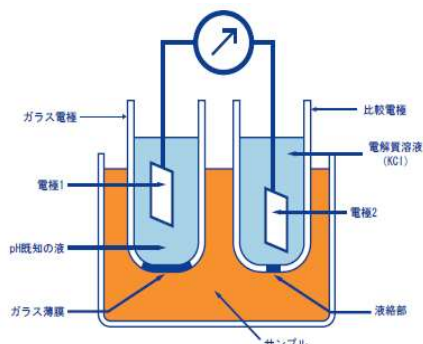


## － 血液ガス分析と酸塩基平衡（２） － pH, Astrup, pCO<sub>2</sub>

2016.7

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。

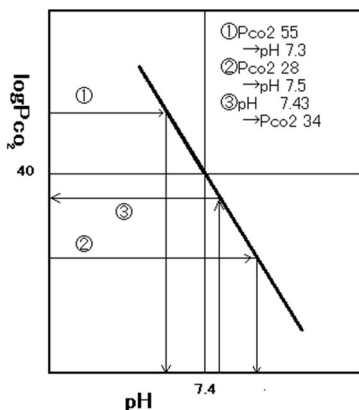


極めて薄いリチウムガラス膜の内外に pH の異なる溶液があると、薄膜部分に pH の差に比例した電位を発生。特産レモンの酸味測定にカリフォルニア工科大の Beckman 博士が世界初の pH メータを開発 (1934)。1954 年にデンマークの Radiometer 社が世界初の血液 pH 測定システムを開発。コペンハーゲン大の Astrup 教授は PCO<sub>2</sub> 測定法を発見。Radiometer 社は血液ガス分析機器メーカーの老舗で、私も世界初の自動校正ガス分析器 ABL-1 にお世話になった（それ以前 1971 年頃、会津の病院では Instrumentation Laboratory 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）。

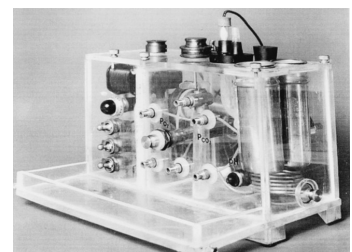


【アストラップ法】では検体血液を①②③と 3 等分。①には Pco<sub>2</sub> = 55 mmHg の炭酸ガスを吹き込み、pH を測定 (=7.3)。②には Pco<sub>2</sub> = 28 mmHg の炭酸ガスで pH = 7.5 ③はそのまま測定して pH = 7.43。pH と Pco<sub>2</sub> を両対数グラフに記入し、①と②の回帰直線を引いて③の pH = 7.43 の時の Pco<sub>2</sub> = 34 mmHg を求める（内挿法）。3 検体で**重炭酸イオン濃度**が同じだからで **Henderson-Hasselbalch 式**\*\* **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

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肺の技師でした。 \*\*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>) 。