

## 蛍光分析計による粉末活性炭注入制御の検討

○阿部 法光、村山 清一、環 省二郎  
工藤 寿雪、田口 健二

(株) 東芝

**概要：**水道原水として河川水を用いている浄水場では、近年、トリハロメタン等への対応が必要となっている。現状は、対策として、粉末活性炭処理が行われており、その注入量は $\text{KMnO}_4$ 消費量や $\text{TOC}$ 等の複数の指標から経験的に決められることが多い。本稿では、蛍光分析計により励起波長 345nm、蛍光波長 425nm の蛍光強度とフルボ酸濃度の間に相関があることを利用して、粉末活性炭処理条件と蛍光強度の関係および蛍光強度と水質の関係を調べた。その結果、①粉末活性炭吸着特性と蛍光強度の関係は、河川が異なっている場合でも、同一の推定式が成り立つ。②蛍光強度は、 $\text{THMFP}$ 、 $\text{KMnO}_4$ 消費量、 $\text{TOC}$ と良い相関を示す。等の知見が得られ、各種水質の処理目標に合わせて最適な粉末活性炭注入制御の可能性が示された。

**キーワード：**蛍光分析計、粉末活性炭、制御、トリハロメタン生成能、 $\text{KMnO}_4$ 消費量

### 1 はじめに

原水として河川水を採水している大都市周辺の浄水場では、近年、水源水質の変化に伴い、トリハロメタンおよび臭気への対応が必要となっている。現状、トリハロメタン前駆物質や異臭味除去のため、粉末活性炭処理が行われており、粉末活性炭注入量は $\text{KMnO}_4$ 消費量や $\text{TOC}$ 等の複数の指標から経験的に決められることが多い。海賀ら<sup>1),2)</sup>は、河川水中に含まれる溶解性有機物の多くはトリハロメタンの原因物質である自然或いは下水排水由来のフルボ酸であり、さらに、蛍光分析計により励起波長 345nm、蛍光波長 425nm の蛍光強度と、フルボ酸濃度の間に相関があることを明らかにした。

また、林ら<sup>3)</sup>は、連続測定可能な蛍光分析計を試作し、リアルタイム計測が可能であることを示している。

本研究では、河川水を原水として粉末活性炭によるジャーテストを行い、粉末活性炭処理条件と蛍光強度の関係および蛍光強度と水質の関係を調べ、蛍光強度を指標とした粉末活性炭注入量制御の可能性を確認したので以下に報告する。

### 2 実験方法

関東地区の4河川から採取した水を原水として、ジャーテストにより粉末活性炭吸着特性と蛍光強度の関係を調べ、更に、蛍光強度とトリハロメタン生成能( $\text{THMFP}$ と略記)、 $\text{KMnO}_4$ 消費量、 $\text{TOC}$ の関係を調べた。粉末活性炭の吸着性能は、処理時間や注入率によって大きく変化するため、注入率を10mg/L一定として処理時間を1分~60分まで変化した場合と、処理時間を60分に固定し、注入率を2mg/L~20mg/Lまで変化した場合について実験を行った。

蛍光強度の測定は卓上型蛍光分析計を用い、処理水をNo.5Cのろ紙でろ過後、 $0.45\mu\text{m}$ メンブランフィルターを通し10mm石英セルに入れ、励起波長345nm、蛍光波長425nmの蛍光強度を求めた。蛍光物質濃度は蛍光波長425nmの強度を相対蛍光強度( $\text{FL}$ と略記)として示す。 $\text{FL}$ は、 $50\mu\text{g/L}$ の硫酸キニーネ0.1N硫酸溶液を基準とし、同一励起波長での蛍光強度を100とした。

### 3 実験結果と考察

#### 3.1 粉末活性炭吸着特性

処理時間とFLの関係を図.1に、注入率とFLの関係を図.2に示す。FLは、A河川≒C河川<D河川<B河川の順に大きくなっており、B、D河川では溶解性有機物が多いことが分かる。

Fig.1に示すように、開始から5分以内でFLは大きく低下し、その後、徐々に減少率が小さくなっている。60分処理後のFL残存率は60%~70%であった。また、Fig.2に示すように、注入率の増加に従って、FLは指数関数的に低下している。注入率20mg/LでのFL残存率は30%~50%であった。

データの回帰分析によりFLと粉末活性炭吸着特性（処理時間、注入率）の関係を表す推定式として、(1)、(2)式が得られた。

$$FL = FL_0 - (0.175 + 0.123 \cdot FL_0) \times t^{0.253} \quad (1)$$

$$FL = FL_0 \cdot \exp\left((2.63 \times 10^{-4} \cdot FL_0 + 0.0612) \times i\right) \quad (2)$$

ここで、FL：処理水相対蛍光強度、FL<sub>0</sub>：原水相対蛍光強度、t：処理時間(min)、i：注入率(mg/L)である。Fig.1、Fig.2中の実線、短破線、長破線、一点鎖線は(1)、(2)式による計算結果を示しており、計算値は実験値を±10%の精度で再現している。

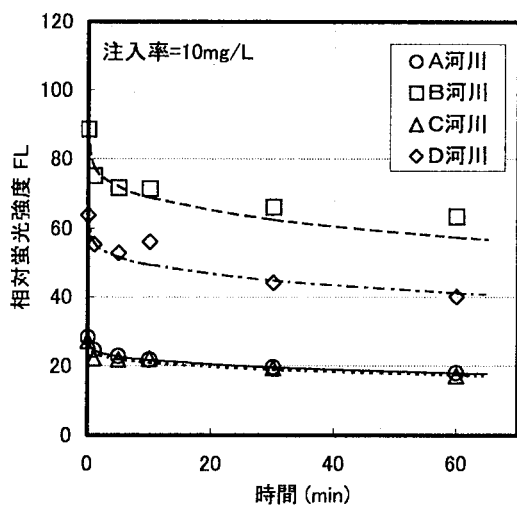


Fig.1 相対蛍光強度と処理時間の関係

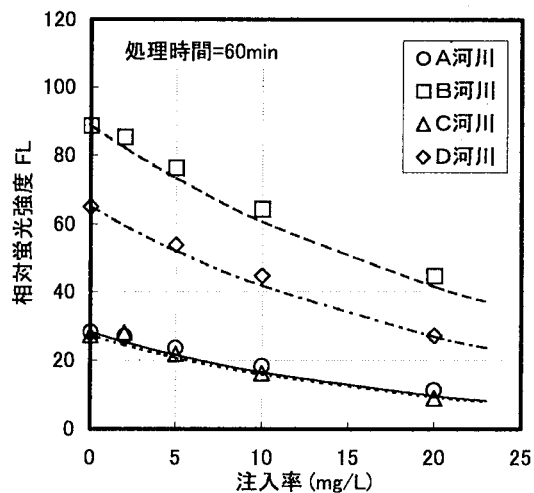
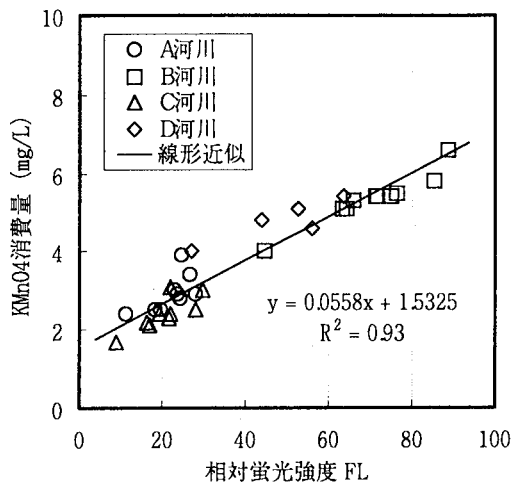
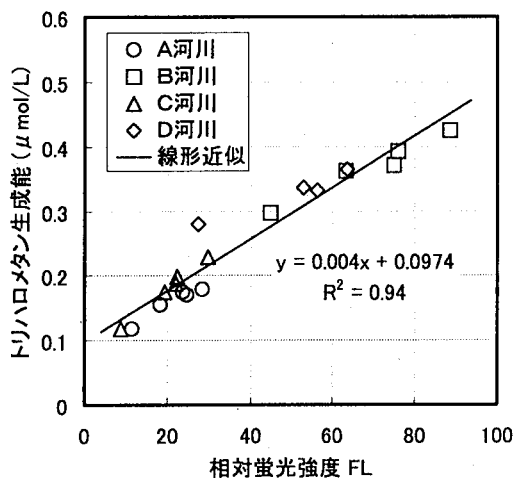


Fig.2 相対蛍光強度と注入率の関係

#### 3.2 水質指標との相関

Fig.3~Fig.5にFLとTHMF<sub>P</sub>、KMnO<sub>4</sub>消費量およびTOCの関係を示す。3種類の水質指標とも全データが一本の直線上にまとまっており、THMF<sub>P</sub>でR<sup>2</sup>=0.94、KMnO<sub>4</sub>消費量でR<sup>2</sup>=0.93、TOCでR<sup>2</sup>=0.76が得られた。このことから、FLは各水質指標の代替指標となりうる可能性が示された。

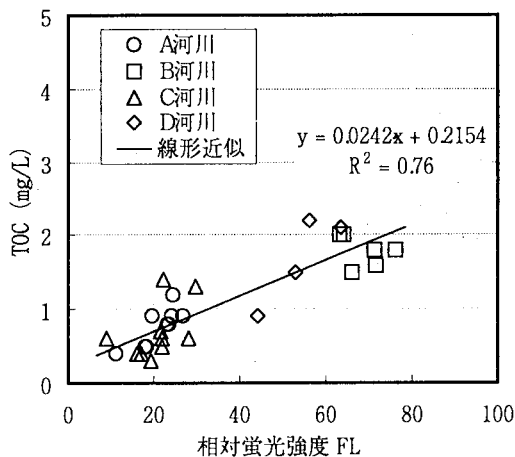


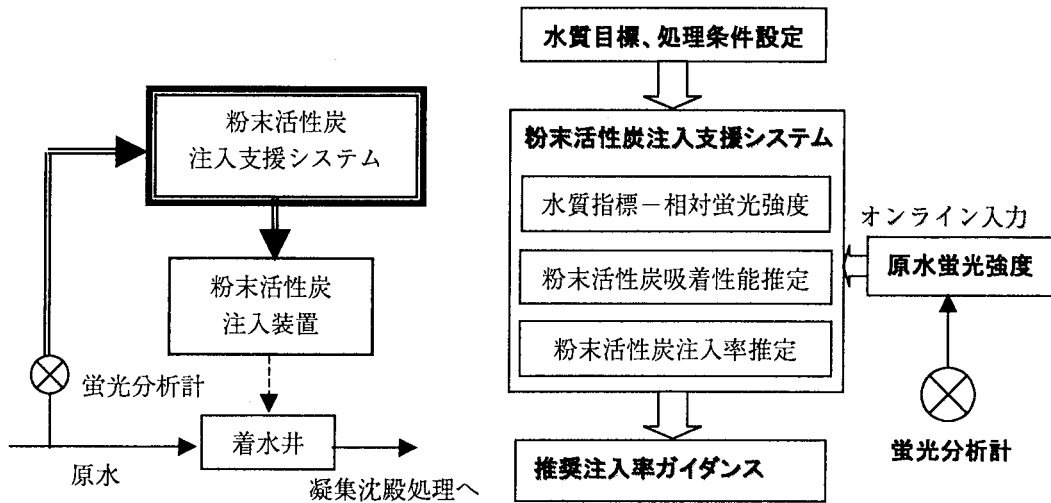
### 3. 3 蛍光分析計による粉末活性炭注入支援システム

前節まで示したとおり、粉末活性炭注入処理条件と相対蛍光強度の関係は、原水が異なる場合でも、同一の式で近似でき、相対蛍光強度と各種水質指標 (THMFP、KMnO<sub>4</sub>、TOC) は、良い相関関係を示すことが確認された。したがって、連続測定可能な蛍光分析計を用いることにより、各種水質指標の目標値に合わせて最適な活性炭注入制御が可能であると言える。

蛍光分析計により原水水質を監視し、処理水の水質目標を達成するのに、必要な粉末活性炭注入率を推定し、支援するシステムを例に挙げて推定手順を説明する。

Fig. 6は、粉末活性炭を着水井で注入する場合のシステム例、Fig. 7は粉末活性炭注入支援フローを示す。Fig. 6に示した例では、原水ラインに蛍光分析計を設置し、蛍光分析計の出力は、粉末活性炭注入支援システムへ入力される。粉末活性炭注入支援システムにおける処置手順は、Fig. 7に示したように、①水質管理者が、処理水の水質目標値、処理条件を設定する。②各水質指標と相対蛍光強度の相関式より水質目標値に対応した相対蛍光強度を求める (Fig. 3~Fig. 5)。③原水相対蛍光強度、処理後相対蛍光強度、処理条件 (処理流量=滞留時間) に対応した粉末活性炭最適注入率を決定する (Fig. 1、Fig. 2および式 (1)、(2))。④算出された粉末活性炭最適注入率を監視システム画面上に出力する。また、自動注入装置により粉末活性炭を注入している場合は、蛍光分析計によるフィードフォワード制御として演算結果に基づいて制御することができる。





#### 4 まとめ

蛍光分析計を粉末活性炭注入制御に適用することを目的として、相対蛍光強度FLと粉末活性炭吸着特性との関係および相対蛍光強度と各種水質指標（THMFP、 $\text{KMnO}_4$ 、TOC）との関係を調べた結果、以下の知見を得た。

- ①粉末活性炭吸着特性とFLの関係は、河川（関東地区4河川において）が異なっている場合でも、同一の推定式が適用できる。
- ②FLは今まで連続測定できなかったTHMFP、 $\text{KMnO}_4$ 消費量と特により相関を示し、さらに、TOCとも良い相関を示す。

以上のことから、連続測定可能な蛍光分析計を用いることにより、各種水質の処理目標に合わせて最適な粉末活性炭注入制御が可能であることが示された。今後は、相対蛍光強度に対する阻害要因の影響等を明らかにする必要がある。

#### 参考文献

- 1) 海賀、中野ら、「蛍光分析法による水道水の評価」水環境学会誌、Vol.22、No.1、pp54-60、1999
- 2) 海賀、中野ら、「蛍光検出高速液体クロマトグラフィーによる浄水処理工程の評価」、用水と廃水、Vol43、No.9、pp17-24、2001
- 3) 林、平本、海賀、伊藤、「蛍光測定の水質監視制御システムへの応用」、第51回全国水道研究発表会、pp521-513、2001