

有機物を含む流水膜の紫外吸光量の測定

* * *
野 北 舜 介、 横 井 克 典、 渡 辺 昭 二

* 茨城大学 工学部 都市システム工学科
茨城県日立市中成沢町4丁目12番
** (株) 日立製作所日立研究所
茨城県日立市久慈町4026番地

概 要

水質の自動測定における問題点の一つは、水中に浸される計測器の汚れが経時に進行することである。とくに、光学式の水質計では検知部の自動洗浄は欠くべからざる操作となっている。

本研究は、この問題の解決を目指したもので、検知部に汚れが付着しにくい方式、すなわち、水膜に接触しないようにして、表側に光源を、裏側に受光部を設け、水膜による吸光量（散逸光量）を測定する方式について、その技術的可能性を検討したものである。

流水膜を滑らかに安定化し、後方散乱光を広範囲に集光することにより、水中の有機物濃度の測定が可能であることがわかった。

キーワード
水質計測、光学式水質計、非接触計測、紫外吸光

1. はじめに

水システムの監視・制御において、透視度、浮遊物質濃度や有機物質濃度の自動測定に光学式水質計器が広く用いられている。これらの光学式水質計では、水と接触する窓部分が経時に汚れるという共通した問題を抱えている。これに対処するため、ブラシや気泡や水流による自動洗浄機構を備えて、必要とされる維持管理周期の延長を試み部分的に成功を収めているが、長期的にみると、汚れの進行を止めることはできず、抜本的な対策が求められている。

本研究は、光学系の発光部と受光部を被検水と接触させないで水膜の吸光量を測定する方式について、その可能性を調べることを目的とした。測定対象として、水中の有機物量を想定し、これと波長250 nm付近の紫外線吸光度とが相関をもっていることから、発光源に紫外線ランプ（254 nm）を、受光素子にフォトダイオードを用いた測定装置を組み立てて実験した。

2. 測定装置の構成

Fig. 1に流水膜吸光量測定装置の概念を示す。

この装置は、滑らかな流水膜を形成させるための整流部と、流水膜に垂直に紫外光束を送り流水膜を透過した光を集光する光透過量測定部と排水部から構成されている。

(1) 流水膜の形成

傾けた角形のトレイの一辺から流水膜を形成させることとした。まず、貯槽からの被検水を底面を多孔とした散水器にいれ、底面の孔からトレイ上に均一に散水し、流れを安定化させた。

(2) 射光と受光

内面を黒く塗った内径18mm、長さ90mmの筒を通して紫外光を流水膜面に照射した。流水膜の裏側(照射面の反対側)に配置したアルミニウム製の集光筒で透過光を集めて、フォトダイオードで透過光量を測定した。

(3) フォトダイオードのスペクトル応答

この実験に使用したフォトダイオードのスペクトル応答特性をFig. 2に示す。このダイオードは低圧水銀ランプからの254nmの紫外光を検出できる。

3. 流水膜を透過した光の広がり

できるだけ滑らかな水膜面を作るよう心がけていても、流れが存在すると膜面の揺らぎを抑えることは難しい。どうしても、透過光は照射筒の直径より広がる。

そこで、透過光の広がりをFig. 1の装置について測定した。測定部の概略構成と寸法をFig. 3に示す。この測定には可視光源を用い、流水膜の裏側に乳白色の映写膜を置いて、透過光の広がりを観測した。

観測結果をFig. 4(a)と(b)に示す。

水膜のない場合の光源像は直径約32mmの円(イ)であったが、水膜を通過したのちの光源像には、本来の光源像の周辺部に6mmないし7mmの幅のうす明るい部分が付加された(ロ)。

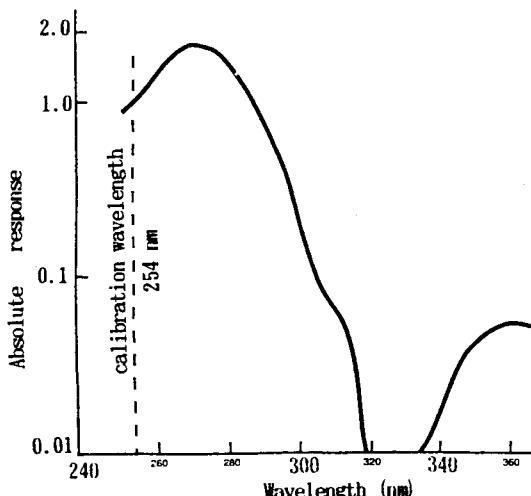


Fig. 2 Absolute spectral response of UVX-25 SENSOR

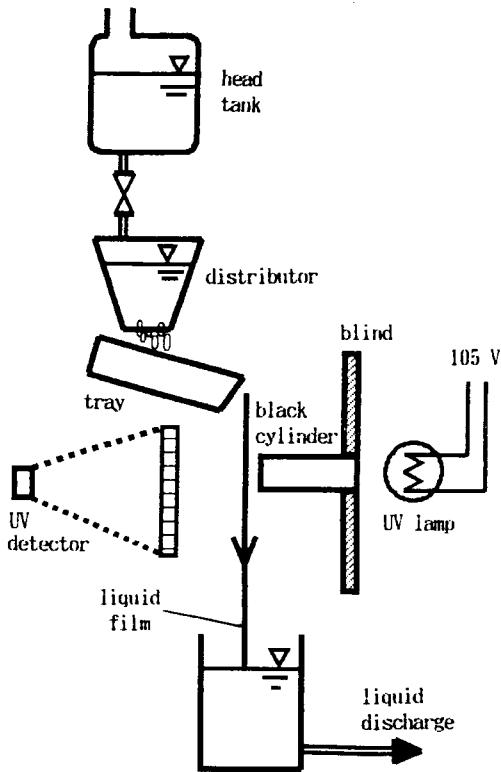


Fig. 1 Schematic diagram of the apparatus

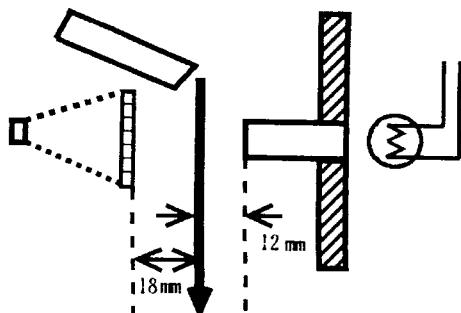


Fig. 3 Side view of light flux observation chamber

4. 流水膜の紫外吸光量（散逸光量）

4. 1 流水膜による散逸光量

Fig. 1 の装置に純水を流して、水膜厚さと散逸光量の関係を計った。結果を Fig. 5 に示す。

ここで、水膜厚さ t は、トレイの先端 ($h = 0$) で垂直方向の速度ゼロの水流が観測点 ($h = L$) まで自由落下するものとし、給水量を Q 、流路の幅を W として、次式によって求めた。

$$t = Q / \{W \sqrt{2 g L}\} \quad \dots \quad (1)$$

ここで観測した散逸光量は、水による吸光量と水膜の凸凹や揺らぎによって広がって集光されなかった光量の合計と解釈される。

4. 2 アンモニアイオンを含む流水膜の吸光量

アンモニアイオンを含む物質として硝酸アンモニウムを選び、濃度の異なる水溶液について Fig. 1 の装置によって吸光量（散逸光量）を測定した。

結果を Fig. 6 に示す。

この実験での流水膜厚さは 1.29 mm から 1.44 mm であった。Fig. 6 では、散逸光量 L_s を流水膜厚さ t で除して基準化し、この値 (L_s/t) を縦軸に目盛った。

基準化した散逸光量 (L_s/t) は、平均値 4 の上下に分布しており、硝酸アンモニウムによる吸光量は無視できることが判った。この散逸光量 4 は、Fig. 5 から水膜によるものと解釈できよう。

4. 3 有機物を含む流水膜の吸光量

入手しやすい有機物質として、うま味調味料 (L-グルタミン酸ナトリウム 9.7.5% + 5' - リポヌクレオトイドナトリウム 2.5%) を選び、濃度の異なる水溶液を調整し、それぞれの水溶液について Fig. 1 の装置によって吸光量（散逸光量）を測定した。

結果を Fig. 7 に示す。

この実験での流水膜厚さは、1.23 mm から 1.44 mm であった。Fig. 7 では、散逸光量 L_s を流水膜厚さ t で除して基準化し、この値 (L_s/t) から水膜の散逸光量 4 を差し引いた値を縦軸に目盛った。

うま味調味料の濃度と散逸光量の間に比例関係が見られた。

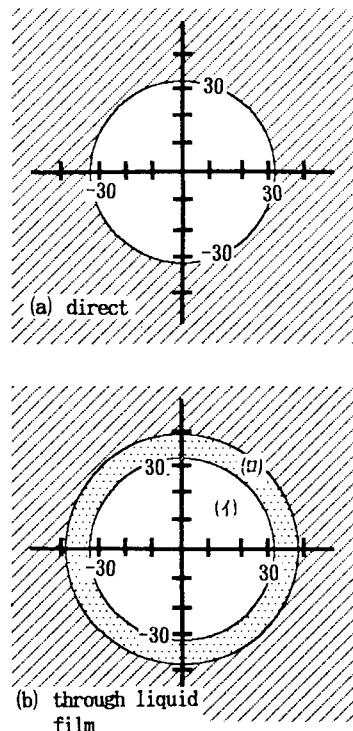


Fig. 4 Light flux images on the screen

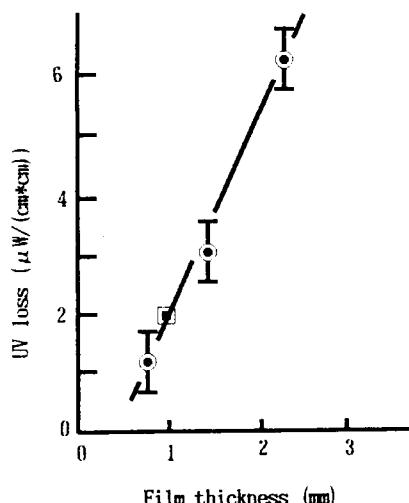


Fig. 5 Water thickness vs. UV loss

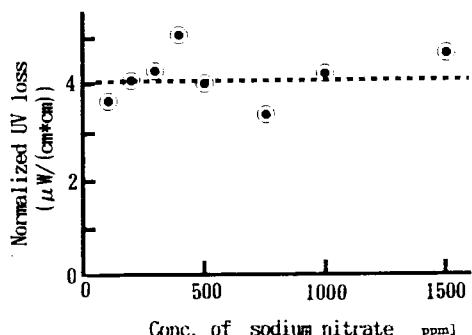


Fig. 6 UV loss of water solution of sodium nitrate

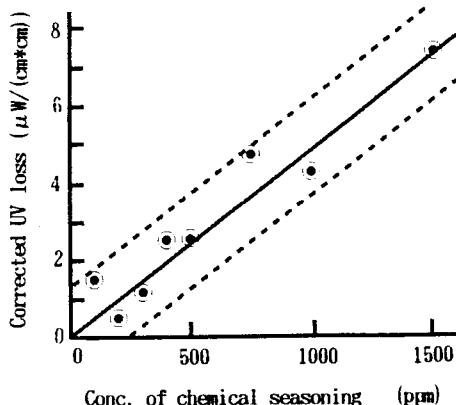


Fig. 7 UV loss of water solution of chemical seasoning

5. 考察

流水膜の吸光量（散逸光量）を非接触計測する今回の試みは、Fig. 6 と Fig. 7 に見られるように、測定精度と感度が不十分で、現状では実用に遠い。しかし、測定方法を改善して行けば測定精度と感度は大幅に向上升するものと思われる。

改善の指針をまとめると以下の6項となる。

- (1) 流路構造を工夫して、流水膜面の揺らぎを減らす。
- (2) 流水膜の厚みを増す。
- (3) 射光筒を流水膜面にできるだけ近付ける。
- (4) 受光面を広くとり、また、受光面を流水膜面にできるだけ近付ける。
- (5) 透過光の集光損失が少なくなるように、受光面の形状と材質を選ぶ。
- (6) 投射光の形状と光強度を最適化する。

6. おわりに

維持管理が容易な水質計の開発めざして、光による非接触計測方式を実験的に検討した。現状の測定精度と感度に難があるものの、測定方法を改善すれば、実用に耐える水質計ができる可能性が実感された。

なお、本報で述べた非接触水質計測の原理は、紫外光に限らず、広い範囲の光に対して適用できると思われる。

記号

f : 水膜厚さ (m)	t : 水膜厚さ (mm)
g : 重力の加速度 (m/s^2)	Q : 水量 (m^3/s)
L : トレイ先端から観測点までの距離 (m)	W : 流路の幅 (m)
L_s : 損失光量 ($\mu\text{W}/\text{cm}^2$)	

引用文献

- 1) 日本下水道協会、下水試験方法（1984年版）、pp 139-140 (1984)