

수질관리를 위한 채수에 대하여

A. D. Hulsman

네델란드 수도사업시험연구소.
KIWA Ltd.

요 약

식수공급시설 및 설비에 있어서의 수질변화를 측정하는데 필요한 시료의 수는 공급시설 및 설비의 분포상태에 좌우된다. 또한 수리적 상황(hydraulic circumstances)의 변동에 따라 특정 항목 값이 달라지는 지역에 특별히 주의할 필요가 있다.

유통과정에서의 수질변화를 알아내기 위해서는, 통상적으로 사용하고 있는 수도물에 대해 분석을 하여야 하며, 수중의 용해 중금속에 대해서는 표준화된 방법으로 측정하여야 한다.

네델란드는 급수전에서의 수질에 대한 수질지침이 없으므로 이를 추가적으로 확보할 필요가 있다. 상수의 생산에서 소비에 이르기까지의 기간은 시간적 제약을 받는 것이므로 소비자들은 가전내 상수시설물을 사용하는데 있어서 이 지침을 따르는 것이 좋다.

치들은 정수장에서 소비자에게까지 그 유통과정상 변화가 없으므로 펌프장에서 물을 보낼 때 수질검사를 하는 것이 좋으나, 다른 수칙들은 유통과정에서 영향을 받게된다. 특히 식수내에서 중금속의 농도가 급증하는 현상을 볼 수 있는데, 이러한 이유 때문에 공급되는 식수에 대해 중금속의 농도가 기준치에 적합한가 여부를 알기 위해서는, 많은 시료를 검사할 필요가 있다. 그러므로 급수원에서 식수에 대한 중금속의 오염가능성을 측정하는 것이 더욱 더 경제적이다. 이에 따라 유통과정상의 수질변화를 파악할 수 있다. 식수의 수질은 부패가 잘 되는 식품처럼 생산에서 소비자간에 송수되는 기간에 따라 다소 영향을 받는다는 것을 소비자들은 고려해야 한다. 그러므로 어떤 상황에서든지, 수도사업소에서 EC지침에 맞는 식수를 공급해 주기를 기대하는 것은 무리가 있다.

1. 서 론

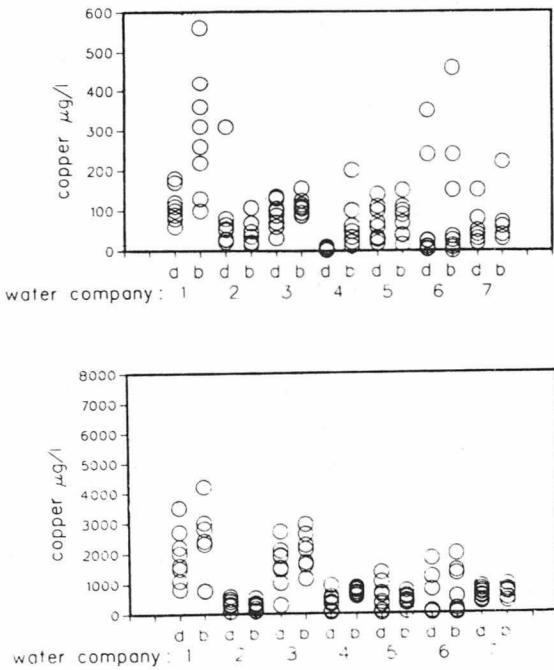
식수의 수질에 관한 EC지침이 바뀔에 따라 네델란드의 지침서도 바뀌게 되었다.

새로 개정된 「waterleidingbesluit」은 상수공급시설내의 수질관리를 위해, 61개 항목에 대한 기준치를 제시하고 있다. 대개 이들 기준

2. 수질조사의 방법과 횟수

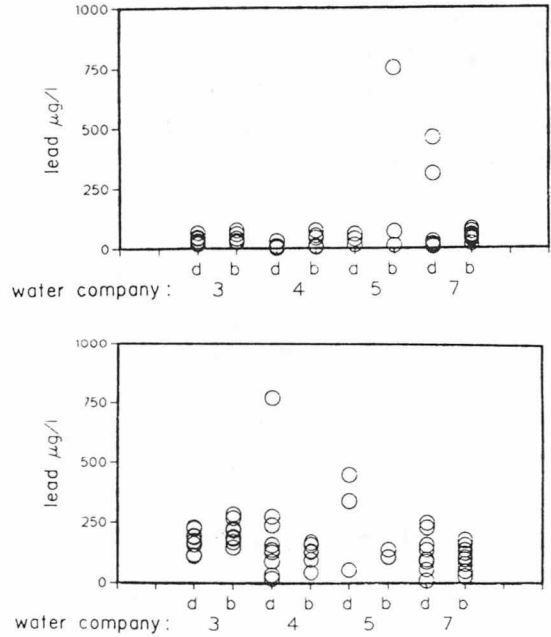
상수시설의 수질조사에 앞서, 이에 필요한 시료수와 시료채취시의 조건들에 대해 사전지식을 갖추고 있어야 한다. 상수시설에서 무작위로 검사를 할 경우, 그 결과의 해석에 어려움이 있다. 중금속의 농도는 납, 동, 기타 물질의 물과의

접촉시간과 설치기술의 형태에 따라 유의한 분포양상을 보인다. 비록 수도관을 동일한 재료 및 기준(유수, 8시간 정체된 물)을 전제로 시료채취를 한다고 하여도 그 결과의 변화폭이 감소될 뿐 분포도는 다양하게 나타난다. (그림 1, 2)



〈그림 1〉 상수도급수관 (d) 및 설비파이프 (b)가 동파이프일 경우 상수중 동의 농도분포. 위 그림은 유수(running water)에서 채취되었으며 아래 그림은 8시간 정체후 채취된 것임.

수도사업소는 식수중 납, 니켈, 카드뮴 등 독성물질의 측정회수 및 범위를 알고 있다. 시료의 수는 공급상수량이나 수요자의 수에 의해 결정된다. 10,000-1,000,000㎡/일 정도의 생산능력을 갖춘 중·대형 수도사업소는, 상수도공급시설중 지점을 달리하여 60~360개의 시료를 채취해야 한다. 네델란드의 법에서는 1년에 4회정도 시료를 채취하도록 명시하고 있는데, 이는 1년에 240~1440회 정도의 시료를 채취하여 각 항목들을 검사하는 셈이다. 식수내에 존재하는, 유익하지 못한 물질(예를 들면 동, 아연, 망간, 철)들의 채취 범위는 관계당국에게 위임된다. 네델란드에서 1년에 시료채취를



〈그림 2〉 상수도급수관 (d)와 설비파이프 (b)가 연관으로 배관된 가정에서 식수내 납의 농도는 상당한 분산을 보였으며 시료는 모두 유수(위) 및 8시간 정체후 채취 되었음.

4회정도 하도록 법에 명시되어 있으며, 시료의 수는 여러 상황에서 소비자에게 공급되는 식수의 대표적인 것이 될 수 있도록 결정되어야 한다. 예를 들어 아연과 동 등의 1년 평균농도는 네델란드의 지침서(16시간 접촉후 $5000\mu\text{g}/\ell$ 그리고 $3000\mu\text{g}/\ell$)에서 명기된 기준에 적합해야 하나, 연간평균치를 산정하는 방법에 대해서는 명백히 밝히지 않고 있다. 1982-1984에 걸쳐, 7개의 수도사업소에 의해 상수가 공급되는 지역에 대해, 음용수의 수질변화에 대한 보다 정확한 사실을 얻고, 수질검사를 위한 시료채취방법을 확립하기 위해 연구가 진행되었다. 이 결과는 마지막 부분에 요약되어 있다.

이런 결과들의 분포양상을 통해, 각 항목들의 신뢰할 만한 연간 평균치를 결정하는데 필요한 시료의 수를 추정할 수 있다.

이와같은 예는 마지막 부분에서 언급된다. 정체기간 후에 채취된 시료는 유수에서 얻은 시료보다 분산이 심했다. 이런 분산 때문에, 동과

같이 정체기간이 요구되는 물질은 대표적인 표 준농도를 얻기 위해선 시료의 수가 많아야 한다.

그러나 첫째, 이와같은 연구에 소요되는 비용 이 높을 뿐아니라 둘째, 소비자에게 공급되는 식수가 오랫동안 차단되는 문제가 생긴다. 그러 므로, 수도시설에서 납, 동, 그리고 아연 등의 중금속의 농도측정 보다는 이와 근본적으로 동 일한 방법인, 중금속의 용해도를 측정하는 것이 바람직 하다. 이처럼 많은 시료가 요구되는 불 편한 점이 있으므로, 급수원에서 파이프규격시 험을 이용한 중금속의 용해도 측정이 보다 효과 적이다. 이러한 결과는 수도시설의 기준 추정에 이용될 수 있다.

3. 급수전 또는 배수탑

가정으로 공급되는 식수의 수질에 대한 수도 사업소의 책임은, 상수급수관(service pipe)의 말단부인 급수전까지이다.

대체적으로 배수탑이 쓰이지 않으므로, 급수관 으로부터 수질관리를 위해 대표적인 시료를 채 취한다는 것은 거의 불가능 하며, 수도회사는 대부분 가정내에 있는 급수전으로부터 시료채 취를 한다. 위에서 언급한 7개 회사들이 있는 지역에 있어서의 시료채취는 각각 급수관(Service pipe) 및 설비파이프(installation pi pe)에서 했다. 또한 8시간 정체된 식수와 유 수를 급수전 및 부엌과 같이 물을 자주 사용하 는 곳에서 채취하였다.

접촉시간이 증가함에 따라 식수내의 중금속 농도는 증가되었으며, 동일한 재료로 가공된 각 각의 파이프내에 정체된 식수 및 유수에서 채취 한 시료내의 중금속 농도의 변화는 모두 같았다 (그림 1 과 2) .

동일한 재료의 파이프를 사용하지 않았다던가 급수전에서 채취된 시료가 규정된 지침에 적합 하지 않을 경우, 수도회사는 급수전(규정된 지 점)에서 채취한 시료의 수질이 EC 지침에 적합 한가를 조사해야 한다.

4. 수질의 평가

어떤 항목은 소비자에게 공급되는 과정에서 거의 변화가 없는 것도 있다. 예를 들어 과망

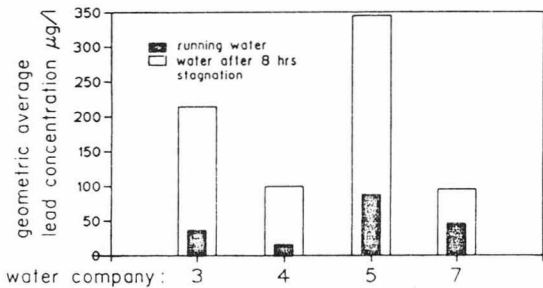
간산칼륨($KMnO_4$) 소모량 같은 항목은 대체적 으로 그 변화가 적다. 이런 항목은 펌프장에서 상수를 보낼때 정기적으로 검사만 하면 되므로, 각 수도회사에서는 기준치가 변하지 않는 물질 을 알 필요가 있다. 산소, 탁도, 망간, 그리고 철과 같은 항목들은 유통과정에서 변화가 많으 므로 이를 가정의 수도꼭지에서 받은 물로 측 정하는 것이 좋다. 오래된 주철관, 비순환 배관 의 말단부위, 그리고 ring mains 등, 유속이 낮아지고 정체시간이 연장될 위험이 있는 지역 은 보다 특별한 주의가 필요하다. 보고에 의하 면, 같은 지점에서 연속적으로 시료를 채취하는 것 보다는, 여러 지점에서 하는 것이 높은 분산 율을 나타냈으며 실제적으로 이처럼 여러 지역 에 걸쳐 시료채취를 하는 것이 보다 많은 정보 를 얻을 수 있는 방법이다. 가정의 수도수와 정 수장에서 송수되는 상수의 수질을 파악한다는 것은 정수처리과정을 보다 효과적으로 평가하 는데 필요한 중요 정보를 제공해 줄 뿐아니라 이에 적용시킬 수 있는 모든 정보, 그리고 상 수도, 배관망(distribution system)의 상태 및 성능에 관한 정보를 제공해 준다. 식수의 질 을 파악한다는 것은 수도회사에 있어서 적정관 리의 기초가 된다.

5. 음용수의 특성

음용수는 수도회사가 가정으로 공급해주는 단 순한 생산품이 아니다. 소비자들은 수도꼭지에 서 나오는 물을 법적 책임을 고려하지 않고 마 시나, 음용수는 인체의 건강에 해를 주어서는 안되며, EC의 기준치에도 적합해야 한다. 수 도회사는 음용수의 생산 및 생산조건을 개선시 키는데 위와 같은 목표에 노력을 기울여야 한 다. 수도회사는 상수시설의 말단부위까지 책임 을 질 수 없으며, 잘 이용되지 않는 방의 수도 꼭지로부터 받는 물이나, 긴 휴가나 일주일쯤 지난후에 처음으로 나오는 물은 대체로 EC지 침에 적합하지 않다. 이런 상황에 맞게 수도회 사들이 식수를 보내 주리라는 기대를 갖지 않는 것이 좋다. 흔히 수질과 음용수에 대해서 언급 할 때, 우리는 정규적으로 사용되는 수도꼭지 로부터 나오는 물을 말한다. 수도물의 용도를

음용수로서 사용하고자 할때는 사전에 물을 얼마동안 배출(배관내에 정체되어 있는 물을 새 음용수로서 몇번 교환시켜 준다)시킨다. 인간은 생활의 한 수단으로서 음료를 유용하게 쓸 권리가 있다. 수도사업소들은 배관내에 식수가 8시간 정체후에도 EC지침에 적합할 수 있도록 수질을 유지시키는데 노력하고 있다. 가정에서 쓰이는 배관이 연관인 경우 매번 물을 받을때마다 얼마동안 물을 흘려보내야 한다. (그림 3)

소비자는 이런 경우에 대해 항상 대비가 되어 있어야 하며, 상수시설처럼 아주 간단한 장치라 할지라도 주의깊게 취급해야 한다.



〈그림 3〉 종종 납의 농도가 EC지침을 초과하기 때문에 연관은 다른 것으로 대체해야 할 필요가 있으며 연관으로부터 수도물을 받기전에 미리 얼마동안 흘려보낸다. 그러나 수도물을 사전에 흘려보낸다 해도 $50 \mu\text{g}/\ell$로 낮추기는 힘들다.

6. 급수전의 수질에 관한 연구의 결론

— 네델란드는 급수전 수질에 대한 보호책이 불충분하다.

— 대부분의 기준항목은 유통되는 과정에서 변화가 없으며, 이런 기준치는 펌프장에서 식수를 보낼 때 측정하거나 상수도배관망 (distribution system)에서 채취하여 측정할 수 있다.

— 아연, 망간 그리고 탁도와 같은 기준치는 상수시설내에서 수리학적 상황과 상관관계가 많다. 이와 같은 기준치는 대량의 시료를 채취해야 하며, 특히 위염성이 높은 지역에 주의를 기울여야 한다.

— 정기적으로 사용되는 수도꼭지에서 채취한 유수는 유통과정에서 일어나는 변화를 측정하는

데 이용될 수 있다.

— 수질의 주요 변화는 가정수도 꼭지부근의 전후에서 일어난다.

— 중금속의 농도증가는 물이 파이프와 접촉했을 때 생기며, 때로 납, 동, 아연 그리고 카드뮴의 농도가 기준치를 초과할 때가 있다.

— 파이프가 동일한 재료일 경우, 수질영향에는 큰 차이가 없다.

— 시료내에 중금속의 농도는 상당한 분산을 보이므로 수질을 측정하고자 할때에는 유수로부터 채취해야 한다.

— 식수의 중금속 용해도는 정수장에서 수도관 규격시험방법으로 측정되어야 한다.

— 송수과정의 꼭지로부터 채취한 시료는 신뢰도가 낮으므로 가정에서 정구적으로 사용하는 수도꼭지로부터 채취해야 한다.

— 수도물을 정기적으로 사용하지 않거나 연관 (lead pipe)을 사용했을 경우, 휴가를 취하는 동안 수도물을 사용하지 못했을 때에는 소비자들에게 물을 사용하기전 얼마동안 흘려보낸후 사용하도록 권장 한다.

— 연관을 사용하고 있는 가정은 식수를 사용하기전 얼마동안 물을 흘려보낸다 해도 납의 농도를 $50 \mu\text{g}/\ell$ 이하로 낮추기는 힘들다.

— 동관을 사용하는 가정은 관을 이을 때 납땜을 하므로 때로 납의 농도가 EC기준치를 초과할 때가 있다.

7. 시료의 수 및 결과의 분포

결과의 분포는 변이계수 (Coefficient of Variance)로 나타낼 수 있으며 변이계수는 평균과 표준차로부터 얻은 값으로 나타낼 수 있다. n개의 시료를 채취한 후, 무작위 추출 시료의 평균으로부터 변이계수 $CV(\bar{y})$ 를 계산할 수 있다. 그리고 인구의 평균에 대한 변이계수 $CV(y)$ 를 얻을 수 있는데 다음과 같은 간단한 공식에 의하여 계산할 수 있다.

$$n = \left\{ \frac{CV(y)}{CV(\bar{y})} \right\}^2$$

시료평균의 요구정밀도를 결정한 후 $CV(y)$ 는 채취해야할 시료의 수를 계산해 내는데 사

용한다.

(예) 9가정에서 채취한 무작위추출 시료의 $CV(\bar{y})_1$ 는 150이다. 만약 무작위시료 $CV(y)_0$ 에 있어서 변이계수가 10보다 낮아야할 경우, 225 이상의 시료를 채취해야 한다.

(이 글은 국제수도협회 (IWSA) AQUA No. 2 1987에 게재된 내용을 연세대학교 환경공해연구소장 정용박사의 번역으로 게재합니다.)

<35 페이지에서 계속>

Symons, J.M. et al, Treatment techniques for controlling Trihalomethanes in Drinking Water, EPA-600/2-81-156. 1981.

White, G. C., Handbook of Chlorination, VNR Co., 1982.

Windholz, M., The Merck Index, Merck

& Co., Inc. 1983.

Woodward, E. R., Fenrich, E. G., "Odor Control with Chlorination Dioxide", Chem. Eng., 59, 174, 1952.

WPCF, Chlorination of Wasterwater. MOP /4, 1974

