



## 血液ガス分析と酸塩基平衡（2）

—pH, Astrup, pCO<sub>2</sub>—

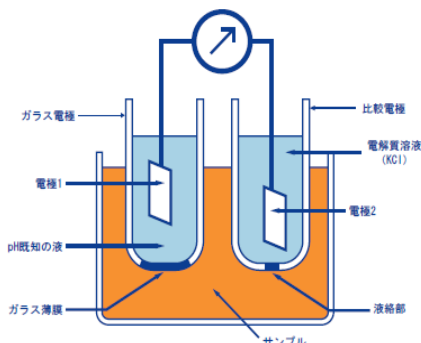
<https://l-hospitalier.github.io>

2016.7

### 感染対策の基礎知識

#53

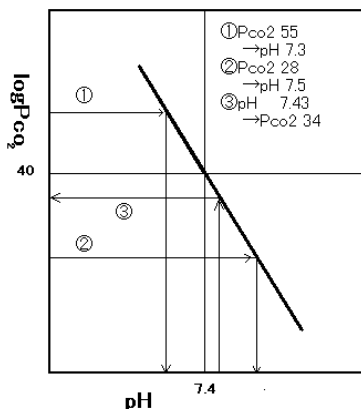
PO<sub>2</sub>の次に重要なのは pCO<sub>2</sub>。生体は炭水化物を TCA 回路で酸化してエネルギーを得るので、最終産物である H<sub>2</sub>O と CO<sub>2</sub>の排泄は重要。1955 年頃オハイオ州立大の Stow 博士\*が CO<sub>2</sub>電極を発明。世に出るのは 1970 年代に UCSF の麻酔医セブリングハウスが3種の電極をまとめて **Severinghaus 型電極**とし、臨床血液ガス分析をしてから。CO<sub>2</sub>は直接測定ではなく実は pH 測定。【水素イオン指数】**pH**は 1909 年デンマークのソーレンセンが **pH = -log [H<sup>+</sup>]** と定義。F. Haber (1909) がガラス電極を発明。



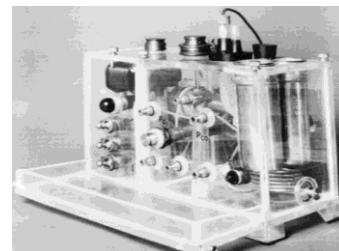
極めて薄いリチウムガラス膜の外内外に pH の異なる溶液があると、薄膜部分に pH の差に比例した電位を発生。特産レモンの酸味測定にカリフォルニア工科大の Beckman 博士が世界初の pH メータを開発 (1934)。1954 年にデンマークの Radiometer 社が世界初の血液 pH 測定システムを開発。コペンハーゲン大の Astrup 教授は PCO<sub>2</sub>測定法を発見。Radiometer 社は血液ガス分析機器メーカーの老舗で、私も世界初の自動校正ガス分析器 ABL-1 にお世話になった（それ以前 1971 年頃、会津の病院では Instrumentation Laboratory 社の IL メータで深夜 3 種混合標準ガスをゆっくり流し校正に 1 時間もかかった）。先輩は皆（速い）アストラップ（当時は（今でも？）「アストラップ」とは「血液ガス分析」のこと）。【アストラップ法】では検体血液を①②③と 3 等分。①には Pco<sub>2</sub> = 55 mmHg の炭酸ガスを吹き込み、pH を測定 (=7.3)。②には Pco<sub>2</sub> = 28 mmHg の炭酸ガスで pH = 7.5 ③はそのまま測定して pH = 7.43。pH と Pco<sub>2</sub>を両対数グラフに記入し、①と②の回帰直線を引いて③の pH = 7.43 の時の Pco<sub>2</sub>=34mmHg を求める（内挿法）。3 検体で**重炭酸イオン濃度**が同じだからで **Henderson-Hasselbalch 式\*\*** **pH = 6.1 + log ( [HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] / [PCO<sub>2</sub>(mmHg)×0.03] )** はこの関係を示す。【Stow\*の CO<sub>2</sub>電極】は pH ガラス電極の周囲に定濃度の重炭酸イオン塩溶液（重曹）を満たし半透膜で囲ったもの。血中の CO<sub>2</sub>は半透膜を通過して重炭酸イオン液の中に移動して重炭酸イオンと pCO<sub>2</sub>で決まる pH を示す。pH と pCO<sub>2</sub>の関係が一義的に決まり校正により pCO<sub>2</sub>測定可能。【Stow-Severinghaus 電極】右図は UC San Francisco のセブリングハウス博士作成の世界初の pH、pO<sub>2</sub>、pCO<sub>2</sub>同時測定血液ガス分析装置（スミソニアン博物館）。



アストラップ法によるPco<sub>2</sub> 測定の原理



炭酸イオン液の中に移動して重炭酸イオンと pCO<sub>2</sub>で決まる pH を示す。pH と pCO<sub>2</sub>の関係が一義的に決まり校正により pCO<sub>2</sub>測定可能。【Stow-Severinghaus 電極】右図は UC San Francisco のセブリングハウス博士作成の世界初の pH、pO<sub>2</sub>、pCO<sub>2</sub>同時測定血液ガス分析装置（スミソニアン博物館）。



\*Dr. Stow はオハイオ州立大の人工心臓の技師でした。 \*\*ヘンダーソン・ハッセルバルヒの式、知らないとこの世界ではモグリと言われる。 pKa (炭酸の解離定数) = -log ( [H<sup>+</sup>][HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>] / [H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>] ) = 6.1 (Ka= 約 2.5×10<sup>-4</sup>)。