

## 油膜センサを用いた浄水場沈砂池における油流入の連続自動監視

○金川 直樹<sup>1</sup>、讃岐 育孝<sup>2</sup>、平岡 睦久<sup>2</sup>、  
山本 訓義<sup>3</sup>、吉田 茂<sup>3</sup>

1. 富士電機株式会社
2. 株式会社富士電機総合研究所
3. 横浜市水道局小雀浄水場

**概要：**油流出事故は、水道原水である河川の水質事故の80%近くを占め、浄水場の取水停止や下流の生態系に重大な被害を引起す。油は拡散し易く、被害が急速に広がることから、被害を最小限に食い止めるために、高感度で連続監視が可能なセンサを用いて、拡散した初期の微量な油を早期に発見することが望まれている。我々は、高感度に油膜を検知できる偏光解析型油膜センサを浄水場の沈砂池入口付近に設置し、油流入の連続監視性能の評価を行った。センサの設置にあたっては、より確実に油を検知するためにオイルフェンスを用い、取水施設の構造や水の流れから、その張り方を決定し、油を誘導するようにした。連続実験の結果、約6ヶ月間に3回の頻度で微量な油を検知し、油膜センサの油検知性能の検証と、取水施設におけるオイルフェンス設置の効果を確認できた。

**キーワード：** 浄水場、油膜、センサ、偏光解析、連続自動監視

### 1 はじめに

油流出事故は、水道原水である河川の水質事故の80%近くを占め、浄水場の取水停止や下流の生態系の破壊という重大な被害を引起す。油事故の発見は、工場などの発生源や河川近隣の住民からの通報が多いが、微量な油流出ではなかなか発見に至らない場合がある。また、油は拡散し易く、被害が急速に広がるため、夜間・休日での事故の場合、発見・通報が遅れて被害が拡大する恐れもある。さらに、浄水場の取水施設が油事故の発生源に近い場合には、通報があったときには既に油が場内に流入しているという事態も有り得る。よって、浄水施設においては、油の流入を早期に防ぐことが不可欠であり、人による定期的な監視に加え、浄水施設のできるだけ入り口付近で、拡散した初期の微量な油を早期に発見可能な、高感度の連続自動計測器による監視が望まれている。

このような背景のもと、横浜市水道局と富士電機は、油膜センサによる取水施設での油流入の連続自動監視の共同研究を進めている。小雀浄水場管轄の寒川取水事務所の沈砂池入り口付近に、高感度に油を検知できる偏光解析型油膜センサ<sup>1)~3)</sup>と、より確実に油を検知するためのオイルフェンスを設置し、2001年10月より約6ヶ月間の連続実験において、油の流入監視性能の評価及びこの取水施設におけるオイルフェンス設置の効果を確認した。

### 2 油流入監視用に用いた偏光解析型油膜センサ

#### 2.1 偏光解析型油膜センサの測定原理

図1に、油膜センサの測定原理図を示す。

レーザー光源を油膜の浮遊する水面に斜めから照射する。レーザー光は、紙面に平行な振動方向のP偏光

成分と、紙面に垂直な振動方向の S 偏光成分との 2 つの偏った光 (偏光) に分解でき、反射光の P 偏光成分と S 偏光成分を偏光ビームスプリッタで分離して、フォトダイオードで各々受光し、信号処理部でそれらの光量比 (偏光比) を計測する。この偏光比が氷と油で異なることから、油の有無を判定する。

偏光解析法の利点の一つは、原理的に水面の波立ちの影響を受けにくいことである。これは、水面が波立っていても、S 偏光と P 偏光の強度は同じ割合で変化するため、その比は受光光量が増減しても一定となる。よって、従来の反射光の光量を測定する方法のように、水面が波立っていると、反射強度が変化するため感度が低下するということではなく、波の影響を受け難く高感度な測定が可能となる。

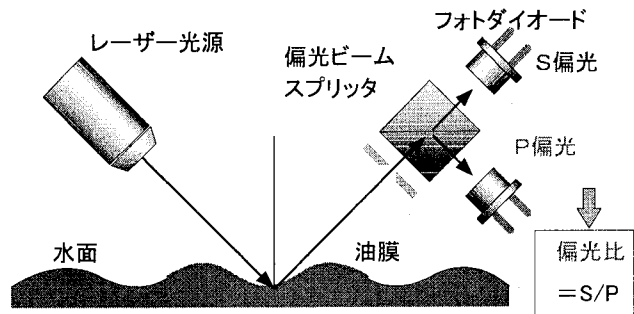


図 1 偏光解析型油膜センサの測定原理

### 2. 2 油膜センサの警報判定方法

本油膜センサは、1 秒毎にデータをサンプリングしており、測定した信号をセンサ内で信号処理し、接点信号とアナログ信号として外部に出力している。接点信号は油膜警報を表し、油膜の規模を推測できるように、重度、中度、軽度の 3 段階の警報判定を出力する。警報の種類判定は、最新データを 1 分間 (60 データ)、2 分間 (120 データ)、3 分間 (180 データ) に区分し、それぞれの区分に対して、有効データ数 (波、風の状態により異なる) と油信号の発生頻度の組み合わせにより行う。最終出力としては、各区分の警報レベルでもっとも重度のあるレベルの警報を出力する。ただし、今回の連続監視中は、3 段階の警報レベル分けは行わず、油膜警報を一括して記録した。一方、アナログ信号としては、偏光比信号を DC4~20mA で出力し、パソコン部で 0-5V に変換している。パソコンでの表示信号は、正常時は 0V 信号を、油膜に反応すると 0~5V の間の値を表示するように変換している。この他に、センサが異常状態 (内部温度異常、測定不能状態、光源レーザー切れ) の場合に、それぞれ個別に装置異常の警報接点を出力する。

### 3 油膜センサによる油流入監視方法

#### 3. 1 油流入監視の全体構成

図 2 に油流入監視の機器構成と、センサからの信号の流れを示す。

油膜センサの設置場所については、これまでの経験から、油流入時に油膜の浮遊が確認できた場所で、かつ、作業に支障のない、河川水流入地点にある取水事務所内の沈砂池入口付近を選んだ。

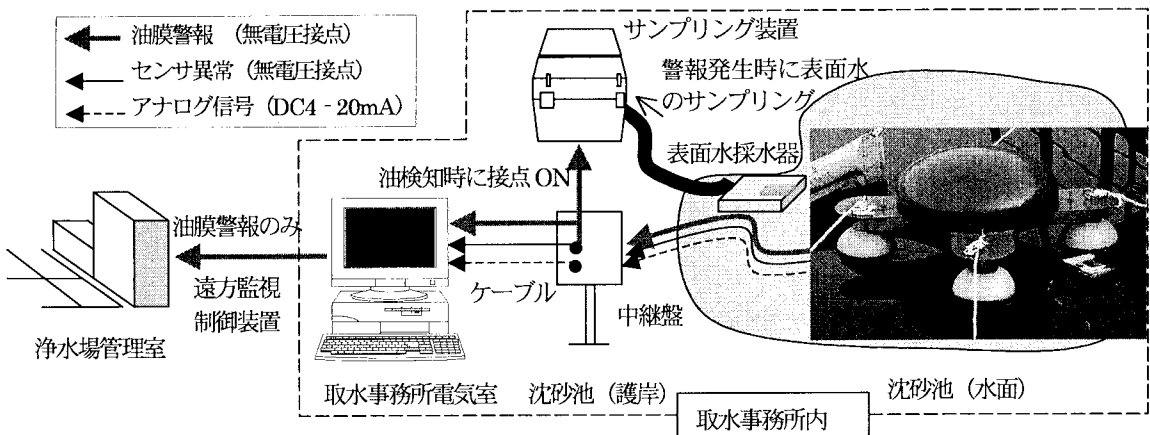


図 2. 油流入監視の全体構成

信号の伝送については、センサ内で油膜警報の判断を下し、その情報を取水事務所電気室内のパソコンに表示するとともに、取水事務所より離れた場所にある浄水場管理室にも遠方監視制御装置により油膜警報信号を送り表示した。また、油膜警報が出力されると、沈砂池護岸に設置したサンプリング装置を稼働させ、油膜センサの浮かんでいる周辺の表面水を吸い取り、1Lボトル4本に採水した。

### 3. 2 油検知時の検証方法

油膜センサが油膜警報を発し、取水事務所や浄水場管理室で警報を確認した場合、まず取水事務所の職員が、現場での目視確認、臭気確認を実施した。油の存在が確実に確認できた場合、発生源や原因を追求するため、サンプリング装置で採水したボトル2本中の成分分析を行い、残りのボトル2本を使って臭気強度を調査することにした。その際、サンプル水の入ったガラス容器は蓋をし、分析まで(1週間～2週間)冷蔵庫内に保管した。成分分析は、微量な成分の抽出が可能な固相マイクロ抽出法によって油成分を抽出し、ガスクロマトグラフ質量分析計により分析した。

## 4 油流入の連続自動監視

### 4. 1 オイルフェンス設置の検討とその結果

油膜センサを設置した沈砂池の概略図を図3に示す。流入ゲート部は狭く、流れが0.5～1m/sと速いが、その後は幅広くなっていて、流れが比較的緩やかである。油膜の監視には0.1m/s～0.2m/sの緩やかな流速が適しているが、油膜の流れるルートは、流れ込む位置や風により変化するので、必ずしも油膜センサ設置場所を通過するとは限らない。そこで、オイルフェンスを用いて水面の油膜を誘導し、オイルフェンスの下流側端部に油膜センサ(外形：D835mm×W835mm×高さ600mm)を設置することにした。オイルフェンスの張り方については、浮き子を使って以下の検討を行った。

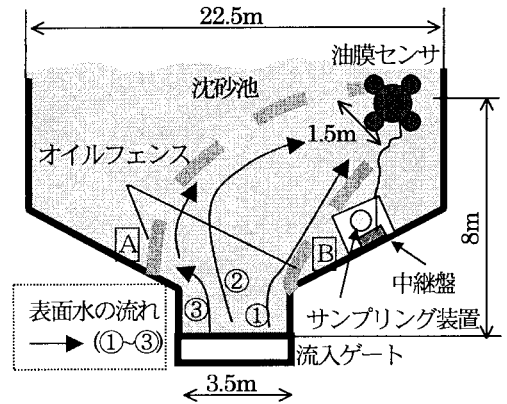


図3. オイルフェンスの設置

油膜センサ下部において、測定に適した流れを作るために、図3のようにオイルフェンスAとBを用いて、流入方向に対する傾斜角およびセンサ設置位置でのオイルフェンス間の幅を検討した。この際、オイルフェンスAについては、Aに沿って流れる浮き子(図3のルート②、③)が油膜センサ下部に到達するように、長さを20mとし、水の流入方向(紙面上向き方向)に対してセンサ側端部での傾斜角を95度以上に保ち、全体を湾曲させて設置した。また、オイルフェンスBについては、Aに沿って流れてきた浮き子やルート①で流れてきた浮き子が逆流して中継盤下部あたりでよどむのを防ぐために、長さを15mとし、水の流入方向に対して傾斜角45度で一直線にして設置した。また、センサ設置部でのA、Bの間隔を1.5mとした。この結果、さまざまな流入パターンに対して浮き子が油膜センサ下部を0.1m/s～0.3m/sで通過することを確認した。よって、油流入の連続監視において、このオイルフェンスの張り方を採用した。

### 4. 2 連続監視結果

表1に、取水事務所沈砂池入口付近での油膜センサによる油膜検知結果を示す。

表1. 油流入の連続監視結果

油検知日時	警報発生時間	現場での目視確認	現場での臭気確認	成分分析結果(※)
1回目(2001/12/29)	AM9:40～10:25(45分間)	油膜有り	油臭無し	シリコン系オイル成分検出
2回目(2002/1/21)	18:20～20:29(130分間)	油膜有り	臭気有り	油由来成分検出できず
3回目(2001/1/28)	AM9:51～10:02(11分間)	油膜確認できず	僅かに臭気有り	油由来成分検出できず

※成分分析は、必ずしもすべての成分を抽出、分析できるわけではなく、結果が出ない場合もある。

1回目の油検知時は、油膜がはっきりと目視確認でき、成分分析の結果でも、シリコン系化合物(シロ

キサン類) が検出され、シリコン系のオイルが混入していた可能性があることがわかった。2回目、3回目の検知時は、現場での油膜や臭気は確認できたが、成分分析では油由来の成分の確認は出来なかった。これは、成分分析では、サンプリング装置によるサンプリングの場所やタイミングの影響、容器密封までの揮発、保存容器への吸着による消失や、抽出・分析できない成分もあることなどが理由として考えられる。臭気強度の調査も、同様の理由から、今回のレベルでは実施しなかった。

また、図4～6に、6ヶ月間に発生した3回分の油膜警報発生時のセンサ出力信号を示す。図7に、別途実施した、A重油(目視限界の $0.05\mu\text{m}$ 膜厚相当)の油に対する油膜センサの応答を示す。

図4～6の油検知時のセンサ出力データを、目視限界の $0.05\mu\text{m}$ 膜厚相当の油に対するセンサ応答データと比較すると、いずれも目視限界レベルを下回る微量な油膜であったと推測できる。また、1回目の検知時は、大きく2つの時間帯に分かれて警報が出ており、油膜が途切れ途切れに流入したと考えられる。2回目の検知時は、長時間続けて油の信号が出力されており、大量の油流入は確認されていないことから、薄い油膜がセンサ下部で停滞した影響と推測できる。

今回3回の油検知は、いずれの場合重大な被害には至らない油流入量であったが、現場での目視や臭気による確認が難しいレベルの微量な油から確実に検知できることが実証できたと考える。

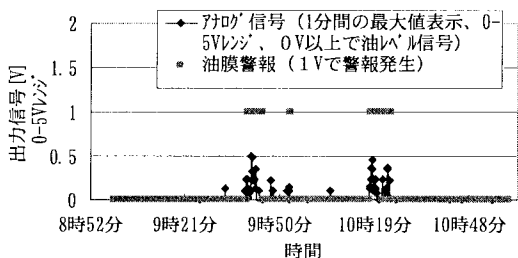


図4 1回目(2001年12月29日)の油膜検知時における油膜センサ出力データ

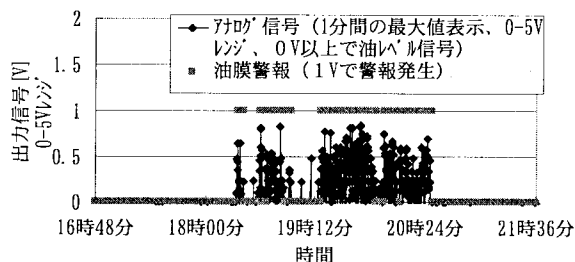


図5 2回目(2002年1月21日)の油膜検知時における油膜センサ出力データ

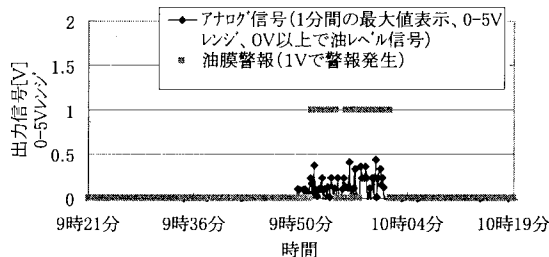


図6 3回目(2002年1月28日)の油膜検知時における油膜センサ出力データ

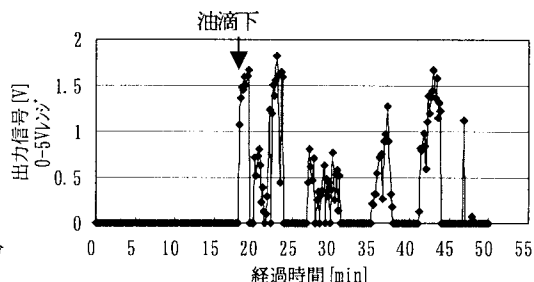


図7 A重油 $0.05\mu\text{m}$ 膜厚(目視限界相当)に対する油膜センサの応答

## 5 おわりに

偏光解析型油膜センサと、オイルフェンスを河川水流入地点の沈砂池入口付近に設置し、油流入の連続自動監視実験を行った。センサの設置にあたっては、油を誘導するためのオイルフェンスを用いて、取水施設の構造や水の流れから、その張り方を決定した。その結果、約6ヶ月の間に3回の頻度で微量な油を検知し、油膜センサの油検知性能の検証と、取水施設におけるオイルフェンス設置の効果を確認できた。

## 参考文献

- 1) 平岡陸久ほか、油膜検知方法の基礎的研究、第49回全国水道研究発表会講演集、1998、pp. 485～459
- 2) 平岡陸久ほか、偏光解析法による油膜センサの開発、第50回全国水道研究発表会講演集、1999、pp. 528～529
- 3) 讃岐育孝ほか、河川及び取水口監視のための偏光解析型油膜センサ、EICA学会誌、2000、Vol. 5、No. 1