

飲料水中的 Trihalomethanes 規制

李 範 鎬

韓國綜合技術開發公社 副社長·技術士

— 다음의 記事는 AWWA에 依하여 出版되었고, AWWA 研修計劃調整者인 MR. Dee Cooperider에 依해 準備된 THM 세미나 資料中에서 「上水中의 THM規制를 위한 處理 技術」中에서 拔華한 것이다. (譯者 註) —

1. THMs - 飲料水에 發癌物質이 있는가?

原水中에 있는 有機物質(例: 나뭇 잎 조각, 藻類等)의 腐敗時에는 Humic 酸 및 Fulvic 酸을 生成한다. 1974년 一團의 研究者들은 上記의 酸을 包含하고 있는 물에 鹽素를 添加하였을 때 酸과 鹽素사이에 化學反應이 일어나는 것을 알았다. 이 化學反應에서 약간의 有機化合物이 生成되며 이 有機化合物을 Trihalomethanes (THMs)이라고 稱한다. 上水에는 다음과 같은 가장 一般的인 4가지의 THMs가 있다.

- Chloroform (CHCl_3)
- Bromodichloromethane (CHBrCl_2)
- Dibromochloromethane (CHBr_2Cl)
- Bromoform (CHBr_3)

試驗室 Test에서는 이 THMs가 Carcinogens (發癌物質이 될 可能性이 있음)이 될 可能性이 있기 때문에 USEPA는 1979년에 飲料水安全法(Safe Drinking Water Act, SDWA)에 THMs의 最大汚染基準(Maximum

Contaminant Level, MCL)項을 添附하였다.

그 基準은(MCL) 단지 가장 一般的인 4가지 形態의 THMs(앞에서 言及)만 規制한 것이다. 上水에 있어서의 이 THMs의 MCL은 $0.10 \text{ mg}/\ell$ 로 規制되어있다. $0.10 \text{ mg}/\ell$ 以上の THMs를 包含하면 USEPA의 MCL 基準을 違反하게 되는 것이다.

SDWA의 새로운 條項에 따라 上水에 消毒劑(鹽素)를 添加하는 綜合施設은 THMs 濃도에 對하여 上水供給을 監視하여야 한다. 1981.1.1부터 75,000名 以上の 給水人口를 갖는 施設은 THMs 基準을 監視하도록 되었으며, 이 施設도 1982.1.1부터는 THM濃度 MCL $0.1 \text{ mg}/\ell$ 基準에 따라 給水하게 되었다. 給水人口가 10,000~75,000人의 給水施設은 1983.1.1부터 THM基準을 監視하도록 되어 있고, 이 施設도 1984.1.1부터는 THM濃度, MCL $0.1 \text{ mg}/\ell$ 基準을 適用하게 될 것이다.

10,000名 以下の 給水人口를 갖는 施設은 名洲에서 適用할 監視要求條項에 關하여 洲水道局과 接觸을 가져야 한다.

2. THMs의 샘플링 指針 및 方法

THMs 基準을 決定하기 위해 一年에 每分期마다 1회씩(每3個月마다) 샘플링을 하여야 한

다. THMs 분석을 위해 샘플링을 할 때에는 다음의 지침에 따라야 한다.

a) 一般的인 法則에 따라 採水位置는 THMs 샘플링에 適合한 곳이어야 한다.

b) 各 淨水場의 配水系統에서 同一한 날에 最少한 4 地點에서 採水하여야 한다.

c) 샘플수의 25%는 配水系統中 가장 먼 곳 (各 淨水場에서 가장 먼곳)에서 採取하여야만 한다.

d) 샘플수의 75%는 配水人口를 代表할 수 있어야 한다.

e) 回轉물꼭지(swivel faucets), 쪽기기가 달린 물꼭지 및 호스가 달린 물꼭지에서는 採水해서는 안된다.

THMs 분석을 위한 샘플링 방법은 다음과 같다.

a) 最少한 25 ml의 液을 담을 수 있는 주둥이가 좁고, 뚜껑을 돌려서 담을 수 있는 샘플병

b) 샘플병을 密閉할 수 있는 poly-tetrafluorethylene (PTFE)로 處理된 silicon-Septa 병뚜껑을 갖출 것

c) 샘플병을 꼭 닫을 수 있도록 된 나선形의 병뚜껑을 갖출 것

이런 容器들은 試驗室에서 一般的으로 使用된다. 어떤 샘플병에는 還元劑〔一般的으로 티오황산나트륨 ($Na_2 S_2 O_3$) 혹은 황산나트륨 ($Na_2 SO_4$)〕가 少量 들어 있을 수가 있다. 이 還元劑는 鹽素와 humic 酸 및 fulvic 酸과의 化學反應을 中止시킨다.

이런 化學反應의 中斷에 따라 消費者의 수도꼭지에서 採取후 THMs 生成이 계속되지는 않는다. 還元劑를 包含하고 있는 샘플병을 使用할 때에는 還元劑로 씻어내지 말아야 하며, 이는 샘플을 採水하였을 時 병속에 殘存할 수 있기 때문에 샘플병에 還元劑를 包含하지 않기 위해서 이다. 이 類의 샘플은 長期間에 걸쳐서 生成되는 最大 THMs 濃度를 위해 試驗되어지기 때문에 만약 還元劑가 샘플에 添加되었을 境遇에는 試驗은 遂行될 수 없다. 還元劑가 들어

있지 않는 샘플병을 使用할 境遇에는 還元劑를 添加하지 말아야 한다. (어떤 化學藥品도 넣지 말것)

3. THMs의 샘플링 順序

THMs의 분석을 위해 샘플수를 收集할 境遇의 順序는 다음과 같다.

a) 수도꼭지를 연 다음 물이 安定되어 나오게(steady stream)한다.

b) 水溫이 一定하게 되도록 약 5 分間 물을 흘려 보낸다.

c) 물이 넘쳐 흐를때까지 샘플병에 가득 채운다.

d) 평탄한 곳에 샘플병을 놓은 다음 PTFE 로된 병뚜껑으로 막는다.

e) 병뚜껑으로 꼭 잠근 다음 샘플병을 거꾸로 뒤집는다.

f) 氣泡가 보이지 않으면 그 샘플을 適當히 密閉시킨다.

g) 만약 氣泡가 보이면 병뚜껑을 열어서 샘플병에 다시 適當量의 물을 넣는다.

그리고 4~6 번까지의 過程을 反復한다. 단지 1개의 샘플이 必要하더라도 각 採水地點에서 2개의 샘플을 取하는 것이 좋다. 왜냐하면,

a) 試驗室에서 2번 試驗할 수 있으며

b) 運搬 혹은 取扱中에서 샘플병이 깨진다 하더라도 나머지 하나로 試驗을 할 수 있기 때문이다.

만약 샘플 2개를 試驗한다면 試驗費는 더 所要된다.

各 샘플병에 試驗者가 THMs 분석에서 利用될 수 있는 重要한 事項을 記錄할 수 있도록 종이를 附着시켜야 하며 그 위에 位置, 날짜, 採水者名 등을 記錄한다. 採水한 後 즉시 試驗室로 보내어서 14日 以內에 分析을 行하여야 하며, 試驗室로 샘플을 보내었을 때 試驗結果를 通報하여야 할 사람의 住所와 이름을 完全하게 記錄하도록 한다.

샘플을 냉장고에 넣어 保管할 必要는 없으며 또한 運搬 혹은 保管中 dry ice 를 使用해서는

表-1 OpFlow 淨水場에서의 THM 分析 結果(샘플 # 3)

CHCl ₃	CHBrCl ₂	CHBr ₂ Cl	CHBr ₂	TTHM
0.009mg/ℓ	0.006mg/ℓ	0.004mg/ℓ	0.007mg/ℓ	0.026mg/ℓ

안된다. 理由は 샘플병이 열어서 깨질 염려가 있기 때문이다.

4. TTHM 基準

各 샘플수를 試驗室에 보내어 分析할 때 4 가지 形態의 THMs의 各 形態(앞서 記述하였음) 별로 얼마나 많은 量의 THMs가 生成되었는가를 파악할 수 있도록 測定한다. 各 形態別의 THMs의 合計가 total trihalomethane (TTHM) 基準이 된다. 例를들어 Opflow 淨水場에서 採取한 한개의 샘플水의 THMs 分析 結果가 表-1에 나타나 있다.

表-1에서 보듯이 샘플번호 # 3의 THMs는 0.026 mg/ℓ (0.009 + 0.006 + 0.004 + 0.007)이다.

試驗室은 各 샘플에 對한 TTHM 結果를 그 淨水場으로 보낼 것이며 그 分期에서 採水한 모든 샘플의 試驗結果를 接受한 後, 그 淨水場은 그 分期에서 淨水한 모든 샘플에 對하여 平均 TTHM 基準을 決定하여야 한다. 이 平均값을 分期別 平均 TTHM 基準(quarterly average TTHM level)이라고 부르며 이것은 淨水場 自體의 TTHM 水準을 監視하는데 도움을 주게 된다.

5. 分期別 平均 TTHM 基準(quarterly average TTHM level)

分期別 平均 TTHM 基準을 決定하기 위해서 그 分期에서 採水한 全體의 所要 샘플에 TTHM 基準을 合하여 總 所要 샘플 數로 나눈다. 例를 들면 그 分期에서 20개의 샘플이 採取되어 總 20개의 샘플의 TTHM의 값이 1.6 mg/ℓ 가 되었다면 平均 TTHM 基準은 그 分期에서는 0.08 mg/ℓ (1.6 mg/ℓ ÷ 20)으로 記錄된다. 이 分期別 平均 TTHM 基準을 primacy state

(USEPA 規定에 따를 可能性이 있는 州일 경우를 말한다) 라든지 USEPA로 結果를 報告한다. (註: 만약 貴下의 州가 primacy state가 될 可能性이 있다면 州水道局과 接觸할 것)

6. 年平均 TTHM 值(12-Month TTHM Running Average)

primacy state와 USEPA에서는 各 施設의 TTHM 基準에 대하여 年平均 TTHM 值를 計算하며 이 平均値는 12個月 동안의 平均 TTHM 基準을 나타낸다. 만약 그 施設이 0.10 mg/ℓ의 MCL 基準에 따르게 된다면 이 TTHM 基準을 決定하는데 使用되게 된다. 自體의 TTHM 基準을 監視하기 위해서 各 施設이 自體의 年平均 運轉值(12-month running average)를 갖추는 것이 좋은 方法이다.

年平均 運轉值를 計算하기 爲해 分期別 平均 TTHM 基準值를 合쳐 얻은 3分期의 平均 TTHM에 合하여 이 숫자를 3으로 나눈다. 例를 들어 表-2에 나타나있는 Opflow 淨水場에서 報告한 分期別 平均 TTHM 基準을 생각하여 보자.

1983년의 4分期를 爲한 Opflow 淨水場의 年平均 運轉 값은 0.085 mg/ℓ이다. [(0.08 + 0.09 + 0.14 + 0.03) ÷ 4]. 이 例에서 나타난 年平均 運轉 값이 1983년 第3分期에서는 最大值인 0.10 mg/ℓ를 超過하고 있지만 USEPA에서 規定한 MCL을 超過하지는 않고 있다.

表-2 Opflow 淨水場의 分期別 平均 TTHM 基準

分期別 年度別	1分期	2分期	3分期	4分期
1983	0.08mg/ℓ	0.09mg/ℓ	0.14mg/ℓ	0.03mg/ℓ
1984	0.07mg/ℓ	0.09mg/ℓ	0.12mg/ℓ	0.02mg/ℓ

原水供給에서 植物 및 藻類가 더 많이 보이는 따뜻한 時期에는 THM值가 一般的으로 높다는 사실을 年平均運轉值에서 考慮되어야 한다.

連續的인 年平均 TTHM 基準值를 決定하기 위해서 分期別 平均 TTHM值가 每番 새로이 定해져야 한다. 平均值가 定해진 最終年度의 첫 번째 分期로부터 얻은 TTHM 平均値는 除外된다. 例를 들어 Opflow 淨水場이 5 回제의 (1984 年度, 첫째 分期) 샘플을 取한후, 1983 年度의 1 分期의 結果值(0.08 mg / ℓ) 는 除外하고 그 다음의 年平均運轉值는 1983 年度의 2, 3, 4 分期 및 1984 年度의 1 分期에서 取한다. 이 過程을 每 새로운 分期의 始作點에서 反復하여 各 淨水場의 連續的인 年基準值로 하며 自體의 TTHM 基準值를 監視할 수 있다.

7. 處理工程의 修正, 補完

만약 施設物의 年平均運轉值가 0.10 mg / ℓ

를 超過한다면 適正基準까지 TTHM值를 減少시킬 方法으로서 淨水場의 處理工程을 修正할 것을 primacy state 혹은 USEPA로 부터 要請받게 될 것이다.

表-3은 USEPA에 依해 記錄된 어느 한 淨水處理工程의 修正을 나타낸 것이다. 이 修正은 TTHM 水準을 減少하기 위해 「가장 一般的이고 有用한 處理方法」으로서 USEPA 規定을 參照한 것이다.

處理工程의 修正, 補完費用은 primacy state 혹은 USEPA에 依해 推定되어 질 것이다. (註: 處理工程의 修正을 決定하기 前에 該當州의 水道局에 問議할 것)

表-3에 羅列된 以外의 其他 修正方法은 primacy state 혹은 USEPA에서 認定될 수 있는 方法이어야 하며 處理工程의 修正이 適습한가 아닌가에 對한 疑問이 있을 때에는 該當州의 水道局과 相議 하여야 한다.

表-3 TTHM 水準을 低下시키기 위한 가장 一般 이고 有用한 處理方法

處理方法	消毒	殘留程度	TTHM低下
1. 代案 혹은 追加 消毒 方法으로서 Chloramines (鹽素+암모니아) 使用法	hypochlorous 酸 혹은 hypochlorite ion 으로서는 非效果的	중 다	매우 效率的 THM 生成에는 탁월함
2. 代案 혹은 追加 消毒方法으로서 2 산화염소(ClO ₂) 使用法	중 다	중 다	매우 중다
3. 沈澱工程을 改良하는 法(凝集/Flocculation, 沈澱, 濾過, Softening)	—	—	改良方法에 따라 效率的 혹은 매우 效率的이 된다.
4. 鹽素注入點 移動 및 chloramines 물질, 2 산화염소, hydrogen peroxide 혹은 preoxidants 로서 potassium permanganate 을 利用하는 法	중 다	중 다	處理工程修正에 따라 效率的 혹은 매우 效率的이 된다.
5. 粉末活性炭을 季節的 혹은 間歇的 으로 使用하는 法	鹽素를 除去한다. 그 럼으로서 後殺菌 處理가 必要하다.	중 다	效率的 혹은 매우 效率的이 된다.

註: 既存處理工程의 修正方法으로서 上記의 處理方法이 使用되었을 때에는 適切한 殺菌 및 適當量의 殘留鹽素가 持續된다.