

## 공동주택 지역난방 수질기준 설정에 관한 연구

김 용 기<sup>†</sup>, 이 태 원, 우 달 식<sup>\*</sup>, 오 준<sup>\*\*</sup>, 안 창 구<sup>\*\*</sup>

한국건설기술연구원 화재및설비연구센터, <sup>\*</sup>(재)한국계면공학연구소 물환경연구실, <sup>\*\*</sup>한국지역난방공사 고객지원처

### A Development of the Guideline for the Heating Water Quality in Apartment Houses with District Heating System

Yong-Ki Kim<sup>†</sup>, Tae-Won Lee, Dal-Sik Woo<sup>\*</sup>, June Oh<sup>\*\*</sup>, Chang-Koo Ahn<sup>\*\*</sup>

Fire & Engineering Services Research Dept., Korea Institute of Construction Technology, Gyeonggi 411-712, Korea  
Water Environment Center, Korea Interfacial Science and Engineering Institute, Gyeonggi 431-060, Korea  
Customer Relations Mgt. Division, Korea District Heating Corporation, Gyeonggi 463-908, Korea

**ABSTRACT:** Particles or deposit formed by corrosion of the pipe material bring about bad influences on the heating systems with inconvenience, energy loss and so on. In order to obtain the non-corrosive environments, the circulation hot water should properly be treated in several ways to satisfy one or more conditions of the followings: suitable pH-level, low hardness, low oxygen content, low conductivity, low level of chlorides and sulphur compounds and low level of solid particles. This experimental study was carried out to develop the new guidelines on the optimal water quality and directions for water quality management in heating systems. As results, it was recommended that the heating water be maintained pH-level not less than 8, hardness contents as CaCO<sub>3</sub> no more than 50 mg/L, turbidity no more than 10 NTU and T-Fe contents 1 mg/L below.

**Key words:** Water quality(수질), Corrosion(부식), Guideline(기준), Energy loss(에너지 손실), District heating system(지역난방시스템)

#### 1. 서 론

공동주택 중앙난방시스템의 문제점 중의 하나는 난방순환수의 수질관리가 어렵다는 것이다. 오염된 난방순환수는 배관을 흐르면서 전열효율을 저하시키는 물론 배관계통에 있는 밸브류 등 각종 요소, 특히 난방온도조절기 및 난방계량기의 작동에 악영향을 끼치고 있는 것으로 알려져 있다. 이와 같은 난방순환수의 오염은 사용하는 원수의 수질과 배관계통의 각종 요소에서 발생하는 부식에 기인하는 것으로 판단된다. 난방 배관

등 하나의 배관계통에는 수많은 종류와 재질의 배관자재가 사용되며, 이들 배관자재들의 내식성 정도 사용되는 자재의 재질에 따라 좌우된다. 따라서 전체 배관계통의 부식성을 정확히 파악하기는 어려우며, 단지 설계 및 시공단계에서 사용되는 유체의 운전조건의 범위에 대하여 잘 알려진 내식성의 자재를 채택, 적용하는 것이 가장 바람직하다. 또 아무리 좋은 내식성 자재를 사용한다 하더라도 국부적인 부식이 발생할 수 있으므로 사용 유체의 주기적인 점검 및 교환이 요구되며, 사용되는 유체의 원수도 용도에 맞는 수질조건을 지닌 적절한 것을 사용하여야 한다.

지역난방시스템의 경우 열공급사업자가 관리를 담당하는 1차측(지역난방수)은 원수(raw water)를 약품 처리하여 수질로부터 기인하는 부식 및

<sup>†</sup> Corresponding author  
Tel.: +82-31-369-0513 ; fax: +82-31-369-0540  
E-mail address: kimyk@kict.re.kr

스케일 발생을 억제함으로써 열손실감소 및 열효율을 향상시키고 있으나, 사용자가 관리하는 2차측(난방순환수)은 다종의 금속(탄소강, 동, 알루미늄, 주철, 스테인레스 등)으로 구성되어 있는 배관계통에서 원수(시수)를 대부분 그대로 사용하고 있어, 난방효율 저하, 배관부식, 스케일 형성 등 많은 장애요인이 발생되고 있다. 또 중앙난방의 경우도 지역난방지역의 2차측과 크게 다르지 않은 실정이다. 한편, IBRI(Icelandic Building Research Institute) 등<sup>(1)</sup>에서는 지역난방시스템에서의 부식 발생조건 및 부식발생 현황을 모니터링하는 방법론을 고찰한 바 있으며, Paek and Kim<sup>(2)</sup>은 공동주택의 기계설비 및 배관 부식방지 기법에 관한 연구를 수행하였으나, 지금까지 국내에서는 난방수질관련 연구가 미흡한 실정이다.

이와 같은 관점에서 본 연구에서는 난방배관계통에서의 국내 중앙난방방식의 수질관리 실태를 파악하고, 수질관련 실험을 수행함으로써 국내 실정에 적합한 난방순환수 수질관리기준을 설정하고자 한다.

## 2. 난방수질 관리실태

한국지역난방공사에서 2005년도에 12개 도시의 공동주택 1,348개소 및 2006년도에 12개 도시의 공동주택 1,387개소를 대상으로 난방 순환수 수질검사를 수행한 결과에 따르면, 2005년도에는 대상 사용자 중 456개소 사용자에서 수질 불량이나왔고, 이는 전체의 33.8 %를 차지하였다. 특히, 배관의 부식정도를 나타내는 전철(T-Fe)과 용액의 부유물질의 총합을 나타내는 탁도가 불량인 사용자가 많았다. 2006년도에는 대상 사용자 중 564개소 사용자에서 수질 불량이나왔고, 이는 전체의 40 %를 차지하였다. 또한 전체 사용자 중 수질관리를 하는 사용자가 560개소, 미관리 사용자가 827개소로 전체 60 % 정도가 난방수의 수질관리를 하지 않는 것으로 나왔다. 이 조사에서 수질이 불량하다고 판단한 기준은 수소이온농도(pH) 8 미만, 탁도 10 FTU 이상, 전철(T-Fe) 함유량 1 ppm 이상, 염소이온(Cl<sup>-</sup>)농도 50 ppm 이상 및 칼슘경도(Ca-H) 50 ppm 이하로 설정하였다.

한편, 한국지역난방공사에 2000년도에 수행한 분당지역의 수질분석 결과, 평균적으로 수소이온

농도는 8.4, 전도도는 150  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , 칼슘경도는 29.5 ppm, 전철은 0.16 ppm 및 탁도는 2 FTU를 보여, 분당지역은 비교적 수질관리가 잘 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

## 3. 공동주택 난방수질 기준 설정

### 3.1 실험장치 및 방법

공동주택 난방수질 기준 설정을 위한 실험은 회분식 실험과 연속식 실험으로 구분하여 수행하였다. 먼저 회분식 실험은 수소이온 농도, 염소이온 농도, 칼슘경도, 부식억제제 주입 유무, 수온의 변화에 따른 수질 특성 및 부식 정도를 분석 및 평가하기 위하여 수행하였으며, 회분식 실험장치의 개략도는 Fig. 1과 같다. 시편과 실험수가 들어있는 용적 1 L 비이커는 자동온도조절장치와 교반장치가 부착된 시험대 위에 고정시켰으며, 실험변수에 따라 각 시편별로 6조 및 8조를 운전하였다. 실험에 사용된 시편의 재질은 흑관(탄소강관), 백관(아연도관), 동관(구리관), 스테인레스관(STS 304)이며, 시편의 크기는 가로 1.27 cm, 세로 7.6 cm, 두께 0.16 cm이고, 표면적이 22.15  $\text{cm}^2$ 이다.

각 시편은 사용 전에 #150의 샌드 페이퍼(sand paper)로 연마하여 요철부분과 녹을 제거하고, 금속용출을 방해하는 유기물을 제거하기 위해 아세톤으로 세척하였다. 실험변수는 수소이온 농도 변화별(pH 7.0, 7.5, 8.0, 8.5, 9.0, 10.0, 11.0, 12.0), 염소이온 농도별(10, 20, 50, 70, 100, 150 mg/L), 칼슘경도별(2, 10, 30, 50, 80, 100 mg/L as  $\text{CaCO}_3$ )로 구분하였다.

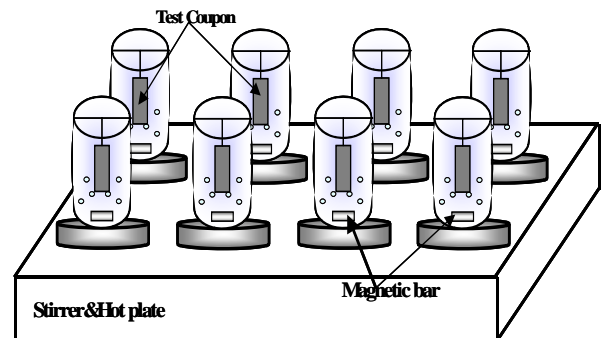


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus for batch test.

수소이온 농도는 초산( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )과 수산화나트륨( $\text{NaOH}$ )으로 조절하였고, 염소이온 농도는  $\text{NaCl}$  1000 mg/L의 Stock solution을 제조하여 수돗물의 염소이온 농도를 고려하여 조절하였다. 마지막으로 칼슘경도는  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 로 1000 mg/L as  $\text{CaCO}_3$  (stock solution)을 제조하여 수돗물의 칼슘경도를 고려하여 조절하였다. 실험에 사용된 실험수는 실험 조건에 따라 수도수 또는 수도수와 증류수의 혼합수를 사용하였으며, 시편과 실험수의 접촉을 위해 교반 150 rpm, 표준상태( $25^\circ\text{C}$ , 1 atm)에서 3일 동안 운전한 후 시편의 부착도와 부식도를 측정하였다. 부착도1(scale adherence rate, 실험 전·후의 시편 표면에 부착된 부착생성물 및 스케일을 건조한 후 무게 변화)와 부식도2(Corrosion rate, 실험 전·후의 시편 표면에 부착된 부식생성물 및 스케일을 제거 및 건조 후 무게 변화)는 시편표면의 부식생성물 및 스케일을 제거 및 건조 후 무게를 측정하여 실험 전과 시편무게의 차이를 계산하는 무게 감량법에 의해 산정하였다.

연속식 실험장치의 개략도는 그림 2와 같다. 본 실험장치는 용적 5 L의 아크릴 수조안에 시편을 매달았으며, 수조의 온도조절은 별도의 히터를 사용하여  $60^\circ\text{C}$ 를 유지하였다. 수조내의 온도평형 상태를 유지하기 위해서 순환펌프로 수조내 물을 순환시켰고, 증발되는 물은 연속식 펌프를 설치하여 보충하였다.

연속식 실험방법으로는  $60^\circ\text{C}$ 에서 수소이온 농도별(pH 7, 8, 9, 10) 부식억제제 유무에 따른 수질 특성 및 부식 정도를 분석·평가하였다. 시편은 흑관(탄소강관)을 사용하였으며, 시편의 크기 및 전처리 방법은 회분식에 사용된 것과 같다. 연속식 실험에서는 각각의 원통형 아크릴 수조에 수돗물 5 L을 넣고 아세트산과 수산화나트륨 용액으로 수소이온 농도를 맞추었다. 시편과 실험수의 접촉을 위해 별도의 시편꽂이를 설치하여 유속 1 m/s의 속도로 실험수를 흐르게 하였다.

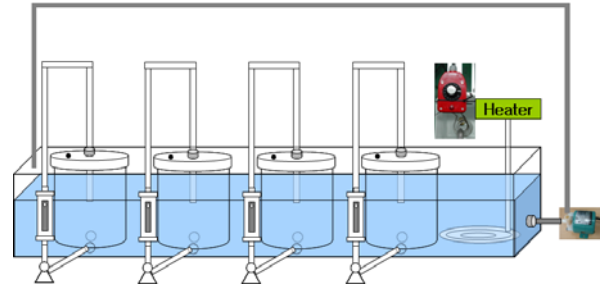


Fig. 2 Schematic diagram of experimental apparatus for continuous test.

부식억제제를 주입할 경우에는 각각의 원통형 수조에 부식억제제 농도가 1 % 되도록 실험수 별로 10 g/L의 부식억제제를 주입하였다. 본 실험에 사용된 부식억제제는 S사 아질산염이 주종인 부식억제제를 사용하여 실험하였다. 실험기간은 총 8일간이며, 2일 간격으로 부식도와 부착도를 측정하였다. 한편, 수소이온 농도는 스위스 Metrohm사에서 제작한 Metrohm 827 pH meter를 사용하여 측정하였으며, 탁도는 채취한 시료를 탁도계용 튜브에 담아 측정하였고, 표면의 흡으로 인한 빛의 산란을 막기 위해 실리콘 오일(silicon oil)을 발라주며 측정하였다. 탁도계는 Hach사에서 생산된 2100P Turbidimeter를 사용하였다. 칼슘경도는 수질공정시험법에 의거하여 적정법으로 측정하였고, 염소이온, 철, 아연, 크롬, 구리는 Hach사 DR2500을 사용하여 분석하였다. 본 실험에 사용된 실험수의 시료는 경기도 안양에서 식수로 사용되는 수도수(pH  $7.05 \pm 0.1$ , 칼슘경도  $36 \pm 2$  mg/L, 염소이온 농도  $10 \pm 2$  mg/L, 탁도  $0.1 \pm 0.05$  NTU)와 이온교환수지와 활성탄, RO(Reverse Osmosis) 멤브레인(membrane)을 거쳐 이온이 완전히 제거된 2차 증류수(pH  $7.1 \pm 0.1$ , 칼슘경도 0 mg/L, 염소이온 농도 0 mg/L, 탁도  $0.06 \pm 0.02$  NTU)를 이용하였다.

### 3.2 실험결과 및 고찰

#### 3.2.1 회분식 실험결과 및 분석

Fig. 3은 표준상태( $25^\circ\text{C}$ , 1atm)에서 pH 변화에 따른 시편별 부식도 변화를 나타낸 것이다. 부식이 가장 잘 되는 재질인 흑관(탄소강관)의 부식도는 pH 7.5에서 pH 8.5까지 감소하다 pH 9에서 pH 10까지 급상승 후 다시 pH 10 이후 감소하는 경향을 보였다. 백관(아연도강관)의 부식도는 pH 10 및 12

$$1) \text{부착도(MCM, mg/cm}^2 \cdot \text{month)} = \frac{(W_2 - W_1)mg}{(A(\text{cm}^2) \times \text{month})}$$

$$2) \text{부식도(MDD, mg/dm}^2 \cdot \text{day)} = \frac{(W_1 - W_3)mg}{(A(\text{dm}^2) \times \text{day})}$$

W1 : 초기 시편의 무게(mg)

W2 : 부착된 시편의 무게(mg)

W3 : 부착물질 제거 후 시편의 무게(mg)

A : 시편의 단면적( $\text{dm}^2=10 \text{ cm}^2$ )

에서 증가하는 경향을 보였다. 다른 시편은 부식이 거의 발생하지 않아 부식도는 거의 0 MDD에 가까웠다. 부착도도 부식도와 동일한 경향을 보였다. Fig. 4는 pH 변화에 따른 흑관의 부착물 제거 전·후의 시편 사진을 보여주고 있다. 상단의 사진은 부착물 제거전의 사진이며, 하단의 사진은 부착물 제거 후의 사진이다.

한편, Fig. 5는 pH 변화에 따른 시편별 탁도 변화를 도시하고 있다. 흑관은 pH 9 이상에서 탁도 저감효과가 나타났고, 백관, 동관, 스테인레스관의 경우 pH 10 이상에서 오히려 탁도가 증가하는 경향을 나타냈으나, 흑관에 비하여 탁도의 크기는 미미한 수준이다. 흑관에서의 철 용출은 pH 9 이하에서, 백관에서의 아연 용출은 pH 8 이하에서 감소하였고, 동관에서의 동 용출은 pH가 증가할수록 감소하다 pH 11 이후에서는 다시 증가하였다. 스테인레스관에서의 크롬 용출은 전 pH 범위에서 발생하지 않았다(참고문헌 3 참조).

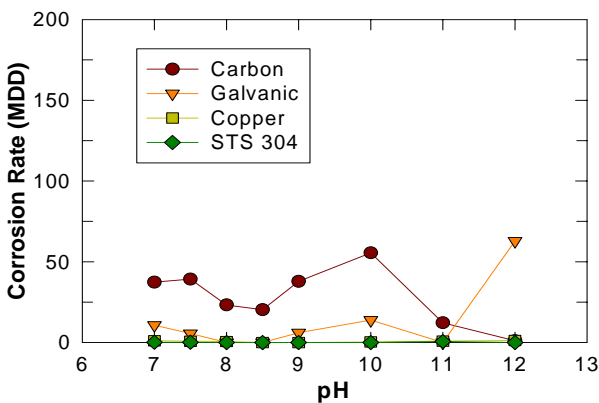


Fig. 3 Corrosion rate variations with the pH-level and coupon materials.



Fig. 4 Photographs of carbon coupons used the batch test.

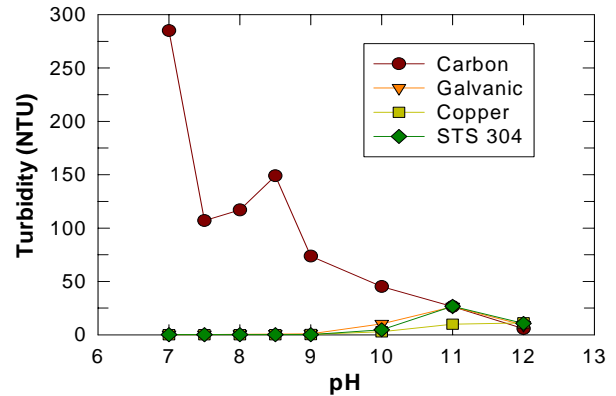


Fig. 5 Turbidity variations with the pH-level and coupon materials.

Fig. 6은 염소이온농도 변화에 따른 시편별 부식도 변화를 도시하고 있다. 백관의 경우는 염소이온 농도가 50 mg/L 이상일 때 급격히 부식도가 증가하는 경향을 보여주고 있으며, 백관은 염소이온 증가와 함께 서서히 부식도도 증가하였고, 동관과 스테인레스관은 부식이 거의 진행되지 않았다. 탁도 분석 결과 염소이온이 흑관과 백관에서 50 mg/L 이상일 때 급격히 탁도가 증가하였고, 동관과 스테인레스관은 실험 전 범위에서 탁도 증가가 미미하였다. 흑관에서의 철 용출 및 백관에서의 아연은 염소이온이 50 mg/L 이상일 때 급격히 용출되었고, 동관 및 스테인레스관의 경우는 거의 변화가 없었다(참고문헌 3 참조).

Fig. 7은 칼슘농도 변화에 따른 시편별 부식도 변화를 도시하고 있다. 흑관의 경우, 칼슘농도 10, 30 mg/L에서는 부식도가 증가하였으나, 50 mg/L 초과 시에는 부식도가 낮아졌다. 이는 칼슘경

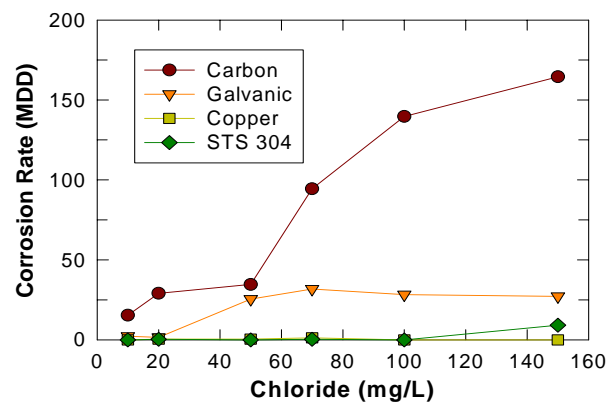


Fig. 6 Corrosion rate variations with the chloride and coupon materials.

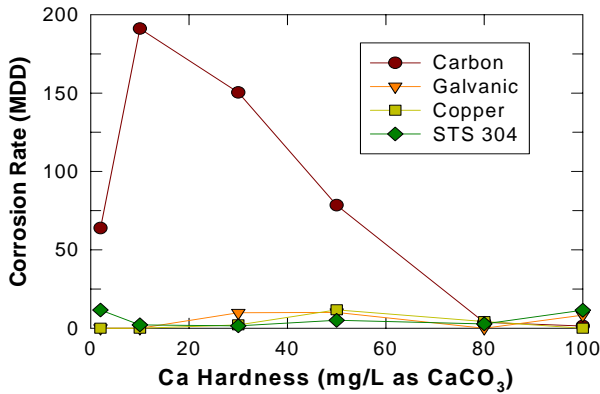


Fig. 7 Corrosion rate variations with the Ca hardness and coupon materials.

도가 높을수록 시편 표면에 탄산칼슘 피막의 형성으로 인해 부식도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 한편, 다른 종류의 배관재질에서는 부식도가 칼슘경도의 농도에 크게 영향을 받지 않는 것을 볼 수 있다.

### 3.2.2 연속식 실험결과 및 분석

60°C에서 부식억제제 유/무에 따른 pH별 연속식 실험을 통해서 부식억제제를 주입하지 않았을 경우 pH가 낮을수록, 같은 pH 조건에서 시간이 길수록 탁도, 용출금속 농도, 부식도, 부착도가 높았다. 부식억제제를 주입한 경우에는 pH와 상관없이 모든 시편에서 0에 가까운 부식도와 부착도를 나타내었다.

### 3.2.3 난방수 수질기준 설정

수소이온농도는 관종별로 적정 부식제어 효과에서 차이가 있어 모든 종류의 배관에 적용하기는 어려우나, 부식방지를 위해서는 기본적으로 수소이온농도를 올리는 것이 바람직하다. 본 연구결과, pH 9 이상에서 부식도 저감 효과가 가장 우수하나, pH를 9 이상으로 유지하기 위해서는 난방수의 약품 관리가 무엇보다도 선행되어야 한다. 따라서 당분간은 pH 8 이상을 유지하고, 향후 난방수에 대한 약품관리 방안을 수립한 후 9 이상으로 점차 기준을 강화해야 할 것으로 판단된다.

칼슘경도는 배관 내벽에 탄산칼슘 피막 생성에 가장 큰 영향인자로서 부식방지를 위해서는 50 mg/L as CaCO<sub>3</sub>까지는 높여주는 것이 좋으며, 본 실험결과에서도 50 mg/L as CaCO<sub>3</sub> 이상에서

부식도가 매우 낮아지는 경향을 보여주고 있으므로, 칼슘경도의 기준은 50 mg/L as CaCO<sub>3</sub> 이하로 규정하는 것이 타당하다고 사료된다.

탁도의 경우 난방수 수질을 평가하는 주요한 인자로서 본 실험에서 pH, 염소이온, 칼슘경도를 매개변수로 하여 탁도를 평가한 결과, 흑관에서만 10 NTU 이상의 결과가 나왔을 뿐 백관, 동관, 스테인레스관의 경우는 어떠한 조건에서도 10 NTU를 초과하는 결과가 없었으므로, 탁도 기준은 10 NTU로 설정하는 것이 타당하다고 판단된다. 단지 이러한 기준은 아연도강관에서 아연도금이 시간 경과 또는 관리 소홀로 인해 탈리되었을 때 흑관(탄소강관)의 형태로 변화되므로 수질관리가 철저히 되었을 때를 전제로 한다.

총철은 아연도강관의 피복이 벗겨졌을 경우인 흑관에서만 유일하게 나타날 수 있는 기준이다. 북유럽 여러 나라에서 1차측 지역난방수에 대한 총철 관리 기준을 0.1 mg/L 이하로 설정하고 있으므로, 2차측 난방수에서는 총철 관리기준을 1 mg/L 이하로 설정하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 이와 같이 본 연구결과를 토대로 난방수의 수질기준을 Table 1과 같이 설정하였다.

## 4. 난방순환수 수질관리방안

난방수 수질관리는 에너지 절약 및 배관 수명 연장을 위해서는 필수적인 사항으로서 적절한 수질관리가 이루어지면 정량적인 수치로 표현하기는 곤란하나, 난방효율 증대, 배관 교체비용 절감, 난방 계량기의 고장 감소, 공동 난방비 감소 등의 직간접적인 효과를 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 난방수 수질관리 방안을 제안하고자 한다.

### ① 부식억제제의 사용 철저

본 연구의 결과에서 나타난 바와 같이 부식억제제 유무에 따른 부식정도는 매우 큰 차이를 보

Table 1. Guideline for heating water quality.

Quality class	Recommended value
pH	Above 8
Ca hardness	Below 50 mg/L as CaCO <sub>3</sub>
Turbidity	Below 10 NTU
T-Fe	Below 1 mg/L

였다. 따라서 부식억제제를 반드시 난방수에 주입해야 하고, 특히 아파트 건설 초기 난방수 주입시 시수와 함께 부식억제제를 필히 사용하는 것이 바람직하다.

### ② 난방배관의 이종금속 사용 규제

이종금속의 사용은 부식 전위차를 발생시킴으로써 배관의 부식이 촉진되는 현상이 발생된다. 배관의 부식으로 인해 일부 교체 또는 배관의 용접 시 종종 발생하는 이종금속의 사용은 철저히 규제되어야 한다. 부득이하게 일부 배관을 교체할 때에는 이종금속에 의한 갈바닉 부식을 최소화하기 위한 두 금속 사이에 절연플랜지와 절연연결부 등의 갈바닉 부식 방지 절연체를 설치하여 전기적인 접촉을 차단해 주어야 한다.

### ③ 정기적인 수질검사의 실시

난방수의 수질은 다양한 인자에 의해 변화가 매우 클 수 있다. 난방수 수질에 대한 정기적인 검사를 1년에 1회 의무적으로 실시하여 수질악화를 미연에 방지하고 또한 수질이 오염되었을 때에는 필요한 조치를 취하는 것이 중요하다. 따라서 1년 주기로 난방수의 pH, 칼슘경도, 탁도, 총철에 대한 기본적인 수질검사를 실시하여야 하며, 이를 위해서는 향후 수질검사의 표준화 작업도 진행되어야 할 것이다.

### ④ 난방배관의 정기적인 세척, 갱생 실시

배관 내부에 부식이 진행되면 동시에 부식생성물인 스케일이 발생하고 한번 발생된 부식은 매우 빠르게 진행되므로 부식 및 스케일, 생물막의 억제를 위해, 또한 배관 내부의 물때를 제거하기 위해 정기적인 세척작업을 실시하여야 한다. 세척방법으로는 화학세척, 폴리피그 세척, 공기충격파 세척, 오존 세척 등을 고려할 수 있고, 배관의 부식정도가 심한 경우에는 내부 스케일을 제거한 후 라이닝을 하는 갱생작업도 필요할 수 있다.

### ⑤ 내식성 배관 재질의 사용

배관의 부식 방지를 위해 내식성이 강한 스테인레스강관, 구리합금강, 플라스틱 소재관 등을 사용하는 것이 바람직하다.

난방배관계통에서의 국내 중앙난방방식의 수질관리 실태를 파악하고, 국내 실정에 적합한 난방순환수 수질관리기준을 설정하고자 흑관, 백관, 동관, 스테인레스관 시편을 대상으로 수소이온농도 변화별, 칼슘경도별, 염소이온 농도별로 부식성 평가를 실시하였으며, 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 난방수의 수질관리를 위한 항목으로는 수소이온 농도(pH), 칼슘경도, 탁도 및 총철이 선정되었고, 각각의 세부기준으로는 pH 8 이상, 칼슘경도 50 mg/L as CaCO<sub>3</sub> 이하, 탁도 10 NTU 이하, 총철 1 mg/L 이하로 설정되었다.

(2) 난방수 수질관리는 에너지 절약 및 배관 수명연장을 위해서는 필수적인 사항으로서 적절한 수질관리가 이루어지면 정량적인 수치로 표현하기는 곤란하나 난방효율 증대, 배관 교체비용 절감, 난방계량기의 고장 감소, 공동난방비 감소 등의 직간접적인 효과를 얻을 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 난방수 수질관리를 위해서는 부식억제제의 사용 철저히, 난방배관의 이종금속 사용 규제, 정기적 수질검사의 의무화 실시, 난방배관의 정기적인 세척 및 갱생 실시, 내식성 배관 재질의 사용을 고려하여야 한다.

## 후 기

본 연구는 한국지역난방공사의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다. 또한, 본 원고는 한국지역난방공사 용역보고서<sup>(3)</sup> 내용 중 일부를 발췌하여 수정 및 편집한 것입니다.

## 참고문헌

1. IBRI(Icelandic Building Research Institute), 2004, Monitoring corrosion in district heating systems, Report of the IBRI, pp. 10-20.
2. Paek, C. K. and Kim, B. O., 1996, The corrosion protective methods of mechanical equipment and pipe in apartments, Proceeding of the SAREK, pp. 373-379.
3. KDHC, 2008, A study on the standardization of heat meters and automatic meter reading system for residential buildings, Report of the KICT, pp. 157-242.

## 5. 결 론