

## 「化学センサの原理と応用」

理研計器株式会社 石地 徹

### 1. はじめに

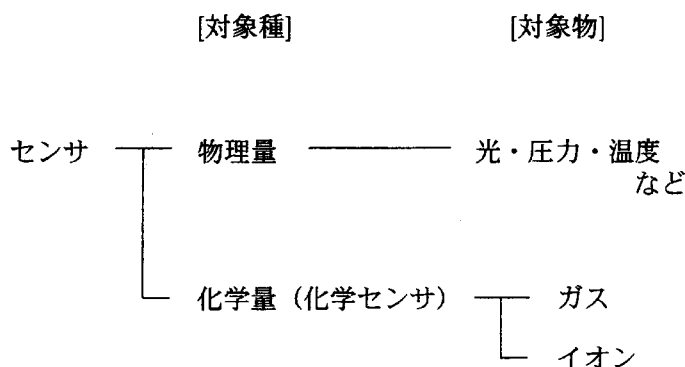
センサという言葉をいろいろなところで聞くようになった。ここでは測定対象物がガスであるセンサを例に取り、その反応原理と応用分野を解説する。

ガスセンサを組み込んだ警報器は、分析計のような高い精度は要求されないが、安定性についての要求は高い。熟練した人が使わなくても所定の性能を長期間保たねばならない。作業現場に取り付けられてから半年や一年経過後に危険なガスが漏洩しても、確実に検知しなければならない。うまく動作しなかったので、もう一度測定してみようなどということは許されないのである。分析計の使命である精度向上とは違ったガス警報器の開発の難しさがある。

### 2. センサの分類

ガスセンサの各論にはいる前に、まずセンサというものの定義とその呼び方について説明しておこう。「センサ」とは何らかの物理量や化学量をとらえ、電気的信号に変換して検知するデバイスであると定義されている。温度や圧力などの物理的諸量を計測する物理センサは、エレクトロニクスの発展に伴い著しい進歩を遂げ、労働現場や研究開発現場の作業効率や品質の向上に役立ってきた。これに対し、化学量の計測を対象とする化学センサの要求は高まっているものの、選択性や長期安定性の面で完成の域には達していない。この理由としては、化学センサの場合は対象とする化学物質とセンサの一部が反応することから、センサの自体が変化することが避けられないためである。

無理に結び付ける訳ではないが、埼玉大学の分析センターに置かれているような分析計はセンサの表面状態を調べるために有効である。物質の表面の微細構造や活性物質の分散状態などを調べるために電子顕微鏡、E S C A、X線回折装置などを、反応解析のためにF T I RやE S Rなどを使っている。



### 3. センサの歴史

センサという言葉が広く使われ始めたのは1980年代からであり、工業製品の大量生産をさらに進めるための自動化と高品質化がセンサを必要とする根源となっていた。センサで物の形を認識して、そっと掴み上げるようなCMで代表されるような、省力化センサが目された時代である。しかし、エレクトロニク

ス製品が格段の進歩を遂げたのに対し、センサの部分の性能はまだ充分ではないとの認識が現在でも残っている。この技術的なギャップが産業界全体をセンサの開発に注目させることになった。また、大学でもセンサ関連のテーマを取り上げているところが多い。

今回のテーマであるガスセンサは、1960年代に化学工業が急速に発展するに伴って普及してきた。多くの有機溶剤や可燃性ガスを扱うような化学工場や化学プラントでは事故防止を目的として設置が義務づけられている。現在では、ガスセンサを組み込んだガス警報器は爆発防止から作業環境の管理まで多くの産業分野で活躍している。

#### 4. ガスセンサの構造と原理

対象とするガスを可燃性ガス・酸素欠乏ガス・毒性ガスに分けて、各々のガスを測定する代表的なセンサの構造と反応原理を説明する。

##### (1) 可燃性ガスセンサ

可燃性ガスはプロパンガスや都市ガスで代表され、一定の濃度以上になり着火源があると爆発を起こす。可燃性ガスセンサとしては、接触燃焼式センサと半導体式センサが広く使われている。接触燃焼式センサは、図-1に示すように白金コイルに酸化触媒の固まりを付けた構造をしている。白金コイルに電流を流し熱しておく。そこに可燃性ガスが来ると酸化触媒によって燃焼し、コイルの温度が上がり抵抗値が増加する。抵抗値の増加量はガスの濃度にほぼ比例する。実際のセンサでは、ブリッジ回路により抵抗値の変化を電圧として取り出している(図-2)。

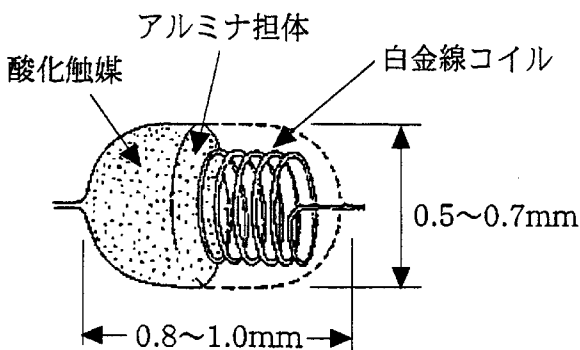


図-1 可燃性ガスセンサ  
(接触燃焼式)

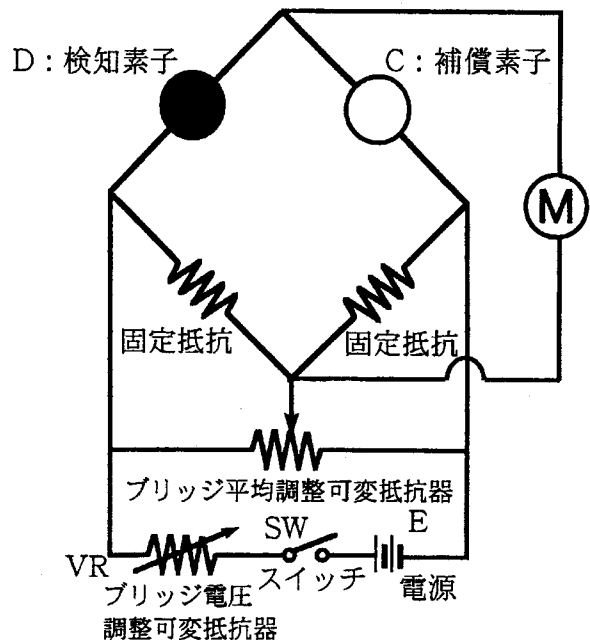


図-2 可燃性ガスセンサの回路

半導体式センサは、酸化スズなどの半導体特性を有した微粒子を焼結して、その両端に電極が取り付けられている。可燃性ガスが吸着すると半導体の抵抗が変化するのでガス濃度を知ることができる。

##### (2) 酸素ガスセンサ

地下のトンネルなどでは金属の酸化や微生物の呼吸作用で酸素が消費される。同様な現象がサイロやタンカーのタンクなどで起こる。このため、酸素欠乏の危険性がある場所では、作業者が立ち入る前に酸素計で酸素濃度が18%以上存在するかを確かめなければならない。

自動車に搭載されて空燃比の制御を行う酸素センサは、高温固体電解質を用いたジルコニア式センサが使われているが、作業環境の測定には隔膜ガルバニ電池式センサが多く使われている。

2種類の金属を電解液に浸すと電池が形成されるというガルバニ電池の原理を応用し、さらに酸素を透過する膜（隔膜）と組み合わせた構成である。図-3に示すような構造をしており、作用電極（陰極）で酸素が還元される。それに対応して対極（陽極）では鉛の電極が酸化される。両方の電極をリード線で結んでおくと電流が流れる。この電流は酸素の濃度に比例するので酸素濃度を知ることができる。

### (3) 毒性ガスセンサ

炭坑の中の一酸化炭素発生や地下トンネルの硫化水素などの毒性ガス検知のために、古くから電気化学センサが使われている。最近では半導体を製造する工程で使われるシランガス、アルシンガス、塩化水素ガス等へと用途が拡大している。

電気化学センサとは気体透過膜によりガスをセンサ内部の溶液に導き、作用電極上で電気分解するものである。一酸化炭素検知用のガスセンサの構造図を図-4に示す。気体透過膜としては多孔質のフッ素樹脂膜が使われる。作用電極は白金や金などが印刷法や真空蒸着法などで膜の片面に形成されている。

ポテンショスタットという電気回路で、参照電極（RE）に対し一定の電圧を作用電極（WE）に印加しておくと、毒性ガスは作用電極上で電気分解されて電流が流れる。この電流の大きさでガス濃度が分かる。

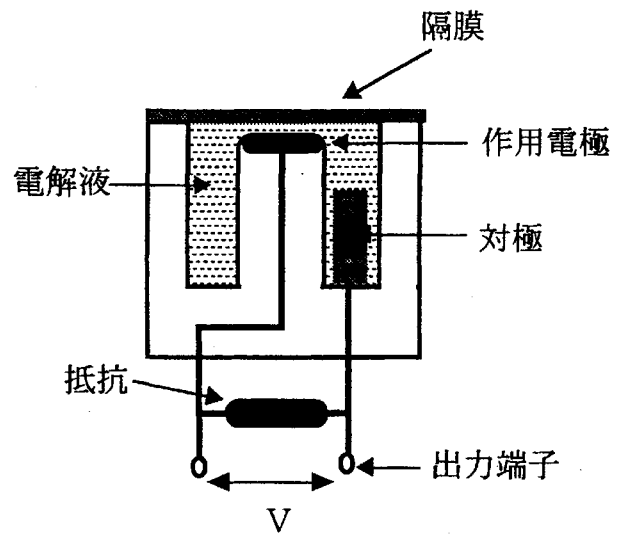


図-3 酸素センサの構造図

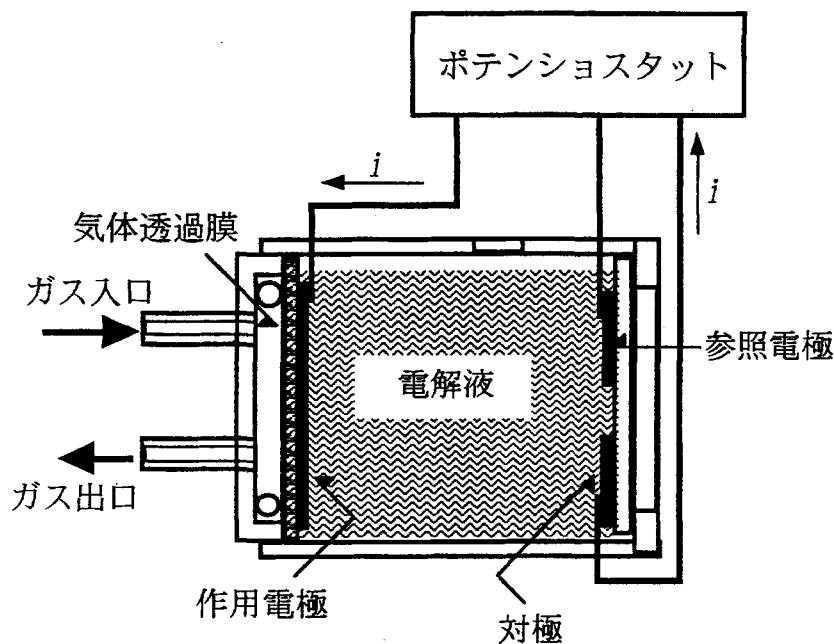


図-4 毒性ガスセンサ

#### (4) その他のセンサ

ガス分析計として知られている赤外分光分析計やガスクロマトグラフに内蔵されている検出器も、現場での使用に合わせて小型かつ堅牢に改造され、ガス警報器に利用されている。

### 5. 最後に

学生の皆さんが卒業して企業に入る。研究開発の部署に配属されたとしても描いていたイメージよりは泥臭い仕事をする事になると思う。私の場合も、ガスセンサの開発は同様に思えた。しかし、実は日常の仕事の中にも学術的に非常におもしろい事柄が隠れていた。それに気がついたのは、理化学研究所の先生から指導を受けようになってからである。これが修士を出てから10年以上も経って埼玉大学の博士課程に入学するきっかけとなった。

将来、皆さんが日常の仕事の中に科学的興味を見いだせたら、再度より深い研究にチャレンジしてもらいたい。企業に在籍したままで研究が続けられるという埼玉大学博士課程（社会人特別選抜）のシステムが身近にあるのだから。

－ 以上 －