<sup>-7</sup> mol → 中性の pH は 7.0



pH	[H <sup>+</sup> ], nanomol/L
7.80	16
7.70	20
7.60	26
7.50	32
7.40	40
7.30	50
7.20	63
7.10	80
7.00	100
6.90	125
6.80	160



- 血清pHが7.4未満→アシデミア
- 血清pHが7.4以上→アルケミア
- pHを下げようとする病態→アシドーシス
- pHを上げようとする病態→アルカローシス

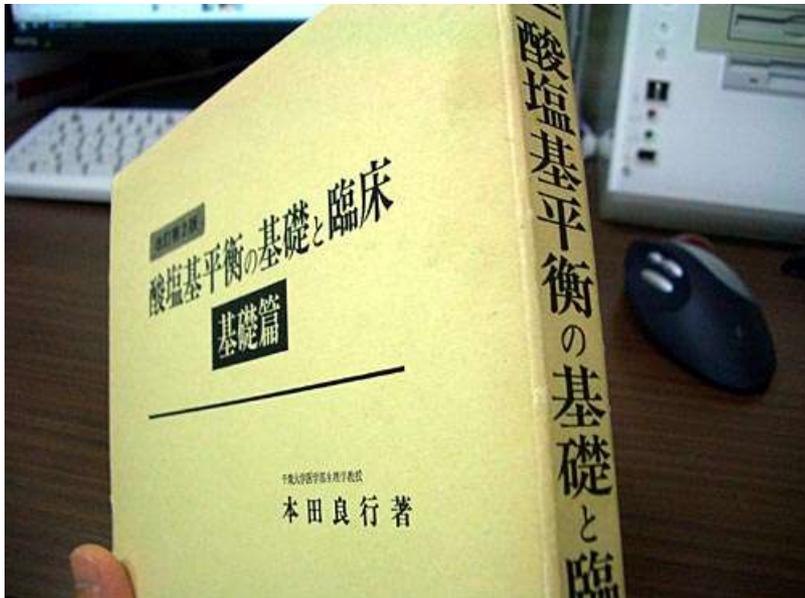
## 酸・塩基平衡異常

酵素反応に影響  
電解質分布異常  
膜透過性の異常

# Henderson-Hasselbachの式

$$\text{pH} = 6.10 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \times \text{PaCO}_2}$$

$$\text{pH} = \frac{\text{代謝性因子}}{\text{呼吸性因子}}$$

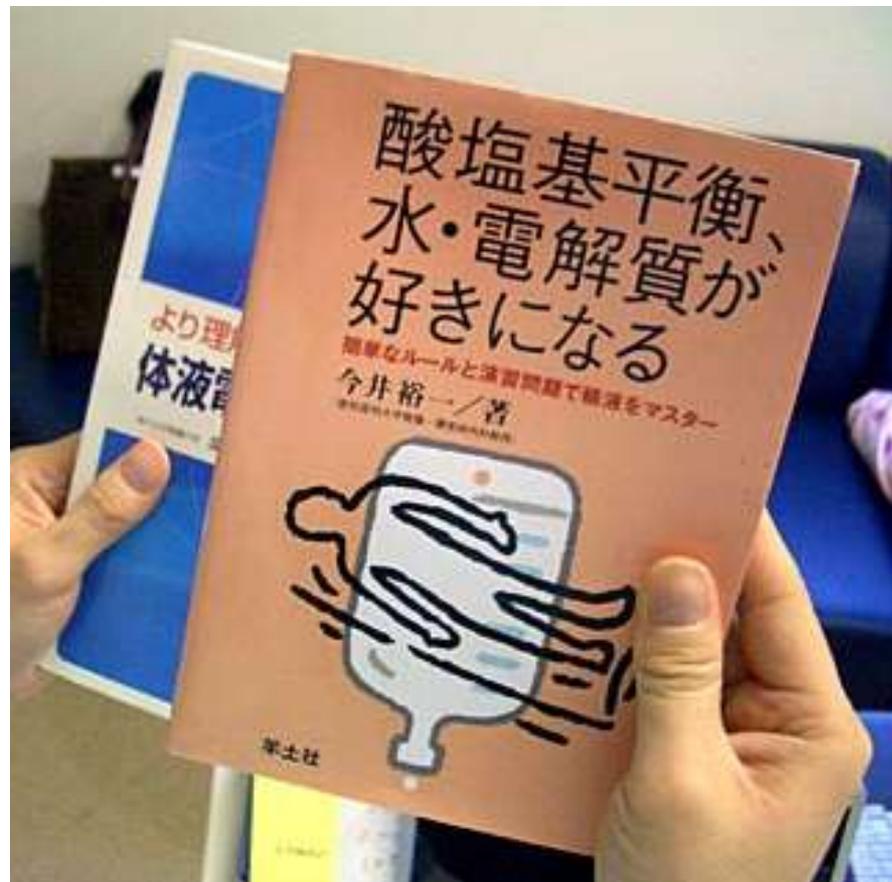


...表わされる (自由エネルギーについてはⅣの項で述べる).  $r_1$  および  $r_2$  は, それぞ  
 および  $C_2$  にたいする活量係数である.  $\Delta G$  のうち  $-RT \ln \frac{r_2}{r_1}$  はイオンが荷電を  
 ...ため, 理想溶液における自由エネルギーの変化よりの偏差の大きさを表わす. も  
 溶液が理想的に挙動し, 特別の場合として  $C_1=C_2$  とすると, 荷電していないイオン  
 $Z_c e_0$  まで荷電が増加させられたときの自由エネルギーの変化に等しく,  $1=$  のイオン  

$$\ln T \ln r = \int_0^{Z_c e_0} \psi_1 dQ = - \int_0^{Z_c} \frac{Z_c e_0^2}{D} \cdot \frac{1}{a^0 + \frac{1}{K}} dz = - \frac{1}{2} \cdot \frac{Z_c^2 e_0^2}{D} \cdot \frac{K}{Ka^0 + 1}$$

$$\therefore -\ln r = \frac{Z_c^2 e_0^2}{2DkT} \cdot \frac{K}{1 + Ka^0}$$
 なる. ただし  $dQ = e_0 dz$  である.  
 上式を常用対数にあらため, イオンの荷電に無関係な恒数を  $A, B$  なる常数  
 と  

$$-\log r = \frac{AZ_i^2 \sqrt{\mu}}{1 + Ba^0 \sqrt{\mu}}$$
 ...  $\mu$  はイオンの有効イオン直径と呼ばれ  $\lambda$  で表わされる. これは雰



# 酸・塩基平衡障害

## 4つの基本形(分類)

$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \times \text{Pco}_2}$$

← 代謝性因子 (主として腎)  
← 呼吸性因子 (肺)

pH変化の原因		分類
pH ↓	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] ↓	代謝性アシドーシス
	Pco <sub>2</sub> ↑	呼吸性アシドーシス
pH ↑	[HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ] ↑	代謝性アルカローシス
	Pco <sub>2</sub> ↓	呼吸性アルカローシス

	pH < 7.4 アシドーシス	pH > 7.4 アルカローシス
代謝性	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> < 24	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> > 24
呼吸性	PaCO <sub>2</sub> > 40	PaCO <sub>2</sub> < 40

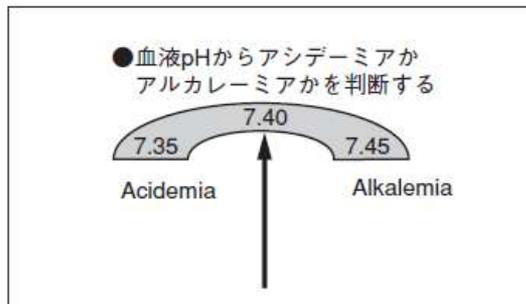
# 酸・塩基平衡障害の解析

1st step : pH	低い アシドーシス	高い アルカローシス	
2nd step :	呼吸性	PaCO <sub>2</sub> ↑	PaCO <sub>2</sub> ↓
	代謝性	BE or HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↓	BE or HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ↑

3rd step : 代謝性アシドーシスならアニオンギャップを計算する

4th step : 代償 ?

Step 1



Step 2

・ 血液ガス異常が、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>の変化によるものか Pco<sub>2</sub>の変化によるものかを判断する

$$\text{pH} = 6.1 + \log \frac{[\text{HCO}_3^-]}{0.03 \times \text{Pco}_2}$$

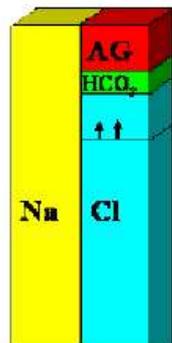
# 代謝性アシドーシスを2つに分類する

## 鑑別的手段 - アニオンギャップ (AG) -

$$\begin{aligned}\text{アニオンギャップ} &= \text{Na}^+ - (\text{Cl}^- + \text{HCO}_3^-) \\ &= \text{正常は } 6 \sim 13 \text{ mEq/L} \\ &20 \text{ 以上あれば確実に異常}\end{aligned}$$

- ▶ アニオンギャップが正常の代謝性アシドーシス
- ▶ アニオンギャップが高い代謝性アシドーシス

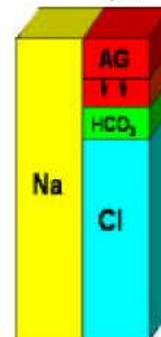
### ★ アニオンギャップ正常の代謝性アシドーシス



- ① 下痢
- ② 尿細管性アシドーシス
- ③ 糖尿病性ケトアシドーシスの回復期
- ④ 炭酸脱水素酵素阻害剤

### ★ アニオンギャップ上昇の代謝性アシドーシス 原因は4つ

(Cl<sup>-</sup> 以外のマイナスイオンがたまる)



- ① ケトアシドーシス
- ② 乳酸アシドーシス
- ③ 尿毒症
- ④ 毒物 (メタノール、サリチル酸、エチレングリコール)

# 代償

生体は  $\text{CO}_2$  や  $\text{HCO}_3^-$  の濃度を正常に保つよりも pH を正常に保つことを優先する。

## 生理的代償反応 アシドーシスが起こると...

	代謝性	呼吸性
1次性変化	$\text{HCO}_3^-$ の低下	$\text{PaCO}_2$ が上昇
pHの変動	pHが低下	pHが低下
代償反応	$\text{PaCO}_2$ が低下	$\text{HCO}_3^-$ の上昇
最終的なpH	pHが上がる	pHが上がる

# 代償反応の限界値

		限界値
代謝性アシドーシス		$\text{PaCO}_2 = 15\text{mmHg}$
代謝性アルカローシス		$\text{PaCO}_2 = 60\text{mmHg}$
呼吸性アシドーシス	急性	$\text{HCO}_3^- = 30\text{mEq/L}$
	慢性	$\text{HCO}_3^- = 45\text{mEq/L}$
呼吸性アルカローシス	急性	$\text{HCO}_3^- = 18\text{mEq/L}$
	慢性	$\text{HCO}_3^- = 12\text{mEq/L}$

予測範囲内 → 単純性酸塩基平衡以上

予測範囲外 → 混合性酸塩基平衡以上