

〈研究発表〉

浄水処理による水質改善効果の評価 ケース・スタディー

植木 茂¹⁾, 相澤 貴子¹⁾, 藤原 正弘¹⁾, 鮫島 正一²⁾, 松井佳彦³⁾

¹⁾(財)水道技術研究センター (〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-8-1,

E-mail: ueki@jwrc-net.or.jp, fujiwara@jwrc-net.or.jp, aizawa@jwrc-net.or.jp)

²⁾(株)明電舎 水・環境事業部 (〒141-8616 東京都品川区大崎5-5-5, E-mail: sameshima-s@mb.meidensha.co.jp)

³⁾北海道大学大学院 工学研究科 (〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目, E-mail: matsui@eng.hokudai.ac.jp)

概要

1985年に厚生省(現厚生労働省)のおいしい水研究会が“おいしい水の要件”¹⁾を公表してから25年以上が経ち、水道水の安全性とおいしさに対する需要者の要求がさらに高くなってきている。そこで、現代における安全でおいしい水を検討するにあたり、浄水処理による水質改善効果と人が飲んで感じるおいしさに影響する水質について解析し、水道事業者が需要者の満足度向上を図るための指標を提案することを目的に研究を行っている。研究の中で検討した“おいしい水”の表現方法と、浄水方式毎のケース・スタディーの結果について報告する。

キーワード: おいしい水、水質改善、レーダーチャート

1. はじめに

水道水の安全性や“おいしさ”に対する需要者の要求が高まっている中で、高度処理や膜ろ過の導入が進んでいる。それにも関わらず、ペットボトル水の需要が増え続けているのは、水道水はおいしくないという先入観と、必ずしも「高度な浄水処理水」＝「おいしい水」ではないためだと思われる。

このような背景から、(財)水道技術研究センターでは、Aqua10 共同研究/第2研究委員会「より安全でおいしい水道水に向けての方策に関する研究」グループを設置し、水道水の“おいしさ”の度合いを分かり易く表現する方法を検討した。そして最終的には、“おいしさ”に影響を与える水質の濃度と“おいしさ”の相関等を明らかにし、水道事業者が需要者の満足度向上を図るための指標を提案することを目指して研究を行っている。

2. 研究目的

水道統計水質編²⁾から“おいしさ”に関連すると思われる水質項目とその目標値を暫定的に策定し、水道水の“おいしさ”の度合いや浄水処理による水質の改善度をわかりやすく視覚的に表す手法(レーダーチャート形式)を作成した。そして浄水処理方式毎のケース・スタディーにより、その表現方法の有効性を検証した。

3. 研究方法

3.1 対象とする水質項目の選定と分類

水質基準項目と水質管理目標設定項目の中から、水のおいしさに関連すると考えられる水質項目を抽出した。また、抽出した項目を「外観」、「味」、「臭気」の3通りに分類した。

3.2 おいしい水の目標値(暫定)の設定

厚生労働省委託業務(高度処理施設の標準化に関する調査)³⁾で、高度浄水処理(粉末活性炭処理、粒状活性炭処理、オゾン処理、生物処理)を行っている浄水場を対象に行ったアンケート調査結果から浄水水質の管理目標値を集計し、「おいしい水の目標値(暫定)」の設定の参考とした。その設定結果をTable 1に示す。

Table 1 Target values of good-tasting water (tentative)

大分類	小分類	水質項目	おいしい水の目標値(暫定)	設定根拠	
外観	濁り	濁度	0.1 度	クリプトコッカム対策指針値	
		7μmニカド	0.1 mg/L	水質管理目標設定項目の目標値	
	色	色度	1 度	高度処理施設の標準化に関する調査で最も回答が多かった管理目標値	
		鉄	0.05 mg/L	配管中で濁度・色度が高ならないような濃度	
味	軟水 硬水	マンガン	0.01 mg/L	水質管理目標設定項目の目標値	
		有機物質	TOC	1 mg/L	高度処理施設の標準化に関する調査で最も回答が多かった管理目標値
		蒸発残留物	30~200 mg/L	水質管理目標設定項目の目標値及びおいしい水の要件	
		硬度	10~100 mg/L	水質管理目標設定項目の目標値及びおいしい水の要件	
		遊離炭酸	3~20 mg/L	下限: おいしい水の要件 上限: 水質管理目標設定項目の目標値	
		かび臭	ジ・オスミン	1 ng/L	現在の分析技術における定量下限値
2-MIB	1 ng/L		現在の分析技術における定量下限値		
臭気	カルキ臭	臭気強度	1 TON	希釈しなくても臭気を感じないレベル	
		残留塩素	0.1~0.4 mg/L	下限: 水道法施行令 上限: おいしい水の要件	
		鉄	0.05 mg/L	配管中で濁度・色度が高ならないような濃度	
		マンガン	0.01 mg/L	水質管理目標設定項目の目標値	
		TOC	1 mg/L	高度処理施設の標準化に関する調査で最も回答が多かった管理目標値	
		総トリハロメタン	0.01 mg/L	水道水質基準の10%値	
		アンモニア態窒素	0.05 mg/L	複数の上水試験法で定める定量下限値※の中央値 ※0.1mg/L (1種類の測定法) 0.05mg/L (2種類の測定法) 0.02mg/L (残りの2種類の測定法)	
		臭気強度	1 TON	希釈しなくても臭気を感じないレベル	

3.3 水質の達成度の定義

原水及び浄水水質が Table 1 の目標値に対してどの程度の水準にあるかを表す達成度を算出した。原水についての水質の達成度は、浄水処理による水質の改善度合い（または変化がないこと）を直接的に表現するために、浄水と同じ目標値を採用して算出することとした。水質の達成度のグラフの一例を Fig.1、2 に示し、その特徴を以下に述べる。

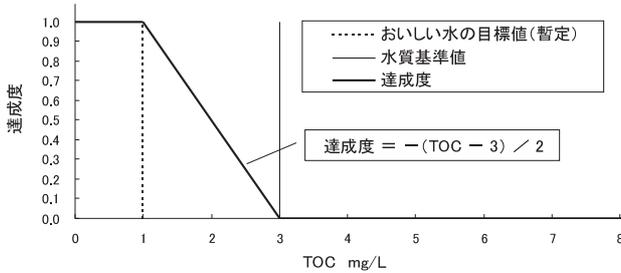


Fig. 1 Achievement against target values of good-tasting water (TOC)

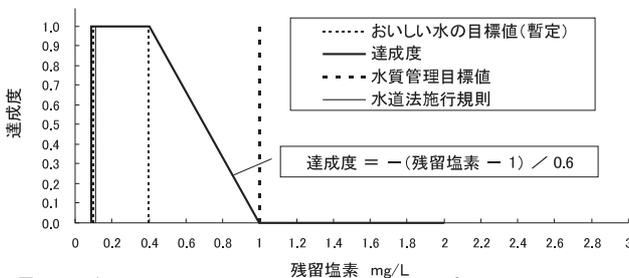


Fig. 2 Achievement against target values of good-tasting water (Residual chlorine)

【達成度の設定方法】

- ① 「おいしい水の目標値」よりも低濃度の場合を 1 とする。（蒸発残留物、硬度、遊離炭酸、残留塩素を除く）
- ② 水質基準値や水質管理目標値等よりも高濃度の場合を 0 とする。
- ③ 両者の間を直線で結び、これに対応した達成度を直線式により算出する。
- ④ 原水中の総トリハロメタンと残留塩素、浄水中のアンモニア態窒素については、一般的には測定されることはないが、通常それらは存在しないと考えられるため、達成度を 1 とした。

【計算例】

Fig. 1 に示す TOC を例に、達成度の計算方法を示す。

TOC=1mg/L (おいしい水の目標値) で達成度 1、3mg/L (水質基準値) で達成度 0 としたので、グラフの傾きが $-1/2$ となる。また、X 軸が 3 の時 Y 軸が 0 である。よって、計算式は、達成度 $= -(TOC - 3) / 2$ となる。

例えば、TOC = 1.5mg/L の場合、達成度 $= -(1.5 - 3) / 2 = 0.75$ となる。

換言すると、1.5mg/L は、目標値 1mg/L と水質基準値 3mg/L の間で、目標値 1mg/L により近く、目標値の 75% を達成している。

4. 研究結果と考察

4.1 レーダーチャートによる「おいしい水の達成度」の表現

水道統計水質編（平成 18 年度版）から、代表的な浄水場の原水及び浄水の年最大値※を抽出し、上記 3.3 項で検討した達成度に当てはめ、レーダーチャート形式で示した。3ヶ所の浄水場の例を Fig.3（消毒のみ）、Fig.4（粉末活性炭処理）、Fig.5（高度浄水処理）に示す。

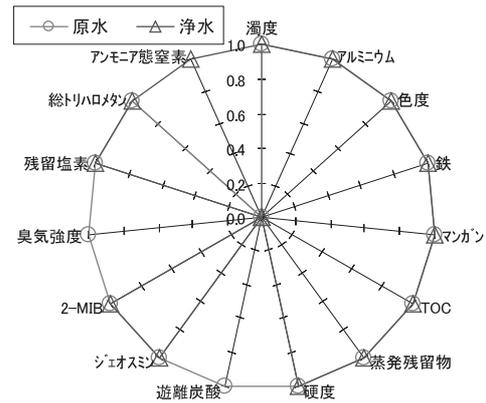


Fig. 3 Comparison of achievement against raw and finished water qualities (Water treatment plant A with disinfection only)

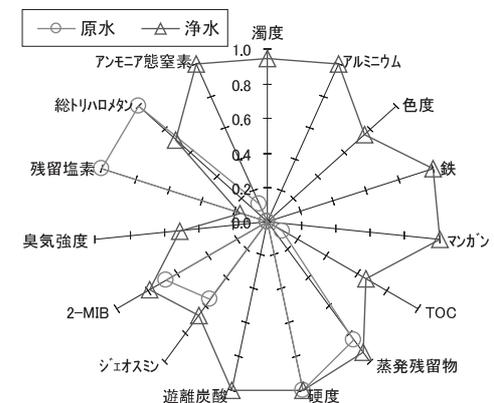


Fig. 4 Comparison of achievement against raw and finished water qualities (Water treatment plant B with powdered activated carbon)

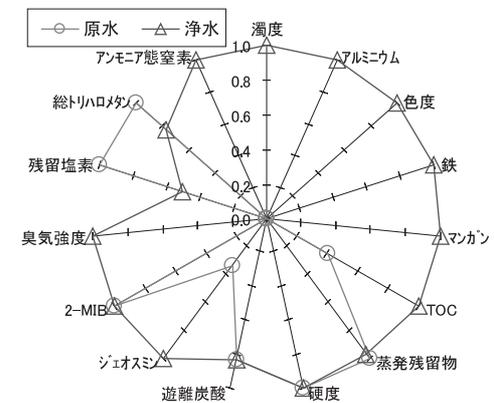


Fig. 5 Comparison of achievement against raw and finished water qualities (Water treatment plant C with advanced water treatment)

3つの浄水場を比べると以下の状況が分かる。

- ①消毒のみの浄水場Aは、もともと原水の水質が良い。
- ②粉末活性炭処理の浄水場Bは、原水に比べ浄水の水質が良くなっている。
- ③高度浄水処理の浄水場Cは、水質の悪い原水が、大幅に改善されている。

4.2 「おいしい水の達成度」の総合得点化(ケース・スタディ)

おいしい水の目標値に対する達成度という基準化された指標を用いることにより、複数の水質項目を統合して評価することが可能となる。原水と浄水の各々について達成度の平均値を算出し、これを散布図の形式で示したものが Fig.6~10 であり、4種類の浄水処理方式の傾向を以下に述べる。(水道統計水質編からランダムに、オゾン+活性炭(以下高度浄水処理と記す):20ヶ所、粉末活性炭(以下粉炭と略す):50ヶ所、急速ろ過・緩速ろ過(以下ろ過と略す):30ヶ所、消毒のみ:30ヶ所を選びプロットした。)

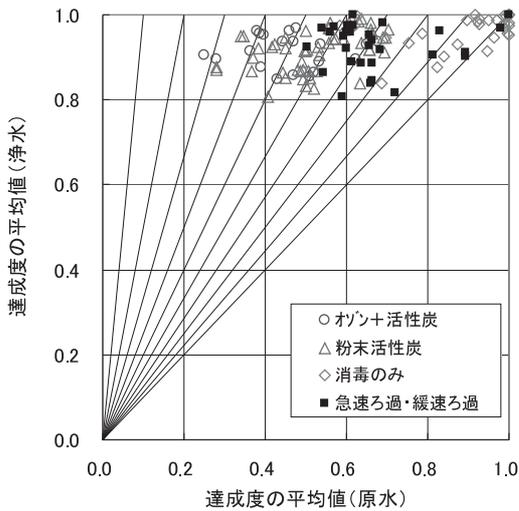


Fig. 6 Finished water qualities achieved by different purification methods (15 items)

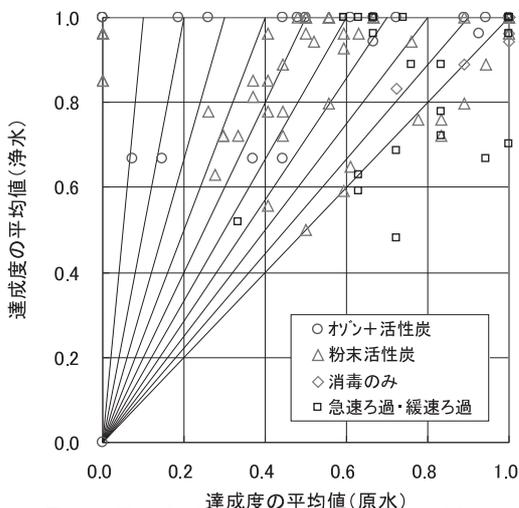


Fig. 7 Finished water qualities achieved by different purification methods (odor [musty odor])

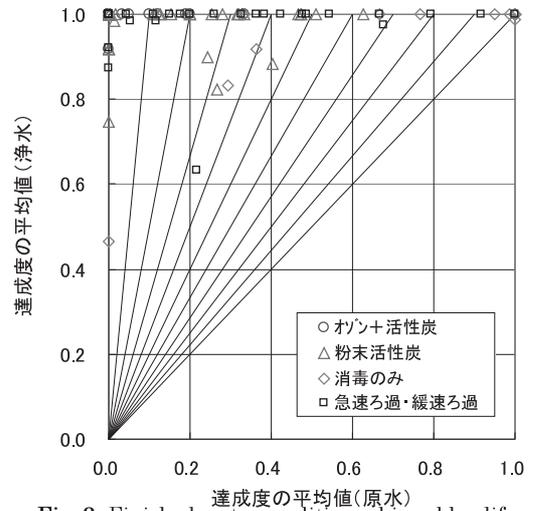


Fig. 8 Finished water qualities achieved by different purification methods (appearance [color])

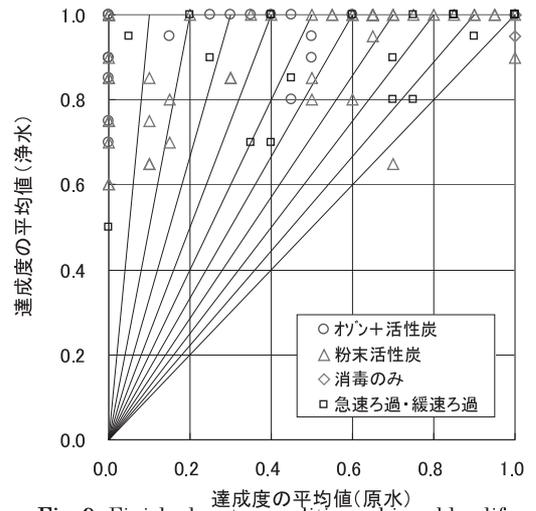


Fig. 9 Finished water qualities achieved by different purification methods (taste [organic matter])

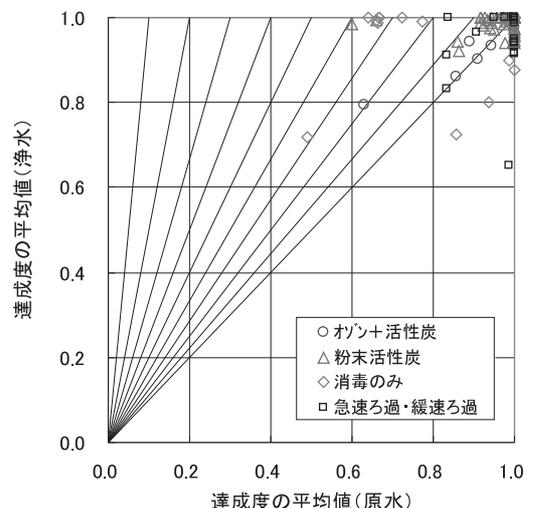


Fig. 10 Finished water qualities achieved by different purification methods (taste [soft water/hard water])

①水質項目全体の達成度を比較 (Fig.6) すると消毒のみは、原水も浄水も達成度が高く、ろ過は若干、原水の達成度が低い。粉炭と高度浄水処理は原水の達成度が低く (若干高度浄水処理の方が低い)、浄水の達成度は他と同程度高くなっている。原水の水質が悪くなるに従って、消毒のみ→ろ過→粉炭→高度浄水処理が採用されている傾向がある。

②粉炭と高度浄水処理の違いがはっきりしているのが、臭気 (かび臭) (Fig.7) であり、粉炭は浄水の達成度が広範囲に分布しているのに対し、高度浄水処理は達成度 1 に集中している。高度浄水処理は、特に、ジェオスミン、2-MIB の除去率が高いためと考察される。逆に、粉炭では目標値に未達の処理にとどまる場合があることが示唆された。

③色度、鉄、マンガンに起因する外観 (色) (Fig.8) と T O C に起因する味 (有機物) (Fig.9) についても、高度浄水処理の方が粉炭に比べ改善している傾向となっている。

④味 (軟水/硬水) (Fig.10) については、どの処理方式も原水の硬度を低減化しないため処理方式毎の特徴は見当たらない。

5. おわりに

おいしい水に関連すると考えられる水質項目を抽出し、それぞれの項目について目標値を設定して原水及び浄水水質をレーダーチャートで表わすことで、浄水場毎の除去特性を表現することができた。またケース・スタディにより、浄水処理方式毎の水質の達成度分布図を作成することで、浄水処理方式別の特徴が表現できていることを検証した。

今後は、“きき水”、クロラミン類の臭気に及ぼす影響についての調査・分析により、水のおいしさを表現する水質項目や目標値を決定し、最終的には、水道事業者が需要者の満足度向上を図るための“おいしい水”指標を提案する予定である。

参考文献

- 1) 厚生省 (現、厚生労働省) : おいしい水研究会報告書 (1985)
- 2) (財)日本水道協会 : 水道統計水質編 (2006)
- 3) (財)水道技術研究センター : 平成 20 年度厚生労働省委託費による「高度処理施設の標準化に関する調査」報告書 (2009)