

アンモニア態窒素を含む地下水の塩素処理

安齋馨子 相川建彦 石井俊靖

Chlorination of Ammonia-nitrogen in Groundwater

Keiko ANZAI, Takehiko AIKAWA and Toshiyasu ISHII

要旨

平成 19 年度に飲用検査用として当所に搬入された、地下水を自己水源とする専用水道及び小規模専用水道に属する 50 施設の飲料水のうちアンモニア態窒素を含む地下水の性状、検出状況及びその処理法について調査を行った。アンモニア態窒素が確認された 11 施設のうち 73 % (8/11) の施設で、塩素添加を行い結果的に結合残留塩素処理¹⁾を行っていた。このうち 1 施設の結合残留塩素が水道法で定められた濃度に達していなかった。また、緊急時に対応するためにアンモニア態窒素の測定は不可欠であることを再確認した。

キーワード：アンモニア態窒素、残留塩素、塩素処理

Keyword : Ammonia-nitrogen, Residual chlorine, Chlorination

はじめに

飲料水中のアンモニア態窒素は、有機物が腐敗・分解する初期の段階で発生するため汚染指標として扱われてきた^{2) 3)}が、1978 年(昭和 53 年)の水質基準に関する省令(厚生省令第 56 号)から削除された⁴⁾。

同年の厚生省環境衛生局水道環境部長通知(環水第 91 号)でアンモニア態窒素自体に健康影響がないことと汚染指標としては一般細菌と大腸菌群等で十分であると説明している。一方、塩素処理を行っている施設では、アンモニア態窒素は水質管理上有効な指標なので活用するよう示している⁴⁾。アンモニア態窒素を含んだ水に塩素添加を行った場合、遊離残留塩素を検出する不連続点になかなか達せず結合残留塩素の状態が長いこともあり、不連続点までの塩素注入量はアンモニア量の 8 ~ 10 倍となることが多い^{5) 6) 7)}。したがって地下水を原水とする飲料水中のアンモニア態窒素を測定することは残留塩素のコントロールに重要なことと考える。そこで、アンモニア態窒素を含む地下水に塩素処理を行っている施設のアンモニア態窒素と残留塩素の調査を行ったので、その結果について報告する。

方法

1. 試料

平成 19 年度に飲用検査用に搬入された水道法適用の専用水道 26 施設及び千葉県小規模水道条例適用の小規模専用水道 24 施設の合計 50 施設の飲料水

2. 試薬及び試液

1) イオンクロマトグラフ法

(1) 標準品

アンモニウムイオン標準品 1000 mg / L は関東化学(株)製を用いた。

(2) 標準溶液

標準品を 1mL とり超純水で 100 mL とし、これを 0.2,

1, 5, 10 mg / L となるように調製し標準溶液とした。

(3) その他の試薬

2, 6-ピリジンカルボン酸は MERCK 製を用いた。水は Ellix 5 / Milli-Q-plus (日本ミリポア社製)で作成した超純水を用いた。その他の試薬はすべて市販の試薬特級品を用いた。

2) 残留塩素

(1) 遊離残留塩素

DPD Free Chlorine Reagent (PERMACHEM REAGENTS)

(2) 全残留塩素

DPD Total Chlorine Reagent (PERMACHEM REAGENTS)

(3) その他の試薬

次亜塩素酸ナトリウム溶液は和光純薬工業(株)製の化学用を用いた。

3. 装置

1) イオンクロマトグラフ法

イオンクロマトグラフ: 横河アナリティカルシステムズ IC 7000 D

2) 残留塩素

HACH ポケット残留塩素計 : DKK Pocket Colorimeter 46700-00 型

3) 超純水製造装置: 日本ミリポア社 MilliQ plus

4. 測定条件

1) イオンクロマトグラフ法

陽イオン用ガードカラム: ICS-C2G (ID 4.0 mm × L 10 mm)

陽イオン用分離カラム: ICS-C25 (ID 4.6 mm × L 125 mm)

カラムオープン: 40°C

溶離液: 5 mmol/L 酒石酸 + 1 mmol/L 2, 6-ピリジンカルボン酸 + 2.4 mmol/L ホウ酸

流量: 1mL/min 検出器: 電気伝導度検出器

5. 操作

1) イオンクロマトグラフ法

告示方法⁸⁾に従い、検水を0.2 μmのフィルターでろ過を行い試験溶液とした。

2) 残留塩素

告示方法⁹⁾に準拠し測定を行った。結合残留塩素は全残留塩素から遊離残留塩素を差し引いて求めた。

3) 緊急時残留塩素濃度確保の検討

有効塩素濃度0.1 w/v%の次亜塩素酸ナトリウム溶液を80 μL~2,200 μLまで段階的に採り

ついでC施設の検水を加えて200 mlとし、20℃で24時間静置後アンモニア態窒素と残留塩素を測定した。

結果及び考察

結合残留塩素処理は水中にアンモニアを加えて塩素処理を行う方法であるが、アンモニア態窒素を含む地下水では、塩素処理を行うことで結果的に結合残留塩素処理となる。施設により含まれるアンモニア態窒素及び塩素添加量も一様でないため生じる結合残留塩素は異なっている。

衛生上必要な措置として水道法では、給水栓での遊離残留塩素は0.1 mg/L以上(汚染や感染が疑われるときは

0.2 mg/L以上)、結合残留塩素は0.4 mg/L以上(同1.5 mg/L以上)を確保するように塩素消毒を行うことが定められている。そこで、アンモニア態窒素と残留塩素との関連について検討を行った。

1) 水質検査結果

表1に今回調査対象とした50施設のうちアンモニア態窒素が確認され、結果的に結合残留塩素処理を行っていると考えられた8施設のアンモニア態窒素、遊離残留塩素及び結合残留塩素の測定結果を示した。このうち原水を入手できた3施設についてはアンモニア態窒素の測定を加えた。

原水でのアンモニア態窒素が確認された3施設の値は0.78~1.63 mg/Lであった。塩素処理を行っているA~H施設の浄水でのアンモニア態窒素は、0.10未満~1.23 mg/Lであった。遊離残留塩素は0.05未満~0.10 mg/Lで、88%(7/8)の施設が0.1 mg/Lに満たなかった。一方結合残留塩素はE施設を除く7施設で0.47~1.05 mg/Lであり水道法の0.4 mg/L以上を満たしていた。これらの施設では、アンモニア態窒素と結合残留塩素が共に確認された。

表1 水質測定結果

施設	単位: mg/L			
	原水 アンモニア 態窒素	浄水 アンモニア 態窒素	遊離残留塩素	結合残留塩素
A	-	0.28	0.07	0.86
B	1.63	1.09	不検出	1.05
C	0.78	0.51	0.05	0.47
D	-	0.15	0.06	0.56
E	-	痕跡	不検出	0.29
F	1.18	1.23	不検出	0.58
G	-	0.61	不検出	0.94
H	-	0.28	0.10	0.58

不検出 アンモニア態窒素: 0.10mg/L未満、残留塩素: 0.05mg/L未満
痕跡は、クロマトグラムにピークを確認したが定量されない状態

2) 結合残留塩素の日差変動

表2に年に2回以上検査を行う施設のうちアンモニア態窒素が不検出または痕跡であったA及びE施設、また原水でのアンモニア態窒素が最高値であったB施設の検査データを示し、採水日の違いによる測定結果を比較した。

A施設は採水日によってアンモニア態窒素と結合残留塩素の濃度に差が見られ、12月採水の試料では結合残留塩素が0.4 mg/Lに達せず、さらにアンモニア態窒素も検出されなかった。日常の塩素添加でアンモニア態窒素及び結合残留塩素が変動しやすいことが伺え、原水でのアンモ

ニア態窒素の測定が重要であると考えられた。つまり現在添加している塩素量を減らして結合残留塩素を上げるか、0.1 mg/L以上の遊離残留塩素を検出するまで塩素添加を行う不連続点塩素処理を行うかの方針を定め管理すれば、残留塩素が確保できると思われる。どちらで処理を行うかは原水でのアンモニア態窒素を測定して判断する必要がある。

E施設は採水日による差は見られず、アンモニア態窒素は痕跡または不検出であり、結合残留塩素は生じていたが0.4 mg/Lを満たさず、さらに遊離残留塩素も検出され

ていなかった。これらより E 施設では、原水でのアンモニア態窒素の含有量が少ないと予想され、不連続点塩素処理を行いやすいと考えられるが、まず原水のアンモニア態窒素測定が欠かせないことである。

B 施設は、採水日によるアンモニア態窒素の変動が少ない。また有効な結合残留塩素が 0.4 mg/L 以上を安定して確保されることが予想でき、結合残留塩素処理を行いやすいことが示唆される。

A 及び E 施設に比較してアンモニア態窒素濃度の高い

表 2 採水日の違いによる水質測定結果

単位：mg/L

施設	採水月	浄水		
		アンモニア態窒素	遊離残留塩素	結合残留塩素
A	2007.6	0.28	0.07	0.86
	2007.12	不検出	不検出	0.34
B	2007.5	0.94	0.12	1.08
	2007.11	1.09	不検出	1.05
E	2007.5	痕跡	不検出	0.29
	2007.11	不検出	不検出	0.26

不検出 アンモニア態窒素：0.10mg/L 未満、残留塩素：0.05mg/L 未満
痕跡は、クロマトグラムにピークを確認したが定量されない状態

3) 緊急時残留塩素濃度確保の検討

図 1 に C 施設の塩素添加によるアンモニア態窒素と残留塩素の関係を示した。

表 1 に示す C 施設の浄水でのアンモニア態窒素は 0.51 mg/L、結合残留塩素は 0.47 mg/L であった。この値を図 1 にあてはめると塩素添加で結合残留塩素は極大をすぎ、アンモニア態窒素も酸化され減少している状態であると考えられた。緊急時に、引き続き塩素を加えても結合残留

塩素が水道法の値に達しにくいことが予測され、遊離残留塩素 0.2 mg/L 以上を確保することになる。

C 施設では、0.4 mg/L 以上の結合残留塩素の出現を目標に塩素添加を行えば塩素使用量も少ない量で適切に日常の管理ができ、さらに緊急時にも対応できると考えられる。このようにアンモニア態窒素の測定は塩素消毒の管理上重要なものになる。

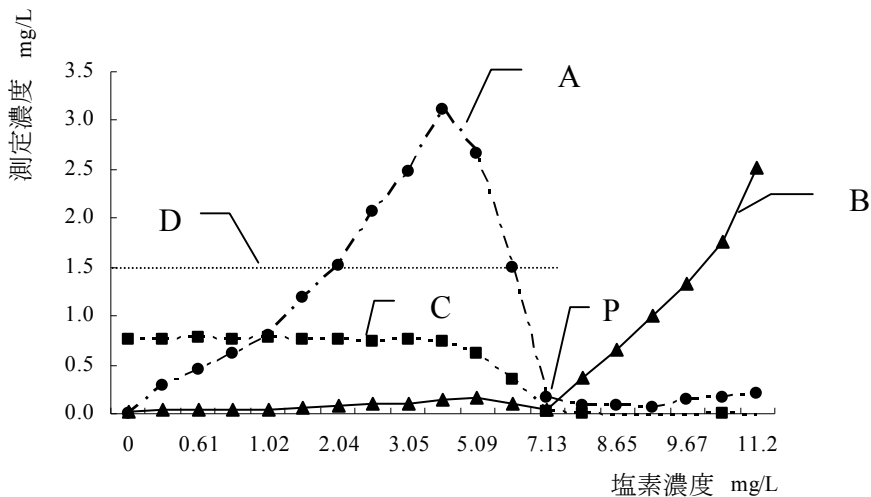


図 1 塩素添加によるアンモニア態窒素と残留塩素(C 施設)

P: 不連続点 A: 結合残留塩素 B: 遊離残留塩素
C: アンモニア態窒素 D: 緊急時に要する結合残留塩素濃度

まとめ

あらかじめ原水のアンモニア態窒素濃度を測定することは、アンモニア態窒素を消失させて遊離残留塩素を検出する不連続点塩素処理を行う場合でも、アンモニア態窒素を利用して結合残留塩素処理で管理する場合においても重要な要素となることを再確認した。

また、水道法で定められた塩素消毒をする上で、不連続点塩素処理では遊離残留塩素の確認、結合残留塩素処理では、浄水でのアンモニア態窒素と結合残留塩素の測定を行うなど、ともにきめ細かい管理をしていかなければならない。

参考文献

- 1) 吉川循江, 田中礼子, 荒井桂子, 磯田信一: 上水中の塩化シアン定量における酒石酸緩衝液の影響. 分析化学(BUNSEKI KAGAKU) 2007 ; 56 : 595-6
- 2) WHO; Ammonia. environmental Health Criteria 54, 1986
- 3) US. EPA; Summary Review of Health Effects Associated with Ammonia. 1989
- 4) 日本水道協会: 上水試験方法解説編 2001 年版 ; p. 272-276.
- 5) 日本水道協会: 上水試験方法解説編 2001 年版 ; p. 300.
- 6) 佐藤敦久: 水処理—その新しい展開—, 技法堂出版, 1992 ; p. 13-14.
- 7) 宗宮 功, 遠藤伸一, 阪出裕昭: 塩素処理に関する基礎研究(I)—脱窒素について—. 下水道協会誌 1979 ; 16 : 21-2
- 8) 厚生労働省告示第 261 号: 「水質基準に関する省令の規定に基づき厚生労働大臣が定める方法」, 平成 15 年 7 月 22 日
- 9) 厚生労働省告示第 318 号: 「水道法施行水道法第 17 条 2 項の規定に基づき厚生労働大臣が定める遊離残留塩素及び結合残留塩素の検査方法」, 平成 15 年 9 月 29 日