

◆ 危機管理特集 ◆

油類による水質事故の早期検出システム

石井宏幸* 田中宏明** 白崎 亮*** 横田敏宏****

1. はじめに

平成 11 年に発生した全国の 1 級河川における水質事故件数は 481 件¹⁾ となっている。これは 1 週間に約 9 件の水質事故が発生したことに相当する。このうち、特に上水道の取水停止に至った水質事故は 23 件¹⁾ であった。また、水質事故全体の約 82%¹⁾ が油類の流出に起因するものであった。

水質事故の発生時には、初期段階で迅速な対応を図ることが、被害の拡大を防止し効果的な対策を実施する上で必要であるが、現状では事故発見に多大な時間を要する場合も多い。このため、理化学的な手法などにより連続的に水質を監視し、水質事故を速やかに検出できる信頼性のあるモニターを開発する必要がある。

本報文では、油類の流出を現場で連続的に検出できる油膜検知装置の開発を目的として実施した土木研究所内還流水路での実験、油流入の頻度の高い実排水機場でのフィールド実験の結果について報告する。なお、これらの実験は、国土交通省土木研究所及び(株)日立製作所が平成 8 年度～平成 10 年度に実施した「水質事故検出技術の開発に関する共同研究」²⁾ の一環として行ったものである。

2. 油膜検知装置の概要

実験に用いた油膜検知装置(以下、本装置という)は、反射率測定方式によって水面上の油膜の有無を連続的に監視するものである。この反射率測定方式とは、水面に向けて一定強度の光を連続的に照射して反射率を測定する方法であり、油の反射率が水の反射率に比べて大きいという性質を利用して油膜の存在を検知するものである。一般に、水面の反射率は 2%、油膜の反射率は 3~4% なので、油膜が存在すると反射率は水に比べて 50~100% 増加する。本装置の出力は指示値 0~100(単位なし) で表している。指示値とは反射光量を変換器内の回路で増幅した値で、油膜なしの清水面(反射率約 2%) は約 30 に、油膜(反射率約 3% 以上) は約 40 以上に相当する。光源には長寿命の高輝度発光ダイオード(LED) を用いている。

また、反射率を精度よく測定するために、センサ自体をフロートに乗せて水面に浮かせる構造とし、センサの光源と水面間の距離を一定に保つようにした。

本装置は、図-1 に示すようにフロート、センサ、

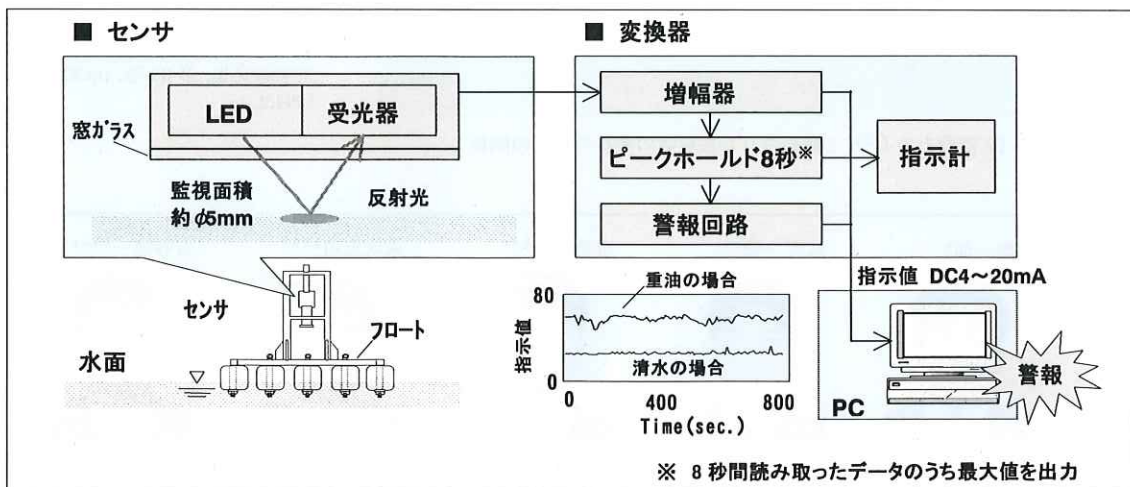


図-1 油膜検知装置の構成

変換器から構成されている。

本装置の主な仕様を以下に示す。

監視面積	約 ϕ 5mm
構造	防雨型、屋外水面浮上設置
外形寸法	変換器 約 ϕ 170×300mm
	センサ 約 ϕ 112×242mm
	フロート 約 1050×1050×700mm
重量	指示変換器 約 4kg
	検知器 約 2kg
	フロート 約 15kg
設置場所	監視対象の水面
	変換器～フロート間 10m 以内

3. 基本性能の評価 (室内実験)

室内において油の種類、油量、夾雑物の存在と指示値との関係を調査した。実験は、水槽に水道水を満たし油膜検知装置を浮かべ、水面に重油、灯油、機械油、食用油を投入して変換器の指示値を読んだ。その結果、重油、灯油、機械油など粘性の低い油は油膜を形成しやすく微量でも高感度で検知可能であったが、食用油等の粘性の高い油は固まって油膜が形成し難いために検知は困難であり、油の種類によって検知感度が異なった。また、A重油の油膜厚さを $10\sim 1000\mu\text{m}$ に変化させても、指示値に有意な差は見られなかった。清水面よりも低い反射を示す夾雑物 (実験では木の葉を使用) が水面を浮遊している条件では、指示値は 10 以下となった。一方、清水面よりも高い反射を示す夾雑物 (実験ではアルミ箔を使用) が水面を浮遊している場合には、指示値は 70 となり、誤警報を生じる可能性があることがわかった。

4. 還流水路実験

4.1 実験方法

土木研究所の還流水路は、河川を模した設備であり、主な仕様は以下のとおりである。

- ・水路長 290m
- ・水路勾配 1/1000
- ・最大水深 0.5m

- ・水路底部幅 0.5m
- ・水路上端部幅 1.5m

この水路中 1 箇所に油膜検知装置を設置し、室内実験や実フィールドでは生起頻度が小さく再現が難しい条件を作り出して実験を実施した。

4.2 流下油膜の検知

図-2 のように検知器の 6m 上流で油を滴下したときの指示値の経時変化を図-3 に示す。指示値に明確なピークが表れ、油膜の通過を検知できた。滴下した油は瞬時に広がって水路の中央に半径約 0.7m の油膜を形成した。この時の油膜厚さは滴下油量 0.01mL から換算すると $6.5 \times 10^{-3}\mu\text{m}$ であった。油膜は流下とともに長く伸びたが、幅は水路水面幅 1.0m よりも小さく、水路に接触することなく計測地点まで流下した。一方、流れが速くなるほどフロートの存在による水流の乱れも大きくなり、フロートに囲まれた計測地点では油膜の破壊や水中への潜り込みが発生し、検知精度が低下した。このことから、流速が速い場所に設置する場合には、フロートの間隔を広げるなど、水面を乱さないための構造とする必要があると考えられた。

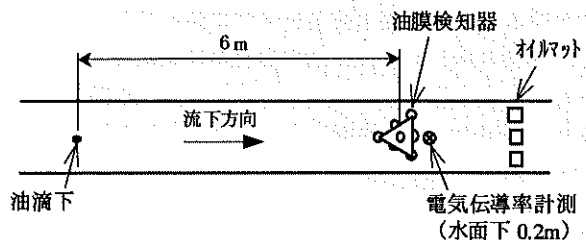


図-2 環流水路実験

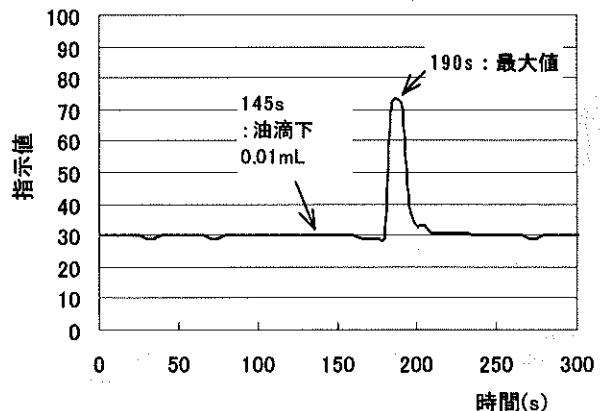


図-3 流下油膜の検知

4.3 さざ波の影響

5で述べる実フィールドでの計測データから、風によってさざ波が発生すると、指示値が低下することが確認された。そこで、扇風機で人工的にさざ波を発生させ、清水面の指示値の低下が再現されるか、また、この状況で油膜検知が可能かを調査した。図-4にその結果を示す。図-4の強風(風速約40m/s)における清水面指示値は、実フィールドでの実際の台風時の指示値と同様の変動を示した。このさざ波発生条件(1865s以降)でA重油を油膜検知器の直上流に滴下(2430s)すると、瞬時に指示値は最大で79まで上昇し、油膜検知が可能なが分かった。

5. 実フィールド実験

5.1 実験目的と検討項目

本実験は、フィールドにおける1年間の長期連続計測を通して、実河川での油膜検知性能を評価するとともに、運用上の問題点を抽出する目的で、油膜検知装置をK排水機場内に設置して実施したものである。K排水機場は、支川流域での洪水時における家屋等の浸水被害を未然に防止する目的で、支川の水を本川に排除するために設置されている。K排水機場には支川と本川をつなぐ水路があり、支川の水は除塵機によってゴミを取り除い

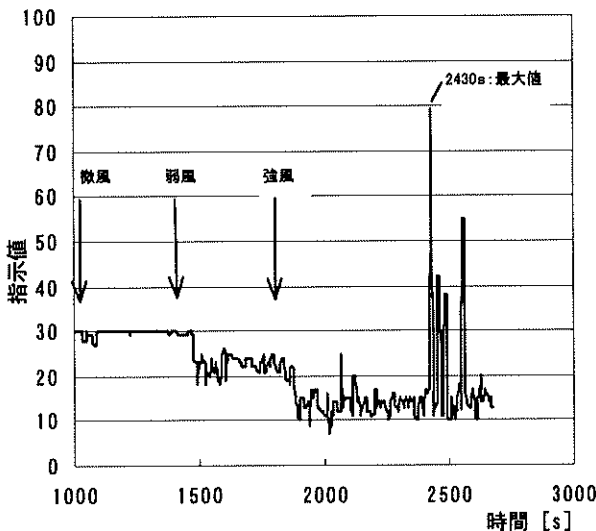


図-4 さざ波実験

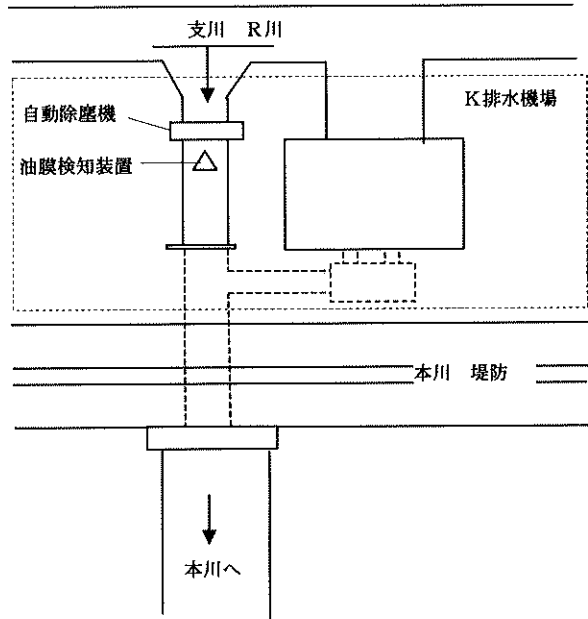


図-5 実フィールド実験模式図

た後に本川に導かれる。実験は図-5に示すように水路に油膜検知装置を設置し、除塵機通過後の水面の指示値を計測した。

本実験における検討項目は、以下の2項目であった。

- ①連続計測による油膜検知評価
- ②運用条件と保守条件の把握

また、実験期間中は、排水機場管理者の協力を得て、

- ・ 指示値の確認
- ・ 警報時の油膜流入状況の確認
- ・ 油膜発見時の指示値の確認
- ・ 稼働状況の確認

を適宜実施した。

5.2 油膜検知警報条件

排水機場にはデータ収集用のパソコンを設置し、指示値の収集と警報判定及び表示の機能を持たせた。警報条件の一覧を表-1に示す。

表-1 警報条件

警報名称	発生条件
油膜検知(軽)	指示値35以上が32秒継続
油膜検知(重)	指示値50以上
反射率低下	指示値8以下が80秒継続
計測器異常	計測器伝送信号断

指示値の低い油膜が継続的に流入した場合は油膜検知(軽)警報を発生し、指示値の高い油膜については油膜検知(重)警報を発生させる。また、さざ波やゴミなどによって指示値が低下した場合には反射率低下警報を、油膜検知器からの信号(DC4~20mA)が途絶えたときは計測器異常の警報をそれぞれ発する。

5.3 実験期間中の油流入事例

連続計測実験の期間中を通じて、支川からの油流入事例が複数回発生したが、油膜検知装置は、これらを正しく検知していた。

図-6は、1998年8月18日夜から翌19日朝にかけて油が多量に流入した事例である。18日20:00以前には約27で推移していた指示値が、20:00以降徐々に上昇を始め油膜検知(軽)警報が発生した。

翌19日朝には、排水機場の管理者が油膜の存在を確認しており、オイルマットと中和剤で対策

を実施している。なお、19日01:00~10:00の間で指示値が油膜なしの水面(指示値約27)よりも低い値を示しているのは、油膜に付着したゴミや埃などの反射率の低い物質の影響による。

5.4 年間の警報発生状況

1998年3月から翌年3月までの警報発生回数を図-7に示した。月別の発生回数はばらついているが、油膜検知(重)警報は相対的には夏期と冬期に多い傾向を示している。特に12月の発生頻度は高かった。1回の警報発生イコール1回の油流入発生ではない(複数回の一連の警報が1回の油流入に対応する)ので、警報発生回数から油流入回数を把握することはできないが、少なくとも各月に複数回の油流入が発生し、さらに少量の油膜に至っては日常的に発生していることが分かる。このことは、排水機場の管理者の目視観察によっても確認されている。

一方、反射率低下の警報は5月や10月に多く

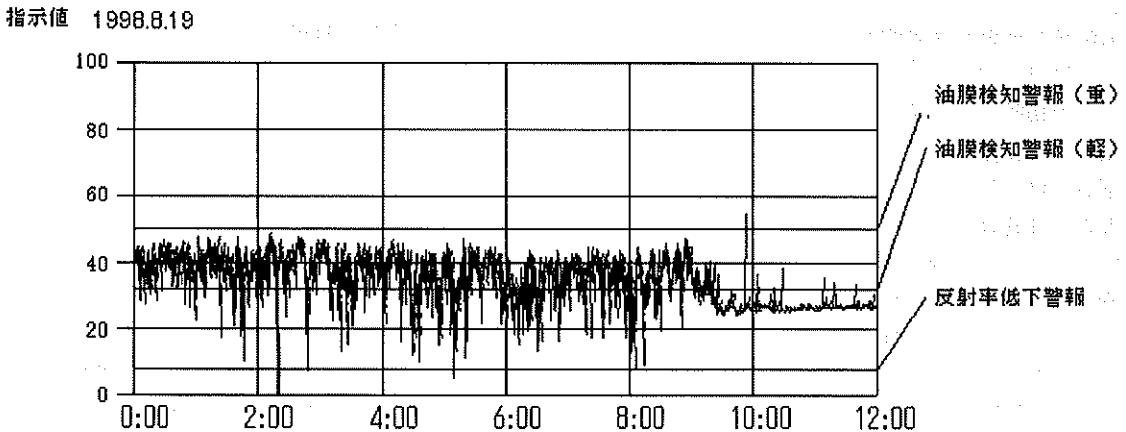
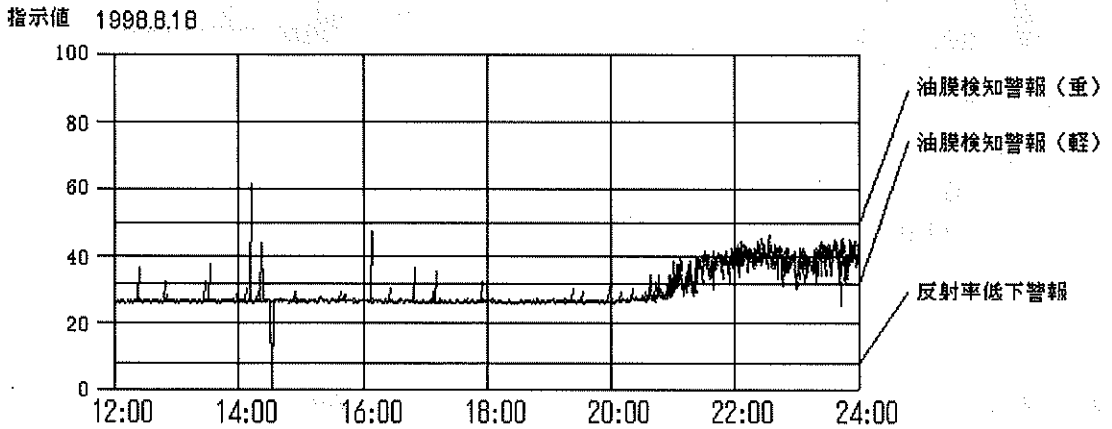


図-6 油流入時の指示値の経時変化の例

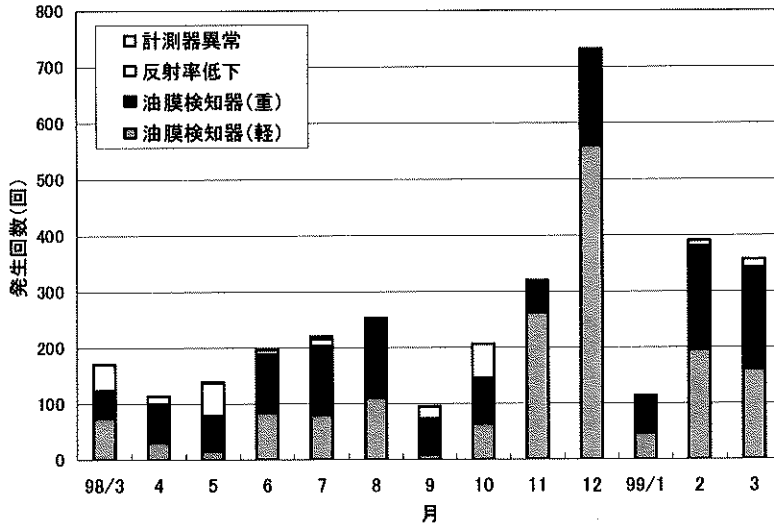


図-7 実験期間中の警報発生回数

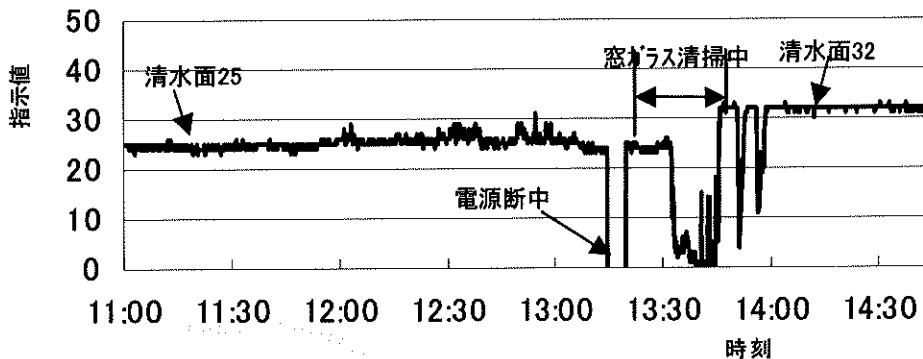


図-8 窓ガラス清掃時の指示値

なっている。これらの時期は風雨や台風の多い季節と一致するもので、水面のさざ波、ゴミ等の夾雑物による影響と考えることができる。

5.5 メンテナンスの評価

1998年1月から約1年の間、メンテナンスフリーで稼働させ、清水面の指示値の変化について検討した結果、初期の4ヶ月で30から26まで低下し、11ヶ月経過で25となり、その後2ヶ月間は大きな変化はなかった。1年後、窓ガラスを布で拭き取ると指示値の回復が確認された。図-8に清掃による指示値の変化を示す。この1年間のメンテナンスフリー期間中でも油膜は十分検知可能であったが、窓ガラスの汚れは指示値を相対的に低くし、油膜検知性能の低下につながる。良好な検知精度を維持するためには、窓ガラスを半年に1回程度清掃することが望ましい。この期間中、

水面上の夾雑物がフロートに絡まる状態も発生したが、ほとんど自然に流れ落ちた。また、フロート表面に泥や藻の付着が認められたが、計測に支障はなく、装置の故障や損傷も発生しなかった。これは、設置場所がスクリーンの下流側という好設置条件であったことによるところも大きいと考えられる。

6. おわりに

油膜検知装置の開発について、土木研究所の環流水路で河川流速、波などの影響を検討し、計測可能な条件を把握するとともに、実フィールドで約1年にわたる長期実験を行い、維持管理性などを検討した。この実験では、スクリーンが検知装置前に設置されているという好条件下ではあったが安定した長期計測ができ、保守作業は半年に1

回程度で充分であった。

本油膜検知装置による油膜の検知については、流速が大きい場合や波立ちが生じた場合の検知性能の向上などについて課題が残っているものの、監視対象水域の汚染状況に応じた警報条件と、装置の設置条件を適切に設定すれば、実河川においても安定した油膜検知が可能である。今後は、実際の河川管理等への活用が期待される。

謝辞

本システムの開発及び本報における実験は、国土交通省土木研究所と(株)日立製作所との共同研究で行ったものであり、特に(株)日立製作所の原直樹氏及び圓佛伊智朗氏には多大なるご協力を頂いた。ここに深く謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 建設省河川局：平成 11 年全国一級河川の水質現況，平成 12 年 7 月
- 2) 建設省土木研究所、(株)日立製作所：水質事故検出技術の開発に関する共同研究報告書，平成 12 年 5 月

石井宏幸*



国土交通省九州地方整備局
建政部都市・住宅整備課長
(前 下水道部水質研究室
主任研究員)
Hiroyuki ISHII

田中宏明**



国土交通省土木研究所
下水道部水質研究室長
Hiroaki TANAKA

白崎 亮***



環境省水質保全局企画課
地下水・地盤環境室長補佐
(前 水質研究室主任研究員)
Makoto SHIRASAKI

横田敏宏****



同 水質保全局水質管理
課長補佐
(前 水質研究室研究員)
Toshihiro YOKOTA