

음용수 배관에서의 역류발생 경로

급수는 음용수 이외에도 소화용수나 오염된 유체가 흐르는 배관이나 장비의 보급수(補給水)로도 공급된다. 그러므로 급수계통에는 항상 크로스 커넥션을 통하여 비음용수나 오염된 물이 역류해 들어올 수 있다. 어떠한 상태가 되면 역류가 발생하는지 그 원인을 알아보려고 한다.

급수계통에서 발생할 수 있는 오염

음용수가 더러워진 상태를 표현할 때 우리는 오염(汚染)되었다고 한다.

이 오염이란 용어는 영어의 Pollutant와 Contaminant를 모두 포함한 것이므로, 실무에서는 구분해서 구체적인 표현으로 사용해야 할 필요가 있다.¹

이미 전자는 불쾌성(不快性)오염으로, 후자는 위해성(危害性)오염이라 정의된 바 있다.

불쾌성오염이란, 그 물을 먹어도 건강에 문제를 일으킬 수 있는 질병이나 사망의 원인이 될 정도는 아닌 경우의 오염에 대한 표현이다. 즉 심미적 불쾌감(Aesthetically Objectionable)을 줄 정도의 오염이다.

이에 반하여 위해성 오염이란 그 물을 먹었을 때 질병이나 사망의 원인이 될 정도의 심각한 오염을 말한다.²

그리고 급수급탕(이하 음용수) 배관계통에서 발생하는 오염은 이 두

김동민

신원이엔지(주) 대표

gdongmin@hotmail.com

김영호

씨엔티코퍼레이션 대표

gimyho@outlook.com

1 참고문헌 1, p.318.

2 Although the definitions for Pollutant and Contaminant may mean something else to much of your audience, these are the definitions generally accepted in the cross-connection control industry.

가지가 모두 해당된다. 그리고 일상생활에서 물이 오염된 것을 알 수 있는 경우는 흔하다. 물을 매개체로 전파되는 질병이 있다는 것을 이해하면 된다.

물을 통하여 전파되는 질병(傳染病)을 수인성(水引性) 전염병이라고 하는데, 이는 세균이나 바이러스, 기생충 등 특정 미생물에 오염된 물을 먹어서 걸리는 질병이다.

의학용어로는 제1군 감염병이라고 하며, 콜레라와 장티푸스, 파타티푸스, 세균성 이질, 장출혈성 대장균 감염증, A형 간염 등이 이에 해당한다.

특히 여름철과 같이 기온이 높은 계절에 설사와 복통을 호소하는 경우는 물의 오염을 의심할 만하다. 수인성 전염병에 감염된 경우는 소화기 계통 전염병이 대부분이기 때문이다.

크로스 커넥션

그런다면 음용수가 오염되는 원인은 무엇인가. 간단히 말해서 배관계통에서의 압력이 변동함으로써 발생하는 역류(逆流, Backflow)때문이다.

음용수 배관은 오로지 수도꼭지나 위생기구 또는 장비 등에만 연결되는 것이 아니라, 소방이나 냉각탑, 냉난방 등의 보급수, 변기의 세척수 등으로 여러 가지 용도의 배관에도 연결된다.

배관(配管, Plumbing, Piping) 또한 설비분야의 전통적인 용도 즉 급수급탕, 오수 배수, 냉난방 뿐만 아니라 여러 산업분야에서 공통적으로 사용되는 시설이다. 그리고 각각 용도의 배관은 연통관(連通管) 즉 배관망(Piping Network)을 이루고 있으며, 가압된 상태의 음용수 배관에 연결되어 물을 공급받지 않으면 안 되는 경우가 많다.

이처럼 음용수 배관이 음용수 이외의 배관이나 이미 오염된 물이 유동하는 배관에 연결된 것을 크로스 커넥션이라고 한다.³

스프링클러 배관에 물을 채우기 위한 급수관

의 연결이나 냉각탑에 연결된 보급수 배관, 변기의 플러시 탱크나 플러시 밸브에 연결된 급수관, 제조 공장에서 원료(화공 약품) 배관에 희석을 위한 음용수 배관의 연결 등과 같은 예는 우리의 주변에서 흔히 볼 수 있다.

이처럼 음용수 오염의 출발점은 바로 크로스 커넥션이다. 그러나 크로스 커넥션을 없앨 수는 없는데 심각성이 있다. 어쩔 수 없이 있을 수밖에 없으므로, 이런 경우에는 음용수가 오염되지 않도록 확실하게 역류방지조치를 취해야 하는 것이다.

일찍이 음용수 오염으로 인한 사고의 경험이 있는 미국에서는 이미 1944년 FCCC & HR⁴을 설립하여 역류방지 매뉴얼을 제작하여 보급하고 지속적인 전파 교육을 시행하고 있으며, 역류방지 기구들에 대한 시험과 인증업무 등 역류로 인한 음용수 오염방지에 관련된 많은 일을 70년 넘게 해오고 있다.

왜 역류가 일어나나

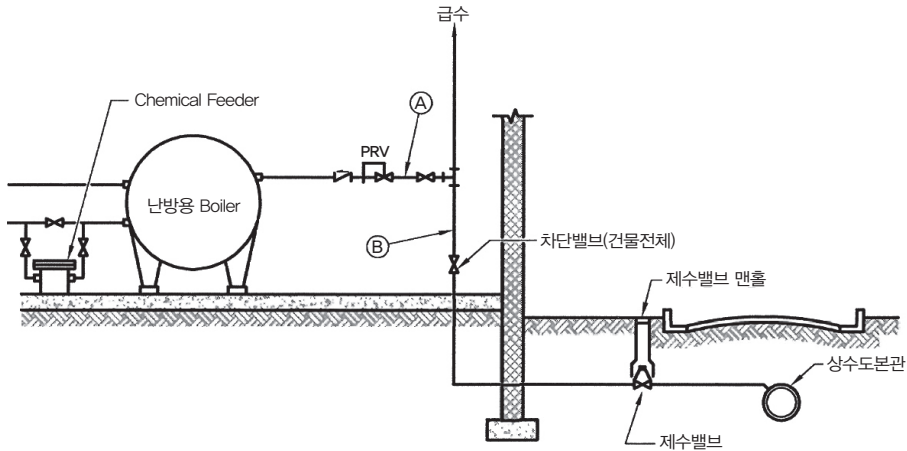
역류란 정상적인 물 흐름 방향의 반대 흐름을 말한다. 정상적인 흐름은 당연히 압력이 높은 상류에서 압력이 낮은 하류로 흐르는 것이다. 그런데 어떤 때는 물이 하류에서 상류로 흐르게 된다. 역압(逆壓, Back Pressure)이 작용할 때와 역사이핀(Back-Siphonage) 현상이 발생했을 경우이다.

전자를 역압역류라고 하고, 후자를 역사이핀 역류라고 하며, 모든 배관계통에서는 이 두 가지가 현상이 각각 또는 혼합적으로 이루어진다.

역압역류(逆壓逆流, Back-Pressure Backflow)는 정상적인 물 흐름 방향의 반대로 가해지는 압력에 의한 역류이다. 물의 원래 성질은 압력이 높은 쪽에서 압력이 낮은 쪽으로 흐르는 물질이므로, 만약

3 참고문헌 1, p. 320.

4 참고문헌 2, USC'S FCCC&HR이라고도 표기됨.



[그림 1] 보일러에서의 역압역류의 예와 방지

하류 쪽의 압력이 상류 쪽 압력보다 높아지거나 반대로 상류 쪽의 압력이 하류 쪽 압력보다 낮아지는 현상이 발생되면 물은 충실하게 본질대로 고압 쪽에서 저압 쪽으로 흐르게 된다. 이러한 현상을 역압 역류라고 한다.

역사이펀 역류(Back-Siphonage Backflow)는 역(逆)사이펀 현상에 의해 발생하는 역류인데, 역사이펀 현상이란 중력에 의한 사이펀 현상과 반대되는 사이펀 현상을 말한다. 즉 압력변동에 의해 상류측이 부압(負壓=眞空) 상태가 되면 하류에서 상류로 의 역류가 가능해지는 것이다. 이러한 현상을 역사이펀 역류라고 한다.

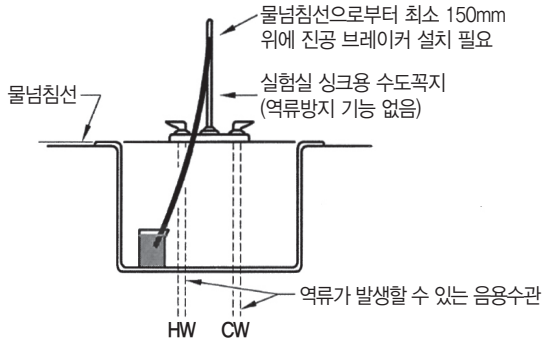
배관계통에는 이런 식으로 두 가지 형태의 역류가 발생하여 결국은 오염된 물이 음용수 쪽으로 유입될 수 있으며, 그 결과 음용수가 오염되고 이를 사용한 사람은 질병을 얻거나 심한 경우는 사망에 이르게 된다.

그러나 이러한 현상이 눈앞에서 분명히 벌어지고 있는 사실임에도 불구하고 관계 당국은 물론, 이 분야의 전문기술자들도 그 심각성을 깨닫지 못하고 있다. 왜 그럴까? 설비 기술자들에게는 오히려 다행스러운 일이라고 생각할지도 모르지만,

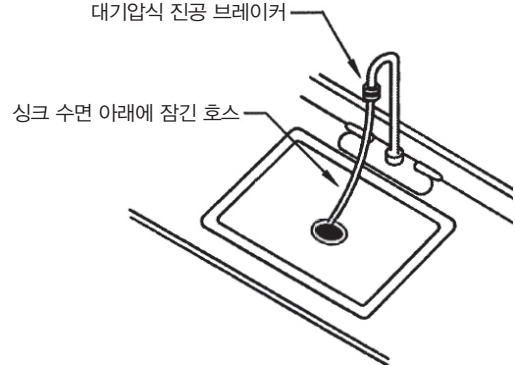
우선은 안 보이는 현상이기 때문이다.

음용수를 수송하는 용도로 사용되는 급수(탕) 배관이 대부분은 매립(埋立)될 뿐만 아니라, 재료 자체도 유리관처럼 안을 들여다볼 수 있는 것이 아니다. 불투명체(不透明體)라 관 내부로 흐르는 물의 상태를 직접 눈으로 볼 수 없다. 예를 들면 위해성 오염 즉 독극물에 의한 오염처럼 사건이 발생했을 때 즉시 그 효과(피해)가 나타나면 그 심각성을 바로 느끼고 깨닫게 되지만, 불쾌성 오염인 경우(실제로는 오염된 물 때문인지도 모르고)에는 효과가 장기간에 걸쳐 서서히 나타나는 것이기 때문에 사람들이 이를 간과(看過)하기 쉽기 때문이다.

NSPC를 비롯하여 위생설비 분야의 Code가 유독 많은 이유는 내 집이나 내 사무실에 에어컨을 설치하는 일처럼 언제든지 마음만 먹으면 개인적으로 쉽게 실행할 수 있는 일이 아니기 때문이다. 나만을 위해서가 아닌 모두를 위해서 해야 하는 것이라, 건물이나 단지 전체를 대상으로 해야만 한다. 그래서 자유의사에 맡겨 알아서 하라는 식이 되면 사실상 실행되기가 어렵다. 그러므로 강제성을 띠지 않으면 안 되기 때문에 법의 한 형태로



(a) 실험실 싱크용 수도꼭지



(b) 주방싱크용 수도꼭지

[그림 2] 역사이편 역류의 예

Code가 있는 것이다.⁵

음용수 배관 계통에서의 역류 발생 예

음용수 배관 계통에서 볼 수 있는 역류는 역압역류와 역사이편 역류가 독립적으로 발생하는 경우와 두 가지가 혼합되어 발생하는 경우로 구분할 수 있다.

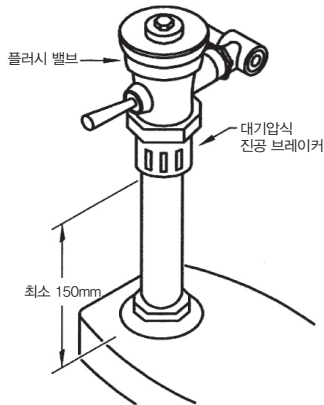
배관계통에서는 흔하게 존재하는 역압역류의 대표적인 예를 살펴보자.

- 1) 상수도 직결식 급수방식에서 상수도관의 어느 부분이 파열되었거나 압력변동으로 부압이 작용하면 상수도관에서 건물이나 주택 쪽으로 흐르던 물의 방향이 바뀌어 반대로 흐르게 된다. 이것이 급수배관에서 상수도 배관으로의 역압역류이다. 그러나 상수도 직결식 급수방식에서는 역압역류와 역사이편 역류 두 가지가 동시에 발생할 수 있고, 또 역류가 발생하면 그 영향이 상수도 계통의 광범위한 구역에 미칠 우려가 있기 때문에 특별히 관리되어야 하는 부분이다.
- 2) 고가 탱크 방식이나 펌프직송방식에서 가동 중인 펌프가 고수위의 신호를 받아 정지될 때 입상

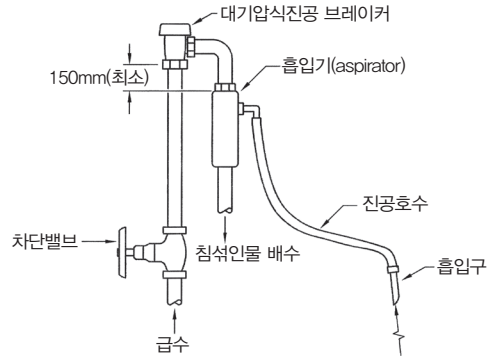
관 내의 물이 하류(펌프 쪽)로 역류하는 것은 배관에서의 대표적인 역압역류다.

- 3) 그림 1은 보일러의 난방 보급수관을 통한 역압역류의 예를 보여주는 것이다. 정상적인 유동상태에서는 보일러 내의 수압보다 보급수관(상수도 직결식이나 다른 급수 방식이라도 모두 같다)의 수압이 높아 보급수가 보일러 내로 들어간다. 그러나 보일러에 이상 압력이 발생하고 인입 배관에 설치된 체크 밸브나 감압밸브 등의 작동도 원활하지 못한 조건이 되면, 보일러 내의 난방수는 급수계통과 상수도 쪽으로 역류하게 된다. 건축물의 중앙집중식 난방 시스템이나 제조공장 등 산업시설의 보일러, 그리고 1990년대 이후 대부분의 아파트 단지에서 채용하고 있는 국소난방 시스템의 가구별 열원(가정용 온수보일러)은 모두 동일하다. 그리고 난방 보급수관을 통한 난방수의 역류는 다른 경우보다 더 심각하다. 난방수에는 보일러나 난방배관 계통의 부식방지 목적으로 부식방지제 등 화학약품을 투입하므로, 역류의 결과는 위해성 오염이 되기 때문이다. 그래

⁵ 참고문헌 3, p. 18.



[그림 3] 플러시 밸브에서의 역류



[그림 4] 치과 유닛에서의 역류

서 Code에는 ㉠와 ㉡지점에 위해성 오염을 방지할 수 있는 역류방지기를 설치 하도록 규정하고 있다.⁶ 특히 국소난방 시스템에서 난방수의 역류는 보일러 숫자가 훨씬 많으므로 중앙난방 시스템에서보다 통제가 더 어려워 위생적인 측면에서는 위험요소를 더 많이 안고 있는 경우에 해당한다.

4) 수압변동으로 관내 압력이 이상이 있을 때, 욕조에 잠겨 있는 핸드샤워를 통한 역류와 세탁기의 수면 아래에 잠겨 있는 호스를 통한 역류, 냉(난)방 보급수 탱크에 연결된 급수관을 통한 역류 등은 모두가 역압 역류의 예에 해당하는 사례이다.

다음으로, 배관계통에서의 역사이편 역류의 예는 어떤 것인지를 살펴보자.

1) 그림 2는 역사이편 역류의 대표적인 예를 보여주는 것으로, (a)는 실험실 등에서 비커에 담겨 있는 독극물의 농도를 희석하기 위해 물을 받는 수도꼭지에 연결된 호스가 그 물질에 잠긴 경우다. 이런 상황에서 어떠한 이유로든 상류 쪽에 진공이 발생하면 비커의 독극물이 역류할 수 있게 된다. 그래서 이런 경우는 물 넘침선으로

부터 150 mm 이상의 높이에 진공 브레이커를 설치해 주어야 한다. (b)와 같이 주방싱크는 물론 청소 싱크나 세탁기, 욕조 등의 수도꼭지에 호스를 끼워 사용하는 경우에 상류 측의 어디에서 진공이 발생하면 어김없이 역사이편 역류가 발생할 수 있으므로 수도꼭지에는 진공 브레이커를 설치해 주어야 한다.

2) 그림 3은 공항이나 터미널 같은 다중이용 건물에 주로 사용되는 변기의 플러시 밸브이다. 플러시 탱크형 변기에서는 세척수를 일단 탱크에 저장한 후 필요시 흘러 세척하는데 반하여, 플러시 밸브는 사실상 세척수와 변기가 직접 연결된 상태이다. 그러므로 압력변동이나 플러시 밸브에 이상이 발생할 경우에는 쉽게 역사이편 역류가 발생할 수 있다. 그래서 대변기용이나 소변기용에 구분 없이 플러시 밸브에는 대기압 식의 진공 브레이커가 구성 부품처럼 되어 있다.

3) 그림 4는 이젝터(Ejector)를 이용한 흡입기구인데, 치과병원에서 치료 시 입안에 고이는 침을 흡입하는 기구(Espirating Device)의 예다. 급수의 흐름을 이용하여 침을 빨아들여 급수와 함께 배수관으로 흘러보내는 원리다. 이런 기구도 급수 관내 진공이 발생하는 등의 압력변동이 있으면 침

6 참고문헌 4. pp.17-18.

이 섞인 물이 역류할 수 있게 된다. 그러므로 이런 기구에는 필수적으로 역사이핀 역류를 방지할 수 있는 진공 브레이크를 설치해야 한다.

맺음말

배관계통에서 역류로 인한 문제점은 당연히 위생적인 측면이다. 오염된 물이 음용수 계통으로 유입되면 음용수가 오염되고, 이를 모르고 먹거나 위생용수로 사용한 사람은 건강상의 위해를 당하거나 최악의 경우는 사망에 이르게 된다.

따라서 역류를 방지해야 하는 근본적인 목적은 공공의 수질을 보호하고, 급수장치 내에서의 수질오염을 방지하여 시설물을 안전하게 사용하는 데 있다.

음용수 배관계통에서 발생할 수 있는 물의 오염은 관 내부에서 은밀하게 이루어지기 때문에 사람의 눈에는 직접 보이지 않는다.

위해성 오염이 아닌 불쾌성 오염인 경우에는 구토를 일으키거나 설사 등과 같이 그 결과가 가볍게 보이고, 또한 서서히 나타나기 때문에 물이 오

염되었다는 사실 자체를 간과하기 쉽다. 일단 눈에 안 띄면 걱정이 덜 되는 것이 사람의 심리이니 어쩔 수 없다고 치부해 버린다면 심각한 문제를 초래하게 될 수도 있다.

Code에 규정이 있어서가 아니라, 급배수설비가 국민의 음용수를 공급하는 기본 설비이고, 설비 기술자는 바로 이 일을 담당하는 실무자이기 때문에, 음용수 오염방지에 관한한 일선의 책임자이며 최후의 보루임을 잊어서는 안될 것이다.

참고문헌

1. 건설교통부, 건축기계설비 설계기준-2010.
2. 1992, Foundation for Cross-Connection Control and Hydraulic Research/University of Southern California, The Essentials of Cross-Connection Control.
3. 김영호, 한국 미국 일본의 위생설비분야 코드, 설비저널 제43권 2014년 11월호, pp. 16-24.
4. National Standard Plumbing Code-2006. 