

4-2. 環境センサー～酸素濃度を計測する～

目的

センサ (Sensor) は外界における物理量, 化学量, あるいはその変化を電気 (光学) 信号に変換して検知するデバイスをいう。古くから肉眼では見えないガスの有無, あるいは濃度を簡単に知る方法が望まれていた。化学センサはそれを実現するものであり, プロパンや都市ガスの漏れに応答するセンサ (家庭用のガス漏れ警報機), 自動車の空燃費制御用の酸素センサ, 湿度の変化に応答するセンサなどが既に実用化されている。

酸素センサは酸素濃度の変化が人間の生死にかかわることもあり, その用途が非常に広い表1に酸素濃度とその濃度で人間が受ける症状をまとめた。例えば, マンホールやトンネル内では酸素濃度が低下するので, それらの場所での作業では必ず作業前に酸素濃度を調べるのが不可欠である。また, 植物の生育にも適切な酸素濃度が存在するので, 温室などに酸素センサを設置して常時, 濃度をモニターしている。このように酸素センサは人類の生活には必要なものになってきている。酸素センサはその検知方法から幾つか提案されているが, ここでは世界的にも最も実績がある隔膜ガルバニ電池式酸素センサを自作して, 酸素濃度を測定してみる。

隔膜ガルバニ電池式酸素センサは作業現場などで実際に使われているセンサである。その構造を図1に示す。

図に示すように貴金属 (金や白金) と鉛の電極 (Electrode) 電解液がに置かれ, この貴金属電極に隔膜 (ガス透過膜) を密着させた構造になっている。金電極と鉛電極を電解液に浸し, リード線をつなぐと電池となる (ガルバニ電池)。酸素が隔膜を透過すると, 金電極では式1に示す還元反応が, 一方, 鉛電極では式2に示す酸化反応が起こり, 電流が発生する。これに抵抗を繋いで抵抗両端の電圧を測定することで酸素濃度を調べることができる。

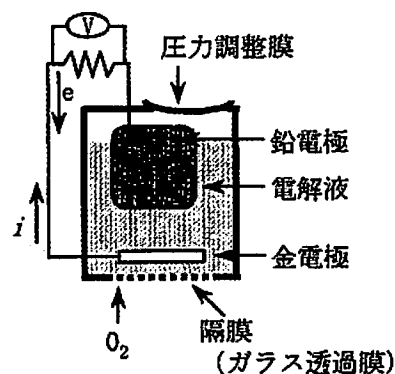


図1

陰極上での酸素ガスの還元反応



陽極での鉛の酸化反応



表1 酸素濃度と人間が受ける症状

酸素濃度	症状
21-18%	特に問題はないが, 連続換気が必要
16-12%	呼吸・脈拍数増加, 精神集中力低下, 頭痛・耳鳴り・吐き気
14-9%	意識もうろう, 頭痛, 顔面蒼白, 全身脱力
10-6%	昏倒・意識消失, 全身の筋けいれん
6%以下	意識不明・昏睡, 呼吸停止, 心臓停止, 数分で死亡

実験装置

電極（市販品）、専用チャンパー（市販品）、ガス混合器、ゴム管、レコーダー、酸素ポンプ、窒素ポンプ、炭酸水素ナトリウム、ピーカー、アルギン酸ナトリウム、サンドペーパー、筆、ポリエチレン袋、O-リング、グラフ用紙、ドライアイス、ビニール袋

実験方法

（電解液を作る）

1. ピーカーの中に 0.3g の炭酸水素ナトリウムを入れ、20cc の純水を加える。
2. この水溶液にアルギン酸ナトリウム 0.5-2.0g くらいを加える。アルギン酸ナトリウムは、炭酸水素ナトリウム水溶液に溶けにくいので、少しずつ加える。

（センサの準備）

3. 市販の金電極、鉛電極をサンドペーパーできれいに磨く。
4. 電極部分に筆で電解液を塗り、ポリエチレン袋を切った膜をかぶせる。
5. O-リングで止める。金電極の周りに空気が残らないように、ポリエチレン袋を引っ張る（図2）。
6. センサにリード線を付け、1kΩの固定抵抗をセンサと並列に取り付ける。
7. 図3に示すような実験装置を準備する。

（検量線の作成）

8. 酸素 10cc/min、窒素 90cc/min の混合ガス（酸素濃度 10%）を流して、安定後の酸素センサの出力（電圧）を読み取る。
9. 同様にして 20、30%酸素での酸素センサの出力（電圧）を読み取る（図4）。
10. 縦軸にセンサ出力（mV）、横軸に酸素濃度（%）とした検量線を作成する。

（未知試料の測定）

11. 酸素が欠乏する条件を作り出して、そのガスを自作したセンサで測定する。

例えば、.....

ドライアイスの煙の中（図5）

液体窒素の周辺

自分の呼気をためた袋 など

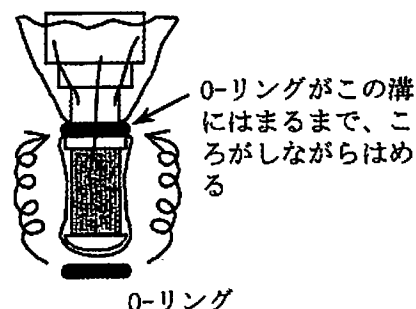


図2

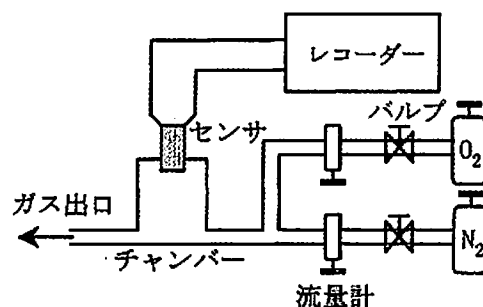


図3

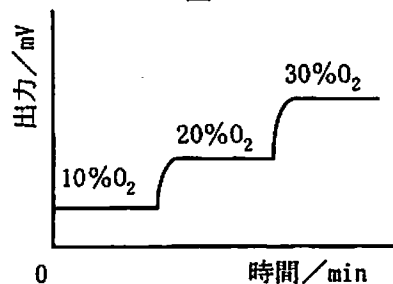


図4

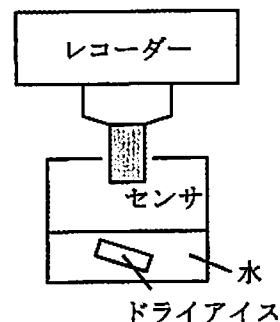


図5

考察

1. ポリエチレン膜以外の膜を使用してみる. 膜にどのような特性が必要であるかを考える.
2. センサに取り付けた固定抵抗を100Ωや5kΩに代えると, 電圧はどうなるだろうか?
3. 窒素ガスを流すと, 電圧はどうなるだろうか?
4. 酸素センサはどのような場所で使用されているのだろうか? また, 隔膜ガルバニ電池式酸素センサ以外にどのような酸素センサがあるのか?

必要な装置

名称	規格	個数 (量)
電極 (市販品)		1
専用チャンバー (市販品)		1
ガス混合器		1
ゴム管		5 m
レコーダー		1
酸素ポンベ		1
窒素ポンベ		1
調圧計		2
ビーカー	100 ml	1
炭酸水素ナトリウム		1 g
アルギン酸ナトリウム		5 g
サンドペーパー		1
筆		1
ポリエチレン袋		1
O-リング		1
ドライアイス		100 g
ビニール袋		1
グラフ用紙		1

参考文献

1. 「化学センサー」, 清山哲郎編, 講談社サイエンティフィック (1982).
2. 「センサと材料」, 日本材料化学会編, 裳華房 (1987).