

## 小規模水道における原水の水質濃度範囲の推定

首都大学東京 正会員 山崎公子  
 首都大学東京 学生会員 ○関 丙大  
 首都大学東京 フェロー 小泉 明  
 ソウル市立大学 具 滋茸

### 1. はじめに

小笠原諸島は、東京都心から1000Km南の海域にあり、大小30余の島で構成されている。そのうち、父島と母島の2島には合わせて2,500人が居住し、2島共に浄水場、下水処理場が設置され、上・下水道普及率はほぼ100%である。父島の浄水場は海岸線に面しており、津波対策のため移設が検討されている。小笠原村の水道原水の水質は、良好な状態とはいえず、亜熱帯性気候のためフミン質を多く含み、鉄、マンガン濃度も高く、現在の浄水場では浄水処理に苦慮している。そこで移動計画に際し、問題となっている様々な事項を改善するための新システム構築が課題となっている。新しい浄水処理システムの検討には、水道原水の現状把握が必須であるが、小規模な浄水場では処理対象物質の濃度は月1回、主に原水水質が安定し比較的水質が良好な状態での測定であり、降雨による高濁度時等を含めた水道原水の有機物や鉄等の濃度がどの程度の値となるかが把握できていない。そこで、本稿では、処理対象物質のうちマンガンを着目し、過去5年間の水道原水のマンガン濃度を推定するとともに、得られた結果を用いて、小笠原村の現状、地理的条件等を考慮したマンガン除去システムの提案を行なう。

### 2. 浄水処理の現状及び使用データ

本稿では、対象とする浄水場は2ヶ所の沢、4ヶ所の貯水池と2本の井戸を水源としている。浄水場と水源の位置を図1に示す。また、浄水場の計画1日最大配水量は1,100(m<sup>3</sup>/日)、一日最大取水量は1,140(m<sup>3</sup>/日)である。河川流域の森林の表層には大量の腐葉土が堆積しており、腐植酸など有機物が貯水池に流れ込み、貯水池の有機物濃度を上昇させている。その結果、水道原水のトリハロメタン(以下、THM)生成能は非常に高い値となっている。また、島は鉄、マンガン、アルミニウムを多く含む土壌で形成されており、原水でのこれらの濃度も高い。

浄水場の浄水フローを図2に示す。水温が高いためクロラミン処理を採用している。原水水質は水温、濁度、pH、色度、アルカリ度、電気伝導度の6項目が1日2回測定されている。その他の項目は月1回の測定である。

マンガン濃度の推定式作成には2004年7月から2009年3月までの5年間の月データ(n=57)を用いた。使用したデータのマンガンの濃度の平均値は0.09mg/Lで、最大値は0.27mg/L、最小値0.02mg/Lであった。推定式作成に使用する説明変数は日データ測定項目と同じ水温、pH、濁度、色度、アルカリ度、電気伝導度とした。

### 3. 水道原水マンガン濃度の逆推定

マンガン濃度の推定に用いる7項目について相関分析を行った。非線形の関係も考慮して対数変換したデータについても相関分析を行った結果、表1に示すように対数変換を行なった方が高い相関係数となる項目が多かった。そこで、目的変数をマンガン、説明変数を水温、濁度、色度、pH、アルカリ度、電気伝導度とし、目的変数との相関、内部相関などを考慮し、説明変数を選択して重回帰分析を行い、次の重回帰式を得た。



図1. 水道施設配置図

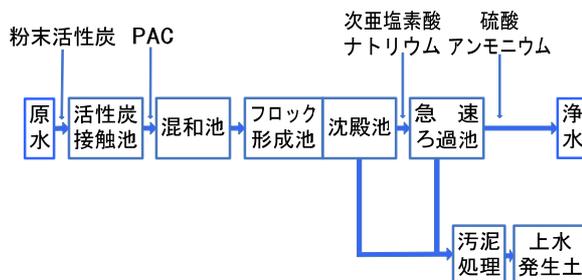


図2. 浄水処理の系統図

表1. 相関分析結果

説明変数	マンガンとの相関係数	
	無変換	対数変換後
水温	0.288	0.332
濁度	0.374	0.422
色度	0.197	0.370
pH	-0.109	-0.051
アルカリ度	-0.061	-0.098
電気伝導度	-0.093	-0.228

(n=57, r<sub>95</sub>=0.261)

キーワード 水道原水水質, マンガン処理, 重回帰分析, 逆推定

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1・電話: 042-677-2947・FAX: 042-677-2947

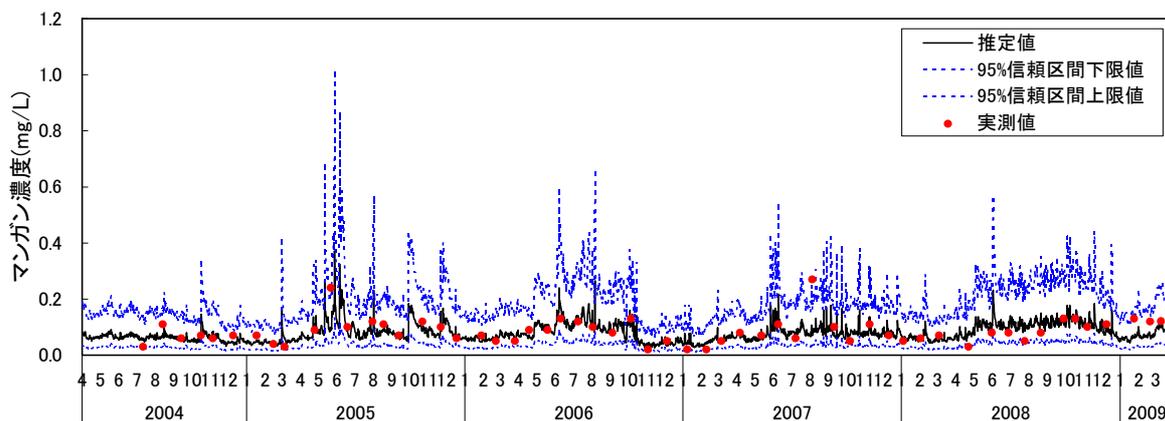


図3. マンガン濃度の日データ推定

$$y = 9.244 \times 10^{-5} \cdot x_1^{1.645} \cdot x_2^{0.667} \dots \dots \dots (1)$$

$x_1 = \text{水温}, x_2 = \text{濁度}, \text{自由度調整済み重相関係数} R^* = 0.665 (n=57)$

(1)式を用いて、マンガンの過去5年間の日データを逆推定した。データ推定結果の最大値、最小値、平均値はそれぞれ、0.372mg/L、0.026mg/L、0.080mg/Lと推定された。水質安定時に測定された分析値が大部分を占めるデータを基に推定式は作成されているため、降雨後などの水質の変動が大きい場合を考慮し95%信頼区間上限値を求めた。得られた推定値、95%信頼区間及び実測値を図3に示す。この結果から、水道原水のマンガン濃度範囲上限値として、95%信頼区間上限の最大値1.018mg/Lを用いることとする。ここで小笠原父島の溶存マンガンとマンガンの比率は約0.7であることから溶存マンガン濃度は0.713mg/Lと算定し、この推定結果を基にマンガン除去浄水処理システムの提案を行う。

#### 4. マンガン対応型浄水処理システムの提案

マンガン処理方法は、酸化処理、マンガン砂ろ過による処理、微生物による処理などがある。現在、浄水場では、マンガン砂による処理を実施している。しかし、図2に示したように、この方法はろ過前に塩素剤を注入し遊離塩素として存在させておくことが必要であり、マンガンを酸化析出させずにイオン状態のままマンガン砂に接触させることが必要なため注入量管理が難しい。さらに、対象原水のTHM生成能が高く、THMが高濃度となることを防ぐ必要もあり、現在も維持管理に苦慮している。微生物を用いる処理方法は鉄バクテリアによる腐食問題、微生物の過付着による離脱作用によって瞬間的処理効率の低下、原水の性状変化による微生物の処理効率の低下などの問題点がある。小笠原は台風が多く接近し、降雨や送風塩により原水水質が不安定であり、小規模浄水場では微生物に大きな影響を与えることから、生物処理を安定した状態で維持することは難しく、微生物による処理の採用は不適であると考える。酸化処理は、水中のマンガンを酸化剤によって酸化析出し分離除去する方法であるが、マンガン除去に最適なpHは9と高くアルカリ剤が必要となる。現地で酸化剤として容易に使用可能なものは空気と塩素剤である。酸化処理は通常凝集沈殿処理の前に酸化剤の注入が行なわれるが、対象原水は、鉄濃度が高いため、空気による酸化は鉄の微細コロイド化を招きやすく、凝集沈殿処理や砂ろ過で補足されないという状況が起こる。また、塩素剤による酸化は、推定されたマンガン濃度1.018mg/Lに対応する塩素注入量は1.313mg/L、溶存マンガンだけを対象としても除去に必要な塩素注入量は0.920mg/Lと多く、前述したようにTHMの高濃度化を招く恐れがある。マンガン砂による処理は、原水中に鉄が多い場合、マンガン砂表面に鉄皮膜が発生する恐れがあるため、事前の除鉄処理が必要である。以上を考慮し、推定されたマンガン濃度1.018mg/Lに対応する処理方法として、pH調整を行わずに塩素剤により鉄及びマンガンの一部を酸化、凝集沈殿除去し、残留しているマンガンマンガン砂で除去する方法が適していると判断できる。さらに、酸化処理の前に有機物除去を行っておくことにより、THM生成能が低減化し塩素注入量の管理も容易になると考える。

#### 5. おわりに

本稿では、水質安定時に測定された月データに基づき最近5年間のマンガン濃度の日データを逆推定し、その結果を用いて具体的なマンガン除去方法を検討した。推定されたマンガンの濃度から推定対象地域でのマンガン除去方法として酸化処理+マンガン砂での処理が適していると判断された。今後、鉄、有機物などの他の項目についても同様な推定を行い、総合的な浄水処理システムの構築を行っていく予定である。

#### 【参考文献】

1) 高井雄・中西弘：用水の除鉄・除マンガン処理，産業用水調査会，1987