

# ガソリン等の漏洩感知センサの機能向上検討と新構造パイプでの適用

高橋 進 (日大生産工・教授), 邊 吾一 (日大生産工・教授)

藤井 秀美 ((株) 藤井製作所・代表取締役社長)

## 1. はじめに

設備のヘルスマモニタリングを常時行うことにより、日本に特に多い地震等が発生した時に、設備に与える外力等の環境の変化または設備の老朽化が原因による災害を最小限に抑えることが可能となる。

ガソリンスタンド等で扱う可燃性燃料のタンクは通常地下に埋設されており、ガソリン搬送用のパイプ等も、地上から直接監視できない状況にある。したがって災害発生時における、これらの地下埋設物の健全性を確認・監視するシステムの研究開発が必要である。

これまで、ガソリン等を搬送する樹脂製配管に亀裂等が生じることにより、ガソリンが漏洩した時にその状態を知らせるセンサを評価した。評価したセンサは、ガソリンに接すると導電性ポリマーが膨張し、当該ポリマー同士が接することにより通電し、漏洩を感知する構造となっていた。このセンサは、ガソリンと接してから感知するまでに、20分以上必要であり、また、1度使用すると再使用が困難であった。そこで、本報告では、より短時間で漏洩に反応し、再使用可能なセンサの評価を行った。また、プラスチック製二重管を成形し、当該二重管にセンサを設置しての評価も行ったので報告する。

## 2. 漏洩センサ内蔵の配管

漏洩センサ設置例は、一般的には、図1に示すように、漏洩液を溜めるトレイ内に、配管の外に漏洩センサを配置して、トレイ内に配管とセンサを個別に設置する必要がある。システムの設置工数もかかる。また、センサが、剥き出しで設置されるために、ネズミ等に噛まれて、センサとしての機能が働かなくなる可能性もある。加えて、トレイに漏洩したガソリン等の液体は、外気に直接接触する状態にあり、火気が近くに有る場合、爆発する可能性があると共に、

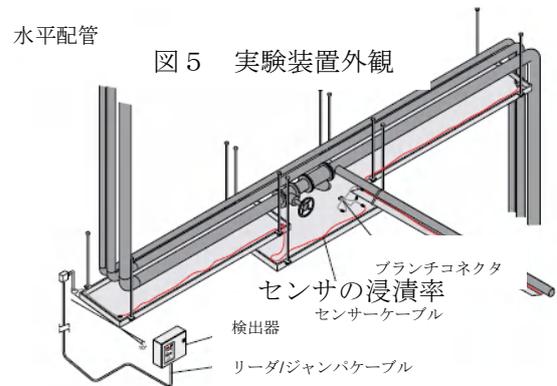


図1 配管における漏洩センサ設置例

液体が漏洩し始めると止めることが困難であることが容易に類推できる。

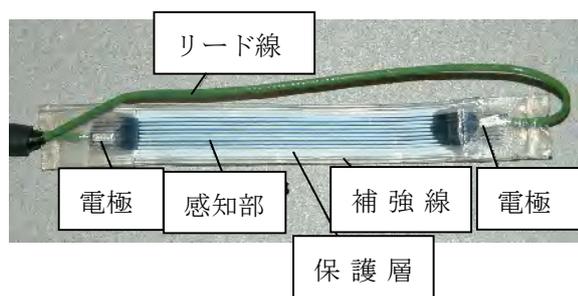
そこで、新規に開発した、配管に、液体搬送と液体の漏洩センサの双方の機能を持たせ、且つ、センサの保護を兼ね備えた二重管の新構造を図2に示す。外管は、高密度ポリエチレンを用いて成形される。図示する構造とすることにより、センサが露出していないので、ネズミ等による切断の危険性が無い。また、内管と外管の間隔が狭いので、内管が損傷して内在する液体が漏洩しても、その量は少なくて済み、被害を最小限にすることが可能となる。



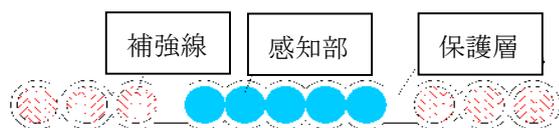
図2 漏洩センサ内蔵の配管

### 3. 新規のセンサの検討

配管に異常が発生した時に、できるだけ早く警報を出せることにより、災害を最小限に抑えることが可能となる。本報告でのセンサは、これまで検討したセンサより、感度が高い可能性があるため、耐久性等を含めて評価を行った。使用したセンサ（リークラン FDF-L-10：潤工社製）の外観を、図3に示す。



a) センサ外観



b) センサエレメント断面図

図3 漏洩センサ

センサエレメントは、フラットケーブル状で、その両端に電極がある。電極間は、導電性のある感知部で、その感知部を四フッ化エチレン樹脂 (PTFE) 膜で覆って保護している。センサの漏洩感知メカニズムを図4に示す。導電性カーボン粒子は、保護層のゴアテックスの膜の間にあり、その膜に、電極が接続されており、電極間の抵抗は安定している。保護層を透過したガソリン等の油分（絶縁物質）は、この粒子の隙間に浸透し、電極間の抵抗を増加させる。この抵抗の変化を検知器（LEAKLEARN OD-6B：潤工社製）が測定し、規定の抵抗値以上になると警報が作動する。

センサ部の厚さは、1 mm程度で、図2に示すセンサより薄いため、外管内に装着するのも比較的容易である。

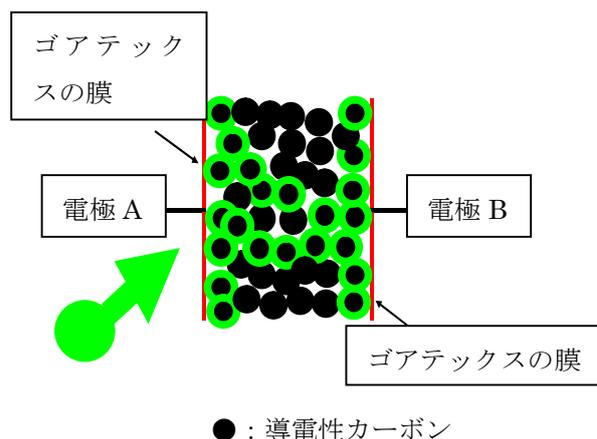


図4 センサの漏洩感知メカニズム

### 4. センサの再使用可能回数の検討

本センサの油分感知能力の再生回数を検討するために、下記の実験を行った。

実験では、センサの感知部をガソリンの入ったビーカーまたはステンレス製のトレイに浸漬させる。その後、油分をセンサが感知した後、トルエンに浸漬して10分超音波洗浄後、ドライヤーにて乾燥させ、次の実験を行った。実験装置の外観を、図5に示す。実験は、ドラフトチャンバーの中で行い、実験環境としては、室温で行った。

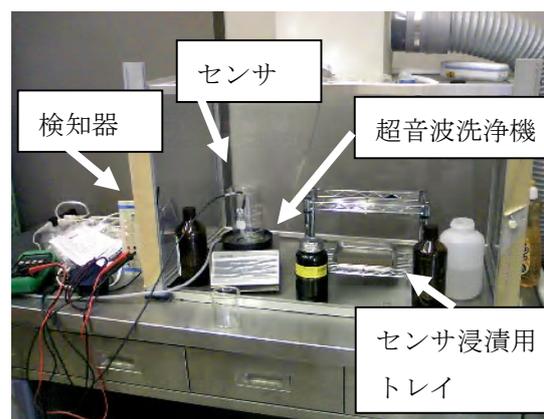


図5 実験装置外観

ドライヤーによる乾燥時間を決定するために、上記実験のサイクルにおいて、ドライヤーによる乾燥時間が、検知時間におよぼす影響を検討した。図6に、その結果を示す。グラフでは、同条件

で3回実験を行った結果の平均が示されている。ドライヤーによる乾燥時間を、1分から10分まで変化させた結果、3分以上では、感知時間が、34 sec から41 sec の範囲で安定している。以降の実験では、乾燥時間を10分で実験を行った。

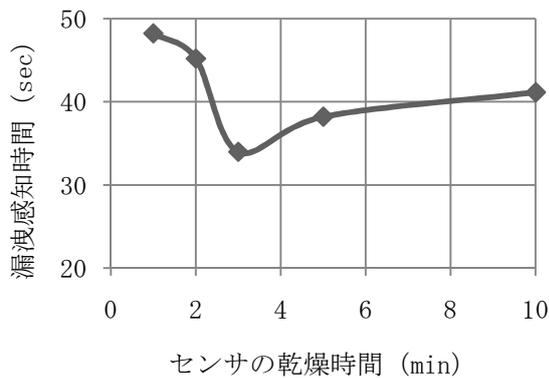


図6 センサの乾燥と漏洩感知時間の関係

次に、センサの再使用回数を検討するために、1本のセンサを上記実験条件で、20回繰り返した時の感知時間計測した。その結果のグラフを、図7に示す。感知した時の抵抗値は、1.06から1.13 kΩであった。感知時間は、20から77 sec まで変化したが、20回使用しても極端に検知時間が長くなることはなく、連続使用は、20回可能とした。

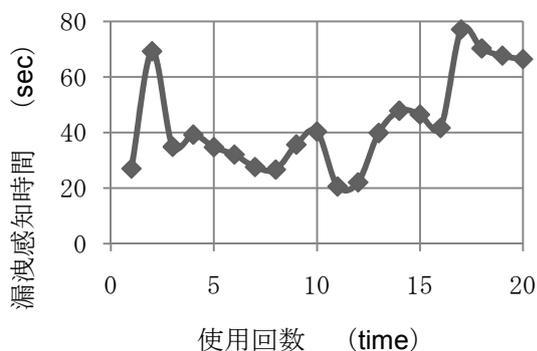
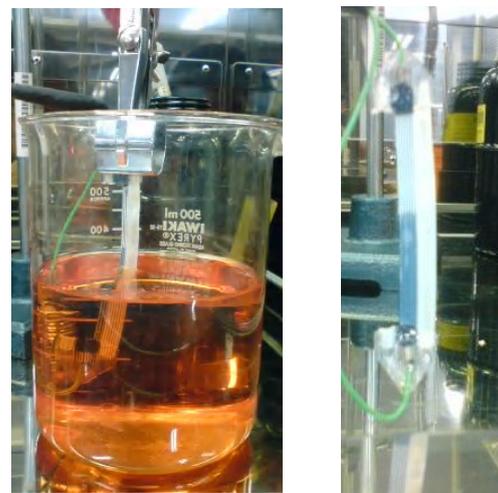


図7 センサの再使用時の漏洩感知時間の変化

### 5. センサの一部に漏洩した時の感知時間

本センサを実際のパイプで使用する場合、漏洩箇所によっては、センサ全体に漏洩液体がか

からない場合が考えられる。そこで、センサの一部をガソリン内にセンサの長さ方向と幅方向に浸漬させて、感知時間を観察した。図8 a)に、センサを長さ方向にガソリンに浸漬させている状態を示す。実験は、安全を考慮して、ドラフトチャンバ内で行った。本実験では、センサを試験後、前述の方法で洗浄し、条件を変更して実験を行った。図8 b)に、試験後のセンサを示す。ガソリンに触れた部分の色が濃くなっているのがわかる。



a)センサの感知実験状態      b)使用後の試験

図8 感知実験中のセンサと試験後のセンサ

センサ長さ方向の浸漬と感知時間の関係を図9に示す。センサの長さ方向の浸漬率が增加するに伴って、感知時間が短くなる傾向にある。また、センサを幅方向に、ガソリンを浸漬させた場合も同様に、浸漬率が增加するにしたがって、感知時

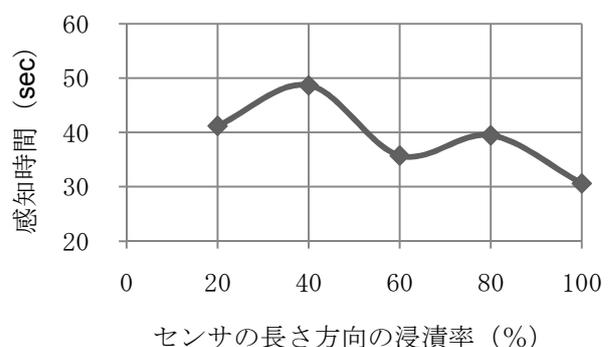


図9 センサの長さ方向の浸漬と感知時間の関係

間が短くなった。センサの幅方向のガソリンへの浸漬が感知時間に及ぼす影響を図10に示す。両社とも、同様の結果となったが、浸漬の増加割合に比較して感知時間の変化が少なく、浸漬の割合の大小にかかわらず感受性が高いと言え、センサとして良い特性を示していると考えられる。

次に、センサの破損の影響を示す。

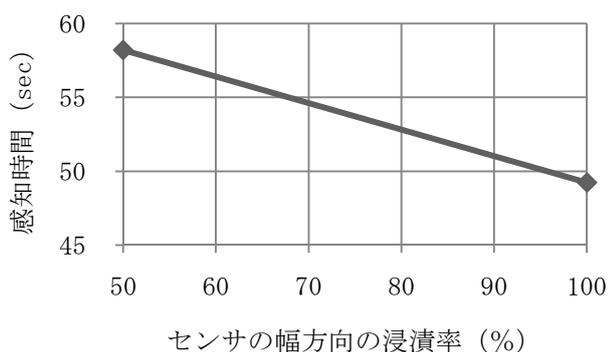


図10 センサの幅方向の浸漬と感知時間の関係

#### 6. センサの一部が破損した場合の感知時間

センサの使用環境によっては、センサの一部が破損する場合が考えられる。そのような場合も、センサ有効に働くことが期待されるので、故意にセンサの一部を切除した場合の感知時間に関して検討した結果を以下に示す。

図11に、センサの幅方向の残存率が、100%と20%の時のセンサを示す。センサは、カッターで切除した。図12に、センサの残存率を変化させかつ、長さ方向の浸漬の割合を、

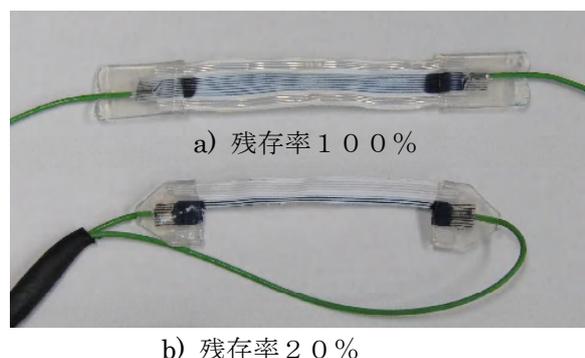


図11 残存率が100%と20%の場合のセンサ

50%および100%とした時の感知時間を示す。全体の傾向として、残存率の変化に対して、感知時間は、あまり変化なく、実適用において、かなりのダメージでもセンサとして機能する可能性があるといえる。

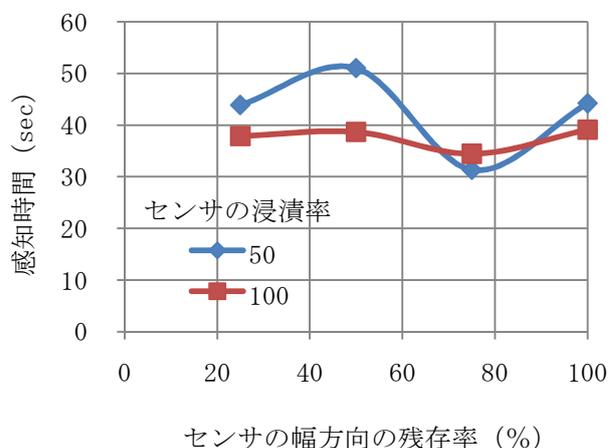


図12 センサの幅方向の残存率と感知時間の関係

#### 7. 二重管への装着での機能評価

これまで評価してきたセンサを、高密度ポリエチレンを押し出し成形した二重管内に装着して機能評価を行った。ボス付きの外管は、金型を作製し、図13に示す、FS50-25 (IKEGAMI製)にて成形した。



図13 二重管の外管を成形した押し出し機

外管の成形は、5m押し出した時点でのこぎりで切断しながら連続的に成形した。成形後の外管の写真を図14に示す。多少湾曲しているものの、断面形状には問題なく、外管を実験しやすい様に、1mの長さに切断した場合、内管を容易に挿入することが出来た。5mの長さの外管に内管を挿入する場合は、現状より変形を少なくするような成形条件の検討または形状の矯正方法の考案の必

要性が考えられ、今後の課題である。

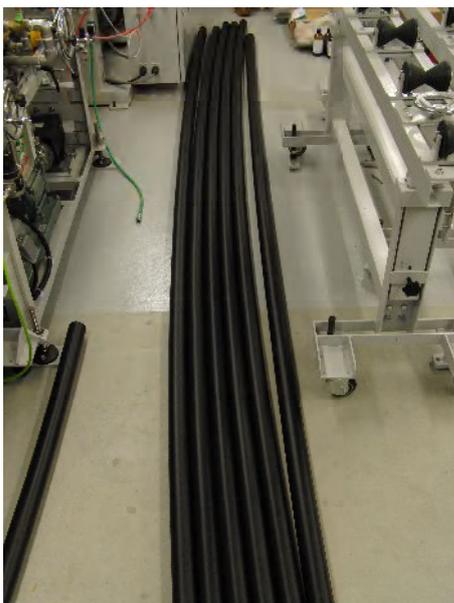


図 1 4 長さが 5 m の外管

実際様にセンサを外管内に装着した状態でのセンサの機能実験を行うために、それぞれの管を、1 m の長さに切断し、傾斜角度が  $5^\circ$  となるように高さ調節を行い、上端部にセンサを配置し、内管に穴を開けて、そこにチューブを通して、センサ近傍からガソリンが流れるように、ポンプでガソリンを送った。実験装置を図 1 5 に示す。センサの外管への装着状態を図

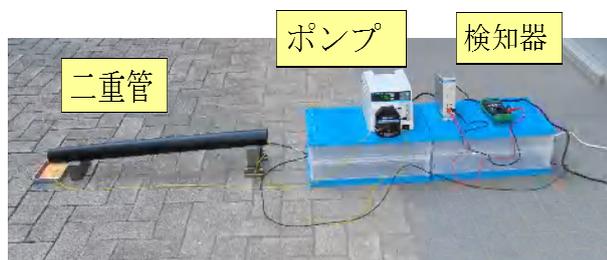


図 1 5 二重管でのセンサ評価実験装置

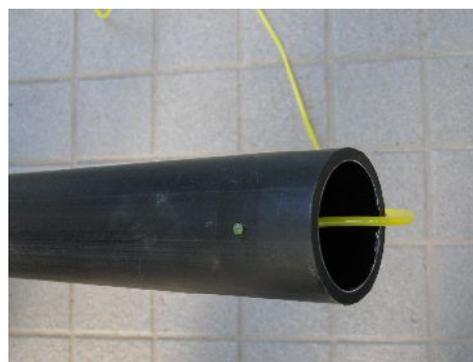
1 6 に示す。外管へは、装着位置が実験中に移動しないように固定するだけで良いので、ビニールテープにて、2 か所固定し、リード線等が、内管挿入時に、内管と外管の間に挟まれないように注意して、内管を挿入した。内管挿入後

に、傾斜角度が  $5^\circ$  になる様に、管の両端の高さを調節したが、角度計を用いて精度良く角度を管理した。



図 1 6 センサの外管への装着状態

内管に穴を開け、そこにポンプよりガソリンを送るパイプを通してガソリンを供給した。当該パイプは、内管から出ないようにして、内管の表面からガソリンが漏洩する状態を再現できるように注意して、パイプの装着を行った。その時の状態を図 1 7 に示す。



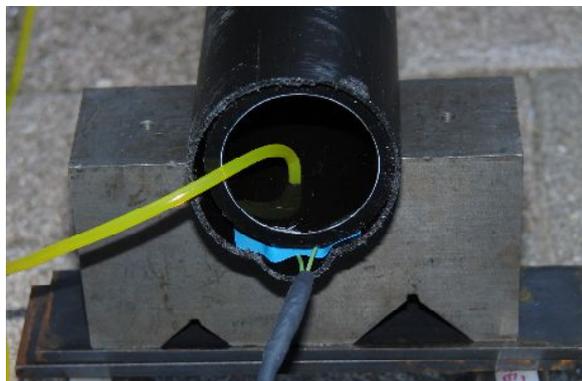
a) 概観



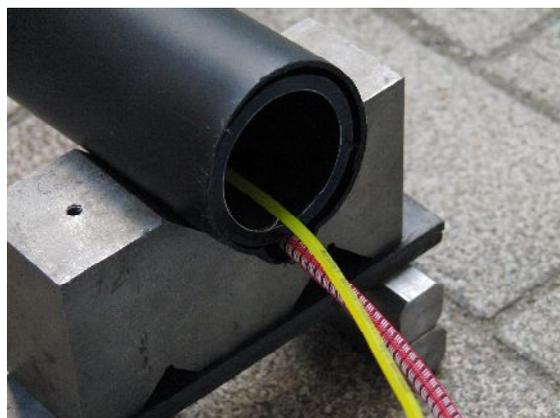
b) パイプ挿入部拡大

図 1 7 内管へのガソリン供給パイプの装着状態

センサの装着近傍の二重管の状態を図18に示す。センサの上部に、ガソリン供給パイプが位置していることが分かる。



a) 導電性カーボン使用センサ



b) 導電性ゴム膨張センサ

図18 センサの装着近傍の二重管

二重管を使用したセンサ適用実験における管の下端部の写真を図19に示す。

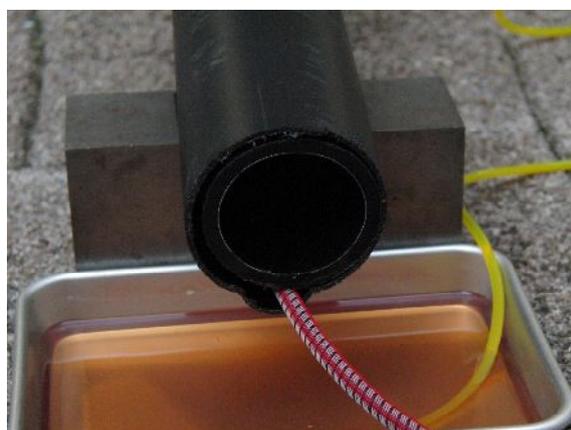


図19 センサの二重管装着実験における管の下端部の状態

ポンプからのガソリンの吐出量を0.5および5 ml/minとした場合、図2に示すセンサ(TT5000:工技研究所製)の場合の感知時間は、それぞれ37minと30minになり、かなり長い時間を要した。一方、本報告で検討したセンサ(リークラン FDF-L-10:潤工社製)は、ガソリンの吐出量を0.5ml/minの場合、35secであった。

内管からのガソリン漏洩量が少ない場合、漏洩部位がセンサの上部にあったとしても、管の外側を伝って漏洩する場合(図20)は、センサにガソリンが接するまでの時間がかかることが考えられ、今後の検討課題である。



図20 ガソリンの管外を沿っての漏洩部

## 8. 結論

1) 導電性カーボンを使用したセンサは、ゴムの膨張を活用したセンサより、下記の特徴を有することがわかった。

- ・感知時間が約1minと短い
- ・再利用が可能である。
- ・感知部が損傷しても、センサ機能を有する。

以上より、今後の検討におけるセンサとしては、導電性カーボンを使用したセンサの方が適していると言える。当該センサは、かなり損傷しても漏洩感知感度が高く、更なるセンサのコンパクト化を今後検討する。

2) 二重管でセンサを装着して実験することにより、実際の状態での機能を確認することが出来た。

3) 内管からの漏洩量が少ない場合、管の損傷部分がセンサの近傍であっても、液滴として垂れないうえ、管を伝わって漏洩する場合が考えられ、対応策が必要と思われる。

4) 今後、センサの管内での固定方法および配管の端部の処理方法を検討し、実用化に近づけていく。

