

ノート

## 発展途上国を対象とした簡易UV計による 有機汚濁測定法の開発

加藤進, 佐藤邦彦, 吉村英基, 岩崎誠二, 高橋正昭

### Development of Simple Practical COD-Analyzer for Evaluation of Organic Pollution

Sumu KATO, Kunihiro SATO, Hideki YOSHIMURA, Seiji IWASAKI and Masaaki TAKAHASI

環境に優しい分析方法として簡易 UV 計を開発し, 簡単に COD-Mn あるいは COD-Cr を推定できる方法を検討した. 従来の UV 計は高価で, 持ち運びが困難である点を考慮し, 安価でコンパクトな UV 計の開発に努めた. 本装置はゼロドリフト, 再現性, 直線性およびスパンドリフトが少なく, 河川水や工場廃水を用いて, 分光光度計と本装置との吸光度の比較を実施したが, 有意な差異は認められなかった. 実際のサンプルに適用し, COD-Mn に対する推定式は  $y = 60 \times \text{吸光度} + 0.34$  ( $R=0.89, n=70$ ) であった. 本装置をフィリピン等に持参し, 種々の検体の UV254 と COD-Cr の関係を求めたところ, 良好な回帰式  $y = 170 \times \text{吸光度}$  ( $R=0.87, n=27$ ) を得た. このようなことから安価でしかも簡単な有機汚濁の測定に本法は利用が可能と思われた.

キーワード: 有機汚濁, COD-Mn, COD-Cr, 発展途上国, 環境教育

#### はじめに

工場廃水, 河川や湖沼の有機汚濁を測定する公定方法は, 日本の場合  $\text{KMnO}_4$  による酸性 COD である. この方法は有害な試薬を利用しないメリットがあるが, ある程度の実験設備と測定に最低 30 分かかることから, これまでにも, 多くの簡易分析方法が報告されてきた. この一つの代表がパケットによる COD (アルカリ法) である. 現在では, 低濃度型も開発されており, 誰でも使用できることから " 河川の水質分析体験 " 等の環境教育でも広く利用されている.

ところが, 前述のパケットでは COD 濃度を色標準と比較することから, 値の数値化や定量性がやや乏しい欠点があった. 最近, パケットを開発したメーカーは高品位な COD 分析法として分光光度計と組み合わせた水質試験セット (No.44) を販売している.

一方, 東アジアの途上国へ行く機会の多い筆者らは, 常常簡易な COD 測定法を模索していた. 図 1 にそのフローを示すように, 我が国以外の COD の公定法は EPA が定めている  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  による酸性 COD である. この COD の特徴は有機物の分解力が  $\text{KMnO}_4$  よりも強いことである. しかしながら, 図 1 にも示したように,

- 1) 有害であり, 分析後廃水処理の必要な  $\text{Cr}^{6+}$ ,
- 2) 触媒として  $\text{HgSO}_4$ ,

を利用しており, 決して環境にやさしい分析法ではない. さらに, 反応時間は 2 時間であり, 分析後, はじめに加えた  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  の 50% 以上が残留することが必要で, 残留しない場合は再度分析する必要があるために, 時間がかかることから途上国でも COD 推定のために簡易 COD 推定法に関する要求が強い.

また, 途上国においては, たとえば, フィリピンではケソン市の天然資源省 (DENR) 環境管理局の分析室に年間 6000 検体の分析を実施している. 同時に, 検体採取者と分析者が異なるので, 何らかの方法で 1 次スクリーニングを実施することができたり, 迅速に COD が推定できる手法があれば能率向上につながる.

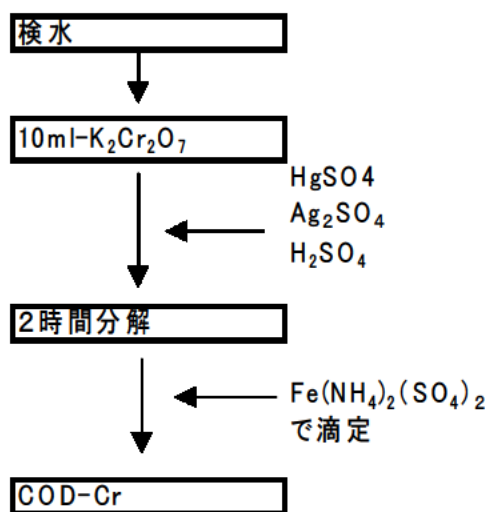


図1 COD-Crの分析フロー

一方、忘れてはならないことが、途上国では人材不足のために、地方事務所の環境部門に必ずしも化学系の専門教育をうけた人物がいるとは限らないことである。ましてや、検体採取者は行政職の場合が極めて多い。したがって、誰でも出来るだけ簡単な操作で分析値が得られることが手法の第一要求となる。さらに、途上国では基本的に“機器のメンテナンス”に対する概念がないので、測定装置が高い耐久性を具備することが重要である。

最近の途上国支援プログラムによれば、フィリピンの先進的な自治体でも環境測定の動きがあり、JICAの支援によって河川のUV吸収等を利用した簡易法による独自モニタリングが計画・実施されている。

## 実験方法

### 1. 開発の方向性

以上のことを念頭に置いて再度CODの簡易分析法を考えると、我が国ではCOD総量規制制度の関係から、工場・事業所はCODの測定義務があり、通常はUV法でCODをモニタリングしている場合が多い。この方法によれば、CODの瞬間値が得られ、機器のメンテナンスも明快であり、測定自体が極めて単純であることである。このUV計のウイークポイントは価格が最低でも70～100万円程度と高価で、排水中の炭水化物（砂糖成分）等に反応しないことであった。我々は、

- 1) 環境教育には、現場で迅速に、環境にやさしい方法でCODが推定、
- 2) 監視目的では誰でも測定が可能、

3) 両者にはCODを定量性、

4) 安価、

という面から100V電源を利用したUV254nmのみの光の吸収を測定する簡易型COD測定計を考案した。

## 2. 試作機の構成

本装置は、1) 電源、2) 光源部（水銀ランプ使用）、3) セル室、4) 測光部、および5) 増幅機から構成される。簡単な本装置（21cm×27cm×8cm）のブロックダイアグラムを図2に、概要を写真1に示した。現在は試作品のために、サイズがやや大きい回路をプリント化すれば更にコンパクトにすることが可能である。価格を押さえているために、UVランプ等の劣化によるデータの信頼性が問題になる。ここでは、フタル酸水素カリウムの標準液でUV吸収を適宜チェックすればよいと考えている。

## 結果と考察

### 1. 本装置と分光光度計の対応（UV254nm）

実際の排水に対して得られたUV254nm（分光光度計と本機）の吸光度を図3(n=18)に示した。検水には、本機の広範囲の直線性をみるために典型的な試料として河川水、水道水、浄化槽排水、廃棄物処分場からの浸出水、畜産排水および食品工場排水をそれぞれ3サンプルずつ、ろ過して利用した。ただし、濃度の濃い試料水は適当に希釈して、本機の透過率が3～97%の範囲に入るようにした。また、この実験を数回繰り返したが、傾きが0.98から1.04の範囲であったが、分光光度計と本機は良好な吸光度の相関関係（ $R \geq 0.98$ ）を示し、分光光度計の代わりに使用しても実用上問題がないと判断した。



写真1 試作したUV計

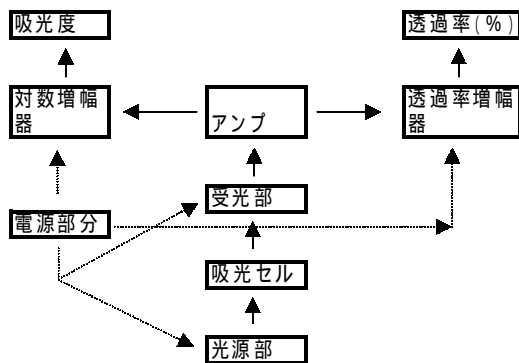


図2 UV計の構成

## 2. 本装置の性能

ここでは、JIS-K0807によって測定機としての性能（ゼロドリフト、スパンドリフト、繰り返し性および直線性）をチェックした。その結果おおむねJIS-K0807に準拠した結果が得られた。その結果を表1に示した。

表1 本機の性能

ゼロドリフト	スパンドリフト	繰り返し	直線性
<1%	<5%	<4%	<4%

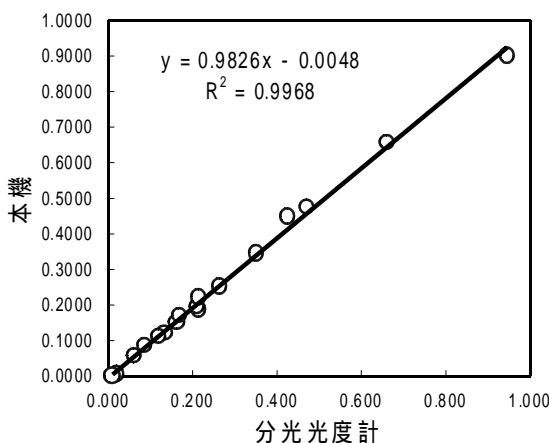


図3 本機と分光光度計の吸光度の関係

## 3. 実河川での測定

本装置を三滝川の上流から下流へのモニタリングに適用した。この河川は鈴鹿山脈に源を發し、三重県四日市

市を流下し、伊勢湾に注ぐ2級河川で、河川延長は約30km、流域には親水公園や水道の採取口がある。上流部分は湯ノ山温泉街を、下流部分は、四日市中心部を流れ生活排水が流入している。この河川の河口から上流に向かって約3km毎にサンプリングした河川水のUV254（本機で測定）とCODの関係を表2に示した。通常環境教育では、上流から下流に向かい、サンプリングし、水質を比較する。しかし、従来の方法では、水質の定量化が難しい。しかし、本法を利用すると、流下に伴う汚染の推移がUV吸収値となり明瞭に把握されている。同時に、他の河川で採水した場合にも水質汚濁をUV値の比較によって論ずることができ、河川間の汚濁の比較も可能となる。

表2 三滝川での応用結果

河口からの距離 (Km)	pH	EC(μS/cm)	COD(mg/L)	UV254	
JR線高架下	0	7.47	818	3	0.049
近鉄高架下	3	7.58	178	2.9	0.049
ショッピングセンタージャスコ前	6	7.92	157	2.3	0.034
知積用水	9	6.9	127	1.1	0.007
高角橋	12	8.2	117	1.5	0.028
矢合川(支川)		7.5	188	4.1	0.076

## 4. 途上国（フィリピンおよびタイ）での応用

フィリピン環境管理局(EMB)の協力を得て、当該ラボに持ち込まれた検体（ホテル排水4、発電所排水3、食品工場排水1、デパート排水1、標準液1）についてフィリピン公定法によって分析したCOD<sub>Cr</sub>と本機によって得られたUV254の吸光度の関係、また、タイ、バンコクで、大学の池、河川水およびホテル排水等（n=15）を分析して得られた結果を図4に示した。結果をみると、両者には良好な直線関係

$$\text{COD-Cr} = 170 \times (\text{吸光度})$$

$$(n=25, R=0.86)$$

が認められ本機によってCOD<sub>Cr</sub>が十分推定できると思われる。これらの結果から、発展途上国においても、UV254によるCOD<sub>Cr</sub>の推定は十分に可能と思われ、分析の省力化に大きく寄与するものと思われる。なお、一部、本法にもとづくUV254による推定COD<sub>Cr</sub>と実測

COD<sub>Cr</sub> に大きな差がある検体があり今後検討する予定である。

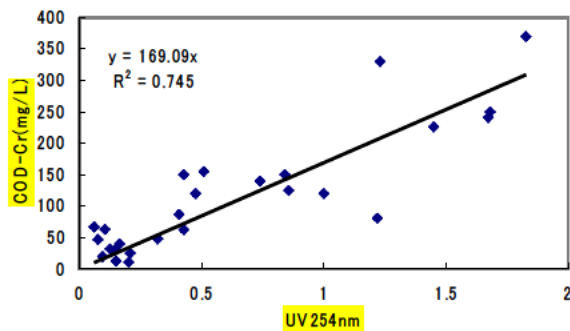


図4 タイ・フィリピンでの結果

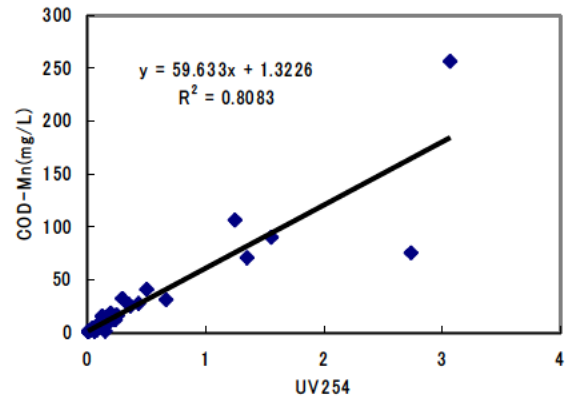


図5 合併浄化槽排水のUV254nmとCODの関係

### 5. 本邦での応用

一方、河川水や工場排水（三重県）について、本装置で得られた COD<sub>Mn</sub> と UV254 の関係は、表3と図5（浄化槽排水）に見るとおりである。両者には良好な相関関係が認められ、本所では COD<sub>Mn</sub> の推定にこの式を利用している。

表3 三重県でのUV計によるCOD推定式

排水種類	データ数	相関係数	回帰式
河川水	62	0.89	$y = 15.7X^{0.52}$
コンビナート冷却水	37	0.62	$y = 83.7X^{0.69}$
単独浄化槽排水	50	0.78	$y = 90.4X^{1.02}$
機械工場排水	27	0.66	$y = 44.5X^{0.67}$
給食施設排水	13	0.70	$y = 13.2X^{0.94}$
自動車整備業排水	9	0.72	$y = 96.5X^{1.24}$
木製品工場排水	16	0.98	$y = 76.2X^{0.96}$
ゴム製品工場排水	17	0.81	$y = 29.3X^{1.00}$
雑排水	32	0.84	$y = 63.3X^{0.85}$

### まとめ

このように、簡易型 UV メーターの使用によって、迅速に COD を推定することができるので、ルーチンワークやスクリーニングに利用できるのみならず、小・中学生を対象とした環境教育のツールとしても利用が可能と思われる。今後、途上国において発生源別にデータを更に収集して、COD の推定精度を向上させたいと思っている。

### 謝辞

本研究に際し、貴重な文献を頂いた北海道大学橋冶国先生、装置の構成・試作にご協力賜った伸幸科学（有）下野昌幸氏、および現地での実験に協力していただいた、フィリピン JICA 長期専門家山田泰造氏、フィリピンの Ms.Teresita.ICETT の増田氏およびタイ、チェラロンコン大学 Wongpung 助教授にあつくお礼申し上げます。