

국립수자원연구소 수질연구보고서 제 2002호

수요가 급수시설의 수질관리를 위한 연구

조용모 · 조항문

수질연구부 수질연구과 수질연구팀

시 정 연
2002-R-17

수요가 급수시설의 수질관리를 위한 연구

A Study on the Management of Water Supply System in Building

2002



서울시정개발연구원
Seoul Development Institute

연구진

연구책임자	조용모	도시환경연구부 연구위원
조항문	도시환경연구부 부연구위원	
연구원	임경미	도시환경연구부 위촉연구원
	양경수	도시환경연구부 위촉연구원
	이혜영	도시환경연구부 위촉연구원

이 보고서의 내용은 연구진의 견해로서
서울특별시의 정책과는 다를 수도 있습니다.

요약 및 정책건의

I. 연구의 목적

1. 배경

- 옥내급수관은 수요자(시민)가 수도물을 사용하기 직전의 급수관으로 수도물 수질에 최종적인 영향을 미치는 중요한 시설임. 그러나 옥내급수시설은 수요자인 가정에서 관리하도록 되어 있기 때문에 체계적이고 전문적인 관리가 부족함.
- 옥내급수시설에서 수질문제가 제기되는 주원인으로는 건물 내 급수관의 노후화에 따른 2차 오염과 저수조의 유지관리 미비로 나타나는 수질저하 문제를 들 수 있음. 즉 가정에서 수도물 수질에 대해 불신을 가지게 되는 큰 원인 중 하나가 수도꼭지 물에서 나오는 녹물과 이물질임.
- 옥내급수시설이 사유재산이라 하여 건물주인 개별 수요자에게만 관리를 맡기기에는 수질적 측면 등에서 많은 문제를 야기하고 있음. 따라서 현실적으로 정부와 지방자치단체는 옥내급수시설 관리를 어떤 형태로 접근할 필요성이 있음. 따라서 옥내급수시설의 필요성을 시민들에게 인식시키고, 제도를 정비하여 옥내 급수시설에 의한 수질악화를 방지하여야 함.

2. 목적

- 이 연구의 목적은 첫째, 수요가 옥내급수시설의 수질저하 원인을 조사하고,
- 둘째, 옥내급수시설의 관리방향을 제시하고,
- 세째, 옥내급수시설의 수질관리 방안과 제도적 방안을 제시하는데 있음.

II. 연구의 결과

1. 서울시 저수조와 옥내급수관의 수질 특성

- 대부분 100톤 이하의 소규모인 옥상수조가 많은 건물에 산재되어 있어, 수도물의 수질오염 우려가 큼. 따라서 이에 대한 구체적인 현황조사가 필요함.

- 전체 44%의 저수조가 체류시간 1~2일로 나타났으며, 그 이상의 체류시간을 가지는 저수조도 전체의 35%로 나타났음.
- 1994년 이후 사용이 금지된 아연도강관이 아직도 17% 정도 사용되고 있음.
- 옥내급수시설의 수질변화 분석결과 탁도, 트리할로메탄(THMs) 등 주요 수질 항목의 평균값은 정수장에서 수도꼭지로 공급되면서 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 잔류염소농도는 그 반대로 나타남.
- 철농도는 옥내급수시설을 거치면서 약 30% 증가하였고, 구리와 아연 농도는 3배 이상 크게 증가한 경우도 있었음. 이것은 옥내급수관의 재질이 동관이나 아연도강관인 경우가 많기 때문인 것으로 추정됨.

2. 저수조 외부오염 현황 조사

- 이 조사에서는 아파트 두 곳(A, B 아파트)을 선정하여 저수조의 외부(통기관 등)를 통해 유입되는 오염을 조사하였는데, 저수조 내에 직접 여과지를 설치하여 조사한 결과 A 아파트의 경우 평균적으로 하루에 약 0.07mg의 고형물이 유입되는 것으로 나타났음.
- 저수조 체류시간인 2~5일 정도를 감안하면 물 속의 고형물 농도는 0.1~0.3mg/L 증가된 것으로 분석됨.
- 외부에서 유입되는 오염물질의 양이 비교적 많아 정수장에서 아무리 깨끗하게 처리되어 수요가의 저수조까지 전혀 오염되지 않고 물이 이송된다 할지라도 수요가 내에서 저수조 통기관 등을 통해 유입된 오염물질이 수질에 큰 영향을 끼칠 수 있음.

3. 옥내급수시설의 노후화 사례 및 진단방법

1) 저수조 오염 현황

- 아파트 저수조의 오염현황을 분석하였는데, 그 주요내용은 다음과 같음.
- 강제 저수조의 경우 도장재가 부분적으로 벗겨지고, 부식되어 녹이 발생하고 있음<그림 참조>.

- 콘크리트 저수조의 내부 배관부식사례로서, 벽면에 오염물질이 부착되어 있고 저수조 내 철재 배관들이 심하게 부식되는 경우가 많음<그림 참조>.
- 옥상수조의 경우 햇빛을 차단하는 차폐시설을 제대로 설치하지 않아 녹조가 발생하고 있음.



<그림> 강제저수조 내부도장재 박리



<그림> 콘크리트저수조 내부 배관 부식

2) 옥내급수관 오염 현황

(1) 관내시경 검사 사례

- 1988년도에 입주가 시작된 강동구 W아파트의 관을 내시경으로 조사하였음.
- 이 아파트는 옥내급수관으로 아연도강관을 사용하고 있는데, 관내시경 검사 결과 냉수관의 경우 부식이 상당부분 진행되고 있었음. 사용년수가 14년인 것에 비해 상태가 양호한 것으로 판단되었음.
- 온수관의 경우는 스케일이 매우 두껍게 형성되어 있긴 하지만 단단하지 않은 연질성분의 스케일이므로 일부 교체하거나 세척하면 대체적으로 양호한 것으로 판단됨.

3) 옥내급수관 조사진단방법

- 옥내급수관의 조사진단방법은 제1차진단(간이진단), 제2차진단(전문진단), 제3차진단(정밀진단)으로 나눌 수 있음.
- 제1차진단은 서류와 주변환경에 의한 조사인데, 설비 사양서, 준공도서, 운전기록, 매설부분의 환경점검, 사용자의 운전현황 및 사용상태에 대한 의견 청취 등으로 판단하는 방법임. 제2차진단은 실시여부를 결정하는 단계임.

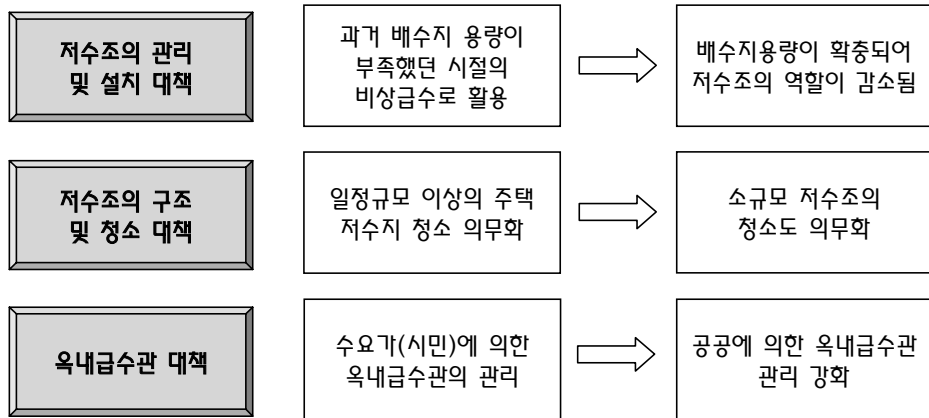
- 제2차진단은 내시경에 의한 방법, 수질분석에 의한 방법, 초음파 두께 측정에 의한 방법 등으로 이루어짐.
- 제3차진단은 관을 절단하여 2차진단의 결과를 확인하고, 종합적으로 교체 또는 갱생여부를 판정함.

4. 전문가 설문조사

- 수요가 옥내급수시설에 대해 전문가 설문조사를 실시하였으며, 이를 통해 수질 개선 방안을 제시하는데 참고하였음.
- 저수조 용량은 현재 공동주택 건설시 지하저수조 용량을 세대당 1.5m³으로 규정하고 있는데, 이것은 용량을 과다하게 설정된 것으로 응답하고 있으며, 또한 현재 규정된 저수조의 긴 체류시간으로 인한 잔류염소의 부족도 저수조 용량의 과다 때문으로 판단하고 있음. 따라서 저수조 용량을 축소하여야 한다고 판단하고 있음.
- 저수조 청소의무화 대상은 현재 6개월마다 1회 이상 청소하도록 의무화하고 있으나, 대상을 확대하여 소규모 건물의 저수조도 청소를 강화해야 한다고 응답함.
- 신축 건물의 저수조 설치를 의무시설에서 임의시설로 개정해야 한다고 판단하고 있음.
- 옥내급수관의 재질은 관의 내식성을 고려하여 선택하여야 하며, 가장 적합하다고 제시한 관종은 스테인레스관임.
- 옥내급수관 모니터링의 경우 정기적인 관 모니터링 실시가 필요하며, 모니터링 방안은 기존의 수질 검사 방안을 지속하면서, 관내시경 검사, 초음파 검사 등을 함께 실시하는 것이 바람직할 것으로 제시되었고, 모니터링을 한 후 그 결과를 수요가에게 제공해 주고, 이상이 발견될 경우 정밀진단을 실시하는 방안이 제도화되어야 한다고 응답함.

III. 정책건의

1. 추진방향



2. 저수조 관리의 개선 방안

1) 저수조 설치를 조례에 위임하고, 임의 규정으로 제도 정비

- 기존에 설치된 저수조 만으로도 사용 가능한 저수용량(배수지용량 포함)은 충분하다고 판단되므로, 신축건물의 경우 저수조 설치를 시·도지사에게 위임하여야 하고, 임의 설치규정으로 개정하여야 함. 이렇게 개정하여도 지역여건에 따라서는 수도물의 공급에 큰 영향을 미치지 않을 것으로 판단됨.
- 저수조 설치를 조례에 위임하고, 임의 규정으로 개정하기 위해서는 주축법을 아래와 같이 개정하여야 할 것이며, 장기적으로는 5층 이하의 건물 신축시 직결급수의 도입을 의무화할 필요성도 있음.

구 분	현 행	개 정 안
주택건설 기준등에 관한 규정 제35조 (비상급수 시설)	① 공동주택을 건설하는 주택단지에는 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물의 수질기준에 적합한 비상용수를 공급할 수 있는 지하양수시설 또는 지하저수조시설을 설치하여야 한다.	① 공동주택을 건설하는 주택단지에는 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물의 수질기준에 적합한 비상용수를 공급할 수 있는 지하양수시설 또는 지하저수조시설을 <u>설치할 수 있으며, 그 세부 사항은 당해 시·도의 조례로 정한다.</u>

2) 대형저수조의 용량 축소 규정

- 대형 저수조 중 체류시간은 1일 이상인 비율이 79%를 차지하고 있는데, 일본의 주요 도시들의 저수조 용량 기준이 1일 사용량의 12시간분(0.5일분)인 것을 고려하면 저수조 용량은 매우 과다한 것으로 판단되는 바, 저수조의 용량을 축소할 필요가 있음. 축소된 저수조 용량은 1일최대사용량의 12시간분의 범위에서 결정하되 서울시의 수도 특성도 고려되어야 할 것임.

3) 소방설비 전용수조와의 혼용 금지

- 소화용수와 겸용으로 사용하는 경우 소화용수 용량 만큼의 물은 평상시에 그대로 정체되므로 잔류염소의 손실을 가져와 수질에 큰 영향을 미치게 됨. 따라서 [소방기술 기준 등에 관한 규칙] 제5조 4항의 예외 조항을 삭제하여 급수를 위한 저수조와 소화용수 전용수조와의 혼용을 절대 금해야 할 것임.

4) 주택건축 또는 주민요구시 주변지역의 수압과 관경 데이터 제공

- 저수조 설치를 완화하고 수도관련 서비스를 향상시키기 위해 수도사업소에서는 건물 신축시 주변지역의 수압과 관경 데이터를 제공하도록 하며, 이러한 자료를 바탕으로 건축주는 저수조를 설치하지 아니할 수 있고, 직결급수를 실시할 수 있을 것임. 특히 5층 이하의 건물을 신축할 경우에는 반드시 주변지역의 수도시설 현황을 제공하여 저수조 등을 설치하지 아니하도록 유도하는 것이 바람직함.

5) 구조적 개선 방안

- 저수조 구조의 개선방안은 유입·유출구 위치에 대한 사항, 저수조 유지관리를 위한 맨홀 설치에 대한 사항, 내식성이 있는 내부 구조물의 설치, 콘크리트 도장시 무용제 유성에폭시 도장을 실시하는 사항, 스테인레스 저수조 용접부위 부식에 대한 사항, 옥상수조 관리에 대한 사항 등이 있음.

6) 소규모 건물 저수조의 청소관리 제도화

(1) 소규모 건물 저수조의 청소관리 의무화

- 현행 20세대 미만의 건물에 설치된 저수조는 청소관리의 규정에 포함되지 아니하여 관리의 사각지대에 속하고 있어 수질이 악화되는 사례가 빈번하게 발생하므로 5~20세대 미만의 소규모 건물의 경우 청소를 의무적으로 실시하도록 제도화하여야 함.
- 특히 소규모 건물 저수조의 경우 청소를 실시하지 않은 유형을 조사하여 DB화하여 개선 방안을 마련해야 함. 다만 구조적인 문제(출입구가 작아 청소하지 못하는 경우)로 인하여 청소를 실시할 수 없을 경우 건물주에게 개선명령 등을 내릴 수 있도록 제도화하는 방안이 필요함.

(2) 소규모 건물 저수조의 DB 구축

- 소규모 건물 저수조의 DB를 구축하여, 저수조의 구조, 수요가 형태 등에 의해서 나타날 수 있는 수질오염을 관리할 수 있도록 하며, 저수조 재질 및 용량, 저수조 출입형태, 설치 위치, 급수 세대수 등의 자료를 조사·수집하여 직결급수가 가능한 곳은 직결급수를 적극 권장하고 나머지는 특성을 크게 몇 개로 분류하여 각각의 특성에 맞는 관리 방법을 제시하는데 활용할 수 있도록 함.

(3) 소규모 건물 저수조의 개량

- 소규모 건물 저수조 대부분이 출입구가 작거나, 저수조의 관리를 위한 구조적 단점을 가지고 있는 경우가 대부분이므로 이들 소규모 건물의 저수조를 없애고, 가능한 한 직결급수를 도입할 수 있도록 하여야 하며, 이 경우 구조 개선 자금을 지원하거나 수도물 사용료를 면제하는 인센티브를 제공하도록 함.

7) 저수조의 외부오염 관리

- 현장조사 결과 통기관을 통한 오염물질 유입이 확인되었으며 우수 등의 유입 가능성도 배제할 수 없으므로, 통기관의 끝부분에 설치하는 망을 세밀한 망으로 설치하도록 하고, 특히 설치년도가 오래된 저수조의 경우 통기관에 여과장치를 설치하는 등 미세한 틈을 밀봉하는 방안이 필요함.

3. 옥내급수관 관리 방안

1) 옥내급수관의 정의 규정

- 수도법 제3조 2항에 「급수장치라 함은 수도사업자가 일반의 수요자에게 원수 또는 정수를 공급하기 위하여 설치한 배수관으로부터 분기하여 설치된 급수관·계량기·저수조·**옥내급수관**·수도전 기타의 급수에 관련된 기구를 말한다」와 같이 옥내급수관을 포함하여 정의하도록 함.

2) 옥내급수관의 모니터링과 세척·갱생 제도화

(1) 옥내급수관의 모니터링과 세척·갱생 의무화

- 옥내급수관의 부식 등으로 발생하는 수돗물의 오염현상을 방지하기 위해서는 아래 표와 같이 수도법 제21조에 항을 추가하여 20세대 이상의 공동주택의 경우 옥내급수관 모니터링 및 세척·갱생을 의무화하고, 세부적인 사항은 당해 시·도의 조례로 정하도록 함.

구 분	현 행	개 정 안
수도법 제21조에 항 추가	없음.	옥내급수관은 10년이상 경과하고, 20세대이상의 공동주택의 경우 모니터링과 세척을 실시하여야 하고, 이에 관한 세부사항은 당해 시·도의 조례로 정한다.

- 10년 이상된 옥내급수관은 2~3년을 주기로 급수관 모니터링을 실시하여야 하고, 모니터링의 결과 부식이 심할 경우 세척·갱생을 실시하도록 하여야 함.
- 급수관 모니터링 방법과 세척·갱생 방법에 대해 주민들이 이해하기 쉽도록 홍보·지도해야 하며, 공동주택의 경우 특별수선부담금을 사용하거나 이에 일정한 액을 적립하여 주민들에게 큰 부담을 주지 않고 실시할 수 있도록 하고, 세척·갱생을 실시할 수 있는 업자의 시설기준을 잘 설정할 필요가 있음.

(2) 옥내급수관 모니터링 및 세척·교체 공법 정립

- 국내에 소개되어 있는 여러 가지 노후급수관의 세척 방법들에 대해 관종별, 년별 세척 효과에 대한 연구를 시행하여 이에 대한 가이드라인을 마련해야 함.
- 관 내시경 검사나 초음파 검사와 같은 급수관 모니터링 방법에 대해서 보다

정확도가 높은 검사 방법을 찾기 위한 연구 개발 및 지원이 있어야 하며, 세척 공법의 개발·정립이 필요함.

- 주택에서 가장 쉽게 노후화되는 옥내급수관을 쉽게 리모델링할 수 있도록 하거나 누수 또는 관 상태를 확인할 수 있는 점검구를 설치하도록 하는 방안이 모색되어야 하며, 관 교체에 있어서는 최대한 건물에 손상을 주지 않고 경제적으로 교체하는 방법을 모색해야 할 것임.

3) 옥내급수관의 재질에 관한 사항

- 전문가 설문조사에서 옥내급수관으로 가장 적절한 재질로서 스테인레스관을 선택하였고 다음으로 PVC관을 선택하였는데, 이는 대부분의 상수도 관련 전문가들이 급수관 재질 선정시 관의 내식성에 가장 염두를 두고 있음을 의미하는 것으로서 앞으로 건물을 신축하거나 리모델링에 의해 관을 교체하고자 할 경우 내식성이 강한 스테인레스관을 주로 사용하도록 하고, 보다 내식성이 강하면서 경제적인 신소재의 개발도 장려해야 할 것임.

목 차

제 I 장 서론	3
제1절 연구의 배경	3
제2절 연구목적	4
제3절 연구내용	4
1. 대상적 범위	4
2. 주요 연구내용	5
제4절 연구수행 모식도	6
 제 II 장 수요가 급수시설 현황	9
제1절 급수시설 개요	9
1. 급수방식	10
2. 저수조	13
3. 급수관	18
제2절 서울시 급수시설 현황	23
1. 저수조 현황	23
2. 급수관 현황	25
제3절 서울시 직결급수 추진 현황	27
1. 직결급수 가능 조건	28
2. 서울시 직결급수 추진 현황	29
제4절 급수시설 관련 제도적 현황	30
1. 수요가 급수시설	30
2. 옥내급수관의 제도화	30
3. 상수도배관 재질 관련 규정	31
4. 저수조 관련 규정	32
5. 수도시설의 청소 및 위생 관리에 관한 규칙	35
제5절 급수시설 수질저하 요인	36
1. 저수조에서의 수질 저하	36
2. 옥내급수관에서의 수질 저하	40

제Ⅲ장 옥내급수시설의 수질오염 원인 분석과 시설 노후화 사례	51
제1절 수질 현황	51
1. 급수과정별 수질	51
2. 수질항목별 상호관계	62
제2절 지하저수조 외부오염도 조사	65
1. 통기관을 통한 오염물질 유입(조사 1)	65
2. 저수조내 강하분진(조사 2)	67
제3절 급수시설 노후화 사례	72
1. 저수조 오염 현황	72
2. 옥내급수관 오염 현황	74
제4절 기술동향	78
1. 관 진단 기술	78
2. 관 갱생 기술	83
 제Ⅳ장 상수도 전문가 설문조사	 89
제1절 설문 대상자 정보	89
1. 나이	89
2. 학력	89
3. 관련분야 경력	90
4. 직종	90
제2절 옥내급수시설의 중요도	91
1. 상수도 공급 과정의 중요도	91
2. 옥내급수관의 법적 개념	92
제3절 저수조 수질관리	93
1. 지하저수조의 용량	93
2. 저수조 청소의무화 대상의 적정성	94
3. 소규모 저수조의 관리방안	95
제4절 옥내급수관 수질관리	97
1. 옥내급수관의 개선되어야 할 부분	97
2. 옥내급수관의 재질	98
3. 옥내급수관에서의 모니터링 대상	100
4. 옥내급수관의 모니터링 방안	102
5. 옥내급수관의 모니터링 결과에 대한 조치	103
6. 옥내급수관의 수질관리 방안	104

제 V 장 옥내 급수시설 수질관리 방안	109
제1절 기본틀 재정립	109
제2절 추진방향 및 추진전략	110
제3절 저수조 관리의 개선 방안	112
1. 저수조 설치를 임의 규정으로 제도적 정비	112
2. 대형저수조의 용량 축소 규정	112
3. 소방설비 전용수조와의 혼용 금지	113
4. 주택건축 또는 주민요구시 주변지역의 수압과 환경 데이터 제공	113
5. 구조적 개선 방안	113
6. 소규모 건물 저수조의 청소관리 제도화	115
7. 저수조의 오염원인 사항	116
제4절 옥내급수관 관리 방안	116
1. 옥내급수관의 정의 규정	116
2. 옥내급수관의 모니터링과 세척·갱생 제도화	117
3. 옥내급수관의 재질에 관한 사항	118
 제 VI 장 결론 및 정책건의	 121
제1절 연구 결과 요약	121
제2절 정책건의	125
 참고문헌	 135
 부록	 139

표 목 차

<표 2-1> 급수 방식의 비교	12
<표 2-2> 저수조 재질에 따른 종류와 특성	18
<표 2-3> 수도관의 종류와 특징	20
<표 2-4> 옥내 배관의 재질에 따른 특성	21
<표 2-5> 저수조 건물 유형별 현황	23
<표 2-6> 저수조 규모별 현황	24
<표 2-7> 저수조 재질별 현황	25
<표 2-8> 급수관 관령별 현황	26
<표 2-9> 급수관 관령별 분포의 변화(1996~2001년)	26
<표 2-10> 급수관 재질별 현황	27
<표 2-11> 급수관 재질별 분포의 변화(1996~2001년)	27
<표 2-12> 주거용 건축물 급수관의 지름	28
<표 2-13> 신축건물 직결급수 실시 현황(2002.1~9)	30
<표 2-14> 서울시 수도조례에 의한 급수장치 소유 구분	30
<표 2-15> "급수장치"에 대한 정의 규정	31
<표 2-16> 수도용자재의 기준에 관한 규정	31
<표 2-17> 급수를 위한 저수조 설치 관련 규정	32
<표 2-18> 소방용수 확보를 위한 저수조 설치 관련 규정	33
<표 2-19> 저수조 설치기준	34
<표 2-20> 위생상 조치를 취하여야 할 건물에 관한 규정	35
<표 2-21> 수도시설의 청소 및 위생 관리에 관한 규칙	36
<표 2-22> 대형저수조의 체류시간 분포	38
<표 2-23> 일본의 저수조 용량 지도 기준	39
<표 2-24> 관의 노후도 관련 인자	43
<표 2-25> 부식성 지수	46
<표 2-26> 급수관 재질에 따라 부식에 관여하는 수질	47
<표 3-1> 급수과정별 수질변화(평균값)	51
<표 3-2> 누적분포로 나타난 수돗물의 급수과정별 수질	53

<표 3-3> 설치 전과 후의 여지 무게 변화	66
<표 3-4> 조사2의 실험 결과	70
<표 3-5> 간접진단 방법의 개요	78
<표 3-6> 직접진단 방법의 개요	79
<표 3-7> 급수관 조사진단 방법	80
<표 3-8> 내시경관측 판단기준	82
<표 3-9> 공사비 단가 비교	83
<표 4-1> 응답자의 나이 분포	89
<표 4-2> 응답자의 학력 분포	90
<표 4-3> 응답자의 관련분야 경력 분포	90
<표 4-4> 응답자 직종 분포	91
<표 4-5> 상수도 공급 과정의 중요도	91
<표 4-6> 옥내급수관의 법적개념 포함에 대한 응답	93
<표 4-7> 지하저수조의 용량에 대한 응답	94
<표 4-8> 저수조 청소 의무화 대상에 대한 응답	95
<표 4-9> 소규모 저수조의 관리방안에 대한 응답	96
<표 4-10> 신축 건물의 저수조 설치 의무화 폐지에 대한 응답	97
<표 4-11> 옥내급수관의 개선되어야 할 부분에 대한 응답	98
<표 4-12> 옥내급수관의 재질 선정시 중요도	99
<표 4-13> 옥내급수관으로 적합한 관종에 대한 응답	99
<표 4-14> 공동주택 옥내급수관의 모니터링 대상에 대한 응답	100
<표 4-15> 일반주택 옥내급수관의 모니터링 대상에 대한 응답	101
<표 4-16> 옥내급수관의 모니터링 방안에 대한 응답	102
<표 4-17> 수질 모니터링의 적정 주기에 대한 응답	103
<표 4-18> 옥내급수관의 모니터링 결과에 대한 조치 방법	104
<표 4-19> 옥내급수관의 수질관리 방안에 대한 응답	104
<표 4-20> 옥내급수관의 교체시기에 대한 응답	105
<표 4-21> 공법별 표준단가 법제화에 대한 응답	106

그 립 목 차

<그림 1-1> 연구수행 모식도	6
<그림 2-1> 일반적인 급수시설 계통도	9
<그림 2-2> 수도직결방식	10
<그림 2-3> 펌프직송방식(부스터방식)	11
<그림 2-4> 압력수조방식	11
<그림 2-5> 고층건물의 급수방식	12
<그림 2-6> 스테인레스강의 분류	16
<그림 2-7> 여러 유형의 스테인레스 저수조	16
<그림 2-8> PE 저수조	16
<그림 2-9> 여러 유형의 FRP 저수조	17
<그림 2-10> SMC 저수조	17
<그림 2-11> 지하저수조 재질별 분포	25
<그림 2-12> 옥상수조 재질별 분포	25
<그림 2-13> 수중 철(Fe)의 부식속도에 미치는 pH의 영향	44
<그림 2-14> 용존산소 농도에 따른 수중의 철(Fe)의 부식속도	45
<그림 2-15> 수중 철(Fe)의 부식에 영향을 미치는 유속의 영향	46
<그림 3-1> 수돗물의 급수과정별 수질변화	52
<그림 3-2> 누적분포로 나타낸 수돗물의 급수과정별 수질	53
<그림 3-3> 강북정수장 수계의 급수과정별 수질변화	54
<그림 3-4> 광암정수장 수계의 급수과정별 수질변화	55
<그림 3-5> 구의정수장 수계의 급수과정별 수질변화	56
<그림 3-6> 푼도정수장 수계의 급수과정별 수질변화	57
<그림 3-7> 푼도정수장 보광공장 수계의 급수과정별 수질변화	58
<그림 3-8> 암사정수장 수계의 급수과정별 수질변화	59
<그림 3-9> 영등포정수장 수계의 급수과정별 수질변화	60
<그림 3-10> 신월정수장 수계의 급수과정별 수질변화	61
<그림 3-11> THMs 농도와 배수거리 관계	62
<그림 3-12> 구리 농도와 배수거리 관계	62
<그림 3-13> 아연 농도와 배수거리 관계	63

<그림 3-14> 철 농도와 배수거리 관계	63
<그림 3-15> 수질항목과 상호관계(철과 아연)	63
<그림 3-16> 수질항목과 상호관계(철과 아연)	64
<그림 3-17> 수질항목과 상호관계(철과 구리)	64
<그림 3-18> 수질항목과 상호관계(구리와 아연)	64
<그림 3-19> 통기관을 통한 오염물질 유입 조사 개요도	65
<그림 3-20> A아파트의 맨홀과 통기관	67
<그림 3-21> A아파트 맨홀 안으로 들어가는 모습	67
<그림 3-22> B아파트의 맨홀과 통기관	68
<그림 3-23> B아파트의 저수조 출입 철재사다리	68
<그림 3-24> 저수조내 강하분진 조사 실험장치 개략도	68
<그림 3-25> A아파트의 1주, 4주 후 수거된 여지 모습	71
<그림 3-26> B아파트의 1주, 2주 후 수거된 여지 모습	71
<그림 3-27> 강제저수조의 내부부식 상태	72
<그림 3-28> 강제저수조 내부도장재 박리	72
<그림 3-29> 스테인레스저수조 바닥 상태	72
<그림 3-30> 스테인레스저수조 청소중 바닥	72
<그림 3-31> 콘크리트저수조 내부 상태	73
<그림 3-32> 콘크리트저수조 내부 배관 부식	73
<그림 3-33> 옥상수조 바닥 침전물	73
<그림 3-34> 옥상수조 내 부유 녹조류	73
<그림 3-35> 아파트 냉수관 내시경 사진 1	74
<그림 3-36> 아파트 냉수관 내시경 사진 2	74
<그림 3-37> 아파트 온수관 내시경 사진 1	74
<그림 3-38> 아파트 온수관 내시경 사진 2	74
<그림 3-39> 통수년수 11년인 건물의 옥내 급수관 외부 형태	75
<그림 3-40> 통수년수 11년인 건물의 옥내 급수관 내부 상태	75
<그림 3-41> 통수년수 11년인 건물의 공동구역 입상관 외부 형태	76
<그림 3-42> 통수년수 11년인 건물의 공동구역 입상관 내부 상태	76
<그림 3-43> 통수년수 13년인 건물의 세대내 급수관 외부 형태	76
<그림 3-44> 통수년수 13년인 건물의 세대내 급수관 내부 상태	76
<그림 3-45> 통수년수 13년인 건물의 저수조내 입상관 외부 형태	76
<그림 3-46> 통수년수 13년인 건물의 저수조내 입상관 내부 상태	76

<그림 3-47> 통수년수 17년인 건물의 공동구역 입상관 외부 형태	76
<그림 3-48> 통수년수 17년인 건물의 공동구역 입상관 내부 상태	76
<그림 3-49> 통수년수 22년인 건물의 세대내 급수관 외부 형태	77
<그림 3-50> 통수년수 22년인 건물의 세대내 급수관 내부 상태	77
<그림 3-51> 통수년수 25년인 건물의 공동구역 급수관 외부 형태	77
<그림 3-52> 통수년수 25년인 건물의 공동구역 급수관 내부 상태	77
<그림 3-53> 통수년수 25년인 건물의 세대내 급수관 외부 형태	77
<그림 3-54> 통수년수 25년인 건물의 세대내 급수관 내부 상태	77
<그림 4-1> 응답자의 나이 분포	89
<그림 4-2> 응답자의 학력 분포	90
<그림 4-3> 응답자의 관련분야 경력 분포	90
<그림 4-4> 응답자의 직종 분포	91
<그림 4-5> 상수도 공급 과정의 중요도	92
<그림 4-6> 옥내급수관의 법적개념 포함에 대한 응답	93
<그림 4-7> 지하저수조의 용량에 대한 응답	94
<그림 4-8> 저수조 청소 의무화 대상에 대한 응답	95
<그림 4-9> 소규모 저수조의 관리방안에 대한 응답	96
<그림 4-10> 신축 건물의 저수조 설치 의무화 폐지에 대한 응답	97
<그림 4-11> 옥내급수관의 개선되어야 할 부분에 대한 응답	98
<그림 4-12> 옥내급수관의 재질 선정시 중요도	99
<그림 4-13> 옥내급수관으로 적합한 관종에 대한 응답	100
<그림 4-14> 공동주택 옥내급수관의 모니터링 대상에 대한 응답	101
<그림 4-15> 일반주택 옥내급수관의 모니터링 대상에 대한 응답	102
<그림 4-16> 옥내급수관의 모니터링 방안에 대한 응답	102
<그림 4-17> 수질 모니터링의 적정 주기에 대한 응답	103
<그림 4-18> 옥내급수관의 모니터링 결과에 대한 조치 방법	104
<그림 4-19> 옥내급수관의 수질관리 방안에 대한 응답	105
<그림 4-20> 옥내급수관의 교체시기에 대한 응답	105
<그림 4-21> 공법별 표준단가 법제화에 대한 응답	106
<그림 5-1> 옥내급수시설 관리의 기본틀 재정립	109
<그림 5-2> 추진방향과 추진전략	110

第 I 章 서론

제 1 절 연구의 배경

제 2 절 연구목적

제 3 절 연구내용

제 4 절 연구수행 모식도

제 I 장 서론

제1절 연구의 배경

상수도는 인간활동에 근간이 되는 도시기반시설로서 많은 편리함을 제공하지만 건설 및 유지관리를 위해 많은 노력이 필요하다. 거미줄같이 수도관이 연결되어 있는 방대한 상수도시설(상수원 관리, 정수시스템, 공급체계)을 유지관리하고, 수돗물의 안정성과 음용성을 동시에 고려하는 데에는 많은 어려움이 있다. 이에 서울시는 상수원 관리, 정수처리방법 개선, 노후관 교체 등에 많은 투자를 하여 양질의 수돗물을 공급하려 노력해 왔다.

수도시설은 관리주체에 따라 정수장, 송수관, 배수관, 급수관, 배수지 등 공급자가 관리하는 시설과 지하저수조, 옥상저수조, 옥내급수관 등 사용자가 관리하는 수요가 급수시설로 구분된다. 상수도관은 일반적으로 송·배수관과 옥내급수관으로 구분되고 있으며, 특히 옥내급수관은 수요자가 수돗물을 사용하기 직전의 급수관으로 수돗물 수질에 최종적인 영향을 미치는 중요한 시설이다. 송·배수관은 지자체의 수도사업소에서 관리하고 있는 반면, 옥내급수시설은 사유시설물로 수요가인 가정에서 개별 소유자가 관리하도록 되어 있기 때문에 체계적이고 전문적인 관리가 부족하다.

옥내급수관 및 옥상·지하저수조와 같은 옥내급수시설에서 수질문제가 제기되는 주 원인으로는 건물 내 급수관의 노후화와 저수조의 유지관리 미비 등으로 나타나는 2차오염에 따른 수질저하 문제를 들 수 있다. 가정에서 수돗물 수질에 대해 불신을 가지게 되는 큰 원인 중 하나가 수도꼭지 물에서 나오는 녹물과 이물질이다. 이런 문제는 송·배수관의 부식에 의해 발생하기도 하나 대부분 옥내 저수조 오염과 옥내급수관의 부식이 더 큰 원인으로 지적되고 있다. 저수조와 옥내급수관의 유지관리 미비로 수질 저하 문제가 발생하고 있으나 제도적 관리가 규정되어 있지 않은 상황이다.

저수조의 수질저하 문제는 많은 전문가의 지적과 매스컴의 보도 등으로 인해 많이 개선되고 있으나 아직도 부족한 실정이며, 소규모 건물의 저수조는 제도적 관리에서 벗어나 있어 수질관리의 사각지대에 머물고 있다. 또한 건물 신축시 저수조용량 축소 또는 설치폐지 문제에 대해서도 아직 관련규정이 정비되지 않고 있는 실정이다. 게다가

가 일단 건물이 준공된 후에는 옥내급수관이 관리되지 않아 수도물 수질관리에서 병목 지점으로 지적되고 있다.

옥내급수시설이 사유재산이라 하여 건물주인 개별 수요자에게만 관리를 맡기기에 는 수질 측면에서 문제점을 내포하고 있다. 수도물의 수질 평가는 수도꼭지를 통한 수도물을 기준으로 실시하고 있으며, 이에 따라 시민의 건강과 직결되는 수도물 수질에 대한 민원이 발생되고 있다. 현실적으로 정부와 지방자치단체는 옥내급수시설 관리에 어떠한 형태로든 접근할 필요성이 있다. 따라서 옥내급수시설의 관리 필요성을 시민들에게 인식시키고, 제도를 정비하여 옥내 급수시설에서의 수질악화를 방지하는 것이 필요하다.

제2절 연구목적

옥내급수시설은 상수도를 공급하는 측면에서 보면 가장 관리하기가 취약한 곳이다. 그러나 상수도의 수질은 이 옥내급수시설을 통과한 후 평가되기 때문에 옥내급수시설을 별도로 떼어놓고 상수도관리 정책을 수립할 수 없다. 따라서 이 연구의 목적은 다음과 같다.

첫째, 수요가 옥내급수시설의 수질저하 원인을 조사하고, 둘째, 수요가 옥내급수시설의 관리방향을 제시하고, 셋째, 옥내급수시설의 수질 개선방안을 제시한다. 특히 옥내급수시설의 관리를 위한 제도적 방안을 제시하는데 있다.

제3절 연구내용

1. 대상적 범위

이 연구의 대상 범위는 수요가(가정)의 옥내급수시설(옥내수도관과 저수조부분)을 중심으로 분석하였다. 급수과정별 수질변화는 정수장에서 수도물이 공급되는 과정을 따라 분석하였다. 여기에는 옥내급수시설의 수질분석도 포함되어 있다.

2. 주요 연구내용

이 연구는 6장으로 구성되었는데, 제 I 장은 서론부분으로 연구의 배경과 목적, 연구의 내용으로 이루어졌다.

제II장에서는 수요가 상수도시설의 현황을 조사하고 수질저하 요인을 분석하였다. 급수시설을 급수방식, 저수조, 급수관으로 나누어서 살펴보았으며, 서울시의 저수조, 급수관, 직결급수 현황 및 제도적 현황을 조사하였다. 수질저하 요인에서는 저수조 및 옥내급수관의 수질저하 요인을 분석하였다.

제III장에서는 공급수계별 수질 현황 및 오염원인을 분석하고, 급수시설의 노후화 사례 및 관련 기술 동향을 살펴보았다. 수질 현황에서는 급수과정별 수질 현황을 조사하고 수질항목별 상호관계를 분석하였다. 또한 저수조 수질을 조사하여 오염원인을 분석하였다. 국내 급수시설 노후화 사례를 급수관과 저수조로 나누어 살펴보았으며, 기술동향에서는 노후급수관 진단기술과 갱생기술에 대해 조사하였다.

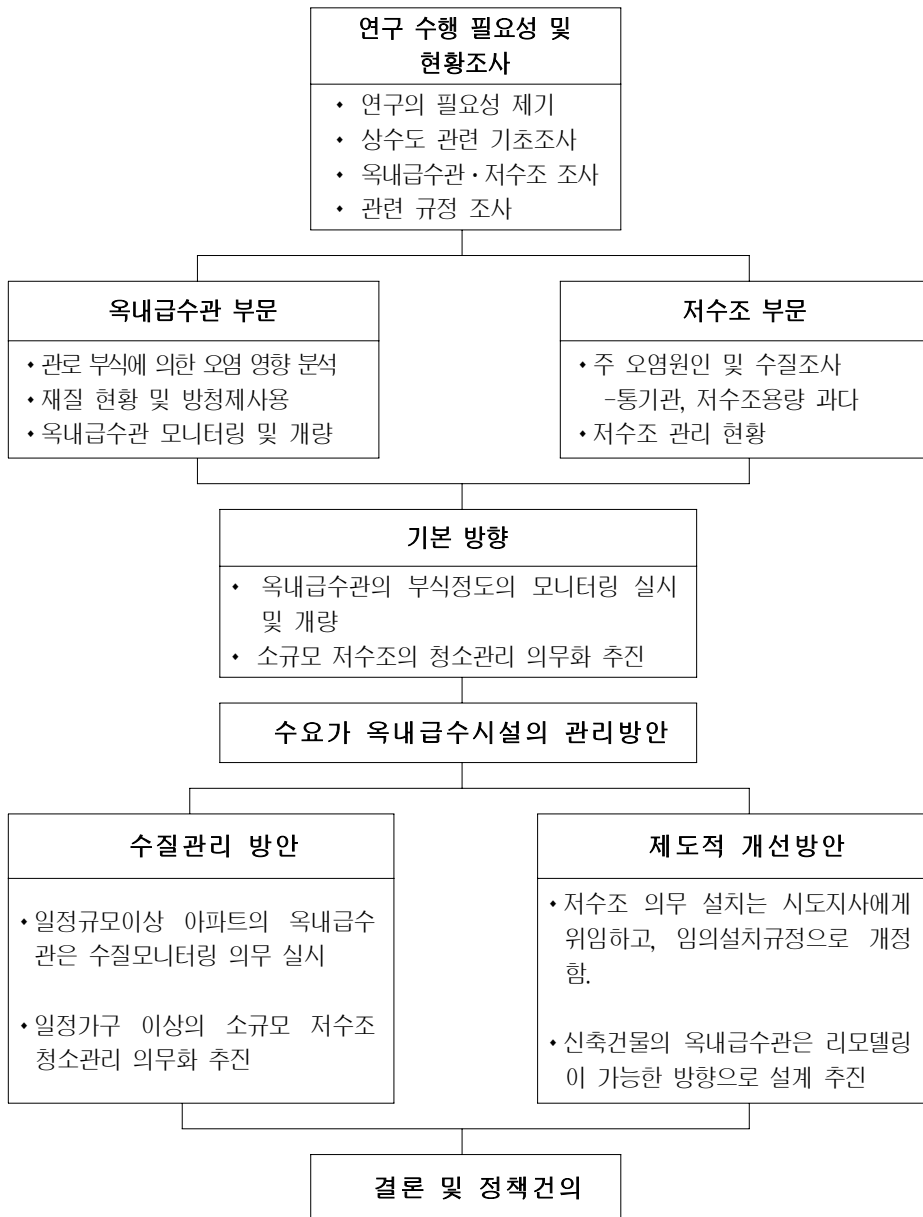
제IV장에서는 상수도 전문가 설문조사를 실시하였다. 특히 전문가들이 가지고 있는 옥내급수시설에 대한 의견을 저수조부문, 옥내급수관 부문으로 나누어 각각의 수질관리 방안에 대해 조사하였다.

제V장에서는 앞서 조사한 수질오염 현황과 진단기술 그리고 전문가의 설문조사와 자문회의 등을 바탕으로 옥내급수시설의 수질관리 방안을 제시하였는데, 기본틀 재정립과 추진 방향 및 추진전략 그리고 저수조 관리 방안과 옥내급수관의 관리 방향을 제시하였다.

제VI장에서는 앞서 제시된 내용을 중심으로 연구결과를 요약하였고, 이에 따른 정책건의를 제시하였다. 부록에서는 전문가 설문지와 저수조 수질 데이터를 정리하였다.

제4절 연구수행 모식도

이 연구의 수행 모식도는 <그림 1-1>과 같다.



<그림 1-1> 연구수행 모식도

第Ⅱ章 수요가 급수시설 현황

제 1 절 급수시설 개요

제 2 절 서울시 급수시설 현황

제 3 절 서울시 직결급수 추진 현황

제 4 절 급수시설 관련 제도적 현황

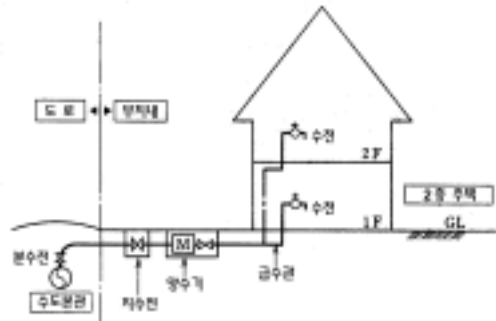
제 5 절 급수시설 수질저하 요인

1. 급수방식

급수방식은 수도직결방식, 옥상수조방식, 펌프직송방식 및 압력수조방식으로 나누어 볼 수 있는데, 초고층건물의 경우에는 상층과 하층의 수압차가 일정치 않아 특수한 급수방식을 적용하고 있다. 각 방식에 대한 설명은 다음과 같다.

1) 수도직결방식

수도본관으로부터 직접 건물내의 수도에 연결하여 급수하는 방법으로 일반 주택과 2층건물 이하의 중·소규모 업무용 건물 등에 많이 이용되고 있다.<그림 2-2 참조>



<그림 2-2> 수도직결방식

* 특징

- 급수압력은 수도본관의 압력에 따라 변화하므로, 계획과 설계시 여름철 수요가 최대일 때의 수도본관압력을 확인할 필요가 있다.
- 위생관리 및 유지관리가 다른 방식에 비해 용이하다.
- 저수조와 옥상수조용 공간이 불필요하다.
- 정전시에도 급수가 가능하다.

2) 옥상수조방식

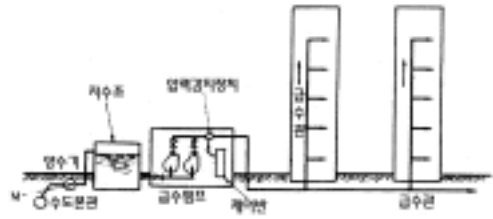
수도본관으로부터 유입되는 수돗물을 저수조에 저장한 후 이 물을 양수펌프를 사용하여 옥상수조로 양수하고 중력에 의해 필요한 곳으로 급수하는 방식이다.

* 특징

- 급수압력이 거의 일정하다.
- 단수가 되어도 저수조와 옥상수조로부터 급수가 가능하다.
- 저수조와 옥상수조용 전용설치 공간이 필요하다.
- 저수조와 옥상수조의 위생관리와 유지관리가 필요하다.

3) 펌프직송방식(부스터방식)

물을 저수조에 저수한 후 여러 대의 급수펌프를 이용하여 각 수도꼭지에 직접 급수하는 방식이다.<그림 2-3 참조>



급수관내의 압력, 유량을 감지하여 펌프 대수와 회전수를 제어함으로써 압력과 유량을 조정한다. 펌프직송방식을 분류하면 다음과 같다.

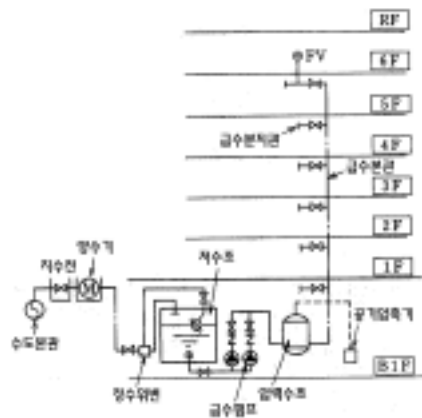
- 정속방식: 여러 대의 정속펌프(회전수는 일정)를 병렬로 운전하는 방식
- 변속방식: 급수량에 따라 펌프의 회전수(인버터 제어)를 변화시켜 압력을 일정하게 하는 방식
- 직송방식: 정속방식과 변속방식을 병용하는 방식

* 특징

- 변속펌프로 적절한 대수의 분할이 가능하다.
- 기기의 선정이 잘못될 경우 에너지 낭비가 크게 된다.
- 변속펌프방식은 비교적 압력의 변동이 적다.
- 저수조의 위생관리, 유지관리가 필요하다.

4) 압력수조방식

물을 저수조에 저수한 후 급수펌프에 의해 압력수조로 이송하고, 압축공기로 압력을 증가시켜 그 압력을 이용하여 각각의 수도꼭지에 급수하는 방식이다.<그림 2-4 참조>



* 특징

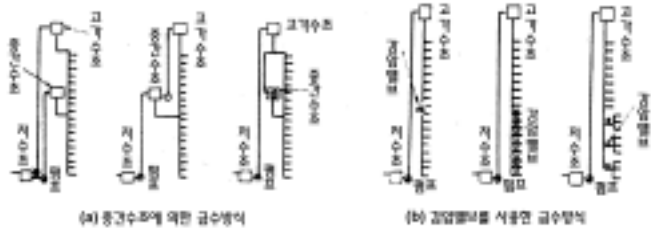
- 고압이 걸리기 때문에 공장 등 높은 수압을 필요로 하는 장소에 적용 가능하다.

<그림 2-4> 압력수조방식

- 수압의 변동이 크다.
- 압력수조의 설치 공간이 필요하다.
- 압력수조는 압력용기의 규제와 부식에 대해 충분한 고려를 하지 않으면 안된다.
- 저수조의 위생관리, 유지관리가 필요하다.

5) 고층건물의 급수방식

고층건물에서는 최상층과 최하층의 수압차가 일정치 않아 물을 사용하기가 곤란하다. 과대한 수압은 워터 해머링(water hammering)을 동반하고 그 결과 소음이나 진동이



<그림 2-5> 고층건물의 급수방식

일어나 건물내의 공해 요인이 되기도 한다. 그러므로 <그림 2-5>와 같이 급수계통을 건물의 상하층으로 구분하여 급수압이 고르게 될 수 있도록 급수조닝(zoning)을 할 필요가 있다. 대개 급수 압력에 대한 조닝은 $4\sim5\text{kg/cm}^2$ 정도 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다. 조닝 방식에는 층별식, 중계식, 압력 수조 방식 등이 있다.

이러한 내용을 특성을 중심으로 요약하면 <표 2-1>과 같다.

<표 2-1> 급수 방식의 비교

급수방식 조 건	수도직결방식	옥상수조방식	펌프직송방식	압력수조방식
급수압력 변동	수도본관의 압력에 따라 변화	일정	변동 적음	변동 큼
단수시 급수	불가능	저수조, 옥상수조 내 급수 가능	저수조 내 급수 가능	저수조 내 급수 가능
정전시 급수	가능	옥상수조 물 이용 가능	압력수조 내 물 중 압력범위 내 이용 가능	압력수조 내 물 중 압력범위 내 이용 가능
기계실 면적	필요없음	작음	큼	보통
옥상수조 부지	필요없음	필요	필요없음	필요없음
설 비 비	적음	많음	보통	많음
운 전 비	적음	보통	많음	많음
에너지 소비	적음	보통	큼	아주 큼

2. 저수조

1) 설치 위치에 따른 구분

저수조의 설치기준은 [수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙] 제3조와 동 규칙 별표1에 규정되어 있다. 대형건축물 등의 소유자 등이 저수조를 설치할 때에는 유지, 관리가 용이하고 수질오염을 방지할 수 있는 구조와 재질로 설치하여야 한다.

저수조는 설치 위치에 따라 지하저수조, 지상저수조, 옥상저수조로 나누어지며 고층 건물에서는 중간 수조를 설치하기도 한다.

(1) 지하저수조

지표면 밑이나 건축물 지하층 본체의 바닥이나 외벽 등을 이용하여 설치하는 것으로 대부분 건축물의 기존저수조는 이런 방식으로 설치되어 있다. 이러한 기존저수조는 비상용수나 소방용수로 사용하기 위해 설치된 것으로 대체적으로 용량이 크다. 또한 저수조의 위생관리가 법제화되기 이전에 청소나 유지관리를 염두에 두지 않고 설치되었기 때문에 오염되기 쉽고 보수를 하기 어려운 문제점이 있다.

저수조 설치기준에 의하면 저수조를 지하에 설치할 경우 건물의 지하층에 설치하는 것이 일반적이며, 지하층이 없는 경우는 저수조실을 만들어 그 안에 설치하도록 하고 주위에 공간을 확보하여 외부에서 보수와 점검이 용이하도록 해야 한다.

또한 위생상 유해한 액체나 물질을 저류 또는 처리하는 시설(분뇨정화조, 배수관, 도로측구, 연못 등)로부터 5m 이상 떨어지게 설치하여야 하며, 부득이 5m 미만에 설치할 경우 저수조실 외에 별도의 콘크리트 중간벽 등 특별한 조치를 취하고 저수조 주변 점검용 공간이 확보되도록 하여야 한다.

(2) 지상저수조

지표면상이나 건축물의 바닥 위에 설치하는 것으로 저수조의 주변이나 바닥과 상부가 모두 보일 수 있게 설치되었기 때문에 6면 관리방식이라고도 한다. 이러한 저수조는 점검이나 보수가 용이하여 유지관리가 용이하므로 앞으로 설치되는 저수조는 이런 방식으로 설치하는 것이 바람직하다.

(3) 옥상수조

지하 또는 지상저수조에 담겨진 물을 건물옥상에 설치된 저수조로 양수하여 중력을 이용하여 각층에 급수하기 위해 설치한 저수조로서 대부분의 건축물에 옥상수조가 설치되어 있다.

(4) 중간수조

고층건물에서는 수압을 조절하기 위하여 건물 중간층에 중간수조를 설치하고 있다.

(5) 기타수조

- 부(附)저수조: 수도 본관의 수압에 영향을 주지 않기 위하여 수도본관과 저수조의 중간에 설치하는 저수조이다.
- 압력수조: 입지여건상 옥상수조를 설치할 수 없을 경우 또는 옥상수조를 설치하지 아니하고 직송하기 위하여 저수조에서 받은 물을 압력을 이용하여 각층에 급수하기 위하여 설치하는 저수조이다
- 가정용 소형수조: 저수조 위생관리에 대한 법적 규제를 받지 않는 소형 주택이나 소형 건축물의 옥상에 수도물의 안정적 급수를 위하여 설치한 소형수조로서 지하저수조를 설치하지 않고 상수배수관에서 옥상수조에 직결로 연결하기도 한다.

2) 재질에 따른 구분

저수조 설치기준에 의하면 지하저수조의 재료는 수질에 영향을 주지 않는 재료로서 내식성과 수밀성이 확보되어야 하며 충분한 강도가 있어야 한다. 또한 조류 증식을 방지할 수 있는 제품을 사용하여야 하며, 될 수 있는 한 내부에 보강재를 설치하지 않는 것이 바람직하다. 철근콘크리트 구조체의 경우에는 인체에 해가 없는 도료로 도장하거나 인체에 유해한 물질이 용출되지 않는 재질로 라이닝하여야 한다.

옥상수조의 경우에도 지하저수조와 마찬가지로 충분한 강도와 내구성이 있어야 하고, 수조 내부의 물이 오염되지 않도록 해야 한다.

주로 설치되고 있는 저수조로는 콘크리트 저수조, FRP 저수조, SMC 저수조, 스테인레스 저수조 등이 있으며, 요즘에는 부식 등의 문제로 잘 사용하지 않고 있는 강재 저수조와 최근 개발되고 있는 PE 저수조 등도 있다.

(1) 콘크리트 저수조

콘크리트 저수조는 유지관리가 용이하고 시공성이 보편화되어 있으며 타 재질에 비하여 경제적이고 내진성 및 내구성이 우수하다. 또한 대규모 용량에 적합하므로 저수조의 재질로 가장 많이 사용되고 있다.

그러나 건조 수축, 균열의 발생(특히 내부구조는 두께를 크게 증가시킬 수 없고 연장이 길며 신축(伸縮)이음부를 두기 어려워 건조수축, 균열을 방지할 수 있는 정밀시공이 요구됨)에 따른 문제점이 대두되므로 정기적인 점검을 통하여 방수 및 수질오염을 막기 위한 내부도장을 한다.

(2) 강재 저수조

강판은 절단, 곡절, 용접 등 가공성이 뛰어나고 가격도 저렴한 편이어서 저수조 뿐만 아니라 건축설비용으로 널리 사용되고 있었으나 염소가 함유된 수돗물에 쉽게 부식되고 내구성이 떨어지며, 녹물 발생의 원인이 되는 등의 결함이 있어 저수조용 자재로는 점차 사용되지 않고 있는 추세다.

(3) 스테인레스 저수조

스테인레스강은 그 자체가 녹이 슬지 않는 것이 아니라 그 표면에 생기는 산화 피막에 의하여 공기중에 존재하는 산소와 산화물의 침입을 방지하여 더 이상의 산화를 진행시키지 못하게 하는 재질로서 내식성과 위생성이 우수하다. 다른 재료에 비하여 다소 비싸기는 하지만 강판에 비하여 가벼우며 청소하기 쉽고 외관도 깨끗하고 보기 좋으므로 저수조용 재질로 선호되고 있으며, <그림 2-6>과 같이 분류할 수 있다.

스테인레스 저수조에는 패널을 용접 조립하는 용접구조식, 볼트를 이용하여 조립하는 볼트조립구조식, 절곡된 판을 끼워 압착하여 만드는 원통구조식이 있다.<그림 2-7 참조> 그러나 수면접촉 부위와 특히 용접구조식 저수조의 경우 용접부위에서의 염소 반응에 의한 공식(孔蝕)현상이 발생할 수가 있으므로 내식성이 강한 STS 316 이상의 재질을 사용함이 바람직하다. 따라서 용접이음부의 철저한 관리가 요구되며, 청소시 내부 연결 구조 및 바닥부위의 요철현상과 패널접합부 돌출로 인하여 잔수의 배수가 잘 안되는 등 유지관리에 문제점이 있으므로 항상 이에 유의하여야 한다.



<그림 2-6> 스테인레스강의 분류



<그림 2-7> 여러 유형의 스테인레스 저수조

(4) PE(Poly Ethylene) 저수조

최근 PE 재질을 이용한 저수조가 개발되고 있는데, PE는 저수조 재질로서 매우 우수하여 소형 저수조에는 많이 이용되어 왔으며, 대형저수조에서는 수압관계로 잘 이용되지 않았으나, 최근 PE 보강판넬을 이용한 재질이 개발되고 있다.<그림 2-8 참조> 그러나 햇빛에 대한 투과성이 강하기 때문에 반드시 옥내에 설치하거나 햇빛 차단을 위한 차폐시설을 설치해야 한다.

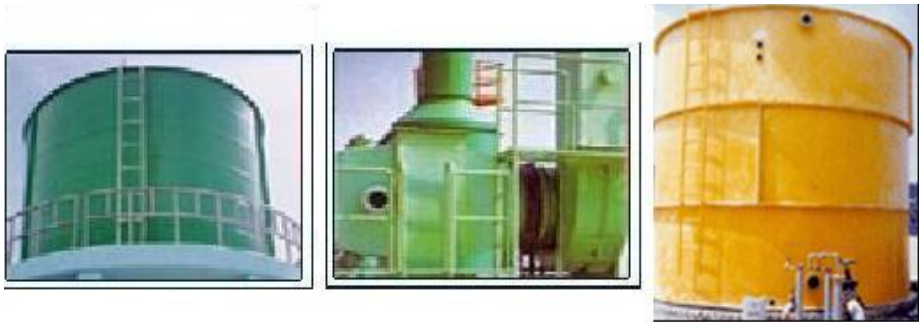


<그림 2-8> PE 저수조

(5) FRP(Fiberglass Reinforced Plastics) 저수조

FRP 저수조는 플라스틱과 보강재인 유리섬유를 가지고 제조한 것으로 <그림 2-9>와 같으며 시공 기간이 짧고 운반이 용이하여 경량저수조에 적합하다. FRP 저수

조는 수작업으로 제작된 패널을 현장에서 조립 설치하고 연결분은 고무이음재를 사용하여 볼트로 체결 제작하고 있다. 이때 수작업으로 인하여 유리섬유가 50% 이상 함유될 수 있으며 작업자의 숙련도에 따라 내구성이 좌우되고, 볼트 체결 부위의 수밀성 취약 및 시간경과에 따른 강도 저하로 유리섬유가 유출될 수 있으며, 배관 접속부 등의 내진성이 취약하다. 그러므로 시간 경과에 따른 박리 현상은 되도록 빠른 시간내에 보수하는 것이 바람직하다.



<그림 2-9> 여러 유형의 FRP저수조

(6) SMC(Sheet Molding Compound) 저수조

FRP의 일종이나 기존의 수작업 FRP와는 달리 원료를 금형에 의해 고온에서 성형 압출시켜 생산하므로 폴리에스터 함유량이 기존 수작업 FRP보다 많고 상대적으로 유리섬유 함유량이 적으며 인장강도는 FRP의 50% 정도로 <그림 2-10>과 같다. 면이 깨끗하고 착색이 가능하여 소규모 저수조에 적합하나 이음부 고무경화로 누수우려가 있으며 수밀성이 취약하다. 또한 인장강도의 취약으로 내구성이 결여되며 청소시 알칼리 유기용제에 취약한 문제점을 가지고 있으므로 보수에 각별히 유의하여야 한다.



<그림 2-10> SMC 저수조

수압을 견디기 위하여 설치하게 되는 보강재는 스테인레스 재질로 제작하는 것이 바람직하다. 특히 청소시 많은 어려움을 주고, 유지관리상 문제점으로 대두되고 있으므로 보강재 청소에 특히 유의하여야 한다.

저수조 재질에 따른 특성을 <표 2-2>에 제시하였다.

<표 2-2> 저수조 재질에 따른 종류와 특성

종류	장점	단점
콘크리트 저수조	• 성형이 자유롭다. • 기계적 강도가 높다. • 가격이 저렴하다. • 내구성이 길다. • 보수가 용이하다. • 표면강도가 높아 부재의 접촉이나 설치가 용이하다.	• 타설시 결함부가 생긴다. • 중성화되면 알칼리 용출로 인해 식수를 오염시킨다. • Cl^- 이온에 의해 중성화가 될 가능성이 높다. • 균열이 발생한다. • 산에 약하다. • 표면이 평탄치 못하다.
FRP 저수조	• 내식성이 있고 위생적이다. • 가볍고 운반 취급이 쉽다. • 단열성이 좋아서 결로가 없다. • 성형이 자유롭고 착색이 용이하다. • 보수가 용이하다.	• 기계적 강도가 낮다. • 표면강도가 낮고, 상처받기 쉽다. • 탄성률이 적고, 유격이 약하다. • 경년변화로 강도가 나빠진다. • 알칼리성 유기용제에 약하며 가연성이 있다. • 채광성이 있고 자외선에 약하다.
강재 저수조	• 기계적 강도가 강하다. • 탄성률이 높고 충격에 강하다. • 가공이 쉽고 가격이 싸다.	• 녹 발생이 심하다. • 적당한 도료의 선택과 수지 피막의 점검을 주기적(6개월)으로 행하여야 한다.
스테인레스 저수조	• 기계적 강도가 강하다. • 표면이 평탄하고 깨끗하다. • 관리가 철저하면 수질오염 지수가 낮다.	• 단가가 높다. • 염소가스에 의한 녹발생이 심하다. • 청소가 힘들며 많은 노력이 요구된다.
PE 저수조	• 가볍고 운반 취급이 용이하다. • 주로 10톤 이하 소형으로 가격이 저렴하다. • 내식성이며 위생적이다.	• 투광성이 강하여 반드시 옥내에 설치하거나 차폐시설이 있어야 한다.

자료: 급수장치 및 저수조의 위생관리, 환경부·환경보전협회, 2001

3. 급수관

1) 급수관의 종류 및 특성

수도법 시행령 제18조(시설기준)에서는 “수도시설에 사용되는 수도용자재는 산업표준화법 제11조 내지 제13조의 규정에 의하여 공업진흥청장으로부터 허가 또는 승인을 얻거나 품질경영촉진법 제8조의 규정에 의하여 공업진흥청장으로부터 품질보증체제 인증을 받은 기업에서 생산된 것으로 하되, 공업진흥청장의 허가 또는 승인을 얻거나 품질보증체제 인증을 받은 기업에서 제조된 수도용자재가 없는 경우에는 산업표준화법 제28조의 규정에 의하여 한국수도협회가 단체표준의 승인을 얻어 품질인증표시를 한 것 또는 국립건설시험소장이 수도용자재로 사용하기에 적합하다고 인정하여 고시한 것을 사용할 수 있다. 다만, 환경부장관이 음용수에 사용하는 수도용자재로 부적합하다고 인정하여 고시하는 경우에는 그러하지 아니하다”라고 명시되어 있다.

따라서 수도용 배관을 선택하기 위해서는 <부록 1>의 한국산업규격과 한국수도협회규격을 참고해야 한다.

급수관은 급수시설의 주요부분을 구성하는 것으로 충분한 강도를 가지고 있고, 부식에 강하며, 수질에 악영향을 주지 않는 것이어야 한다. 급수관의 종류는 매우 다양하므로 상황에 따라 가장 적합한 관종을 선정하여 적용해야 한다. 일본수도협회에서 제시하는 수도관의 종류와 장·단점을 <표 2-3>에 나타내었다.

(1) 연(鉛)관

급수관으로서 가장 오래전부터 사용된 것으로 관내에 스케일이 발생하지만 유연성이 풍부하고, 가공과 수선은 용이하지만 동결과 외상에 약하고 알칼리, 시멘트에도 침투되는 것이어서 현재는 사용되지 않는 추세이다.

(2) 동관

인장강도가 크고 알칼리에 약하며 스케일 발생은 없지만 두께가 얇아 깨지기 쉽기 때문에 지중매설관으로서는 부적합하고 주택설비의 유닛(unit)화에 따라 급탕배관으로 사용되고 있다.

(3) 강관

연관의 대용으로 사용되며, 그 중에서도 아연도강관이 가장 많이 사용되어 왔다. 강관은 인장강도가 크고 잘 휘다는 장점을 가지는 반면, 부식되기가 쉬워 녹물발생의 원

인이 된다. 그 대책으로서 강관의 내면에 비닐을 라이닝한 경질염화비닐라이닝 강관, 폴리에틸렌분을 라이닝한 폴리에틸렌분체라이닝 강관, 내외면의 방식대책으로서 에폭 시수지분체내외면코팅 강관 등이 개발되고 있다.

(4) 경질염화비닐관

인장강도가 비교적 높고 부식에 강하며, 특히 전기부식에 강하다. 관내 스케일의 부착은 없지만 열 및 충격에 약하고 동결에 의해 파손되기 쉬운 단점이 있다. 따라서 사용온도(사용범위는 $-5\sim 45^{\circ}\text{C}$)를 주지하고 외상을 받지 않도록 취급에 주의가 필요하다.

<표 2-3> 수도관의 종류와 특징

재질별	장점	단점
주철관 (내면 몰탈라이닝)	• 강도가 비교적 강하고 부식에 강하다. • 절단이 용이하다. • 메카니컬이음은 험, 신축성이 있어 시공이 용이하다.	• 충격에 약하고 무겁다. • 이음의 탈출에 대비해 이형관 보호 등이 필요하다. • 토양이 특히 부식성인 경우 외면 방식, 이음방식이 필요하다.
덕타일 주철관 (내면 몰탈라이닝)	• 강도가 강하고 내식성이 있다. • 충격에 강하다. • 메카니컬이음은 험, 신축성이 있다. • 시공성이 좋다. • 이음의 종류가 많고, UF, KF형은 이 탈방지 기능을 가진다.	• 중량이 비교적 무겁다. • 이음의 탈출에 대비해 이형관보호 등이 필요하다. • 토양이 특히 부식성인 경우 외면 방식, 이음방식이 필요하다. • 관내로부터의 보수가 곤란하다.(대구경관의 경우)
강관 (도복장강관)	• 강도가 강하다.(인장, 휨) • 강인성이 풍부하고 충격에 강하다. • 용접이음에 의해 일체화가 가능하고 이음탈출대책이 불필요하다. • 중량이 비교적 가볍다. • 가공성이 좋다.	• 신축이음, 가요(可撓)이음의 고려가 필요한 경우가 있다. • 전식에 대한 배려가 필요하다. • 이음의 용접·도장에 시간이 걸리고 용수지반에의 시공이 곤란하다. • 휨이 크다.(대구경관의 경우)
경질염화비닐관	• 내식성, 내전식성이 우수하다. • 중량이 가볍고, 시공성이 좋다. • 용착(접착)이 가능하다. • 내면조도가 변화하지 않는다. • 가격이 안정하다.	• 저온시에 내충격성이 저하된다. • 유기용제, 열, 자외선에 약하다. • 접착제의 인화에 주의가 필요하다. • 신축이음, 가요이음이 필요하다.

자료: 수도のあらまし, 사단법인 일본수도협회, 1993

(5) 폴리에틸렌관

유연성이 매우 좋고 가벼우며 내한성 및 내충격성이 크지만, 인장강도가 작고 가연성이어서 고온에 약한 단점이 있다.

(6) 스테인레스강관

스테인레스는 주성분인 철에 12~20%의 Cr을 함유하는 것으로 녹이 잘 슬지 않는 특징이 있다. STS 304의 경우 Cr과 Ni의 비율이 각각 18%, 8%로 구성되며, STS 316은 Cr 16~18%, Ni 10~14%, Mo 2~3%로 구성된다.

내식성이 우수하고 위생상 양호하여 옥내급수관과 급탕관으로 사용되고 있지만, 도로내의 매설관으로서도 사용되고 있다. 비교적 고가인 것이 단점이다.

이상 소개한 관종의 특성을 토대로 하여 관종 선정이 적절하게 되었을지라도, 구경의 결정, 배관 및 방호 등이 적절하지 않을 경우는 급수장치로서의 기능을 발휘할 수 없으므로 이들의 설계시공에 있어서는 세심한 주의를 기하여야 한다. 특히 급수관의 접합부는 취약해지기 쉬우므로 관의 재질에 가장 적합한 접합방법을 시행할 필요가 있다. 옥내 배관용으로 사용되는 관의 재질에 따른 특성을 <표 2-4>에 나타내었다.

<표 2-4> 옥내 배관의 재질에 따른 특성

관의 종류	관의 규격	관의 특성				
		내부식성	내충격성	내화성	시공성	경제성
수도용 아연도강관	KSD-3507		○	○	○	○
일반배관용 스테인레스강관	KSD-3576	○		○		
동관	KSD-5301	○		○	○	
수도용 폴리에틸렌 분체 라이닝강관	KSD-3619	○	○		○	
폴리프로필렌 공중합체관	KSD-3362	○	○		○	
폴리부틸렌관(PB)	KSD-3363	○		×	○	
수도용 경질염화비닐관	KSD-3401	○		×	○	
수도용 폴리에틸렌관(PE)	KSD-3408	○		×	○	

자료: 에너지 절약건물내 노후급수관의 상태 진단 및 평가를 위한 안전진단 기술개발, 2001, 한국건설기술연구원

2) 서울시에서 사용하는 상수도관¹⁾

철(iron)을 원료로 사용하는 재질에서 탄소함량이 2% 이하인 것을 강(steel)이라 하고, 2% 이상인 것을 주철(cast iron)이라고 한다. 철재료는 탄소뿐만 아니라 규소(Si), 망간(Mn), 인(P), 황(S) 성분을 함유하고 있다.

(1) 덕타일 주철관

주철에 Mg과 Ca이 함유된 것으로 탄소가 흑연구상(球狀)으로 정출된 관으로 회주철에 비해 상당히 높은 강도와 전연성을 보유한 관이다.

생산되는 규격은 80mm에서 1,200mm까지이며 내부를 시멘트 몰탈로 라이닝한 덕타일 주철관을 사용하고 있다.

(2) 스테인레스강관

주성분인 철에 12~20% 정도의 크롬(Cr)을 함유한 것으로 녹이 잘 슬지 않고, 산소와 결합하여 강의 표면에 얇은 보호피막을 생성한다. 수돗물과 같은 조건하에서는 거의 녹이 슬지 않는다.

스테인레스강관은 여러 가지 종류가 있으며 그 종류에 따라 각각 특정 환경에 있어서 뛰어난 내식성을 나타내고 있다. 그것은 그 재료 자체가 그 환경에 있어서 부동태화(passivity) 되었다고 하며, 이는 크롬이 산소나 수산기와 결합하여 강관의 표면에 얇은 보호피막을 형성하여 녹의 진행을 막아준다.

스테인레스강관의 가장 대표적인 종류는 STS304로서 크롬:니켈=18%:8% 함유되어 있으며, STS316은 크롬 16~18%, 니켈 10~14% 그리고 몰리브덴 2~3% 범위로 함유하여 수질, 환경 등에서 STS 304보다 높은 내식성이 요구되는 경우에 쓰여진다.

(3) 도복장 강관

원재료는 강관이며 부식방지를 위해 내면에는 액상에폭시 도장, 외면에는 콜탈에나멜로 도복장하여 주로 대구경의 상수도관에 사용하고 있다.

규격은 80~3,000mm의 규격을 생산할 수 있도록 KSD 3565에 규정하고, 관의 연결

1) 최정섭, 서울시에서 사용하는 상수도관의 현황과 개선방안, 배관기술, 169호, pp. 220~223, 2001. 10

은 구경 600mm 이하는 외부용접, 700mm 이상은 내외부용접을 실시한다. 자재 구매시 서울시에서는 강관용접부에 방사선 투과시험을 실시하는 품질검사 규정을 마련하여 직관은 10개 중 1개를 샘플링하여 1곳을 지정 비파괴검사를 실시하여 합격된 제품에 대해서 인수하고, 불합격시는 10개 전체를 비파괴검사하여 합격된 제품만 인수하고 이에 따른 검사비용은 제조업체가 부담하도록 하고 있다.

제2절 서울시 급수시설 현황

이 절에서는 서울시의 상수도시설 중 급수관과 저수조의 현황에 대해 살펴보았다. 저수조의 경우 건물 유형별, 규모별, 재질별 현황을 살펴보았고, 급수관의 경우에는 관령별, 재질별 사용 현황을 검토하였다. 또한 서울시에서 추진하고 있는 직결급수방식의 도입 현황을 살펴보았고, 급수시설과 관련된 법 및 규칙 등을 정리하여 제시하였다.

1. 저수조 현황

서울시의 경우 직결급수의 도입이 확대되고 있지만 고층건물이 많고 배수관의 수압이 낮으며, 비상급수시설의 설치 등의 문제로 아직까지 저수조에 의한 급수가 이루어지고 있는 형편이다.

1) 건물 유형별

2001년 기준으로 저수조를 일반주택과 공동주택, 지하저수조와 옥상수조로 구분하여 조사한 결과를 <표 2-5>에 나타내었다. 일반주택과 공동주택의 저수조 개수가 거의 비슷하며, 옥상수조가 지하저수조보다 더 많은 것으로 나타났다.

<표 2-5> 저수조 건물 유형별 현황

건물유형	지하저수조	옥상수조	합 계
일반주택	9,099	11,612	20,711
공동주택	3,122	17,732	20,854
합 계	12,221	29,344	41,565

자료: 상수도통계연보, 서울시 상수도사업본부, 2002년

2) 저수조 규모별

저수조 규모별 현황을 제시한 <표 2-6>을 살펴보면 지하저수조의 경우 용량이 100톤 이하인 경우가 전체의 약 46% 정도이며, 101~300톤이 25%, 301톤 이상이 29%로 나타났다. 100톤 이하가 비교적 많은 것은 비교적 소용량인 일반주택의 지하저수조가 많기 때문이며, 301톤 이상의 지하저수조가 많은 이유는 아파트의 경우 지하저수조 용량이 대부분 수백톤 이상이기 때문인 것으로 판단된다. 옥상수조의 경우에는 99%가 100톤 이하로 나타나 세대수가 많은 아파트를 제외한 대부분 주택의 옥상수조가 소규모인 것으로 나타났다. 따라서 보다 구체적인 효율적인 저수조 관리를 위해서는 지하저수조와 옥상수조의 조사 단위를 달리하여 지하저수조의 경우 301톤 이상의 규모 범위를 좀 더 세분화하여 몇 천톤 정도까지 확대하여 조사할 필요가 있고, 옥상수조의 경우 100톤 이하의 규모 범위를 좀 더 세분화하여 10톤 이하의 크기부터 세밀한 조사가 필요한 것으로 보인다.

<표 2-6> 저수조 규모별 현황

규모	지하저수조		옥상수조		합 계	
	개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)
100톤 이하	5,614	45.9	28,354	96.6	33,968	81.7
101~300톤	3,094	25.3	380	1.3	3,474	8.4
301톤 이상	3,513	28.8	610	2.1	4,123	9.9
합 계	12,221	100	29,344	100	41,565	100

자료: 상수도통계연보, 서울시 상수도사업본부, 2002년

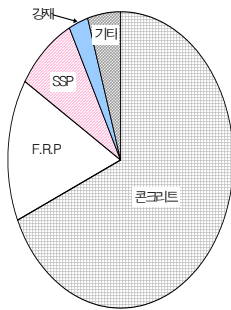
3) 저수조 재질별

지하저수조와 옥상수조 개수를 재질별로 조사한 결과는 <표 2-7>과 같다. 이를 살펴보면 지하저수조의 68%가 콘크리트로 설치되어 있는 것으로 나타났으며, 녹 발생 문제가 심각한 강재 저수조도 약 3% 정도를 차지하는 것으로 나타나 관리에 주의를 기울여야 할 것으로 사료된다. 옥상수조는 76%가 FRP 재질로 설치되어 있으며, 약 6%가 강재로 설치되어 있어 관리에 주의가 요구된다<그림 2-11, 12 참조>.

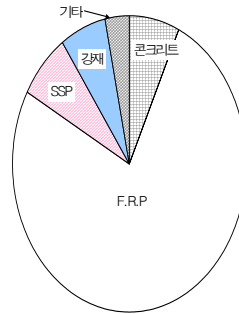
<표 2-7> 저수조 재질별 현황

재질	지하저수조		옥상수조		합 계	
	개수	비율(%)	개수	비율(%)	개수	비율(%)
콘크리트	8,361	68.4	2,018	6.9	10,379	25.0
F.R.P	1,882	15.4	22,335	76.1	24,217	58.3
SSP	1,077	8.8	2,171	7.4	3,248	7.8
강재	327	2.7	1,812	6.2	2,139	5.1
기타	574	4.7	1,008	3.4	1,582	3.8
합 계	12,221	100	29,344	100	41,565	100

자료: 상수도통계연보, 서울시 상수도사업본부, 2002년



<그림 2-11> 지하저수조 재질별 분포



<그림 2-12> 옥상수조 재질별 분포

2. 급수관 현황

1) 관령별 현황

2001년 현재 6~10년 정도 된 관이 41.6%로 가장 많은 것으로 나타났으며, 16년 이상된 관이 약 20%로 1998년 이래로 점차 그 비율이 줄어들고 있는으나 아직도 노후관의 교체 및 갱생에 많은 투자가 있어야 함을 알 수 있다<표 2-8, 9 참조>.

<표 2-8> 급수관 관령별 현황

	급수관연장 (m)	구성비 (%)
5년이하	1,272,948	15.7
6~10년	3,373,374	41.6
11~15년	1,846,782	22.8
16~20년	1,147,302	14.2
21년이상	465,274	5.7
합 계	8,105,680	100

자료: 상수도통계연보, 서울시 상수도사업본부, 2002년

<표 2-9> 급수관 관령별 분포의 변화(1996~2001년)

		5년이하	6~10년	11~15년	16~20년	20년이상	합계
1996	연장(m)	4,020,486	2,767,038	1,561,797	536,725	14,123	8,900,169
	비율(%)	45.2	31.1	17.5	6.0	0.2	
1997	연장(m)	2,690,227	2,633,911	1,552,702	1,128,627	510,575	8,516,042
	비율(%)	31.6	30.9	18.2	13.3	6.0	
1998	연장(m)	1,847,537	3,248,233	1,595,816	1,362,964	382,595	8,437,145
	비율(%)	21.9	38.5	18.9	16.2	4.5	
1999	연장(m)	1,608,197	3,239,112	1,735,354	1,329,237	394,066	8,305,966
	비율(%)	19.4	39.0	20.9	16.0	4.7	
2000	연장(m)	1,218,384	3,375,746	1,846,272	1,206,137	574,371	8,220,910
	비율(%)	14.8	41.1	22.5	14.7	7.0	
2001	연장(m)	1,272,948	3,373,374	1,846,782	1,147,302	465,274	8,105,680
	비율(%)	15.7	41.6	22.8	14.2	5.7	

2) 재질별 현황

급수관의 경우 전체의 약 63%가 스테인레스강관으로 가장 높은 비율을 보이고 있으며, 1994년 이후 사용이 금지된 아연도강관이 아직도 약 17% 정도 사용되는 것으로 나타나 수돗물의 수질에 영향을 미치는 것으로 판단된다<표 2-10, 11 참조>.

<표 2-10> 급수관 재질별 현황

	급수관연장 (m)	구성비 (%)
아연도강관	1,414,296	17.4
PVC관	530,149	6.5
스테인레스강관	5,112,833	63.1
동관	970,196	12.0
기타	78,206	1.0
합 계	8,105,680	100

자료: 상수도통계연보, 서울시 상수도사업본부, 2002년

<표 2-11> 급수관 재질별 분포의 변화(1996~2001년)

		아연도강관	PVC관	스테인레스강관	동관	기타	합계
1996	연장(m)	2,933,605	837,915	4,050,639	987,944	90,066	8,900,169
	비율(%)	33.0	9.4	45.5	11.1	1.0	
1997	연장(m)	2,382,714	756,030	4,311,209	984,532	81,557	8,516,042
	비율(%)	28.0	8.9	50.6	11.6	0.9	
1998	연장(m)	2,153,710	696,361	4,524,582	981,116	81,376	8,437,145
	비율(%)	25.5	8.3	53.6	11.6	1.0	
1999	연장(m)	1,888,424	639,448	4,720,017	978,766	79,311	8,305,966
	비율(%)	22.7	7.7	56.8	11.8	1.0	
2000	연장(m)	1,691,557	585,272	4,890,565	975,295	78,221	8,220,910
	비율(%)	20.5	7.1	59.5	11.9	1.0	
2001	연장(m)	1,414,296	530,149	5,112,833	970,196	78,206	8,105,680
	비율(%)	17.4	6.5	63.1	12.0	1.0	

제3절 서울시 직결급수 추진 현황

서울시는 지난 2000년도부터 배수관내의 수돗물을 가정의 수도꼭지까지 저수조를 거치지 않고 배수관 수압으로 직접 급수하는 직결급수제도를 실시하고 있다. 그러나 직결급수 방식이 원활히 실시되기 위해서는 배수관 구경 및 최소동수압 등의 조건을 만족시켜야 한다.

이번 절에서는 직결급수 도입을 위한 필요조건 및 현재 서울시에서 추진하고 있는 직결급수제도의 진행 상황을 살펴보았다.

1. 직결급수 가능 조건

1) 순 직결급수 가능여부 기준

(1) 급수구역 조건

순직결급수를 시행할 수 있는 급수구역은 다음과 같다.

- ① 구경 100mm 이상의 배수관이 매설된 지역
- ② 배수관의 연간 최소동수압이 아래와 같은 지역
 - 4층 건축물: 2.5kg/cm^2 이상
 - 5층 건축물: 3.0kg/cm^2 이상

(2) 건축물 조건

- ① 「건축물의 설비기준 등에 관한 규칙」 제18조 6호에 의거 <표 2-12>와 같이 건축물의 용도 및 규모에 적정한 규격 이상의 급수관이 설치된 건축물

<표 2-12> 주거용 건축물 급수관의 지름

가구 또는 세대수	1	2~3	4~5	6~8	9-16	17이상
급수관 지름의 최소기준(mm)	15	20	25	30	40	50

참고로 가구 또는 세대의 구분이 불분명한 건축물에 있어서는 주거용 건물의 바닥 면적에 따라 다음과 같이 가구수를 산정한다.

가. 바닥면적 85m^2 이하	: 1가구
나. 바닥면적 85m^2 초과 150m^2 이하	: 3가구
다. 바닥면적 150m^2 초과 300m^2 이하	: 5가구
라. 바닥면적 300m^2 초과 500m^2 이하	: 16가구
마. 바닥면적 500m^2 초과	: 17가구

- ② 순직결급수는 5층 이하 건축물까지로 한정하나 배수관의 연간 최소동수압이 6층 이상 건축물에도 순직결급수가 가능할 정도로 충분할 경우에는 6층 이상 건축물에 순직결급수를 시행할 수 있다.

2) 가압직결급수 가능여부 기준

(1) 급수여건

구경 150mm 이상의 배수관이 매설된 지역

(2) 건축물 조건

배수관으로부터 인입된 급수관의 구경이 50mm 이하인 건축물

3) 부분직결급수 및 겸용직결급수 가능여부 기준

부분직결급수는 순직결급수 가능여부 기준을 적용하고 겸용직결급수는 가압직결급수 가능여부 기준을 적용한다.

부분직결급수는 기존 건축물에서 배관의 교체가 곤란하여 지하저수조만 생략하고 옥상수조를 거쳐 급수하는 방식이므로 부분직결급수를 시행하면 직결급수의 도입효과가 충분히 발휘될 수 없을 뿐만 아니라 도시 미관을 저해하기 때문에 건축물 개량 시에 배관정비를 하여 옥상수조를 철거하도록 건축물 소유자에게 홍보하여야 한다.

2. 서울시 직결급수 추진 현황

사업을 시행한 2000년부터 2001년까지는 기존 건물과 신축 건물을 합해 총 9,996건의 직결급수를 시행하였으며, 2002년에는 9월말까지 기존 건물 1,551건, 신축건물 5,104건으로 총 6,655건의 직결급수를 시행하여 왔다.

이러한 직결급수는 수요가에서 전화나 인터넷 등을 통해 신청을 하면 해당 수도사업소에서 직결급수 가능 여부를 조사한 다음 가능한 경우 허가를 해주는 방식으로 진행된다. 각각의 조건에 따라 순직결급수, 가압직결급수, 겸용직결급수, 부분직결급수 방식 중 하나를 택하게 되는데, 2002년 신축건물에 적용된 직결급수방식을 살펴보면 아래 <표 2-13>과 같다.

<표 2-13> 신축건물 직결급수 실시 현황(2002.1~9)

방 식	합 계	순직결급수	가압직결급수	겸용직결급수	부분직결급수
개 소	5,104	4,388	74	120	461

서울시는 매년 5,000개소의 직결급수 추진을 목표로 배수지를 확충하여 최소동수압을 확보하는 등 직결급수 확대를 추진하고 있다.

제4절 급수시설 관련 제도적 현황

1. 수요가 급수시설

서울시 수도조례 제8조 6항에 의하면 <표 2-14>와 같이 급수장치에 대해 시 소유와 급수사용자 소유로 구분해 놓고 있다. 따라서 수요가 급수시설(또는 옥내급수시설로 통칭하기도 함)이란 수도계량기 이후에 매설되어 있는 저수조를 포함한 옥내급수관을 말한다. 즉 계량기와 대지 경계선 안의 시설물 관리 및 소유는 수요가로 규정되어 있다.

<표 2-14> 서울시 수도조례에 의한 급수장치 소유 구분

서울시 수도조례 제8조 6항	제1항 내지 제3항의 공사에 의하여 설치된 급수장치 중 계량기와 대지경계선밖에 매설되는 모든 시설물은 시 소유로 하되, 계량기가 대지경계선밖에 설치된 경우는 대지경계선부터 계량기전까지의 시설물은 급수사용자 등의 소유로 한다. 다만, 공동주택의 관리주체 등이 공동주택에 설치된 세대별 계량기에 대하여 자체관리를 원하는 경우에는 주 계량기 이후부터는 급수사용자 등의 소유로 한다. (개정 2001.09.29)
--------------------------	---

2. 옥내급수관의 제도화

옥내급수관에 대해서는 명확한 정의 및 제도화가 되어 있지 않다. <표 2-15>에서처럼 현재 수도법 제3조와 서울시 수도조례 제2조에서 “급수장치”에 대한 정의를 내리고 있다. 그러나 모두 옥내급수관에 대해서는 확실한 언급이 없으므로 옥내급수관을

급수장치로 명확히 포함시킬 필요가 있다. 즉 옥내급수관을 계량기 이후부터 수요가시설에 매설되어 있는 수도관으로 명확히 규정하여, 유지관리 및 청소, 관리의 주체 등을 명확히 하여야 한다.

<표 2-15> "급수장치"에 대한 정의 규정

수도법 제3조	"급수장치"라 함은 수도사업자가 일반의 수요자에게 원수 또는 정수를 공급하기 위하여 설치한 배수관으로부터 분기하여 설치된 급수관·계량기·저수조·수도전 기타의 급수에 관련된 기구를 말한다.
서울시 수도조례 제2조	"급수장치"라 함은 배수관 또는 다른 급수관으로부터 분기하여 설치된 급수관·수도계량기·저수조·수도전 기타의 급수에 관련된 시설, 장치 등을 말한다.

3. 상수도배관 재질 관련 규정

<표 2-16>에 정리되어 있는 것처럼 수도용으로 사용되는 자재의 기준은 수도법 제13조에 따르도록 규정되어 있다. 또한 동 시행령 제18조의 규정에 의하여 수도용으로 사용할 수 없는 배관재료는 환경부고시 제1999-76호(1999.5.27)에 의하여 수도용 아연도강관(KSD-3537)으로 고시되어 있다.

<표 2-16> 수도용자재의 기준에 관한 규정

수도법 제13조	수시설에 사용되는 수도용 자재 및 제품은 대통령령이 정하는 기준에 적합한 것을 사용하여야 한다.
수도법 시행령 제18조 (수도용 자재의 기준)	① 수도법 제13조제2항에서 "대통령령이 정하는 기준에 적합한 것"이라 함은 수도용자재로서 다음 각호의 1에 해당하는 것을 말한다. <개정 2001.9.29> 1. 산업표준화법 제11조 내지 제13조의 규정에 의하여 인증을 받은 것 2. 산업표준화법 제28조제4항의 규정에 의한 단체표준인증표시제품으로서 동 법 제33조의 규정에 의한 우수한 단체표준제품 3. 산업표준화법 제28조제4항의 규정에 의한 단체표준인증표시제품으로서 법 제39조의 규정에 의한 한국상하수도협회가 인증한 제품 4. 품질경영및공산품안전관리법 제7조의 규정에 의하여 품질경영체제인증 받은 기업에서 생산한 것 5. 환경기술개발및지원에관한법률 제20조의 규정에 의한 환경표지의 인증을 받은 제품 6. 산업발전법시행령 제28조제2항제3호의 규정에 의한 인증을 받은 제품 7. 기술개발촉진법 제6조의 규정에 의하여 신기술인정을 받은 제품 ② 제1항제1호 내지 제7호의 규정에 불구하고 환경부장관이 수도용자재로 사용하기에 부적합하다고 인정하여 고시하는 자재는 수도용자재로 이를 사용할 수 없다. <개정 2001.9.29>

4. 저수조 관련 규정

저수조가 급수장치 시설로 포함되기 시작한 것은 1991년 수도법이 개정되면서부터이다. 저수조 설치에 관한 관련 법규는 수도법, 건축법, 주택건설촉진법, 공중위생법 등에 복잡하게 분산되어 있다가 1999년 건축법에서 비상급수저수조 설치 법령이 폐지되고, [수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙]에서 저수조 설치 의무규정이 선택규정으로 개정되는 등 설치 의무 규정이 점차 완화되거나 삭제되는 추세다. 저수조 관련 법규는 크게 설치를 의무화하는 규정과 청소 등의 위생관리에 관한 규정, 설치기준에 관한 규정으로 나눌 수 있다. 이 외에도 소방법에서는 소방용수의 확보를 위한 수원의 용량 및 설치 등에 관해 규정하고 있는데, 여기에서 급수를 위한 저수조와의 혼용을 허용하고 있어 수질관리에 어려움을 부가시키고 있으므로 이에 대한 내용도 살펴 보았다.

1) 저수조 설치의 의무 규정

저수조 설치에 관한 규정은 [주택건설촉진법]에 ‘비상급수시설’의 설치로서 규정되어 있으며, 동법 시행령 및 [주택건설 기준 등에 관한 규정]에 지하저수조에 대한 구체적인 용량 및 재질, 구조 등에 관해 규정되어 있다<표 2-17 참조>.

<표 2-17> 급수를 위한 저수조 설치 관련 규정

주택건설촉진법 제31조	사업주체가 건설·공급하는 주택의 건설기준, 부대시설·복리시설의 설치기준, 주택의 규모 및 규모별 건설비율과 대지조성기준(이하 "주택건설기준등"이라 한다)은 대통령령으로 정한다.
주택건설촉진법 시행령 제32조	법 제33조제1항에서 "대통령령으로 정하는 호수이상의 주택"이라 함은 단독주택의 경우에는 20호, 공동주택의 경우에는 20세대이상의 주택을 말하며, "대통령령으로 정하는 면적이상의 대지"라 함은 1만제곱미터이상의 일단의 대지를 말한다.
주택건설기준등에 관한 규정 제35조 (비상급수 시설)	① 공동주택을 건설하는 주택단지에는 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물의 수질기준에 적합한 비상용수를 공급할 수 있는 지하양수시설 또는 지하저수조시설을 설치하여야 한다. ② 제1항의 규정에 의한 지하양수시설 및 지하저수조는 다음 각호의 구분에 의한 설치기준을 갖추어야 한다. 2. 지하저수조 가. 고가수조저수량(매 세대당 0.5톤까지 산입한다)을 포함하여 매 세대당 1.5톤(시·군지역은 1톤, 독신자용 주택은 0.5톤)이상의 수량을 저수할 수 있을 것 다. 제43조제6항의 규정에 의한 기준에 적합하게 설치할 것 라. 먹는물을 당해 저수조를 거쳐 각 세대에 공급할 수 있도록 설치할 것

소방용수 확보를 위해 소방법에 규정된 사항은 <표 2-18>과 같다.

<표 2-18> 소방용수 확보를 위한 저수조 설치 관련 규정

소방기술 기준등에 관한 규칙 제5조 (옥내소화 전설비의 수원)	① 옥내소화전설비의 수원은 그 저수량이 옥내소화전의 설치개수가 가장 많은 층의 설치개수(옥내소화전이 5개이상 설치된 경우에는 5개)에 2.6세제곱미터(호스릴옥내소화전설비의 경우에는 2.4세제곱미터)를 곱한 양이상인 되도록 하여야 한다. <개정 2002.4.12> ② 옥내소화전설비의 수원은 제1항의 규정에 의하여 산출된 유효수량의 3분의 1이상을 옥상(옥내소화전설비가 설치된 건축물의 주된 옥상을 말한다)에 설치하여야 한다. 다만, 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 1993.11.11, 1995.5.27, 1998.5.12, 1999.12.31, 2001.7.27> 1. 옥상이 없는 건축물 또는 공작물 2. 지하층만 있는 건축물 3. 제6조제2항의 규정에 의한 고가수조를 가압송수장치로 설치한 옥내소화전 설비 4. 수원이 건축물의 지붕보다 높은 위치에 설치된 경우 5. 지표면으로부터 당해 건축물의 상단까지의 높이가 10미터 이하인 경우 6. 주펌프와 동등 이상의 성능이 있는 펌프를 별도로 설치한 경우 ③ 옥상수조(제1항의 규정에 의하여 산출된 유효수량중 3분의 1이상을 옥상에 설치한 설비를 말한다. 이하 같다)는 이와 연결된 배관을 통하여 상시 소화수를 공급할 수 있는 구조인 소방대상물인 경우에는 둘이상의 소방대상물이 있더라도 하나의 소방대상물에만 이를 설치할 수 있다. <신설 1998.5.12> ④ 옥내소화전설비의 수원을 수조로 설치하는 경우에는 소방설비의 전용수조로 하여야 한다. 다만, 다음 각호의 1에 해당하는 경우에는 그러하지 아니하다. <신설 1993.11.11> 1. 옥내소화전펌프의 후드밸브 또는 흡수배관의 흡수구(수직회전축펌프의 흡수구를 포함한다. 이하 같다)를 다른 설비(소방용설비외의 것을 말한다. 이하 같다)의 후드밸브 또는 흡수구보다 낮은 위치에 설치한 때 2. 제6조제2항의 규정에 의한 고가수조로부터 옥내소화전설비의 입상배관에 물을 공급하는 급수구를 다른 설비의 급수구보다 낮은 위치에 설치한 때 ⑤ 제1항 및 제2항의 규정에 의한 저수량을 산정함에 있어서 다른 설비와 겸용하여 옥내소화전설비용 수조를 설치하는 경우에는 옥내소화전설비의 후드밸브·흡수구 또는 입상배관의 급수구와의 다른 설비의 후드밸브·흡수구 또는 입상배관의 급수구와의 사이의 수량을 그 유효수량으로 한다. <신설 1993.11.11>
소방기술 기준등에 관한 규칙 제13조 (스프링클 러설비의 수원)	① 스프링클러설비의 수원은 그 저수량이 다음 각호의 기준에 적합하도록 하여야 한다. <개정 1984.8.16, 1993.11.11, 2001.7.27, 2002.4.12> 1. 폐쇄형 스프링클러헤드를 사용하는 경우에는 다음 표의 소방대상물별 스프링클러헤드의 기준개수(스프링클러헤드의 설치개수가 가장 많은 층(아파트의 경우에는 설치개수가 가장 많은 세대)에 설치된 스프링클러헤드의 개수가 기준 개수보다 작은 경우에는 그 설치개수를 말한다. 이하 같다)에 1.6세제곱미터를 곱한 양이상인 되도록 하여야 한다. 2. 개방형 스프링클러 헤드를 사용하는 스프링클러설비의 수원은 최대방수 구역에 설치된 스프링클러 헤드의 개수가 30개이하일 경우에는 설치헤드수에 1.6세제곱미터를 곱한 양이상으로 하고, 30개를 초과하는 경우에는 제14조제1항제2호 및 제3호의 규정에 의하여 산출된 가압송수장치의 1분당 송수량에 20을 곱한 양이상인 되도록 할 것

[소방기술기준 등에 관한 규칙] 제5조 4항을 보면 옥내소화전 설비의 수원을 수조로 설치하는 경우에는 전용수조로 하도록 하였으나, 옥내소화전펌프의 흡수구가 지하수조나 옥상수조의 배수구보다 낮게 설치되는 경우에는 급수용 저수조와 혼용할 수 있도록 예외 규정을 두고 있다. 이러한 경우 소화전펌프의 흡수구와 저수조 급수용 배수구 사이의 공간이 소화용수 유효수량이 되는 것으로서 화재가 발생하지 않는 평상시에는 이 유효수량 만큼이 항상 수조 내에 저류되어 채류시간이 길어지기 때문에 잔류염소 농도 감소 등의 문제를 일으키는 원인이 된다.

2) 저수조의 설치기준

[수도시설의 청소 및 위생 관리 등에 관한 규칙] 제3조를 보면 저수조 설치기준은 저수조 내 수질을 보호하고, 청소위생관리를 원활히 수행하기 위하여 필요한 구조적 요인들을 구체적으로 정하고 있다<표 2-19 참조>.

<표 2-19> 저수조 설치기준

1. 저수조의 윗 부분은 건축물 등으로부터 100 센티미터 이상 떨어져야 하며, 그 밖의 부분은 60 센티미터 이상의 간격을 띄울 것.
2. 물의 유출구는 유입구의 반대편 밑부분에 설치하되, 바닥의 침전물이 유출되지 아니하도록 저수조의 바닥에서 띄워서 설치하고, 물 칸막이 등을 설치하여 저수조 안에 물이 고이지 아니하도록 할 것.
3. 각 변의 길이가 90 센티미터 이상인 사각형 맨홀 또는 지름이 90 센티미터 이상인 원형 맨홀을 1개 이상 설치하여 청소를 위한 사람이나 장비의 출입이 원활하도록 하여야 하고, 맨홀을 통하여 먼지 기타 이물질이 유입되지 아니하도록 할 것. 다만, 5 세제곱미터 이하의 소규모 저수조의 맨홀은 각 변 또는 지름을 60 센티미터 이상으로 할 수 있다.
4. 침전찌꺼기의 배출구를 저수조의 맨 밑부분에 설치하고, 저수조의 바닥은 배출구를 향하여 100분의 1이상의 경사를 두어 설치하는 등 배출이 쉬운 구조로 할 것.
5. 청소·위생점검 및 보수 등 유지관리를 위하여 1개의 저수조를 2 이상의 부분으로 구획하거나 저수조를 2개 이상 설치할 것. 다만, 5 세제곱미터 이하의 소규모 저수조의 경우에는 그러하지 아니하다.
8. 저수조 및 저수조에 설치하는 사다리 등의 재질은 섬유보강플라스틱·스테인레스스틸·콘크리트 등의 내식성재료로 사용할 것.
9. 저수조 안의 공기정화를 위한 통기관과 물의 수위조절을 위한 월류관을 설치하고, 관을 통하여 벌레 등 오염물질이 유입되지 아니하도록 할 것.

3) 저수조의 관리

수도법 시행령 제24조에는 위생상의 조치를 취하여야 할 건축물 또는 시설의 종류에 대해 규정되어 있다<표 2-20 참조>. 또한 [수도시설의 청소 및 위생 관리 등에 관한 규칙] 제6조에 의하면 대형건축물의 소유자 또는 관리자는 저수조를 6개월마다 1회 청소하고 그 위생상태를 별도의 기준에 따라 매월 1회 이상 점검하도록 되어 있는데, 서울시에는 현재 건물 연면적이 5천제곱미터 이상으로 법적 관리 대상인 저수조가 약 42,000 개소이고 5천제곱미터 미만으로 관리 대상에서 제외된 저수조는 약 30만 개소이다. 따라서 전체 저수조의 약 13% 정도만이 관리 의무 대상이 되어 저수조 관리에 큰 문제점으로 작용하고 있다.

동 규칙 제7조에서는 저수조의 청소 및 위생점검의 대행을 저수조 청소업자에게 대행하게 할 수 있도록 규정하고 있다. 이에 따라 아파트 등의 공동주택의 경우에는 저수조 청소업자에 위탁하여 청소를 실시하고 있지만, 관리비를 줄이기 위해 수준이 낮은 청소업체를 선정하여 청소하거나 최종 소독을 실시하지 않는 등의 문제가 발생하고 있다. 더욱이 청소를 하지 않고 허위로 청소한 것처럼 서류를 조작하는 사례도 발생하고 있다.

<표 2-20> 위생상 조치를 취하여야 할 건물에 관한 규정

수도법 시행령 제24조 (위생상의 조치를 하여야 할 건축물 또는 시설의 종류)	법 제21조 2항에서 "대통령령이 정하는 규모이상의 건축물 또는 시설"이라 함은 다음 각호에 해당하는 건축물 또는 시설을 말한다. 다만, 저수조를 거치지 아니하고 수돗물을 공급하는 건축물 또는 시설을 제외한다. <개정 1998.2.24, 1998.12.31, 2001.9.29> 1. 연면적이 5천제곱미터이상(건축물 또는 시설안의 주차장 면적을 제외한다)인 건축물 또는 시설 2. 공중위생관리법시행령 제3조의 규정에 의한 건축물 또는시설 3. 건축법시행령 별표 1 제2호 가목의 규정에 의한 아파트 및 그 복리시설
--	--

5. 수도시설의 청소 및 위생 관리에 관한 규칙

저수조는 저수조를 통하여 공급되는 물이 먹는물 수질기준에 적합하도록 적절히

위생관리하는 것이 필수적이다. 저수조에서 위생관리사항을 규정하고 있는 법규가 [수도시설의 청소 및 위생 관리에 관한 규칙](환경부령 제77호)이다. 그 주요내용은 <표 2-21>과 같다. 저수조 위생점검 기준은 <부록 1>의 <표 2>와 같다.

<표 2-21> 수도시설의 청소 및 위생 관리에 관한 규칙

제6조 (청소 및 위생점검)	①수도법시행령 제24조 각호의 1에 해당하는 건축물 또는 시설(이하 "대형건축물"이라 한다)의 소유자 또는 관리자(이하 "소유자등"이라 한다)는 저수조를 6월마다 1회이상 청소하고 그 위생상태를 [별표3](저수조 위생점검 기준)의 기준에 따라 매월 1회이상 점검하여야 한다. ②대형건축물등의 소유자등은 저수조가 신축되었거나 1월이상 사용이 중단된 경우에는 사용전에 청소를 실시하여야 한다. ③제1항 및 제2항의 규정에 의하여 청소등을 하는 경우에는 저수조의 물을 뺀 후 저수조의 천정·벽 및 바닥등에 대한 청소를 하고, 청소후에는 소독을 하며, 소독후에는 저수조에 물을 채운 다음에 수질에 대한 위생상태를 점검하여야 한다.
제8조 (청소 및 위생점검의 기록·보관)	대형건축물등의 소유자등과 저수조청소업자는 제6조 (청소 및 위생점검) 및 제7조의 규정에 의하여 저수조를 청소하거나 위생점검을 한 때에는 그 점검결과를 기록하고, 그 기록을 2년간 보관하여야 한다. 이 경우 청소 및 위생점검 결과를 전산에 의한 방법으로 테이프·디스켓 등에 기록·보관할 수 있다.

제5절 급수시설 수질저하 요인

정수장에서 생산된 수돗물은 송·배수관을 거쳐 수요가로 공급되는 동안 몇몇 오염원인을 접하게 된다. 그 중에서도 사유재산인 관계로 서울시의 관리 대상에서 제외된 계량기 이후의 급수시설들은 관리가 제대로 이루어지지 않아 큰 오염원으로 작용하고 있다.

1. 저수조에서의 수질 저하

1) 저수조의 수질 특성

저수조의 경우에는 저수조의 위치, 특성 및 재질에 따라 오염원인 및 오염형태가 다르게 나타나지만, 공통적으로 나타나는 수질문제를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 잔류염소농도 감소

수도시설의 청소 및 위생관리 등에 관한 규칙 제2조 3호에 의하면, 수도꼭지에 있어서 먹는물의 잔류염소는 항상 0.2mg/L(결합잔류염소의 경우 1.5mg/L) 이상 유지되도록 하고, 병원미생물에 대한 오염 또는 오염의 우려가 있는 경우에는 잔류염소를 0.4mg/L(결합잔류염소의 경우 1.8mg/L) 이상으로 유지하도록 규정하고 있다.

그러나 정수장에서는 적정농도가 되도록 잔류염소를 공급한다 하더라도 수돗물이 수요가까지 이송되는 중에 농도가 감소하여 0.2mg/L 이하로 떨어지는 경우가 종종 발생하기 때문에, 정수장에서 잔류염소농도 투입농도는 0.6~0.8mg/L로 비교적 높게 투입되고 있다.

(2) 오염물질 유입

저수조의 재질 및 구조, 수온 등 여러 가지 환경조건에 따라 수질 변화 요인이 다르게 나타나게 된다. 저수조의 균열을 통한 미세 입자물질 및 외부 오염수의 침투, 코팅·도장재 등으로부터의 화학물질 용출, 철재의 부식에 의한 녹 발생, 통기관 등 외부로 노출되어 있는 부분을 통한 이물질 침투 등이 오염물질 유입 및 발생 원인이 된다.

(3) 미생물에 의한 2차 오염

체류시간의 증가 등으로 인해 잔류염소농도가 감소하게 되면 소독효과가 떨어져, 통기관이나 월류수관 등의 노출된 곳을 통하여 유입된 미생물이 저수조 내면과 내부의 철재사다리 등에 부착하여 번식하게 된다.

저수조 벽면과 바닥, 철재내부사다리와 바닥침전물이 이들 미생물의 주 서식처가 되며, 이들은 저수조내의 수돗물을 착색시키거나 콘크리트와 철재의 내부사다리 등을 부식시키며, 이들 중 일부는 저수조 벽면이나 내부 철재사다리 등에 부착하여 지속적인 문제를 일으키고 있다. 따라서 이러한 원인으로 맛이나 취미, 시각 등의 심미적인 영향을 끼칠 수도 있으며, 오염이 심화되어 병원균이 유입되면 질병을 유발할 우려도 있다.²⁾

또한 옥상수조의 경우 FRP나 PE 재질의 저수조가 많이 사용되고 있는데, 이들 재

2) 수질개선을 위한 효율적인 급수시설 관리방안, 서울시립대학교, 1999. 7

질은 햇빛 투과성이 좋기 때문에 옥내에 설치하거나 따로 차폐시설을 갖추어야 한다. 하지만 대부분의 경우가 건물 옥상에 햇빛을 가리기 위한 시설이 없이 그대로 방치되어 있어 조류가 발생하게 된다.

2) 저수조의 수질저하 요인

(1) 구조적인 문제

저수조의 부적절한 구조로 인하여 체류시간이 증가되고 물이 순환되지 않는 사수구역이 발생하게 된다. 구체적으로 예를 들어보면 유입구의 위치가 부적절하여 사수구역이 발생하는 경우가 있고, 유입구가 수면 위에 설치되어 있어 물이 유입되면서 폭기가 되어 미생물에게 유리한 조건을 제공하는 경우가 있으며, 급수배관이 잘못 시공되어 교차연결이나 역류의 영향을 받아 문제가 생기기도 한다. 정체수역에서는 장시간 물이 체류되기 때문에 수질저하의 원인이 된다. 이러한 문제점은 저수조내에 격벽을 설치함으로써 해결할 수 있다.

(2) 저수조 용량 과다

서울시 수도기술연구소가 서울시내 저수조 실태 조사를 한 결과 저수조 체류시간이 1일~2일 사이인 경우가 전체의 44%로 가장 많은 것으로 나타났으며, 그 이상의 체류시간을 보인 저수조도 전체의 35%로 나타났다<표 2-22 참조>.

이와 같이 체류시간이 길어질수록 저수조 내 잔류염소농도는 점차 감소하여 소독 효과를 상실하게 되고 결과적으로 미생물 재증식의 원인이 될 수 있다.

<표 2-22> 대형저수조의 체류시간 분포

체류시간	1일 이내	1일 이상 ~ 2일 이내	2일 이상 ~ 3일 이내	3일 이상 ~ 4일 이내	4일 이상 ~ 5일 이내
백분율(%)	21	44	21	7	7

자료: 저수조 실태 조사 및 개선방안연구, 수도기술연구소, 1997

참고로 일본의 경우에는 각 지자체 별로 지하저수조와 옥상수조의 용량에 대해 각 각 다른 기준을 권고하고 있는데, 지하저수조에 대한 용량 지도 기준은 <표 2-23>과 같다.

<표 2-23> 일본의 저수조 용량 지도 기준

각 지자체	지도 기준
東京(도쿄)都	1일 사용량의 4/10~6/10을 표준으로 한다.
横浜(요코하마)市	1일 최대사용량의 8~24시간 분의 용량(옥상수조도 포함)으로 한다.
名古屋(나고야)市	1일 평균사용량의 12시간 분으로 한다.(저수조, 옥상수조 포함)
大阪(오오사카)市	1일 사용수량의 12시간 분으로 한다.
広島(히로시마)市	저수조의 유효용량은 1일 평균사용량의 12시간~24시간 분으로 한다.
北九州(기타큐슈)市	설계수량의 6~8시간 분으로 한다.

자료: 打矢瀧二, 山田信亨, 給排水衛生設備の知識, オーム社, 1996

(3) 저수조의 재질에 따른 수질 저하

2002년 서울시 상수도통계연보에 의하면 각 수요가에 설치되어 있는 저수조 중 지하저수조의 경우에는 약 68%가 콘크리트수조이며, 옥상수조는 76%가 FRP수조인 것으로 조사되었다.

콘크리트저수조의 경우에 가장 큰 문제가 되는 것은 균열이다. 시공된 후 시간이 지남에 따라 점차 균열이 발생되어 이곳을 통해 오염물질이 유입될 가능성이 크다. 또한 잔류염소에 의해 콘크리트가 중성화되고 그렇게 되면 알칼리성 물질이 용출되어 물을 오염시키게 된다.

또한 강재저수조의 경우에는 부식방지를 위해 도장을 하고 있는데, 이러한 도장재로부터 유해화학물질이 용출될 가능성이 크며 시간이 지남에 따라 도장재가 벗겨짐으로써 철재가 부식되어 녹이 발생하게 된다.

FRP저수조의 경우는 내식성이고 가벼워 시공 및 보수가 용이하기 때문에 옥상수조로 많이 이용되고 있다. 그러나 햇빛 투과율이 높아 따로 차폐시설을 설치하지 않으면 조류 발생의 위험이 크다.

스테인레스저수조의 경우에는 내식성이 강한 편이어서 비교적 수질에 미치는 영향이 적다. 그러나 스테인레스저수조는 스테인레스강판 여러개를 용접하여 제작하는 것

으로 용접 부위가 취약하여 이 곳에서 부식이 일어나는 경우가 많다. 즉, 내식성을 높이기 위한 크롬(Cr) 피막이 용접 열에 의해 파괴되어 이 부분에서 산소 등의 외부 부식 요인에 의해 부식이 발생하게 되는 것이다.

(4) 저수조의 위치에 따른 수질 저하

지하저수조의 경우 근처에 분뇨정화조나 유해물질 저장조 및 처리시설 등이 위치하게 되면 저수조의 균열 등을 통해 오염물질이 유입될 가능성이 크다. 또한 저수조의 상부가 주차장 등으로 이용될 경우 기름이 유입될 가능성도 있으며 주차장 쪽으로 설치되어 있는 통기관을 통해 자동차 배기가스나 먼지 등이 유입될 가능성이 크다.

옥상수조의 경우에는 따로 통기관이 설치되어 있지 않아 뚜껑을 열어놓거나 관리의 소홀로 뚜껑이 완전히 닫혀있지 않는 경우가 종종 있는데, 이를 통해 먼지나 낙엽, 빗물, 벌레, 새의 배설물 등이 유입될 가능성이 크다. 또한 재질 측면에서도 설명했지만 햇빛이 직접 닿는 곳에 설치되어 있기 때문에 조류 발생 문제도 심각한데, 주로 녹조류의 발생이 많다.

2. 옥내급수관에서의 수질 저하

서울시의 상수도 유수율은 1998년까지는 10년간 매년 평균 0.9%씩 증가해왔으나 최근에는 매년 약 4%씩 증가하여 2001년에는 75.3%에 이르렀다. 그러나 아직도 외국의 도시들과 비교하여 낮은 편에 속하는 것으로, 서울시는 2011년까지 유수율을 80%까지 향상시킬 계획이다.³⁾ 현재 아직도 많은 양의 수돗물이 누수되고 있으며, 그 중 많은 부분이 옥내급수관에서 발생하고 있다.⁴⁾

또한 급수관의 노후화로 인한 녹물 발생 및 출수 불량 등도 또 하나의 문제로 누수의 경우 수요자가 직접 확인하기 힘든 반면에 녹물 발생 등은 직접 눈으로 확인되는 현상이기 때문에 많은 민원의 대상이 되고 있다.

3) 21세기를 대비한 서울의 상수도발전 방안에 관한 연구, 서울시 상수도사업본부, 2000. 12

4) 이현동 외, “에너지절약 건물내 노후급수관의 상태진단 및 평가를 위한 안전진단기술개발, 한국건설기술연구원, 2001. 9

1) 옥내급수관의 노후화

노후관이란 각각의 용도를 위해 설치된 관이 물리적인 강도가 저하되고, 통수능력, 수압, 펌프능력의 감소 및 에너지 소모량 증대를 나타내며, 내면부식, 기자재 용출에 의한 수질의 영향 및 누수로 민원이 자주 야기되는 등 관로 자체의 기능을 상실하게 된 관을 말한다.

지중에 매설되는 급수관의 경우는 수돗물과 접촉하는 계면에서의 화학반응에 의한 내면 부식뿐만 아니라 주위 토양의 특성 등에 따른 외부 부식으로 인하여 수명이 단축되게 된다. 그러나 아파트의 경우 공동구 내에 설치되는 관도 있지만 대부분의 경우가 바닥이나 벽면의 콘크리트 내에 설치되어 있으므로 외부부식보다는 내면부식이 수명 단축의 더 큰 원인이 되고 있다. 수도관 및 관이음쇠, 밸브 등의 파손, 파열에 의해 외부로부터 유입된 토양 혹은 불순물이 관 내부에 축적되면서 관의 부식을 촉진하거나 수돗물의 공급이 원활하지 못하게 하는 원인이 된다.

부식에 영향을 미치는 요인은 물리적, 화학적 및 생물학적 요인으로 나누어 볼 수 있다. 물리적 요인으로는 수돗물의 온도, 유속, 유압 등이 있고, 화학적 요인으로는 물의 pH와 용존산소량, 무기탄산염의 함량, 잔류염소량, 용존성고형물질, 물의 경도, 황산이온농도, 염소이온농도, 규소 및 인산염, 기타 물에 함유되어 있는 금속성 원소물질 등으로 물리적 요인과 동시에 작용하게 된다. 생물학적 요인으로는 박테리아와 같은 미생물의 성장이 그 원인인데, 유속이 빠른 송배수관보다는 물탱크와 같이 정적인 환경 하에서 잘 발생한다고 알려져 있다.⁵⁾

급수관의 부식형태를 살펴보면, 철관의 경우에는 산화물이 부착되거나 편흔이 발생하는 등의 형태로 부식이 진행된다. 그러나 아연도강관의 경우에는 아연도금층이 먼저 부식되고 그 다음에 철부분이 부식되는데, 주로 국부적인 부식이 일어남에 따라 누수가 발생하는 경우가 많이 있다.

급수관의 내면부식을 촉진하거나 억제하는 요인들에 대해 살펴보면 다음과 같다.

- pH: 낮은 pH는 부식을 촉진한다. (7이하)
- 용존산소: 많으면 부식을 촉진한다.
- 알칼리도: 낮아지면 보호막 형성이 지연된다. (20~50mg/L가 적합)

5) “낮은 상수도관을 병들게 하는 스케일의 정체를 밝힌다”, 배관기술, 169호, pp. 148~155

- 용해성물질: 전도율을 상승시켜 부식을 촉진한다.
- 실리카: 특정조건하에서 보호막을 형성한다.
- 칼슘: 특정조건하에서 알칼리도와 함께 보호막을 형성한다.
- 인: 특정조건하에서 보호막을 형성하거나 부식을 방지한다.
- 온도: 고온의 경우 부식촉진, 탄산칼슘, 황산칼슘의 용해도 저하 때문에 급탕설비에 스케일을 형성한다. (높은 것은 좋지 않다.)
- 유속: 유속이 빠른 경우 산소와 이산화탄소의 전달속도가 증가하고 보호막을 이탈시켜 부식을 촉진한다.
- 염소: 보호막을 이탈시켜 부식을 촉진한다. (염소이온으로 30mg/L 이상은 좋지 않다.)
- 경도: 경수는 부식을 억제한다. (철경도는 70mg/L 전후가 바람직함)
- 철분: 용해철의 존재는 스케일을 증가시킨다.
- 미생물: 물속의 영양물을 증가시키며 부식에 관계되는 미생물이 있다.
- 유리탄소: 부식을 촉진한다.
- 잔류염소: 1.0mg/L 이상은 좋지 않다.
- 산도: 10mg/L 이상은 좋지 않다.
- 황산이온: 30mg/L 이상은 좋지 않다.
- 전기전도도: 110 μ S/cm 이상은 좋지 않다.
- 증발잔류물: 많은 것은 좋지 않다.

건물내 급수관의 관내면에 스케일이나 슬라임(slime)이 형성되거나 관이 파손되는 등의 문제를 해결하기 위해서는 급수관 개량공사 즉, 교체 또는 갱생을 실시해야 한다. 하지만 급수관을 교체하려면 건물벽을 허물어야 하는 등 과정이 매우 복잡하고 많은 비용이 소요되기 때문에 주로 상수도관로에 적용되고 있는 세관 또는 라이닝방법 등을 이용하여 갱생을 하고 있다.

2) 수질 저하 요인

(1) 관의 노후도 관련 인자

실질적인 관의 노후도를 평가하기 위해서는 직접적인 조사가 필요하다. 하지만 그러기 위해서는 많은 시간과 비용이 소요되므로 이를 평가할 수 있는 간접적인 지표의 개발이 요구된다. 이에 우리나라에서는 95년 한국수자원공사가 관로 개량의 우선순위

를 결정하기 위한 의사결정시스템에 대해 연구한 적이 있으며, 이때 관의 노후도를 평가하기 위한 관련 인자로서 고려된 사항은 아래의 <표 2-24>와 같다.

<표 2-24> 관의 노후도 관련 인자

노후 요인	관련 인자
관의 특성	- 관종 - 매설년도
내부부식	- C값(Willian-Hazen 공식)
외부부식	- 토양 전기저항율 - 토양 특성(황화물 포함, ORP 등)
내·외부 하중	- 최대수압 - 매설지역(상가지역, 주택지역, 공단 등) - 도로 폭(4차선 이상, 2차선, 이면도로 등)
노후도	- 매설년수 - 누수 및 파손사고 이력
공사	- 관 매설 기초공의 종류 - 관경(100mm 이하, 100~600mm, 700mm 이상 등)
관로의 특성	- Cathodic Protection - 관 접합부(이형관접합, 납접합, Non-Flexible Joint)

자료: 수도관 개량을 위한 의사결정시스템 개발, 한국수자원공사, 1995. 2

위의 표를 보면 알 수 있듯이 연구 대상이 되는 관이 이 연구의 대상이 되는 옥내 급수관이 아닌 지중에 매설되어 있는 배급수관이기 때문에 외부 토양의 특성 및 외부 하중 등이 고려되고 있다. 그러므로 주로 내면부식에 의해서 노후화되는 옥내급수관의 경우에는 관특성, 내부부식, 온도, pH 등의 인자를 특성에 맞게 다시 설정하여 평가해야 할 것이다.

(2) 관 부식의 영향 인자⁶⁾

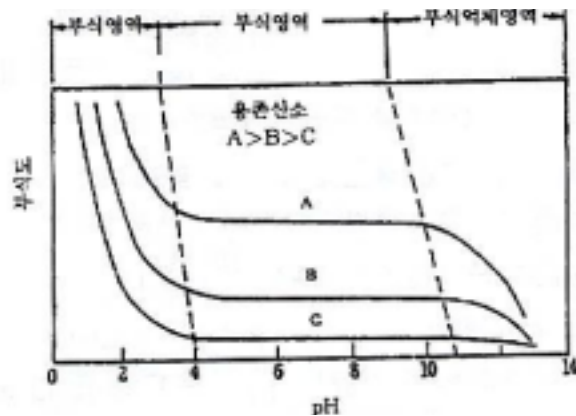
과거 공동주택의 음용수 배관재는 주로 아연도강관을 사용하여 왔으며 설비의 노후화와 수질환경악화로 인한 수도꼭지 녹물발생이 사회문제로 대두된 적이 있다. 이에 대한 해결책으로 보완공사, 교체공사를 시행하고 있지만 이로 인해 많은 비용이 소요

6) 백춘기, 공동주택의 기계설비 및 배관 부식방지 기법, 대한설비공학회(구 공기조화냉동공학회), Vol. 25, No. 5, pp 373-378, 1996

되며 기술적으로도 많은 어려움이 있다. 또한 현행 공동주택의 배관은 동, 스테인레스 강, FRP 등의 내식성자재로 대체하고 있으나 국부부식 형태의 부식사례가 발생되고 있는 실정이다. 이에 따라 부식의 영향인자에 대해 살펴보고자 한다.

① pH의 영향

pH 4~10 사이의 영역에서는 철표면이 산화피막($\text{FeO} \cdot n\text{H}_2\text{O}$)으로 덮이기 때문에 부식속도는 pH와 무관하나 수중 용존산소량의 증가에 따라 부식속도는 증가한다<그림 2-13 참조>.

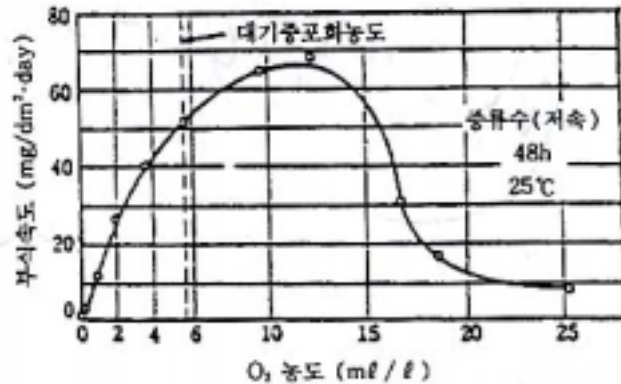


<그림 2-13> 수중 철(Fe)의 부식속도에 미치는 pH의 영향

② 용존산소와 기타 용존가스

보통 수돗물(pH 6~7)에서 철의 부식속도는 수중 용존산소량에 비례하여 증가하나 어느 한계를 넘으면 부식속도는 감소한다. 부식반응에 소모되고 남은 여분의 산소가 보호피막을 형성하기 때문이다<그림 2-14 참조>.

용존 CO_2 로부터 생성된 탄산은 약간의 부식성을 가지고 있지만 부식생성물인 FeCO_3 표면피막은 보통 보호기능을 한다.



<그림 2-14> 용존산소 농도에 따른 수중의 철(Fe)의 부식속도

③ 경도

경수(hard water)는 칼슘 및 마그네슘 양이온을 포함하고 있으며 보호성의 탄산염 피막이 표면에 생성되기 때문에 부식성이 별로 크지 않다.

물에서 탄산칼슘이 석출함으로써 내식성을 제공하려는 경향은 다음과 같이 정의되는 포화지수(saturation index, S.I. or Langelier Index, L.I.)에 의해 평가된다.

$$L.I. = pH - pH_s$$

여기서, pH는 실험적으로 측정되는 값이며 pH_s는 물이 고체 CaCO₃와 평형을 이루고 있을 때의 pH값이다. LI값이 +이면 물의 알칼리도가 충분히 높으며 CaCO₃가 석출하여 부식이 감소하게 된다는 사실을 의미한다. 보통 LI값이 -2이하이면 부식도가 높다고 판단하고 -2 < LI < -1이면 약한 부식성을 띠는 것으로 본다. pH_s는 다음과 같이 주어진다.

$$pH_s = (pK_2' - pK_s') + pCa + pAlk$$

$$\text{여기서, } pK_2' = -\text{Log}[(H^+)(CO_3^{2-})/(HCO_3^-)]$$

$$pK_s' = -\text{Log}[(Ca^{2+})(CO_3^{2-})]$$

$$pCa = -\text{Log}[(CO_3^{2-})]$$

$$pAlk = -\text{Log}[(\text{전체 염기도: 용존 알칼리이온을 중화시키기 위해 필요한 산 농도})]$$

<표 2-25> 부식성 지수

지수	수식	판단기준
LI	$LI = pH_a - pH_s$	LI>0 : Non corrosive LI=0 : Equilibrium LI<0 : Corrosive
BI	$BI = \frac{\Delta AIK}{\Delta pH}$	BI>0.5 : Good corrosivity
LR	$LR = \frac{[Cl^-] + [SO_4^{2-}]}{[HCO_3^-]}$	LR>0.4 : Corrosive LR<0.4 : Non corrosive

자료: 이현동 외, 수돗물의 수질특성이 옥내 급수관의 부식속도에 미치는 영향 평가, 한국물환경학회지, 17권 5호, pp. 627~635, 2001

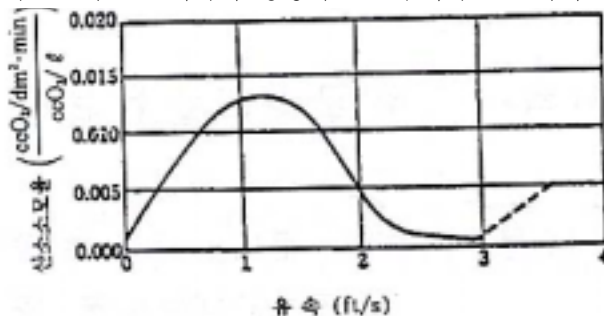
<표 2-25>는 대표적인 부식성 지수의 판단기준을 나타낸 것이다. BI는 산/염기의 pH 완충능력을 고려하여 부식성을 판단하는 지수이며, LR(Larson's Ratio)은 염소/황산이온의 영향을 고려하여 지수로 나타낸 것이다.

④ 수온의 영향

밀폐계에서 금속 부식은 수온의 증가에 따라 직선적으로 증가하나 개방계에서는 70℃ 부근에서 최대가 되고 그 이상의 온도에서는 수중 용존산소량의 감소와 함께 부식속도는 감소된다.

⑤ 유속의 영향

유속의 증가에 따라 용존산소의 확산이 가속되어 부식속도가 증가하나 일정유속 이상이 되면 금속표면에 보호피막이 형성되므로 부식속도는 다시 감소된다<그림 2-15 참조>.



<그림 2-15> 수중 철(Fe)의 부식에 영향을 미치는 유속의 영향

(3) 수돗물의 수질이 관 부식에 미치는 영향

옥내급수관의 경우 내면부식이 수돗물의 수질에 가장 큰 영향인자가 될 것이다. 그러나 수돗물 수질이 상수도관의 내면부식에 미치는 영향 및 부식속도를 측정하는 방법에 대해서는 많은 연구들이 진행되어 왔지만 옥내급수관의 부식에 미치는 영향에 대해서는 연구된 바가 거의 없는 형편이다.

철의 부식은 관 내면에 산화물이 부착되기 때문에 발생한다. 이러한 부식의 방지는 pH, 칼슘, 천연유기물질 등의 수질조건으로부터 예측이 가능하다. 알칼리도가 높은 물에서는 수중 칼슘에 의해 철의 부식이 억제되고 천연유기물질이 많은 경우에도 억제된다. 그러나 실제로는 다른 재질의 관도 사용되고 있기 때문에 상황은 더 복잡하다. 급수관 재질에 따른 부식 관여 수질 항목은 <표 2-26>에 제시한 바와 같다. 수중에서의 부식 진행은 철보다 동이 더딘 것으로 알려져 있지만, 알칼리도가 높고 pH가 낮은 환경에서는 동이 부식도 촉진된다. 또한 동이 부식은 염화물이 함유되지 않은 경우에 비해 적당량의 염화물이 함유된 경우에 더 더디고 염화물의 증가와 함께 촉진된다. 천연유기물질의 함유량이 많으면 대개 부식이 진행된다.⁷⁾

<표 2-26> 급수관 재질에 따라 부식에 관여하는 수질

재 질	관계되는 성질
덕타일관 및 주철관	색도, 전기전도도, 용존산소, 철, 망간, pH, 알칼리도, 칼슘
동관	색도, 전기전도도, 용존산소, 철, 망간, pH
콘크리트관	알칼리도, 칼슘, 전기전도도, pH
석면시멘트관	철, 실리카
아연도강관	알칼리도, 카드뮴, 색도, 전기전도도, 용존산소, 철, 납, pH, 아연

자료: 水道管路の破損と機能劣化, 小林康彦, 水道管路技術センター

곽 등⁸⁾의 보고에 의하면 서울시 수돗물의 침식성을 평가한 연구에서 서울시 수돗물의 알칼리도와 칼슘경도가 그리 낮지 않은 것을 발견하고 pH 조절만으로도 충분히 방식성이 있는 물이 될 수 있다고 판단하였다. 특히 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 등의 알칼리제를 이용하면 pH 조절뿐만 아니라 알칼리도와 칼슘경도도 증가시켜 줄 수 있을 것이다.

7) B. Berghult et al, 스웨덴自治体における配水管の腐食防止, 水道協会誌, 第69巻, 第1号, p. 50, 2000

8) 곽필재 외, 상수도관로의 부식 방지를 위한 수돗물의 침식성 평가, 대한상하수도학회지, 11권 1호, pp. 53~63, 1997

第Ⅲ章 옥내급수시설의 수질오염 원인분석과 시설 노후화 사례

제 1 절 수질 현황

제 2 절 지하저수조 외부오염도 조사

제 3 절 급수시설 노후화 사례

제 4 절 기술동향

제Ⅲ장 옥내급수시설의 수질오염 원인 분석과 시설 노후화 사례

제1절 수질 현황

1. 급수과정별 수질

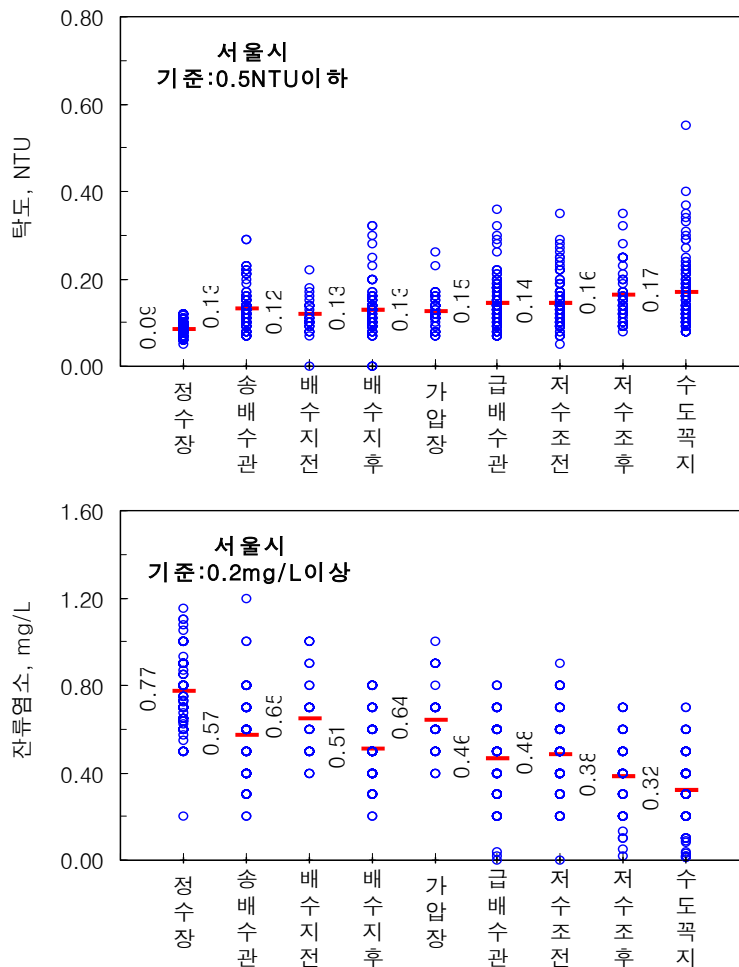
옥내급수시설의 수질변화 현황을 포함한 수돗물 급수과정별 수질은 <표 3-1>과 같으며, 급수과정에 따라 큰 차이를 나타내고 있다. 탁도, 트리할로메탄(THMs) 등 주요 수질항목의 평균값은 전과정에 걸쳐 증가하는 경향을 나타내며, 잔류염소농도는 그 반대로 나타나고 있다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-1>과 같으며, THMs, 구리, 아연, 철에 대한 그래프는 부록에 제시하였다.

저수조와 옥내급수관 등을 중심으로 수질변화를 살펴보면, 구리와 철의 경우 저수조를 거치는 동안 농도가 약간 증가하였으나, 아연의 경우는 오히려 감소하였다. 저수조 유입부와 수도꼭지수의 수질변화를 살펴보면, 철농도는 약 30% 증가하였으나, 구리와 아연 농도는 이 구간에서 3배 이상으로 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이는 옥내급수관으로 동관이나 아연도강관을 사용하는 경우가 많기 때문인 것으로 추정된다.

<표 3-1> 수돗물의 급수과정별 수질변화(평균값)

위 치	탁도 NTU	pH	잔류염소 mg/L	일반세균 CFU	THMs mg/L	Cu mg/L	Zn mg/L	Fe mg/L
정 수 장	0.09	7.43	0.77	0.56	0.013	0.002	0.005	0.006
송배수관	0.13	7.20	0.57	0.83	0.019	0.007	0.018	0.005
배수지유입	0.12	7.16	0.65	0.25	0.018	0.002	0.012	0.005
배수지유출	0.13	7.21	0.51	0.11	0.023	0.011	0.021	0.013
가 압 장	0.13	7.17	0.64	0.17	0.024	0.012	0.020	0.009
배급수관	0.15	7.21	0.46	1.33	0.022	0.007	0.034	0.023
저수조유입	0.14	7.20	0.48	0.27	0.022	0.007	0.017	0.013
저수조유출	0.16	7.22	0.38	0.64	0.024	0.013	0.012	0.018
수도 꼭지	0.17	7.24	0.32	0.97	0.029	0.028	0.055	0.017
기 준	0.5이하	5.8~8.5	0.2이상	100이하	0.1이하	1.0이하	1.0이하	0.3이하

자료: 서울시 수도기술연구소(2001년)



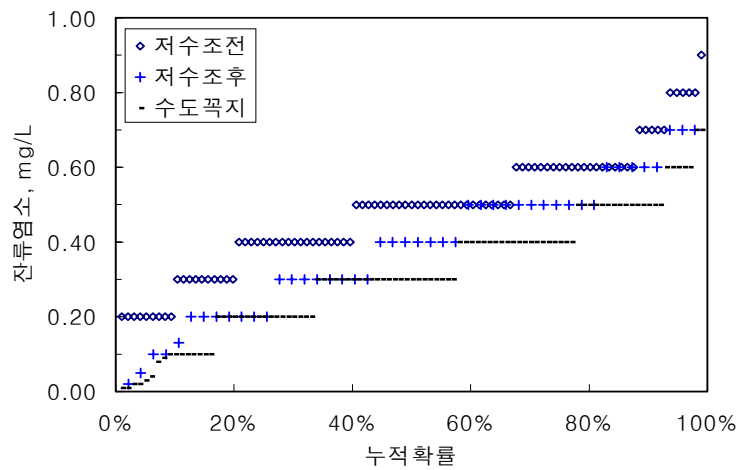
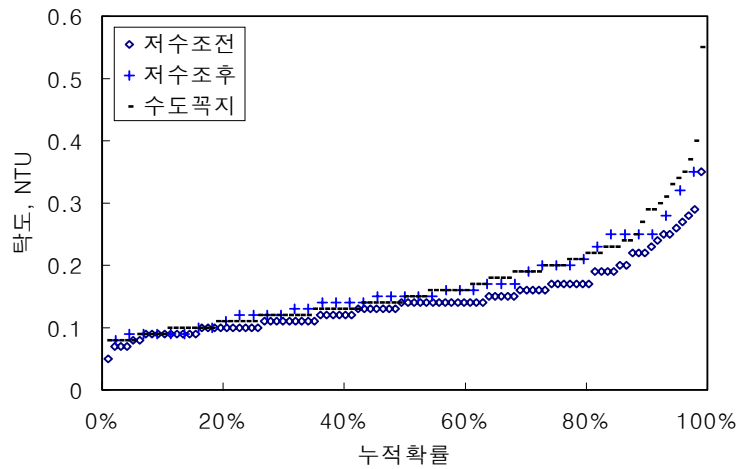
<그림 3-1> 수돗물의 급수과정별 수질변화

각 지점의 수질조사 결과를 농도순으로 나열한 후 중간값과 상위 10%값 등의 수질 분포를 비교한 결과는 <표 3-2>와 같다. 아연의 경우 저수조 유입수와 수도꼭지수의 수질변화가 현저하게 나타나고 있다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질분포는 <그림 3-2>와 같으며, THMs, 구리, 아연, 철농도의 분포는 <부록 2>에 제시하였다.

저수조 유입전, 저수조 유출수 그리고 수도꼭지수의 수질을 농도 순으로 나열하여 확률분포를 나타낸 결과, 잔류염소농도를 제외하고 대부분 수질항목의 농도분포가 저수조유입전보다 저수조유출수의 수질에 높게 나타나고 있다. 다만, 철농도의 경우 측정 기록의 60% 가량이 불검출로 나타났으며 또한 분포형태도 불규칙하였다.

<표 3-2> 누적분포로 나타낸 수돗물의 급수과정별 수질

항 목	급수과정	중간값	상위10%	항 목	급수과정	중간값	상위10%
탁 도 (NTU)	저수조건	0.140	0.223	구 리 (mg/L)	저수조건	0	0.040
	저수조후	0.150	0.250		저수조후	0	0.048
	수도꼭지	0.150	0.290		수도꼭지	0.05	0.046
잔류염소 (mg/L)	저수조건	0.5	0.7	아 연 (mg/L)	저수조건	0.008	0.055
	저수조후	0.4	0.6		저수조후	0.014	0.021
	수도꼭지	0.3	0.5		수도꼭지	0.013	0.167
THMs (mg/L)	저수조건	0.020	0.055	철 (mg/L)	저수조건	0	0.053
	저수조후	0.027	0.049		저수조후	0	0.059
	수도꼭지	0.024	0.061		수도꼭지	0	0.055

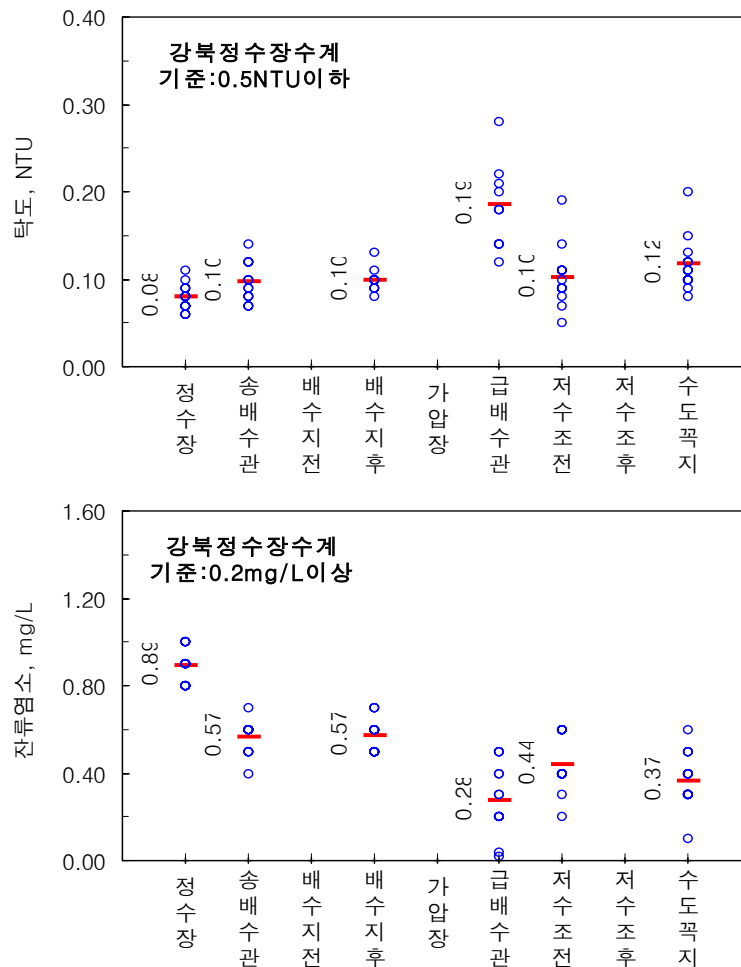


<그림 3-2> 누적분포로 나타낸 수돗물의 급수과정별 수질

1) 강북정수장 수계

강북정수장 수계의 수도꼭지 수질측정지점까지의 배수거리는 약 21km로 조사지점 중 가장 길다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-3>과 같다.

배수지를 거친 후 급배수관에서의 탁도가 증가되다가 저수조를 거치고 수도꼭지수에 이르러서는 약간 수질이 좋아지는 것으로 분석되었다.

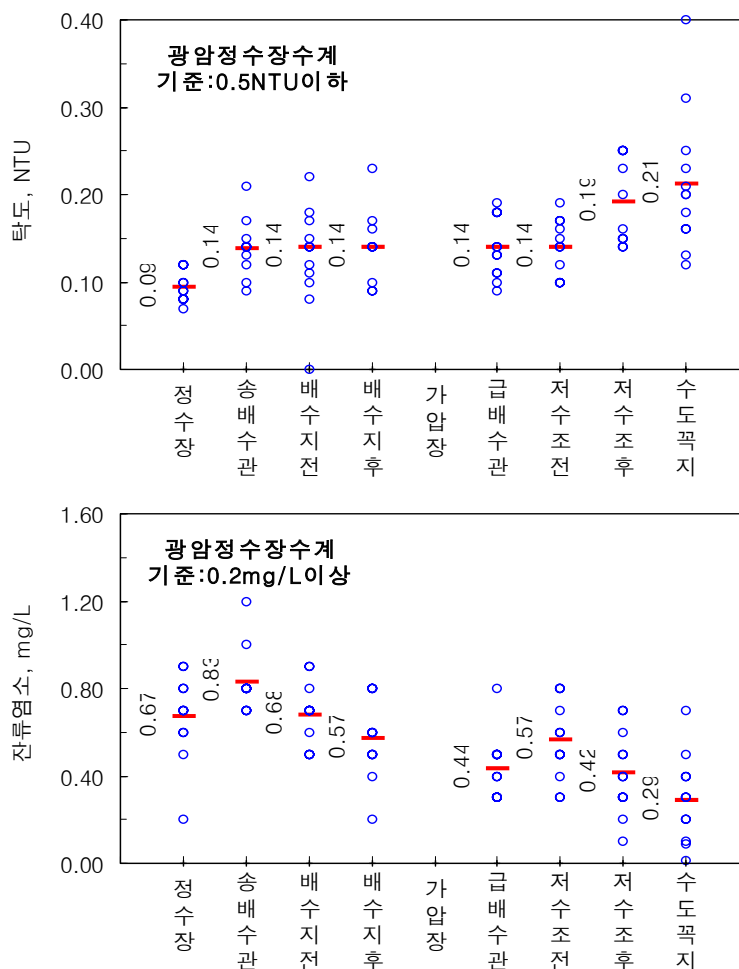


<그림 3-3> 강북정수장 수계의 급수과정별 수질변화

2) 광암정수장 수계

광암정수장 수계의 수도꼭지 수질측정지점은 송파구 문정동 지역으로, 최대배수거리는 약 6km이다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-4>와 같다.

수질 특성을 보면 급수과정에서 탁도가 약간씩 증가하고, 수도꼭지수의 탁도는 정수장의 2배로 증가하여 타지역에 비해 다소 높게 나타났다.

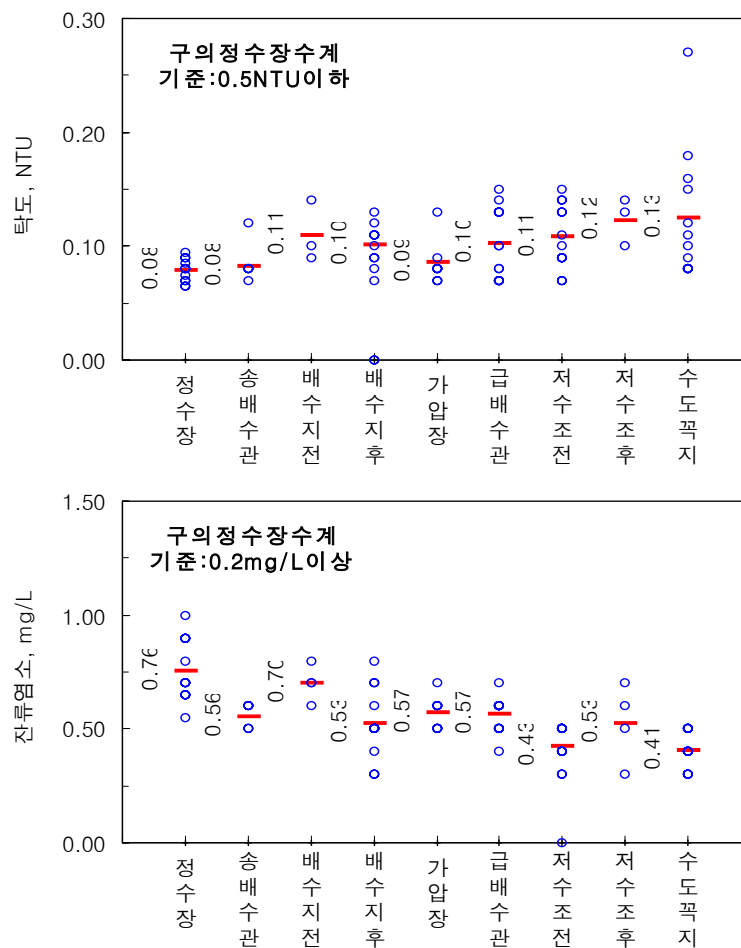


<그림 3-4> 광암정수장 수계의 급수과정별 수질변화

3) 구의정수장 수계

수도꼭지 수질측정지점은 성북구 돈암동지역으로, 최대배수거리는 약 11km이다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-5>와 같다.

이 지역의 수질변화 특성을 보면 급수과정에서의 탁도변화가 적으며 수도꼭지에서 잔류염소 농도가 0.4mg/L로 유지되고 있었다.

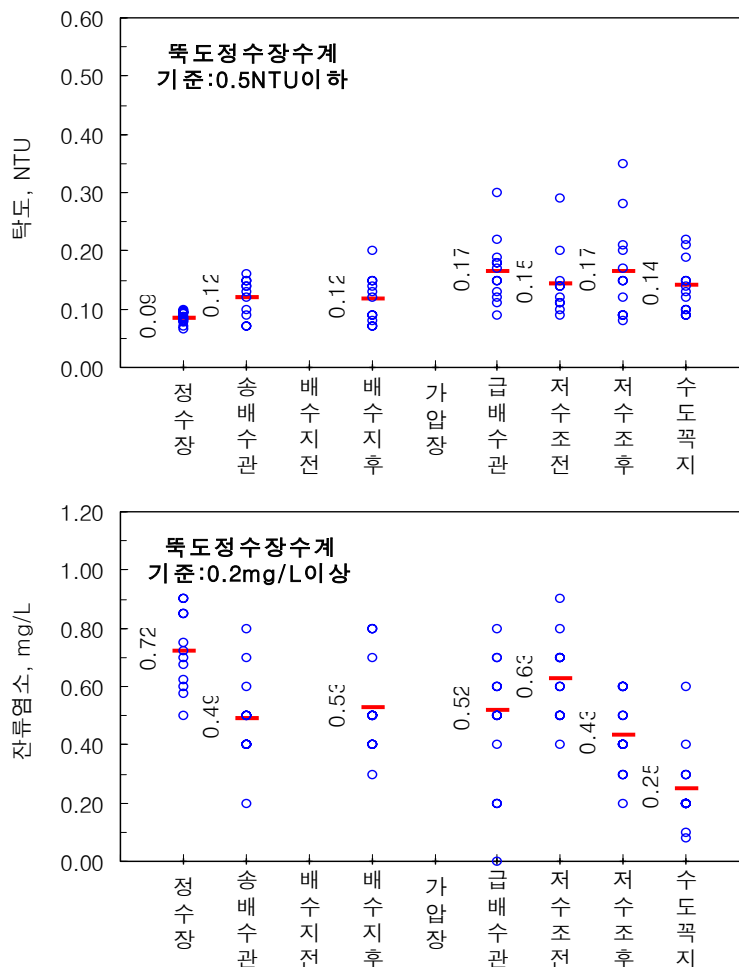


<그림 3-5> 구의정수장 수계의 급수과정별 수질변화

4) 뚝도정수장 수계

수도꼭지 수질측정지점은 성동구 응봉동지역으로, 최대배수거리는 약 4.3km이다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-6>과 같다.

이 지역의 수질변화 특성을 보면, 잔류염소 농도가 저수조를 통과한 후 수도꼭지까지 이송되는 중에 많이 감소하는 것으로 나타나 옥내급수관에서의 잔류염소 손실이 예상된다.

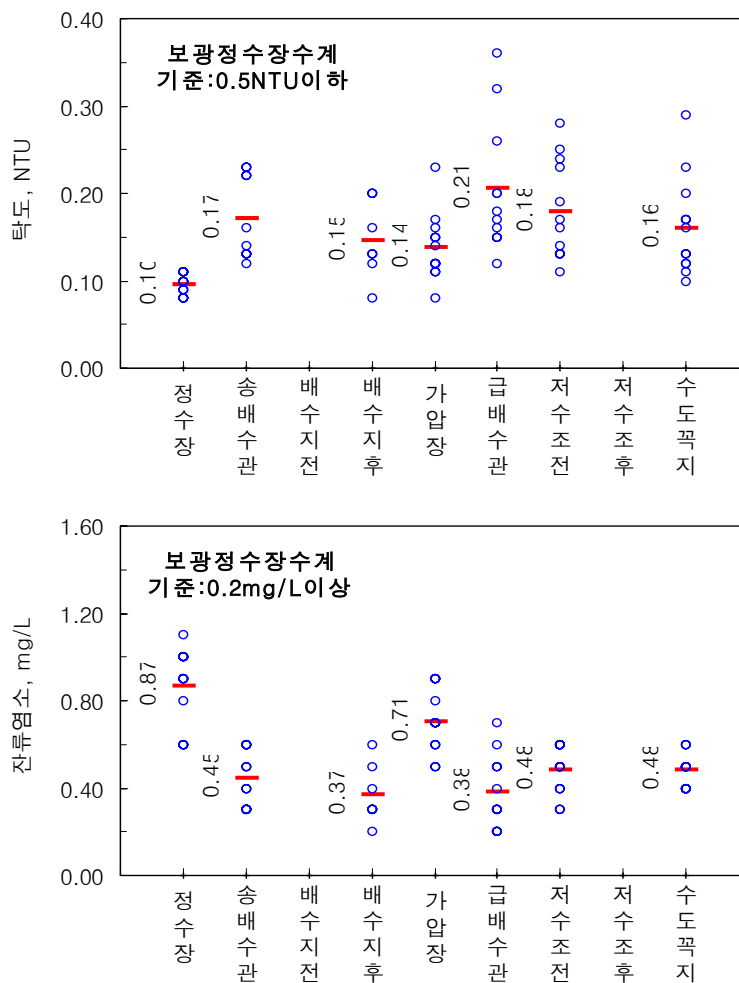


<그림 3-6> 뚝도정수장 수계의 급수과정별 수질변화

5) 뚝도정수장 보광공장 수계

수도꼭지 수질측정지점은 중구 회동지역으로, 최대배수거리는 약 12.3km이다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-7>과 같다.

이 지역의 수질변화 특성은 급배수관에서의 탁도 증가가 눈에 띄며 이후로는 수질이 약간 좋아지는 것으로 나타났다. 이에 상응하여 잔류염소의 경우 급배수관에서 상당히 감소하였다가 이후에 조금 증가하는 것으로 나타났다.

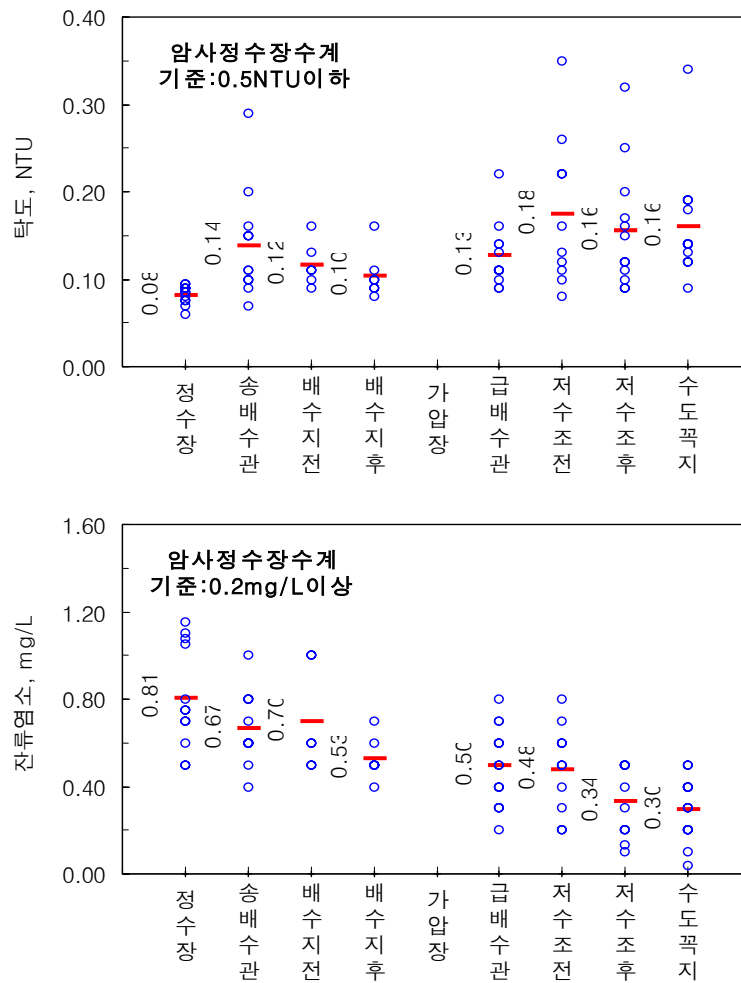


<그림 3-7> 뚝도정수장 보광공장 수계의 급수과정별 수질변화

6) 암사정수장 수계

수도꼭지 수질측정지점은 광진구 중곡동지역으로, 최대배수거리는 약 10.5km이다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-8>과 같다.

이 지역의 수질변화 특성을 보면 급배수관 이후 탁도가 약간 증가하는 경향을 보임과 동시에 잔류염소 농도는 약간 감소하는 경향을 보였다.

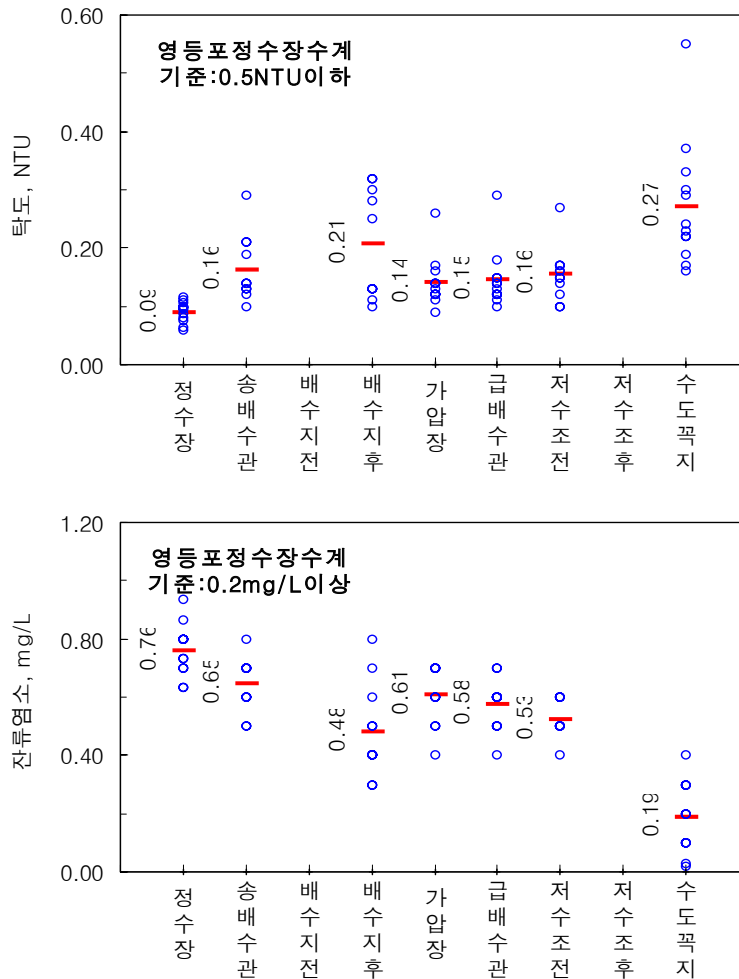


<그림 3-8> 암사정수장 수계의 급수과정별 수질변화

7) 영등포정수장 수계

수도꼭지 수질측정지점은 구로구 개봉동지역으로, 최대배수거리는 약 10.6km이다.
탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-9>와 같다.

이 지역 수질특성은 옥내급수관을 거치면서 탁도 증가폭과 잔류염소 감소폭이 크
다는 점이다.

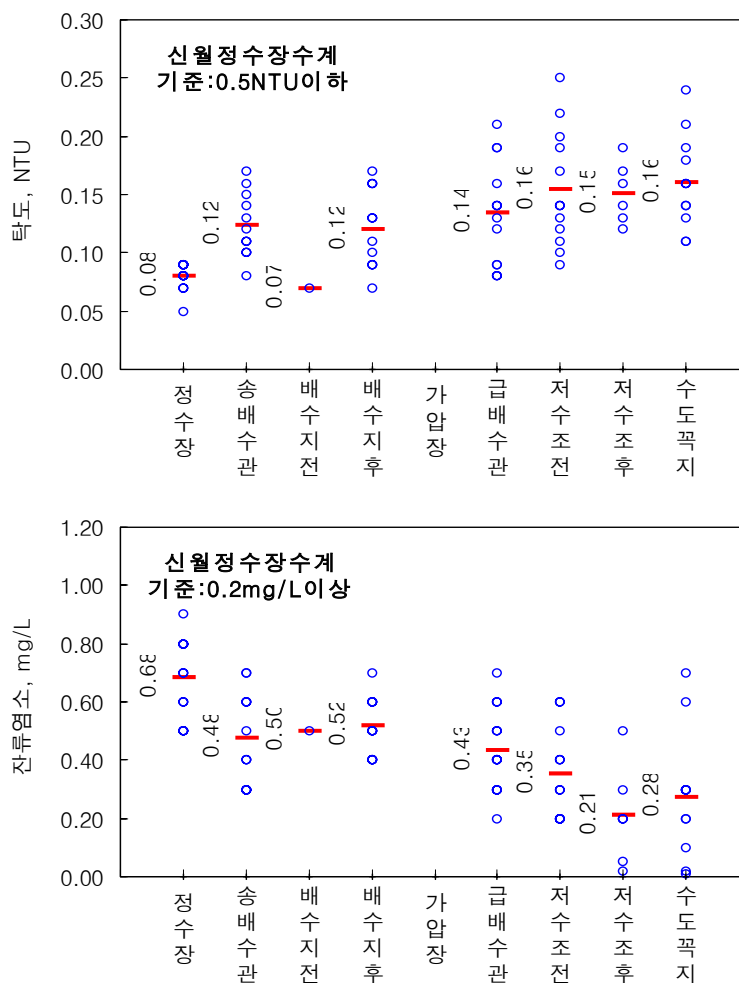


<그림 3-9> 영등포정수장 수계의 급수과정별 수질변화

8) 영등포정수장 신월공장수계

수도꼭지 수질측정지점은 강서구 공향동지역으로, 최대배수거리는 약 5.2km이다. 탁도와 잔류염소에 대한 급수과정별 수질변화는 <그림 3-10>과 같다.

이 지역에서는 배수지 이후 탁도가 증가하고 이후로 조금씩 더 증가하는 것으로 나타났으며, 잔류염소는 배수지 이후 급배수관에서 약간 감소하다가 저수조를 통과한 후 상당히 감소한 것으로 나타났다.

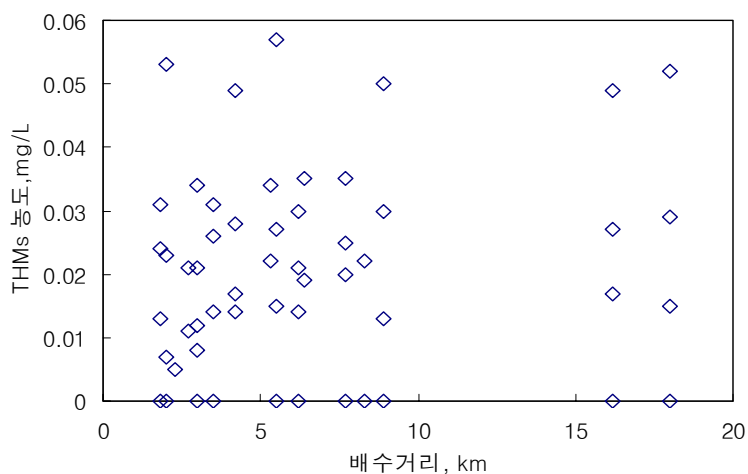


<그림 3-10> 신월정수장 수계의 급수과정별 수질변화

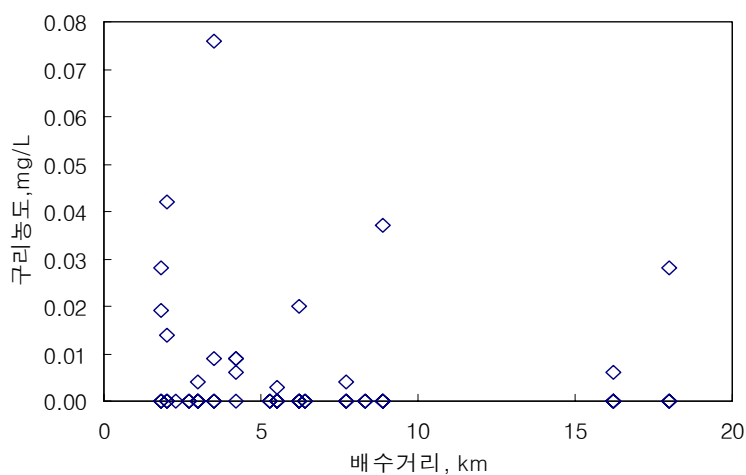
2. 수질항목별 상호관계

THM, 구리, 아연, 철 등 주요항목의 수질과 배수거리를 분석한 결과 <그림 3-11~14>에서 보는 것처럼 이들 수질항목과 배수거리와의 상관관계는 미약한 것으로 나타났다. 다만 철농도와 배수거리관계에 있어서 배수거리가 증가하면 철농도도 증가할 잠재성이 높은 것으로 나타났다.

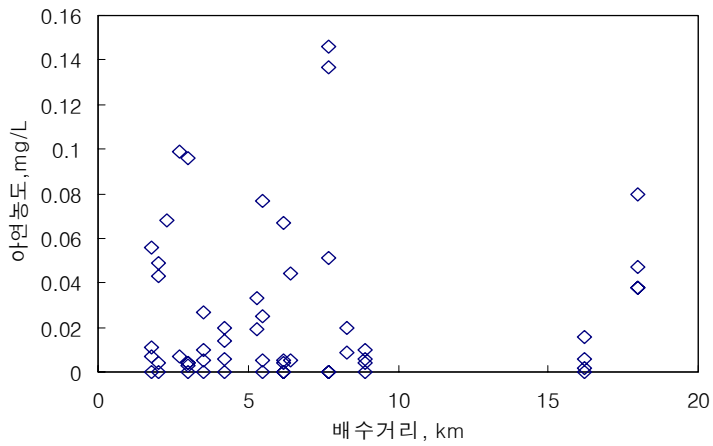
한편, 철, 아연, 구리의 농도의 상호관계를 분석한 결과 한가지 금속의 농도가 높은 경우 나머지는 검출되지 않는 경향도 나타난다<그림 3-15~18 참조>.



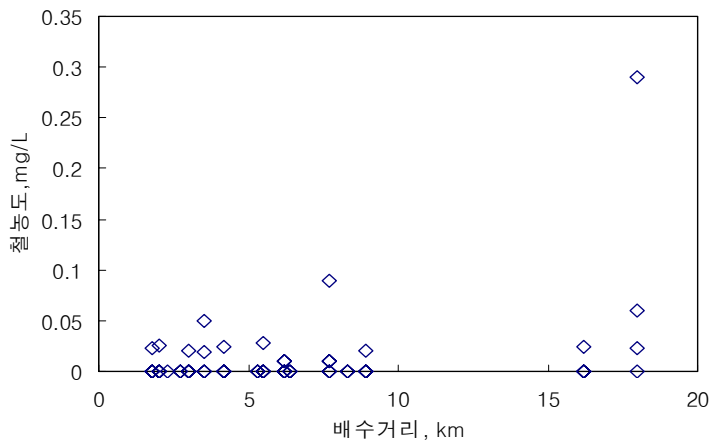
<그림 3-11> THMs 농도와 배수거리 관계



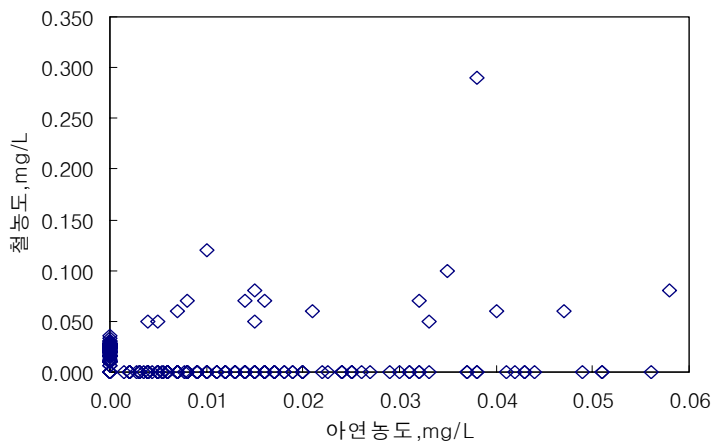
<그림 3-12> 구리 농도와 배수거리 관계



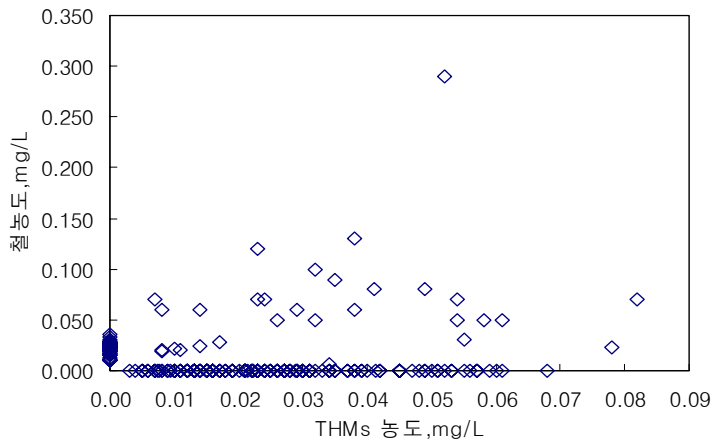
<그림 3-13> 아연 농도와 배수거리 관계



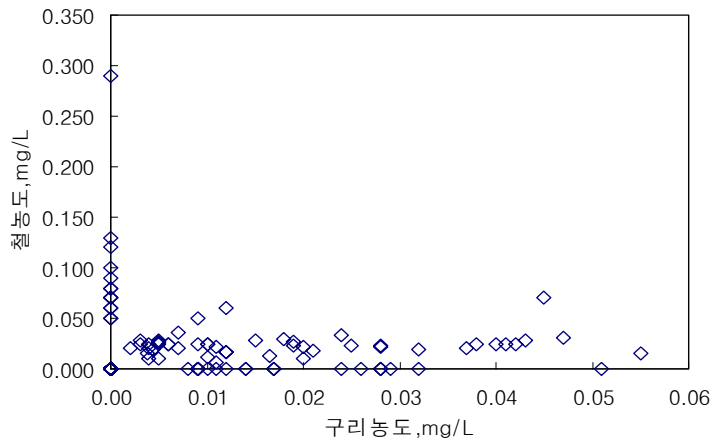
<그림 3-14> 철 농도와 배수거리 관계



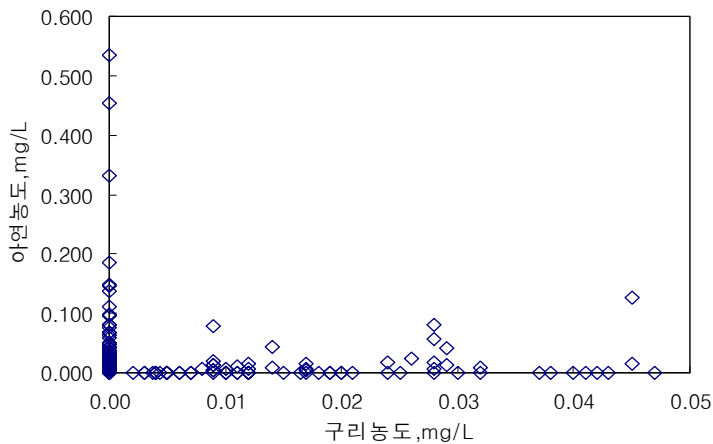
<그림 3-15> 수질항목과 상호관계(철과 아연)



<그림 3-16> 수질항목과 상호관계(철과 아연)



<그림 3-17> 수질항목과 상호관계(철과 구리)



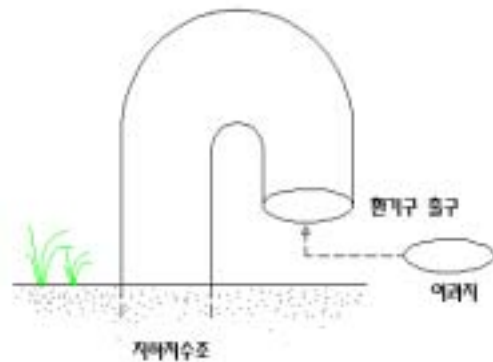
<그림 3-18> 수질항목과 상호관계(구리와 아연)

제2절 지하저수조 외부오염도 조사

1. 통기관을 통한 오염물질 유입(조사 1)

1) 조사 내용

정수장에서 생산된 수돗물이 배·급수되는 과정 중에서 오염되는 것에 대한 연구는 많이 있으나, 저수조내에서의 오염에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 특히 아파트 지하저수조의 경우 배기를 위한 통기관이 외부로 설치되어 있는 경우가 많아 이를 통한 저수조내 오염이 예상되므로 이에 대한 조사를 실시하였다.



<그림 3-19> 통기관을 통한 오염물질 유입 조사 개요도

2) 조사 목적

아파트 지하저수조의 경우 6개월에 한번씩 청소를 하도록 되어 있다. 하지만 아무리 청소를 깨끗이 하더라도 외부로 노출된 통기관을 통해 먼지나 벌레 등이 유입된다면 청소의 효과를 얻을 수가 없다. 따라서 통기관을 통한 먼지나 벌레 등의 유입 현황을 실험을 통해 살펴보고 이에 대한 대책을 마련하는데 조사의 목적이 있다.

3) 조사 방법

저수조의 통기관이 외부로 설치되어 있는 아파트를 선정하여 다음과 같은 방법으로 실험을 실시하였다.

- ① 통기관 출구 직경을 측정한다.

- ② 여과지를 미리 온도 20℃, 상대습도 50%에서 항량이 될 때까지 보관하였다가 0.01mg의 감도를 갖는 분석용 저울로서 0.1mg까지 정확히 무게를 측정한다.
- ③ 무게를 잰 여과지를 통기관 출구에 정확하게 맞추어 부착한다.
- ④ 일주일 동안 그대로 방치한 후 일주일 후 여과지를 조심스럽게 떼어내어 입자 포집면이 안쪽으로 향하도록 접어 여과지의 파손이 없도록 세심한 주의를 기울이고, 위 ②의 조건에서 24시간 방치한 후 무게를 측정한다.
- ⑤ 무게의 변화로 일주일 동안 쌓인 먼지의 무게를 계산한다.

4) 조사 결과

<표 3-3>과 같이 여지를 설치하기 전 측정한 무게는 3.0191g이었다. 이 여지를 미리 선정된 아파트 저수조 통기관에 손상되지 않게 설치하고 일주일동안 방치한 후 다시 수거하여 측정한 무게는 3.0439g으로 일주일동안 24.8mg의 변화가 있었다. 따라서 하루에 약 3.5mg 정도의 입자물질이 저수조로 유입되는 것으로, 육안으로 관찰했을 때 여지에 포집된 물질은 대부분 미세한 흙먼지인 것으로 판단되었다. 그러나 조사를 실시하기 전에 통기관 안쪽 벽면에 쌓여있던 먼지를 제거하지 못해 거기에 부착되어 있던 먼지가 조금씩 떨어져 실험에 오차 요인으로 작용한 것으로 보인다.

<표 3-3> 설치 전과 후의 여지 무게 변화

	설치 전	일주일 후
여지 무게 (g)	3.0191	3.0439

이러한 방법으로 조사하는 것은 오차요인이 너무 많아 조사 2와 같은 방법으로 다시 조사하였다. 통기관 조사에서의 문제점 및 오차 요인을 살펴보면 다음과 같다.

- 여지를 통기관의 외부에 설치하였기 때문에 바람 등에 의한 영향으로 먼지가 여지에 부착되었다가 바람에 의해 다시 떨어져 나갈 수 있음
- 여지가 바닥면을 보고 설치되어 있기 때문에 바람이 불지 않더라도 하중에 의해 바닥으로 다시 떨어질 수 있음

- 조사를 실시하기 전에 미리 통기관 내부의 청소를 하지 않았기 때문에 내부에 묻어있던 먼지들과 녹이 시간이 경과함에 따라 조금씩 떨어져서 여지의 반대면(통기관 내부 쪽)에 다른 이물질이 묻게 됨

2. 저수조내 강하분진(조사 2)

1) 조사 내용

저수조내 강하분진 조사에서는 아파트 두 곳을 선정하여 실시하였다. A아파트는 입주 후 약 10년이 된 아파트로 용량 4,050m³의 지하저수조가 두 개로 나뉘어져 있었고, 맨홀과 통기관은 지상의 주차장 옆 잔디밭에 설치되어 있었다<그림 3-20, 21 참조>.



<그림 3-20> A아파트의 맨홀과 통기관



<그림 3-21> A아파트 맨홀 안으로 들어가는 모습

저수조 내부를 육안으로 관찰한 결과 바닥이 흰색을 띠며 돌출된 정도가 깨끗하였으며, 출입을 위해 설치된 사다리 등의 시설물도 모두 양호한 상태로 관리되고 있었다.

B 아파트의 경우에는 입주 약 15년 된 아파트로 역시 A 아파트와 마찬가지로 지하저수조 출입을 위한 맨홀과 통기관이 지상 주차장 옆에 설치되어 있었으나, A 아파트의 경우 관리자 이외의 사람들이 출입할 수 없도록 울타리를 설치하여 관리하고 있는 반면, B 아파트는 주차장 바로 옆에 있어 사람의 접근이 쉽게 되어 있었다. 맨홀이 지상 약 50cm 정도의 높이가 되도록 설치되어 있었으며 통기관은 맨홀 뚜껑 위에 설치되어 있었다. 그러나 저수조 내부가 어두워서 육안으로 관찰하기 힘들었으며, 출입을 위해 설치된 사다리는 철재로서 녹이 많이 슬어 있었고 손상된 부분이 있어 조사를 위한 출입에 어려움이 있었다.



<그림 3-22> B아파트의 맨홀과 통기관

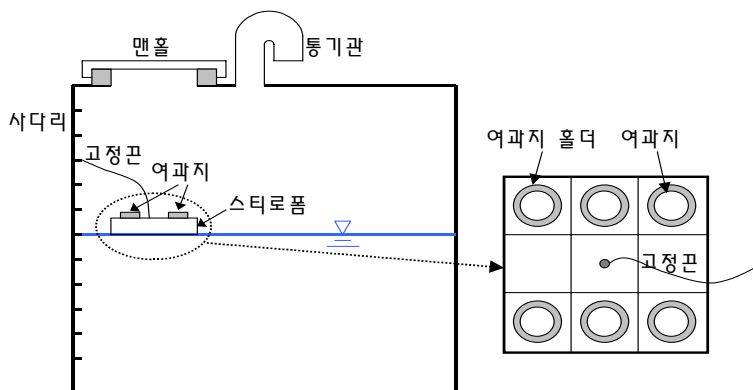


<그림 3-23> B아파트의 저수조 출입 철제사다리

<그림 3-22>는 B아파트의 맨홀과 통기관이 주차장 바로 옆에 설치되어 있는 것을 보인 사진이고, <그림 3-23>은 B아파트의 지하저수조 출입을 위한 사다리가 녹슬어 있는 것을 나타낸 사진이다.

2) 조사 방법

통기관 조사에서의 오차요인들을 감안하여 저수조 내에 직접 여과지를 설치하였다. <그림 3-24>와 같이 적당한 크기의 스티로폼에 직경 4.5cm의 여과지 6개를 고정시킨 후 저수조 위에 띄워놓고 1주일 후에 2개, 2주일 후에 2개, 4주일 후에 2개를 꺼내어 무게를 재었다. 무게를 재는 방법은 조사 1에서와 같이 하였다. 단, 조사 2에서는 저수조 내에 직접 여지를 넣었기 때문에 내부의 습기가 여지에 스며들어 이를 제거하기 위해 105℃의 드라이오븐에서 2시간 건조시킨 후 테시케이터에 넣어 실험하였다.



<그림 3-24> 저수조내 강하분진 조사 실험장치 개략도

조사 순서는 다음과 같다.

- ① 스티로폼을 이용하여 가로 30cm, 세로 30cm, 두께 5cm가 되도록 만든 다음 <그림 3-24>의 오른쪽 그림과 같이 칸막이를 만들어 9개의 칸이 생기도록 하였으며, 중앙에는 고정할 수 있도록 끈을 매달았다.
- ② 6개의 여과지를 미리 온도 20℃, 상대습도 50%에서 항량이 될 때까지 보관하였다가 0.01mg의 감도를 갖는 분석용 저울로서 0.1mg까지 정확히 무게를 측정한다.
- ③ 무게를 측정한 여과지를 그림과 같이 알루미늄 재질의 여과지 홀더에 넣어둔다.
- ④ ①에서 만들어진 스티로폼 받침대를 저수조 수면 위에 띄우고 고정끈을 내부 지지대에 묶어둔다.
- ⑤ ③에서 준비된 여과지 홀더를 6개의 칸에 각각 놓아두고 번호를 표시한다.
- ⑥ 그대로 방치한 후 1주, 2주, 4주 후에 각 2개씩의 여과지를 조심스럽게 수거하여 105℃의 드라이오븐에서 2시간 동안 건조시킨 후 ②와 같이 무게를 측정한다.
- ⑦ 무게의 변화로 1주, 2주, 4주 동안 쌓인 오염물질의 무게를 각각 계산한다.

3) 조사 결과

조사 결과를 살펴보면 A아파트의 경우 무게가 1주일 후에는 0.7mg, 2주 후 1.1mg, 4주 후 2.1mg의 변화를 나타내어, 평균적으로 하루에 약 0.07mg의 고형물이 유입되는 것으로 나타났다<표 3-4 참조>. 저수조 수표면적은 가로 10.85m×세로 45m를 계산하면 488.25m²가 되고, 저수조 평균 수심을 2.5m라고 가정하면 물의 부피는 약 1,220m³가 된다. 따라서 수표면적 당 유입된 고형물 농도로 계산하면 1 m² 당 44mg/day가 되며, 저수조 내에 저류된 물 속의 고형물 농도로 계산하면 저수조 체류시간이 보통 2~5일 정도인 점을 감안하고 유입된 고형물이 전혀 변하지 않는 성분이라고 가정했을 때 물 속의 고형물 농도는 0.1~0.3mg/L로 계산된다.

이 값은 비교적 큰 수치로서 정수장에서 아무리 깨끗하게 처리되어 수요가의 저수조까지 전혀 오염되지 않고 물이 이송된다 할지라도 수요가 내에서 저수조 통기관 등을 통해 유입된 오염물질이 수질에 큰 영향을 끼칠 수 있다는 것을 보여준다. 이 연구에서는 이 오염물질의 성분을 분석하지 못했지만 이 성분에 유기물이 다량 함유되어 있다면 미생물의 번식에도 영향을 미치리라 생각된다.

<표 3-4> 조사 2의 실험 결과 (단위: g)

아파트	구 분	여지 설치 기간		
		1주일	2주일	4주일
A 아파트	설치 전	0.0893	0.0938	0.0897
	설치 후	0.090	0.0949	0.0918
	무게 변화	0.0007	0.0011	0.0021
B 아파트	설치 전	0.0951	0.0961	0.0928
	설치 후	0.1082	0.1423	0.0935
	무게 변화	0.0131	0.0462	0.0007

B아파트의 경우에는 여지가 놓여진 위치에 따라 녹물이 떨어진 곳도 있고 떨어지지 않은 곳도 있어서 시간에 따른 고형물의 축적 정도를 수치로서 나타낼 수 없었다. 왜냐하면 <그림 3-26>에서 볼 수 있듯이 1주와 2주 후에 꺼낸 여지에는 녹물이 떨어져 있었고 4주 후에 꺼낸 여지에는 녹물이 떨어지지 않았기 때문에 하루에 얼마만큼의 오염물질이 유입되는지의 경향을 계산할 수 없었기 때문이다. 그러나 A아파트의 경우 1주와 2주 후 무게 변화가 각각 0.7, 1.1mg이었던데 반해 B아파트의 경우는 각각 13.1, 46.2mg의 변화가 있어 B 아파트의 경우에는 녹물의 영향이 굉장히 크다는 사실을 알 수 있었다.

4주 후에는 A아파트가 2.1mg이었던 것에 비해 B아파트는 0.7mg으로 나타나 B아파트의 유입 고형물 농도가 낮게 나타나고 있다. 4주 후의 결과에서 B아파트가 A아파트에 비해 훨씬 오염도가 적게 나타난 이유는 A아파트의 경우 통기관의 직경이 B아파트보다 컸으며, 또한 통기관 말단의 위치가 지상으로부터 약 20~30cm로 가까웠던 것에 비해 B아파트의 경우에는 A아파트보다 주차장에 더 가깝게 설치되어 있긴 하지만 맨홀이 높게 설치되어 지상으로부터 통기관의 위치가 약 60cm 이상 떨어져 있기 때문에 침강성 입자의 유입이 어려웠기 때문인 것으로 사료된다.

또한 1주와 2주 후의 결과가 B아파트의 경우에 훨씬 더 크게 나온 것은 앞에서 언급했듯이 녹물이 여지 위에 떨어졌기 때문인데, 이것은 <그림 3-23>처럼 B아파트의 경우 시설물 관리가 잘 이루어지지 않아 내부에 녹이 많이 발생하여 저수조 내부 습기로 인해 녹물이 되어 물 속으로 떨어지기 때문인 것으로 판단된다.

따라서 수요가 내에서의 저수조 오염을 저감하기 위해서는 빗물이 튀어오르거나 바람에 의해 토양 입자가 부유하여 유입될 수 있으므로 통기관을 지상으로부터 좀 더 높이 설치할 필요가 있고 시설물의 녹 발생 등에 대한 관리가 중요한 것으로 분석되었다.



<그림 3-25> A아파트의 1주, 4주 후 수거된 여지 모습



<그림 3-26> B아파트의 1주, 2주 후 수거된 여지 모습

제3절 급수시설 노후화 사례

1. 저수조 오염 현황

1) 강재저수조

<그림 3-27>에서는 도장재가 부분적으로 벗겨지고 부식되어 녹이 발생한 것을 볼 수 있다. <그림 3-28>에서는 예폭시로 도장한 것이 박리된 것을 볼 수 있다.



<그림 3-27> 강재저수조의 내부부식 상태



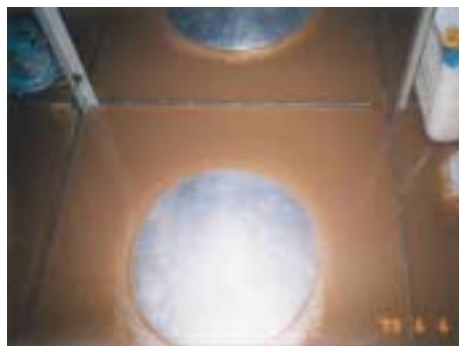
<그림 3-28> 강재저수조 내부도장재 박리

2) 스테인레스 저수조

저수조 바닥에 오염물질이 쌓여 있어, 수질에 영향을 미치고 있는 것을 볼 수 있다 <그림 3-29, 30 참조>.



<그림 3-29> 스테인레스저수조 바닥 상태



<그림 3-30> 스테인레스저수조 청소중 바닥

3) 콘크리트 저수조

저수조 벽면에 오염물질이 부착되어 있고 저수조 내 철재 배관들이 심하게 부식되어 있는 것을 볼 수 있다<그림 3-31, 32 참조>.



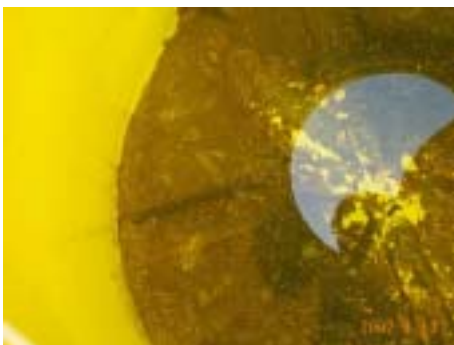
<그림 3-31> 콘크리트저수조 내부 상태



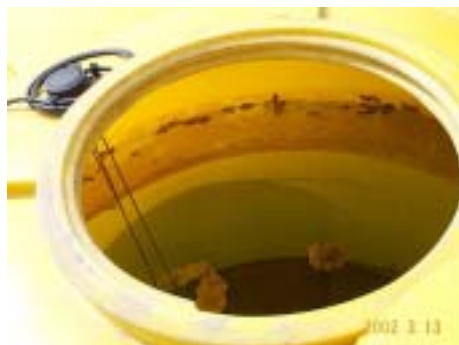
<그림 3-32> 콘크리트저수조 내부 배관 부식

4) 옥상수조

옥상수조의 경우에는 햇빛을 차단하고 오염물질의 유입을 막기 위한 차폐시설을 설치하거나 옥내에 설치하도록 되어 있으나 이러한 시설을 제대로 하고 있는 경우가 드물어 <그림 3-33, 34>와 같이 녹조가 발생하는 등 오염이 심각하다.



<그림 3-33> 옥상수조 바닥 침전물



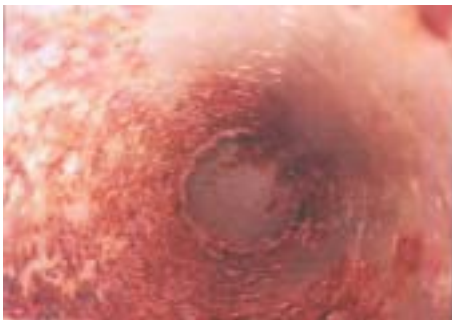
<그림 3-34> 옥상수조 내 부유 녹조류

2. 옥내급수관 오염 현황

1) 관내시경 검사 사례

서울시내 한 아파트에서 주민들의 의견을 수렴하여 실시한 아파트 온수, 냉수 배관의 내시경 검사 결과는 <그림 3-35~38>이다. 1988년도에 입주가 시작된 이 아파트는 입주자대표회의에서 각종 배관의 녹 제거에 대한 필요성이 인식되어 우선적으로 표본 조사를 실시하게 되었다.

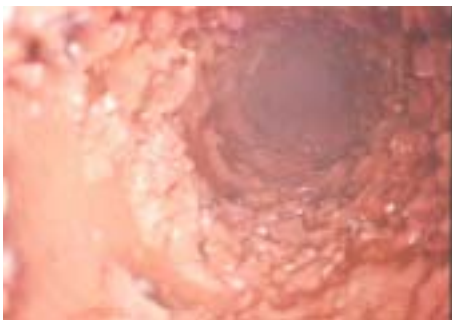
이 아파트의 경우 옥내급수관으로 아연도강관을 사용하고 있는데, 관내시경 검사의 결과로 관벽에 부식상태를 일부 확인할 수 있었으며, 14년 이상된 냉수관의 통수년수에 비해 비교적 상태가 양호한 것으로 나타났다<그림 3-35, 36참조>. 그러나 취약지인 용접, 나사선 및 Tee 엘보 부위 주변과 특히 관 상단부와 하단부에 부식과 스케일이 편중되어 진행되고 있는 것으로 나타났다.



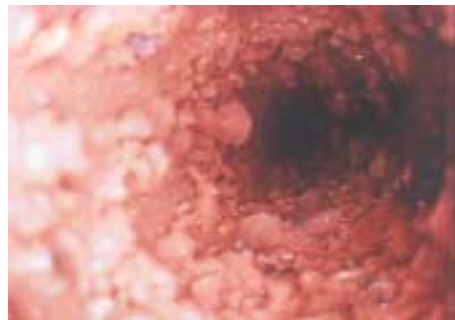
<그림 3-35> 아파트 냉수관 내시경 사진 1



<그림 3-36> 아파트 냉수관 내시경 사진 2



<그림 3-37> 아파트 온수관 내시경 사진 1



<그림 3-38> 아파트 온수관 내시경 사진 2

<그림 3-37>과 <그림 3-38>은 온수가 통과하는 급수관의 내시경 사진이다. 사진에서 보는 바와 같이 냉수관에 비해 스케일이 매우 두껍게 형성되어 있었으며 부식상태가 상당히 진행되고 있음이 관찰되었다. 그러나 스케일이 냉수관에 비해 비교적 연질성의 성분인 것으로 조사되었다.

따라서 전체적인 관내시경 평가 결과는 냉수관의 경우 상태가 비교적 양호하여 교체를 검토할 상황이 아닌 것으로 판단되었으며, 온수관의 경우는 스케일이 매우 두껍게 형성되어 있었다. 그러나 단단하지 않은 연질성분의 스케일이 많이 분포하고 있고 온수관이라는 특성을 감안하면 일부 교체 지점을 제외하고 대체적으로 양호한 것으로 판단되었다.

2) 육안 관찰

<그림 3-39~54>는 아파트의 공동구역 공급관과 세대 내 공급관의 외부 부식 상태 및 내부에 스케일이 형성된 모습을 건물의 통수년수 별로 구별하기 위해 제시한 것이다.

관을 통과하는 수돗물의 수질과 관의 재질 그리고 제반 환경조건에 따라 부식 및 스케일 형성 정도가 다르겠지만, 통수년수가 길어질수록 부식이 심각하여지는 것으로 분석되고 있다. 25년 된 관의 상태를 살펴보면 물이 통과하기 힘들 정도로 내부 스케일이 많이 형성되어 있고, 관의 손상이 심하여 수질에 많은 영향을 미치고 있다.



<그림 3-39> 통수년수 11년인 건물의 옥내 급수관 외부 형태



<그림 3-40> 통수년수 11년인 건물의 옥내 급수관 내부 상태



<그림 3-41> 통수년수 11년인 건물의
공동구역 입상관 외부 형태



<그림 3-42> 통수년수 11년인 건물의
공동구역 입상관 내부 상태



<그림 3-43> 통수년수 13년인 건물의
세대내 급수관 외부 형태



<그림 3-44> 통수년수 13년인 건물의
세대내 급수관 내부 상태



<그림 3-45> 통수년수 13년인 건물의
저수조내 입상관 외부 형태



<그림 3-46> 통수년수 13년인 건물의
저수조내 입상관 내부 상태



<그림 3-47> 통수년수 17년인 건물의
공동구역 입상관 외부 형태



<그림 3-48> 통수년수 17년인 건물의
공동구역 입상관 내부 상태



<그림 3-49> 통수년수 22년인 건물의 세대내 급수관 외부 형태



<그림 3-50> 통수년수 22년인 건물의 세대내 급수관 내부 상태



<그림 3-51> 통수년수 25년인 건물의 공동구역 급수관 외부 형태



<그림 3-52> 통수년수 25년인 건물의 공동구역 급수관 내부 상태



<그림 3-53> 통수년수 25년인 건물의 세대내 급수관 외부 형태



<그림 3-54> 통수년수 25년인 건물의 세대내 급수관 내부 상태

제4절 기술동향

1. 관 진단 기술

관의 상태 평가 방법은 분석 형태에 따라 간접진단, 직접진단으로 구분된다.

1) 간접진단 방법

간접진단은 사고정보나 매설환경정보 등으로 관의 현 상황을 추정하는 방법이다.<표 3-5 참조>

<표 3-5> 간접진단 방법의 개요

진단방법		개 요
사고를 근거로 한 진단	사고율	지표로서 각 진단 구간 마다의 사고율(건/km/년)을 이용한다. 각 진단 구간에서 사고율을 계산하고, 노후도를 구한다.
	사고 발생상황	사고의 발생상황 기록, 시간적 요인 분석, 파손의 형태에 의한 분류, 재발성의 검증 등에 의해 개별적으로 분석하고 진단한다.
민원에 의한 진단		지표로서 각 진단 구간 마다의 적수, 급수불량, 수압부족 등의 민원율을 이용한다. 각 진단 구간 마다의 민원율을 계산하고 진단한다.
종합득점법 에 의한 진단		각 진단 구간 마다 호청경, 매설년도, 흙덮기, 노면하중, 사용수압 및 매설지반의 토질 등에 대해 데이터를 모으고, 관로조건마다 점수를 부가하여 그 합계점으로 노후도를 판정한다.
관로의 정성적 진단	주요항목	사고의 위험성이 높다고 판정된 주요 항목을 설정하고 관로진단을 한다.
	관로사양	재질, 접합형식, 접합부의 종류 등에 의해 진단한다.
	매설년도	관로의 매설년도에 의해 재질, 접합부 등의 종류를 추정하고 관로를 진단한다.
	사용조건	사용조건(매설환경, 내압 등)에 근거한 관의 악화도를 진단한다.
통계적 진단	회귀식 모델	관로의 사고 사례 등 정성적 데이터를 통계수법에 의해 정량적인 변량으로 변환하여 통계모델식을 작성하고 관로의 위험도를 구한다. 통계적 수법으로서 수량화이론 I 류에 의해 회귀식모델식(1차식)을 작성한다.
	수량화이론 II 류 모델	통계모델식으로 관로의 위험도를 구하지만 모델을 작성하는 통계수법으로서 수량화이론 II 류를 사용한다.
	통계모델 종합득점법	통계모델을 종합득점법으로 개량하고 이용하기 쉽게 한다. 관중, 구경, 흙덮기, 대형교통량 등의 요소마다 점수를 붙여 합계점으로 관로의 노후도를 판정한다.
수질변화에 의한 진단		적수의 지표가 되는 관로내의 수질(납농도, 탁도, 잔류염소농도)을 직접 측정하고, 그 농도분포에서 원인관로를 추정한다.
토질에 의한 진단	종합평가법	토양의 부식성인자(토양의 저항성, pH, redox전위, 수분, 황화물 등)를 개개로 측정 후, 항목에 대해서 각각 점수를 부여하여 합계점으로 토양의 부식성을 판정하고, 관외면의 부식상황을 추정한다.
	상승법	토양의 부식성인자에 경과년수를 조합하여 토양의 부식성을 판정하고, 관외면의 부식상황을 추정한다.

자료: 에너지 절약건물내 노후급수관의 상태 진단 및 평가를 위한 안전진단 기술개발, 한국건설기술연구원, 2001.7

2) 직접진단 방법

직접진단은 관을 굴삭하는 등 관의 내외면상황, 잔존관두께의 측정, 동부(胴付)간격의 측정, 물성시험 등에 의해 관의 악화도를 파악하는 방법이다. 일반적인 관에 대해 직접진단 방법의 개요를 정리하면 <표 3-6>과 같다.

<표 3-6> 직접진단 방법의 개요

진단방법		개 요
관내면 상황에 의한 진단	도장	육안에 의한 녹(부풀음, 갈라짐)의 조사, 비독판 시험, 인장부착성 시험, 도막의 인피던스 시험
	라이닝	육안에 의한 박리, 갈라짐 조사, 페놀프탈레인용액에 의한 중성화 시험, 방눅성 시험
	무도장관	육안에 의한 녹 조사
	막두께	전자식 막후계나 영구자석식 막후계 등의 측정기로 도막의 두께 측정
관외면 상황에 의한 진단	관외면 관찰	육안에 의해 도복장의 상황을 조사하거나 파낸 관 주변의 토질, 용수의 유무, 토양저항율, pH, 관대지전위, 관외부 부식상태 조사
	볼트·너트	접합상태인 볼트의 두부를 와이어블러쉬 등으로 청소하고 부식상황 조사
	접합부	접합부의 누수의 유무나 접합부의 풀림 조사
	지표에서의 도복장 손상	매설관의 도복장 손상을 지표에서 조사하는 방법으로 차륜전극법이 있다.
잔존관두께에 의한 진단	관외면 판정	부식부를 깎아내고, 부식깊이를 뿔스게이지 등으로 측정하거나 초음파나 X선을 이용하여 측정
	관내면 판정	관내면에 사람이 들어가는 경우는 관외면에서의 측정과 같은 방법으로 측정, 사람이 들어갈 수 없는 관은 TV선센서를 특수차에 실어서 원격조작으로 측정
	파낸 관의 두께 측정	파낸 관의 내외면의 부식부분을 깎아내고, 노기스나 카리퍼 등의 측정기구로 잔존관두께 측정
통수단면적에 의한 진단	관외면 측정	관의 외면에서 X선 또는 X선을 이용하여 통수단면적 측정
	파낸 관에 의한 측정	파낸 관내에 얇은 폴리주머니를 넣어서 충수전후의 중량차이에 의해 통수단면적비를 구한다.
동부(胴付) 간격에 의한 진단	관외면 측정	접합부를 끼우고 X선이나 초음파에 의해 동부간격 측정
	관내면 측정	사람이 들어가는 관은 노기스 등으로 직접조사, 사람이 들어갈 수 없는 관은 TV카메라를 탑재한 장치를 삽입하고, TV화상으로 동부간격 측정

자료: 에너지 절약건물내 노후급수관의 상태 진단 및 평가를 위한 안전진단 기술개발, 한국건설기술연구원, 2001.7

3) 급수관 노후 상태 진단

그 동안 송·배수관을 대상으로 한 관로 노후도 평가 등의 연구는 있어 왔지만 아직까지는 송·배수 과정에 비해 수요가 내 급수시설에 대한 관심이 저조해 옥내급수관에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다.

옥내급수관의 진단을 위해서 급·배수관 진단 방법을 원용할 수 있을 것으로 판단되어 급수관 조사방법을 제시하였다. 급수관 조사진단 방법은 <표 3-7>과 같이 간이 진단, 전문진단, 정밀진단으로 나눌 수 있다.

<표 3-7> 급수관 조사진단 방법

조사진단 순서	조사진단 방법	실시자
제1차 진단 (간이진단)	· 관련서류에 의한 조사 · 관계자에 의한 설문조사 · 관련책자의 내용현장조명	관리자, 설비에 관한 지식을 가진자
제2차 진단 (전문진단)	· 전문적 입장에서 외진(外診)에 의한 현상확인 · 계측기에 의한 비파괴검사 계측 · 제1차진단과 조합 확인	전문가, 관객생기사
제3차 진단 (정밀진단)	· 제2차진단의 결과로 실증 확인 · 관의 절단, 샘플조사와 진단	관객생기사

자료: 에너지 절약건물내 노후급수관의 상태 진단 및 평가를 위한 안전진단 기술개발, 한국건설기술연구원, 2001.7

(1) 1차 진단

1차 진단은 주로 육안에 의한 것으로 급수관의 외관을 육안으로 관찰하여 출수불량, 또는 수돗물의 착색정도, 보수점검기록 등을 조사하는 방법으로 간이진단에 해당한다. 일반적으로 1차 진단은 보다 정밀한 2차 진단 실시 여부를 결정하는 단계이지만, 각 조사에 따른 진단결과를 통하여 급수관 갱생의 필요성을 판단하고 급수관 갱생공사의 필요성에 대한 방향을 설정하는데 활용될 수 있다.

① 서류 등에 의한 조사

서류 등에 의한 조사에는 설비 사양서, 준공도서, 운전기록 등을 참고하여 다음과

같은 사항을 조사해야 한다.

- 설비기록(급수관 설치 일자, 보수에 대한 기록, 설계, 시공자 등)
- 설비방식(간이전용수도, 수도법에 의한 급수장치 등)
- 가압방식(저수조, 옥상수조 등)
- 급수관 재질 및 규격(관종, 관경, 관길이, 각종 이음부 종류 등)
- 환경(시공용기기, 배치공간 등)
- 급수관의 사고기록(종류, 정도, 대책, 원인 등)

② 현장조사

현상파악과 확인을 위하여 다음과 같은 사항에 대해 현장조사를 실시해야 한다.

- 준공도, 사양서 등에 기록된 사항에 따라 현장조사하여, 상위 유무를 확인하고 문제가 있을 경우에는 조속히 관계도서를 수정한다. 특히 준공 후 설계 변경에 의한 관로의 사관(死管) 유무에 주의한다.
- 나사부의 부식, 누수 형태와 흔적, 방로재(防露材)의 도포 등에 불합리한 증후 유무에 주의한다.
- 파이프가 놓여있는 통로, 매설부분 등의 환경점검
- 작업공간의 유무, 소음 등 주변의 영향조사
- 설비관리자 또는 사용자로부터 운전현황, 사용상태 등을 들어보고, 급수기능의 불량, 배관의 문제점, 누수사고 등의 실태를 파악한다.

③ 간이수질분석조사

급수관의 부식으로 인한 수돗물의 위생상 안전성과 부식의 진행도를 간단하게 현장조사하기 위해 간이수질 분석기로 관 말단의 수도꼭지에서 채수한 것을 분석한다. 잔류염소, 철이온, 탁도, 색도 등을 측정하여 갱생 필요성을 판단하는 자료로 활용한다.

(2) 2차 진단

2차 조사진단은 현재의 상태대로 조사하는 것을 원칙으로 한다. 따라서 측정기를 사용하여 관 내부의 부식진행정도를 파악하고, 1차 조사진단 결과에 대한 확인 등을

통하여 보다 적절한 대책을 제시해야 하고, 3차 진단에 의해 더욱 정밀한 진단을 실시할 것인지 결정해야 하는 중요한 단계이다.

① 내시경에 의한 방법

내시경은 어느 정도 자유롭게 굴곡할 수 있는 화이버스코프를 관내부에 삽입하여 직접 육안으로 관로를 파괴하지 않고 관 내부를 관찰할 수 있다. 관두께의 감소상태나 관 전체의 부식상태는 파악할 수 없지만, 관 내부의 녹막힘 상태와 녹혹의 발생상황, 특히 부식진행이 빠른 접합부를 직접 관찰할 수 있는 면에서 유리하다.

내시경 관측 결과에 대한 판단기준은 <표 3-8>과 같다.

<표 3-8> 내시경관측 판단기준

등급	스케일 부착상태	부식에 의한 폐쇄상태 정도	판정
A	거의 부착되지 않음	5%	계속 사용가
B	두껍지는 않으나 거의 부착	5~15%	갱생가
C	전체에 두껍게 부착	15% 이상	3차진단 필요 갱생 또는 관교체
D	시공성 판단	40A 이하, 30% 이상 50A 이상, 40% 이상	관교체 관교체

자료: 에너지 절약건물내 노후급수관의 상태 진단 및 평가를 위한 안전진단 기술 개발, 한국건설기술연구원, 2001.7

② 수질분석에 의한 방법

수질에 의한 방법도 급수관의 노화도를 측정하고 있는 방법으로, 정기적으로 수중에 포함되는 금속이온농도를 측정함으로써 부식의 진행도를 파악하는 것이다. 수질분석은 평상시 수돗물의 철 이온 농도, 색도, 탁도, 맛, 냄새 등을 측정한다.

③ 초음파 두께측정기에 의한 방법

초음파 두께측정기에 의한 방법은 초음파를 이용하여 관외부에서 관의 잔존두께를 측정함으로써 급수관의 부식상태, 내구성 등을 진단할 수 있는 방법이다. 측정은 직관 부만 가능하고 이음부와 나사부는 측정이 불가능하다는 단점이 있다.

초음파 두께측정기는 탐촉자를 측정물에 접촉시켜 발신한 초음파가 관내면에 발생되어 있는 스케일에 닿아서 반사되어 나오는 왕복시간으로부터 그 두께를 측정하는 기기이다.

(3) 3차 진단

3차 조사진단은 관을 절단하여 2차 조사진단의 결과를 확인하고 종합적으로 시공 여부를 판정함으로써 급수관을 교체할 것인가 또는 갱생할 것인가 여부를 결정하는 진단으로 전문적인 지식이 있는 사람이 실시해야 한다.

2. 관 갱생 기술

관의 세척은 관내에 침전되거나 결석된 관석을 제거하여 통수능력을 회복하고 녹물발생을 방지하고자 하는 것으로 배수관망을 개량한다는 측면에서 실시하여야 한다. 사전에 관의 내면상태를 확인하여 노후관은 교체하면서 시행하여야 한다. 또한, 건물에 설치된 각종배관에 대해 국내외에서 사용되고 있는 세척공법은 여러 가지가 있으며, 각각은 배관의 상태나 작업조건에 따라 적용할 필요가 있다.¹⁾

관교체와 관세척 및 갱생에 따른 각각의 공사비 단가를 주택 규모별로 나누어 <표 3-9>에 나타내었다.

<표 3-9> 공사비 단가 비교

(단위: 천원)

주택유형	공사방법	주택규모			
		21평이하	25~30평	31~50평	50평 이상
단독주택	관 교체	637	759	1,214	1,518
	관 세척	399	476	761	952
	세척갱생	1,200	1,429	2,286	2,858
공동주택	관 교체	교체공법으로 벽체부분 시공불가			
	관 세척	266	317	507	634
	세척갱생	800	952	1,524	1,905

자료: 수질개선을 위한 효율적인 급수시설 관리방안, 서울시립대, 1999

1) 한국수도협회, 상수도시설기준, 1998

스케일 제거 시장은 건축, 아파트, 주택, 빌딩, 오피스텔 등 건축물과 상·하수도분야, 석유화학플랜트까지 광범위할 뿐만 아니라 각각 적용되는 아이템들도 다양하다. 국내의 배관내 스케일제거 시장은 케미칼(화학약품)공법이 70~80%정도로 대부분의 시장을 점유하고 에폭시 라이닝 공법, PIG공법(플라스틱, 고무 등을 고압으로 쏘는 방식)과 이온수처리기(구리, 아연, 황동 등의 전위차 이용)를 취급하는 장비가 그 나머지를 차지하고 있는데 최근들어 정전자기장 방식과 맥동충격파(I.P.C) 방식 등 새로운 방식이 속속 등장하고 있다.

1) 브러쉬(brush) 또는 스크레이퍼(scraper) 공법

배관의 내경보다 약간 큰 탄력이 있는 볼이나 브러쉬를 강제로 삽입시켜 내부를 청소하는 방법으로 적용할 수 있는 길이에 한계가 있고 브러쉬의 마모가 심하며 경우에 따라서 작업과정에 브러쉬가 배관을 파쇄시키는 단점이 있다. 작업의 가능거리가 길고 작업시간도 빠르지만, 사전에 관경과 배관재질 등의 조사와 적용성 파악 등이 필요하다. 또한 브러쉬나 볼 등의 세척력 확보를 위하여 대용량 압송 시스템이 필요하게 된다.

2) 화학세관 공법

염산 등과 같은 용해력이 강한 화공약품을 이용하여 스케일을 연화시켜 세관하는 방법으로 세척성능은 우수하지만 시간이 오래 걸리고 환경오염 문제 때문에 특정 열교환기 등에 한정적으로 적용되고 있다. 비교적 간편하게 이용되고 있을 뿐만 아니라 화학약품의 입수도 간단하지만, 실제로는 상당한 전문지식이 요구되며, 중화시키고 난 후 공해 등의 후처리도 반드시 필요한 공정이다.

또한 배관내에서 확실한 세척력을 확보하기 위해 브러쉬 공법과 병행하여 응용되기도 한다. 유기산 세척법으로 HAA(hydroxy acetic acid)를 사용하여 스케일을 용해시켜 침전물이 전혀 생성되지 않는 세척법과 ACR(alkaline copper removal)법과 같이 가동 중에도 배관 내에 부착한 산화철, 동 및 기타의 금속산화물을 pH 9~9.5인 알칼리

성의 상태에서 제거함과 동시에 방청처리까지 하는 방법이 있다.

3) 에어샌드(air sand) 법

이 방법은 샌드블라스팅(sand blasting) 공법과 유사하며 고압의 압축공기(물)를 이용하여 모래 등의 연마제를 고속으로 분사시켜 그 충격력에 의해 내부 결절 및 스케일을 제거하는 공법이다. 스케일 등을 제거한 후 에폭시수지도장을 위한 관 내부표면처리를 하고 무용제형, 열경화성 에폭시수지도료를 고속의 기류로 분무하여 관 내부에 방청피막을 만들어 관을 재생시키는 라이닝 방법과 결합하여 사용한다.

대형관이나 배수관 등의 부식처리에 유용하지만, 작업과정에서 스케일 제거뿐만 아니라 모재(母材)에 까지 손상을 입히는 경우가 발생하고, 특히 노후관의 경우 부식이 심한 부위에 손상을 입혀 누수발생의 원인이 되고, 작업 완료 후 물로 후세척하여야 하는 번거로움이 있으며 또한 배관내부의 잔존물 처리 등의 문제가 있다.

배관 특성상 적용에 크기나 복잡성에 따른 제약조건이 상존하기 때문에 급수, 급탕 및 전열용 배관에는 별로 사용되지 않고 있다.

4) 초음파 세척법

초음파 세척법은 초음파 진동자를 이용하여 발생하는 초음파를 배관에 발사하여 배관내의 물에 미세한 진동을 연속적으로 가함으로써 세척효과를 얻는 방법이다. 초음파 세척은 강력한 음파(25~30 kHz)를 발사하여 물질을 구성하고 있는 분자와 충돌하여 순간적으로 감압 및 가압이 교대로 발생하면서 배관내 액체 중에 미세한 공동(cavitation)의 발생과 소멸을 반복하여 기포를 발생시키도록 되어 있다. 초음파 세척장치는 초음파 발생기, 진동부 및 제어부로 구성되어 있으며, 소비전력은 용도에 따라 적절히 조절하면서 사용할 수 있도록 되어 있다. 초음파 세척장치는 높은 세척효과를 얻을 수 있으나 초음파의 감쇄효과 때문에 적용범위에 많은 제약이 따르는 단점이 있어 비교적 소형물체의 세척에 주로 이용되고 있는 실정이다. 일본에서는 신규 아파트가 완공된 후에 배관을 세척하는 방법으로 사용하고 있다.

5) 충격파(고압) 배관세척장치

이 방법은 공기충격 발생기(air pulse generator)를 이용하여 배관내에 압축공기를 주기적으로 분사하고 맥동현상으로 인한 흐름의 난류를 유도하면서 기포를 발생시킨다. 기포가 관의 내벽에 성장하여 파괴될 때의 폭발력에 의해 관내에 부착된 이물질을 제거할 수 있고, 또한 세척효과를 높이기 위하여 관의 벽면에 접촉하면서 배출되는 과정에서 이물질을 제거할 수 있도록 하고 있다.

즉, 배관내의 물 흐름을 정지시킨 후 압축공기를 밀폐된 배관 내부에 간헐적으로 공급하면 압력에너지로 변환되어 축적된다. 이때 밸브를 개방하면 축적된 압력에너지는 운동에너지로 변환되면서 압력파를 형성시키고 동시에 기포가 고속으로 이동되면서 생성과 소멸을 반복하며 충격파가 발생하여 배관 내부에 부착된 이물질을 박리시켜 물과 함께 외부로 배출되도록 한다.

이 방법은 건축물 및 배관의 구조 및 크기에 관계없이 적용이 가능하며, 압축공기를 기본으로 하므로 2차오염이 없고 사용에 안전하다.

6) 고압수 분사 세척법

배관내에 고압의 물을 분사하여 스케일을 제거하는 방법으로 100~1,500kg/cm²의 고압수를 특수 노즐을 통하여 고속으로 분사함으로써 물이 갖는 운동에너지가 충격력으로 작용하여 관내에 부착된 스케일이나 슬라임을 제거하는 공법이다.

第Ⅳ章 상수도 전문가 설문조사

제 1 절 설문대상자 정보

제 2 절 옥내급수시설의 중요도

제 3 절 저수조 수질관리

제 4 절 옥내급수관 수질관리

제Ⅳ장 상수도 전문가 설문조사

제1절 설문 대상자 정보

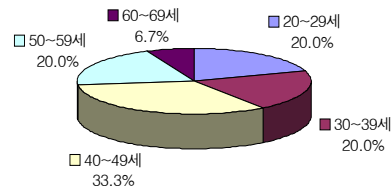
옥내급수시설의 수질 관리 방안에 대한 전문가 대상 설문 조사를 실시하였다.(설문지 <부록 3> 참조) 조사대상자는 교수, 기업체, 공무원, 연구원, 대학원생 등 각 직종에 종사하는 상수도 전문가로, 총 30명을 대상으로 실시하였으며 설문 대상자의 정보를 자세히 살펴보면 다음과 같다.

1. 나이

설문 대상자의 나이분포는 40~49세가 33.3%으로 가장 많았으며, 20~29세, 30~39세, 50~59세가 각각 6명으로 20%씩 분포하였다<표 4-1, 그림 4-1 참조>.

<표 4-1> 응답자의 나이 분포

나 이	빈 도 (명)	백 분 율 (%)
20 ~ 29세	6	20.0
30 ~ 39세	6	20.0
40 ~ 49세	10	33.3
50 ~ 59세	6	20.0
60 ~ 69세	2	6.7
합 계	30	100.0



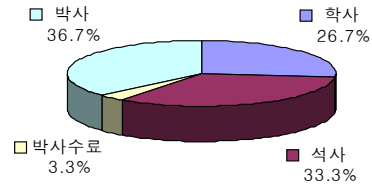
<그림 4-1> 응답자의 나이 분포

2. 학력

설문 대상자의 학력은 박사수료 이상의 학력이 전체의 40%인 12명이며, 석사가 33.3%, 학사가 26.7%로 나타났다<표 4-2, 그림 4-2 참조>.

<표 4-2> 응답자의 학력 분포

학 력	빈 도 (명)	백 분 율 (%)
학 사	8	26.7
석 사	10	33.3
박사수료	1	3.3
박 사	11	36.7
합 계	30	100.0



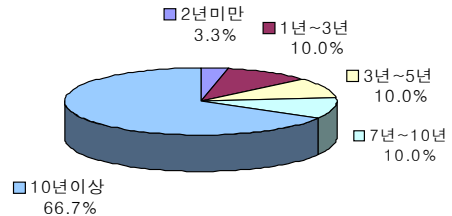
<그림 4-2> 응답자의 학력 분포

3. 관련분야 경력

이 설문은 전문가를 대상으로 실시한 설문조사로, 응답자 중 관련분야 경력 10년 이상되는 사람이 20명으로 전체의 66.7%를 나타냈다. 1년~3년, 3년~7년, 7년~10년은 각각 10%이었다<표 4-3, 그림 4-3 참조>.

<표 4-3> 응답자의 관련분야 경력 분포

경 력	빈 도 (명)	백 분 율 (%)
1년 미만	1	3.3
1년 ~ 3년	3	10.0
3년 ~ 7년	3	10.0
7년 ~ 10년	3	10.0
10년 이상	20	66.7
합 계	30	100.0



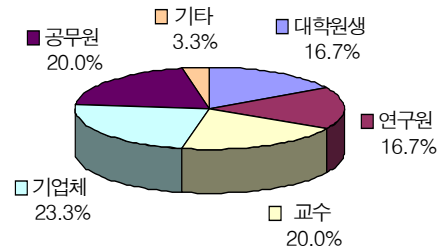
<그림 4-3> 응답자의 관련분야 경력 분포

4. 직종

설문 응답자의 직종 분포를 살펴보면, 기업체가 23.3%로 가장 높았으며 교수와 공무원이 각각 20.0%, 대학원생과 연구원이 각각 16.7%, 기타 3.3%로 나타났다. 설문 응답자의 직종은 각 분야에 고르게 분포하고 있다<표 4-4, 그림 4-4 참조>.

<표 4-4> 응답자 직종 분포

직 종	빈 도 (명)	백 분 율 (%)
대학원생	5	16.7
연구원	5	16.7
교 수	6	20.0
기업체	7	23.3
공무원	6	20.0
기 타	1	3.3
합 계	30	100.0



<그림 4-4> 응답자의 직종 분포

제2절 옥내급수시설의 중요도

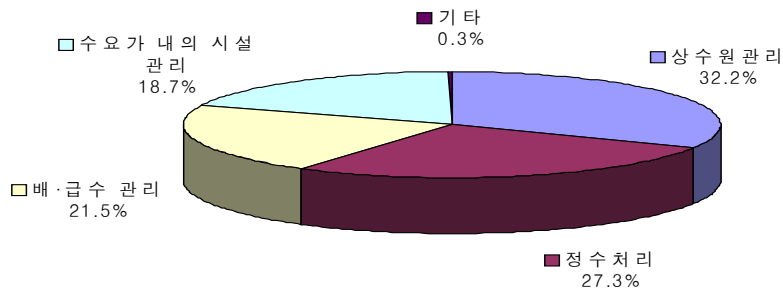
1. 상수도 공급 과정의 중요도

수돗물이 생산되어 수요자가 이용하는 과정은 크게 상수원 관리, 정수처리, 배급수와 수요가 내의 시설관리 등 네 단계로 나누어진다. 이 네 단계 중 수질관리 측면에서 중요도가 100이 되도록 점수를 매기도록 질문을 하였다.

응답 결과 중요도는 상수원관리(32.2%)가 가장 높게 나왔으며, 정수처리(27.3%), 배·급수 관리(21.5%), 수요가 내의 시설관리(18.7%) 순으로 상수원에서 수요가에 가까이 갈수록 중요도를 낮게 인식하고 있었다<표 4-5, 그림 4-5 참조>.

<표 4-5> 상수도 공급 과정의 중요도

항 목	백 분 율 (%)
상수원 관리	32.2
정수처리	27.3
배·급수 관리	21.5
수요가 내의 시설관리	18.7
기 타	0.3
합 계	100.0



<그림 4-5> 상수도 공급 과정의 중요도

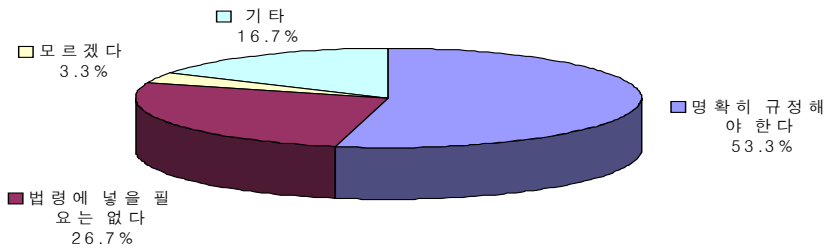
2. 옥내급수관의 법적 개념

현재 수도법 3조에 의하면 “급수장치”는 「수도사업자가 일반의 수요자에게 원수 또는 정수를 공급하기 위하여 설치한 배수관으로 분기한 급수관, 개량기, 저수조, 수도전, 기타의 급수에 관련된 기구」로 정의되어 있다. 이 사항에 “옥내급수관”을 명확히 포함시켜 유지관리에 대한 규정을 구체적으로 제시해야 하는가에 대한 응답으로 당연히 명확히 규정해야 옥내급수관의 유지관리가 될 것이다라는 의견이 53.3%로 가장 높았으며, 법령에 넣을 필요가 없다라는 의견이 26.7%로 나타났다<표 4-6, 그림 4-6 참조>.

기타 의견으로는 유지관리에 포함은 시켜야 하지만 관리의 번거로움이 없도록 재질 등을 결정하는 수준으로 해야 한다는 의견이 나왔으며, 수도법에서 ‘급수관’과 ‘옥내급수관’이 중복되므로 옥내 배수관 관리를 위한 유지관리를 위해서는 별도 항목으로 정리하는 것이 필요하다는 의견이 있었다. 그 외에 옥내급수관에 의한 수질오염의 가능성이 명백히 상존하기 때문에 이에 대한 관리법령이 요구되기는 하지만 아직까지는 지자체가 관리를 할 수 있는 방안이 없으므로 그 문제 해결이 선행될 필요가 있다는 의견이 있었다. 또한 수도법이 아닌 보건위생차원의 새로운 법령을 별도로 마련하여 관리하여야 한다는 의견도 있었다.

<표 4-6> 옥내급수관의 법적개념 포함에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
당연히 명확히 규정해야 유지관리가 될 것이다.	16	53.3
법령에 넣을 필요는 없다.	8	26.7
모르겠다.	1	3.3
기 타	5	16.7



<그림 4-6> 옥내급수관의 법적개념 포함에 대한 응답

제3절 저수조 수질관리

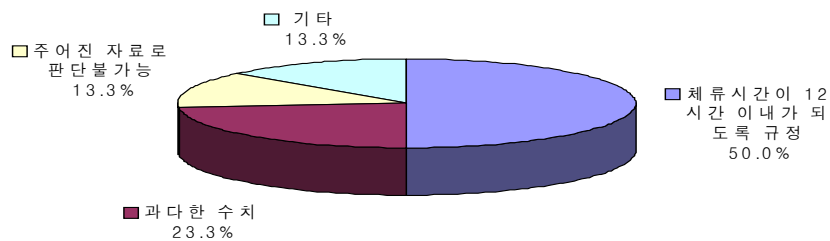
1. 지하저수조의 용량

현재 공동주택을 건설하는 주택단지에서는 지하저수조 용량을 세대당 1.5m^3 이상으로 규정하고 있다. 이 수치의 적정성에 대한 질문에 답변자의 50%가 세대당으로 규정하는 것보다 저수조 내 체류시간을 바탕으로 12시간 이내의 체류시간을 갖도록 하는 것이 바람직하다고 응답하였다. 이것은 현재의 저수조 용량 규제보다는 체류시간에 따른 관리가 더 중요하다는 것을 의미한다. 또한 세대당 1.5m^3 이상은 과도한 수치라는 의견이 23.4%로 나타났다<표 4-7, 그림 4-7 참조>.

일반적으로 주택단지에서 현재 세대당 용량으로 주어져 있는 지하저수조 용량은 과도하게 설정되어 있으며, 이러한 용량으로 인한 규정보다는 잔류염소의 부족 등의 문제로 체류시간을 이용한 규제가 필요하다는 인식이 높음을 알 수 있었다.

<표 4-7> 지하저수조의 용량에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
세대당으로 규정하는 것보다 저수조 내 체류시간을 바탕으로 12시간 이내의 체류시간을 갖도록 하여야 한다.	15	50.0
세대당 1.5m ³ 은 과다한 수치이다.	7	23.4
주어진 자료로 판단할 수 없다.	4	13.3
기 타	4	13.3



<그림 4-7> 지하저수조의 용량에 대한 응답

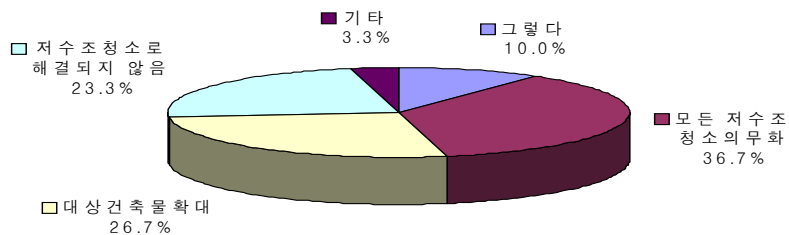
2. 저수조 청소의무화 대상의 적정성

현재 연면적 5,000m² 이상인 건축물 또는 시설은 6개월마다 1회이상 저수조 청소 및 매달 저수조 위생점검을 하도록 되어 있다. 이에 대해 저수조 청소의무화 대상이 적절하냐고 묻는 질문에 전체 응답자의 36.7%가 모든 저수조를 청소의무화 해야한다고 응답했다. 또한 모든 저수조는 아니더라도 대상 건축물을 확대해야 한다는 의견도 26.7%로 나타나 현재 저수조 청소 및 위생점검 대상의 확대 실시가 필요하다는 의견이 63.4%였다. 반면 현재 방식이 적정하다는 의견은 10%에 불과했다<표 4-8, 그림 4-8 참조>.

응답자의 대부분이 수돗물의 수질개선을 위하여 앞으로 옥내저수조의 청소 의무화가 확대 실시되어야 할 필요성을 인식하고 있었다.

<표 4-8> 저수조 청소 의무화 대상에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
그렇다.(현재의 방식이 적정하다)	3	10.0
모든 저수조를 청소의무화 해야 한다.	11	36.7
모든 저수조는 아니더라도 대상 건축물을 확대해야 한다.	8	26.7
저수조 청소로 해결될 문제가 아니다.	7	23.3
기 타	1	3.3



<그림 4-8> 저수조 청소 의무화 대상에 대한 응답

또한 저수조 청소로 해결될 문제가 아니더라는 응답은 23.3%로 나타났으며, 그 대안에 대한 질문에 직결급수의 확대가 42.9%, 적절한 저수조 용량 및 구조 설계, 재질 선택이 57.1%로 나타났다.

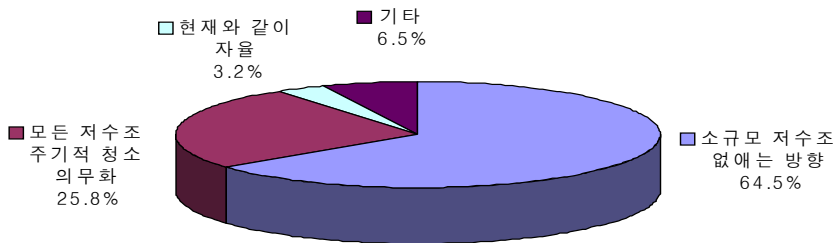
3. 소규모 저수조의 관리방안

소규모 저수조의 관리방안에 대한 질문으로, 우선 현재 제도적 관리 범위에서 벗어나 있는 소규모 저수조에 대한 관리방안에 대한 질문에 점차 소규모 저수조는 없애는 방향으로 나아가야 한다는 의견이 64.5%로 가장 높게 나타났다. 소규모 저수지를 없애지는 않더라도 모든 저수조는 주기적인 청소를 의무적으로 해야 한다는 의견이 25.8%로 나타난 반면 소규모 저수조까지 관리할 수 없기 때문에 현재와 같이 자율에 맡긴다는 의견은 3.2%로 나타났다<표 4-9, 그림 4-9 참조>.

기타 의견으로는 점검지도서를 작성하여 수요가에 배포하고 자율에 맡긴다는 의견과 점차 소규모 저수조는 없애나가는 방향으로 정책을 수행하되 정착되기 전까지는 모든 저수조에 대하여 연 4회이상 청소를 의무화해야 한다는 의견이 나왔다.

<표 4-9> 소규모 저수조의 관리방안에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
점차 소규모 저수조는 없애는 방향으로 나아가야 한다.	20	64.5
모든 저수조는 주기적인(예:연1~2회) 청소를 의무적으로 해야 한다.	8	25.8
소규모 저수조 점검기준을 만들어 관련 공무원들이 정기 점검해야 한다.	0	0.0
소규모 저수조까지 관리할 수는 없다.(현재와 같이 자율에 맡긴다)	1	3.2
기 타	2	6.5



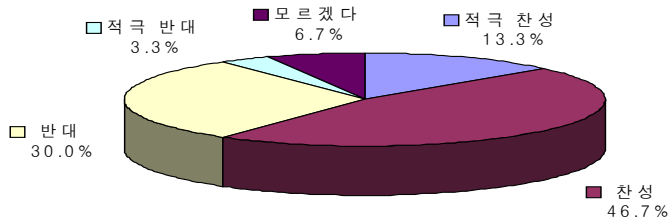
<그림 4-9> 소규모 저수조의 관리방안에 대한 응답

신축 건물의 저수조 설치에 대한 의무화를 폐지하자는 의견에 대해서는 적극 찬성한다(13.3%)와 찬성한다(46.7%)로 신축 건물의 저수조 설치를 반대하는 의견이 전체의 60%를 차지했다<표 4-10, 그림 4-10 참조>.

아직까지 신축건물의 저수조 건설 의무화 폐지에 대해서는 논의가 필요하며, 시행할 경우에 직결급수 실시 등과 같은 대책도 마련할 필요가 있는 것으로 판단된다.

<표 4-10> 신축 건물의 저수조 설치 의무화 폐지에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
적극 찬성한다.	4	13.3
찬성한다.	14	46.7
반대한다.	9	30.0
적극 반대한다.	1	3.3
모르겠다	2	6.7



<그림 4-10> 신축 건물의 저수조 설치 의무화 폐지에 대한 응답

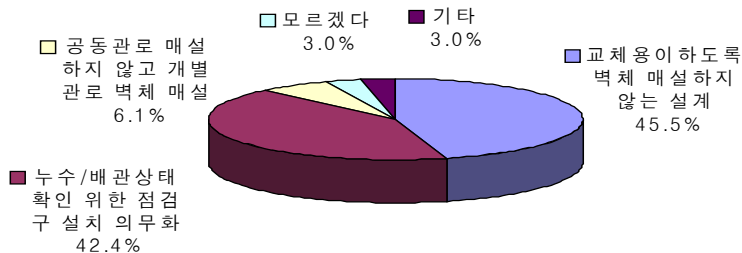
제4절 옥내급수관 수질관리

1. 옥내급수관의 개선되어야 할 부분

옥내급수관의 매설 방법에서 개선되어야 할 부분에 대한 질문에 옥내급수관은 재료의 수명에 따라 교체가 이루어져야 하므로 배관교체가 용이하도록 벽체에 매설하지 않는 설계를 해야 한다는 의견이 45.5%로 가장 높게 나왔으며, 배수관의 누수 및 배관 상태를 확인할 수 있는 점검구 설치를 의무화해야 한다는 의견이 42.4%로 나왔다<표 4-11, 그림 4-11 참조>. 옥내급수관의 개선을 위해서는 교체와 상태점검이 필요함을 살펴볼 수 있다.

<표 4-11> 옥내급수관의 개선되어야 할 부분에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
재료의 수명에 따라 언젠가는 교체해야 하므로 배관교체가 용이하도록 벽체에 매설하지 않는 설계를 해야한다.	15	45.5
누수 및 배관 상태를 확인할 수 있는 점검구 설치를 의무화해야 한다.	14	42.4
공동관로(공동구)만 매설하지 않는 설계를 하고 개별관로는 벽체내 매설이 어쩔 수 없다.	2	6.1
모르겠다.	1	3.0
기 타	1	3.0



<그림 4-11> 옥내급수관의 개선되어야 할 부분에 대한 응답

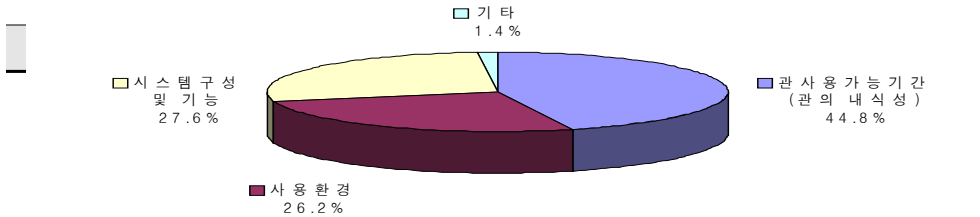
2. 옥내급수관의 재질

옥내급수관의 재질 선정 시 고려해야 할 사항으로는 관의 사용가능 기간, 사용환경, 시스템의 구성 및 기능 등이 있다.

관의 사용 가능한 기간, 즉 관의 내식성이 44.8%로 옥내급수관 재질 선정시 가장 중요하다고 응답하였다. 또한 배관경로, 구역별 배관의 종류, 시스템 기능 등과 같은 시스템의 구성 및 기능이 27.6%, 수질, 유속, 사용온도, 가동시간, 설치환경 등 사용환경이 26.2%로 나타났다<표 4-12, 그림 4-12 참조>.

<표 4-12> 옥내급수관의 재질 선정시 중요도

항 목	백 분 율 (%)
관의 사용 가능한 기간 : 관의 내식성	44.8
사용 환경 : 수질, 유속, 사용온도, 가동시간, 설치환경	26.2
시스템의 구성 및 기능 : 배관경로, 구역별 배관의 종류, 시스템 기능(급수, 기타)	27.6



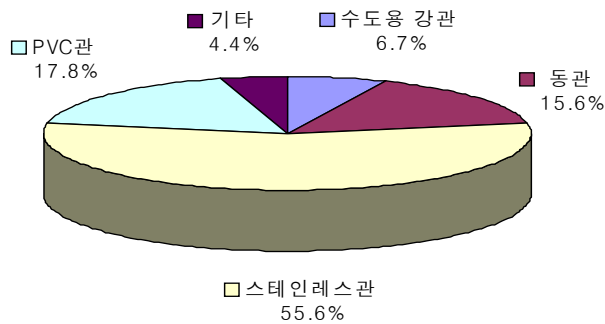
<그림 4-12> 옥내급수관의 재질 선정시 중요도

옥내급수관으로 적절하다고 생각되는 관종을 선택하라는 문항에 대하여 스테인레스관이 55.6%로 가장 높았으며, PVC관(17.8%), 동관(15.6%), 수도용 강관(6.6%) 순으로 나타났다. 기타 의견으로는 PE관, 내식성코팅관 등이 있었다<표 4-13, 그림 4-13 참조>. 옥내급수관의 선정에서 관의 내식성이 가장 큰 영향을 미친다는 사실을 살펴볼 수 있었다.

<표 4-13> 옥내급수관으로 적합한 관종에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
수도용 강관	3	6.6
동 관	7	15.6
스테인레스관	25	55.6
PVC 관	8	17.8
기 타	2	4.4
합 계	45	100.0

(복수 응답 가능)



<그림 4-13> 옥내급수관으로 적합한 관종에 대한 응답

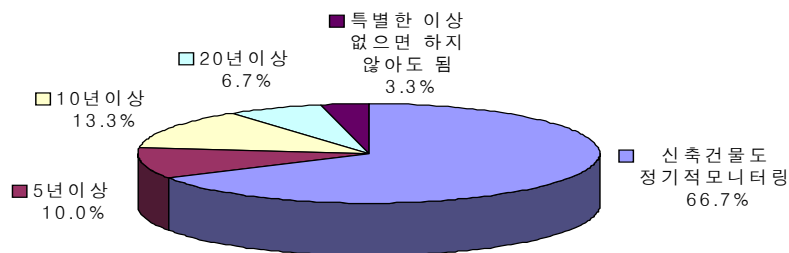
3. 옥내급수관에서의 모니터링 대상

공동주택의 경우 옥내급수관의 수질관리를 위한 모니터링 대상을 묻는 질문에 신축건물이라도 정기적으로 모니터링을 해야 한다는 의견이 66.7%로 가장 높게 나왔으며, 10년 이상된 건물 13.3%, 5년 이상된 건물 10.0%, 20년 이상된 건물 6.7%로 각각 응답했다<표 4-14, 그림 4-14 참조>.

따라서 옥내급수관에 대한 지속적인 모니터링을 실시하여 수도물의 수질을 관리할 필요가 있다는 것을 알 수 있다.

<표 4-14> 공동주택 옥내급수관의 모니터링 대상에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
신축건물이라도 정기적으로 모니터링 해야 한다.	20	66.7
5년 이상된 건물	3	10.0
10년 이상된 건물	4	13.3
20년 이상된 건물	2	6.7
특별한 이상이 없으면 하지 않아도 된다.	1	3.3
합 계	30	100.0



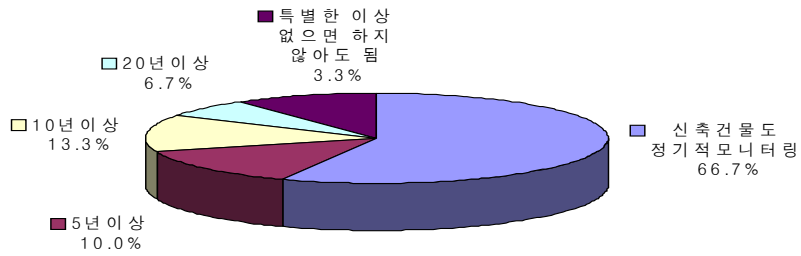
<그림 4-14> 공동주택 옥내급수관의 모니터링 대상에 대한 응답

일반주택의 경우 옥내급수관의 수질관리를 위한 모니터링 대상을 묻는 질문에 공동주택과 마찬가지로 신축건물이라도 정기적으로 모니터링을 해야 한다는 의견이 56.7%로 가장 높게 나왔으며, 5년 이상된 건물, 10년 이상된 건물이 각각 13.3%, 20년 이상된 건물은 6.7%, 특별한 이상이 없으면 하지 않아도 된다는 의견이 10.0%로 나타났다<표 4-15, 그림 4-15 참조>.

그러나 일반주택의 경우에는 관리자가 없으면 모니터링을 실시하는 것이 불가능하다는 의견도 있었다. 공동주택의 경우와 마찬가지로 지속적인 모니터링이 필요하나, 제도적인 뒷받침이 필요함을 알 수 있다.

<표 4-15> 일반주택 옥내급수관의 모니터링 대상에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
신축건물이라도 정기적으로 모니터링 해야 한다.	17	56.7
5년 이상된 건물	4	13.3
10년 이상된 건물	4	13.3
20년 이상된 건물	2	6.7
특별한 이상이 없으면 하지 않아도 된다.	3	10.0
합 계	30	100.0

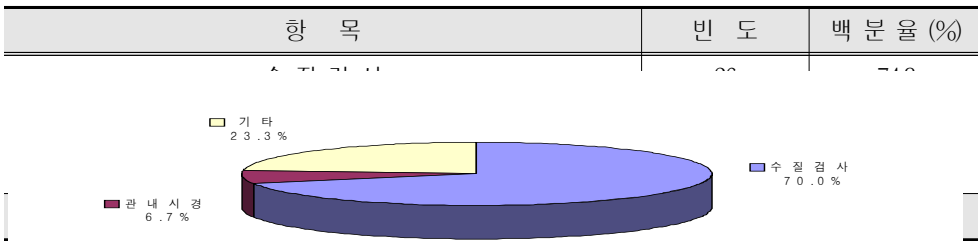


<그림 4-15> 일반주택 옥내급수관의 모니터링 대상에 대한 응답

4. 옥내급수관의 모니터링 방안

옥내급수관을 모니터링하기 위한 적절한 방법을 묻는 질문에 수질검사를 해야 한다는 의견이 74.3%, 관내시경을 실시해야 한다는 의견이 20.0%로 나타났다<표 4-16, 그림 4-16 참조>.

<표 4-16> 옥내급수관의 모니터링 방안에 대한 응답

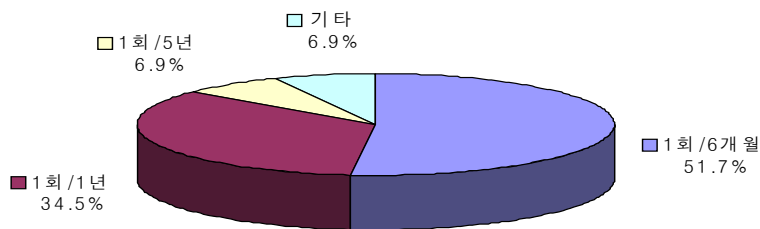


<그림 4-16> 옥내급수관의 모니터링 방안에 대한 응답

옥내급수관의 수질모니터링 적정 주기를 묻는 질문에 6개월마다 실시하는 것이 적합하다는 의견이 51.7%, 1년마다 실시해야 한다는 의견이 34.5%, 5년마다 1회 실시해야 한다는 의견이 6.9%로 나타났다<표 4-17, 그림 4-17 참조>.

<표 4-17> 수질 모니터링의 적정 주기에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
1회 / 6개월	15	51.7
1회 / 1년	10	34.5
1회 / 5년	2	6.9
기 타	2	3.9



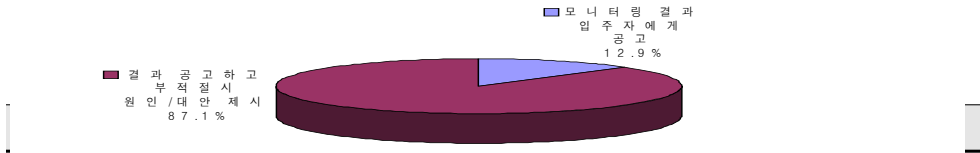
<그림 4-17> 수질 모니터링의 적정 주기에 대한 응답

5. 옥내급수관의 모니터링 결과에 대한 조치

옥내급수관의 수질 모니터링 결과에 따른 조치를 묻는 질문에 모니터링 결과를 공고하고 부적절시 원인과 대안을 제시한다는 의견이 87.1%로 나왔으며, 모니터링 결과를 입주자들에게 공고만 한다는 의견이 12.9%로 나타났다<표 4-18, 그림 4-18 참조>. 이는 모니터링을 한 후 수요가들에게 정보를 제공해 줄 필요성이 있음을 나타내며, 그 원인과 대안을 제시하는 역할도 수행할 필요가 있다는 것을 의미한다.

<표 4-18> 옥내급수관의 모니터링 결과에 대한 조치 방법

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
모니터링 결과를 입주자들에게 공고한다.	4	12.9
공고하고 부적절 시 원인과 대안을 제시한다.	27	87.1



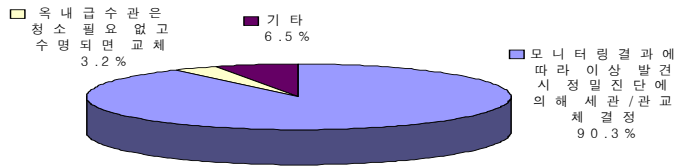
<그림 4-18> 옥내급수관의 모니터링 결과에 대한 조치 방법

6. 옥내급수관의 수질관리 방안

옥내급수관의 적절한 수질관리 방법을 묻는 질문에 모니터링 결과에 따라 이상이 발견될 경우 정밀진단에 의해 세관을 할 것인지 관을 교체할 것인지를 결정해야 한다는 의견이 90.3%로 모니터링을 통한 수질관리방안 수립이 필요하다는 의견이 높게 나왔다<표 4-19, 그림 4-19 참조>.

<표 4-19> 옥내급수관의 수질관리 방안에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
모니터링 결과에 따라 이상이 발견될 시 정밀진단에 의해 세관을 할 것인지 관을 교체할 것인지를 결정한다.	28	90.3
모니터링을 할 필요 없이 주기적으로 청소를 실시한다.	0	0.0
옥내급수관은 청소할 필요가 없고 어느 정도의 수명이 되면 교체해야 한다.	1	3.2
옥내급수관은 관리하기가 어렵다.	0	0.0
기 타	2	6.5
합 계	31	100.0



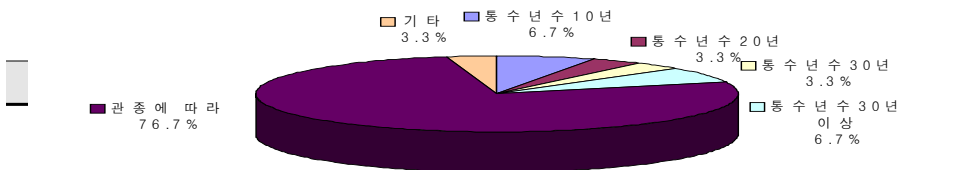
<그림 4-19> 옥내급수관의 수질관리 방안에 대한 응답

옥내급수관의 적정 수명 즉, 교체시기를 어느 정도로 하면 좋겠느냐는 질문에 대해 관중에 따라 다를 것이라는 의견이 76.7%로 가장 높았고, 통수년수 10년, 20년, 30년, 30년 이상이 각각 6.7%, 3.3%, 3.3%, 6.7%로 나타났다<표 4-20, 그림 4-20 참조>.

따라서 옥내급수관 교체시기는 모니터링 결과에 따라 정밀진단 실시 후 실시하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

<표 4-20> 옥내급수관의 교체시기에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
통수년수 10년	2	6.7
통수년수 20년	1	3.3
통수년수 30년	1	3.3
통수년수 30년 이상	2	6.7

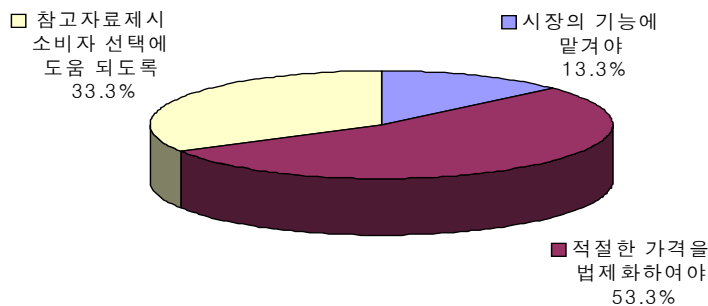


<그림 5-20> 옥내급수관의 교체시기에 대한 응답

저수조 청소 및 관 갱생 또는 세관에 대한 공법별 표준단가를 법제화하는 것에 대한 의견을 묻는 질문에 적절한 가격으로 법제화하여 소비자와 업체를 보호하여야 한다는 의견이 53.4%로 가장 높았으며, 법제화보다는 참고자료로 제시하여 소비자의 선택에 도움이 되도록 하여야 한다는 의견이 33.3%로 공법별 표준단가를 법제화하는 것에 대해서는 소비자를 위하여 좀 더 논의해 보아야 할 것으로 사료된다<표 4-21, 그림 4-21 참조>.

<표 4-21> 공법별 표준단가 법제화에 대한 응답

항 목	빈 도	백 분 율 (%)
법제화하는 것보다 시장의 기능에 맡겨야 한다.	4	13.3
적절한 가격으로 법제화하여 소비자와 업체를 보호해야 한다.	16	53.4
법제화하는 것보다는 참고자료로 제시하여 소비자의 선택에 도움이 되도록 한다.	10	33.3
기 타	0	0.0
합 계	30	100.0



<그림 4-21> 공법별 표준단가 법제화에 대한 응답

第Ⅴ章 옥내급수시설 수질관리 방안

제 1 절 기본틀 재정립

제 2 절 추진방향과 추진전략

제 3 절 저수조 관리의 개선 방안

제 4 절 옥내급수관 관리 방안

제 V 장 옥내 급수시설 수질관리 방안

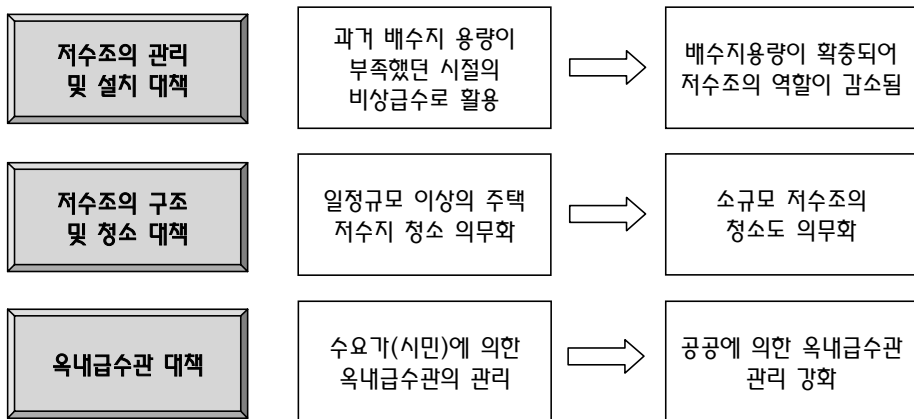
제1절 기본틀 재정립

저수조 및 옥내급수관의 관리 개선을 통하여 수돗물의 수질을 향상시키기 위해서는 기존의 옥내급수시설 관리에 대한 기본틀을 재정립할 필요성이 있다.

우선 옥내 저수조의 관리 및 설치에 대한 기본틀의 재정립이 필요하다. 과거 배수지 용량이 부족했던 시절에는 비상급수로 활용하기 위해 저수조를 설치하였으나, 지금은 배수지의 용량이 확충되어 저수조의 역할이 감소되고 있다. 그에 따라 저수조를 의무시설에서 임의시설로 전환하는 제도적 정비가 필요하다.

또한 저수조의 구조 및 청소대책에 대해서도 기본틀 재정립이 필요하다. 기존에는 일정규모 이상의 주택 저수지에 대해서만 청소를 의무화하였으나, 저수조 청소의 의무관리 규정에 속하지 아니하는 20세대 미만의 소규모 저수지에 대해서도 청소를 의무화하여 관리할 필요성이 있다.

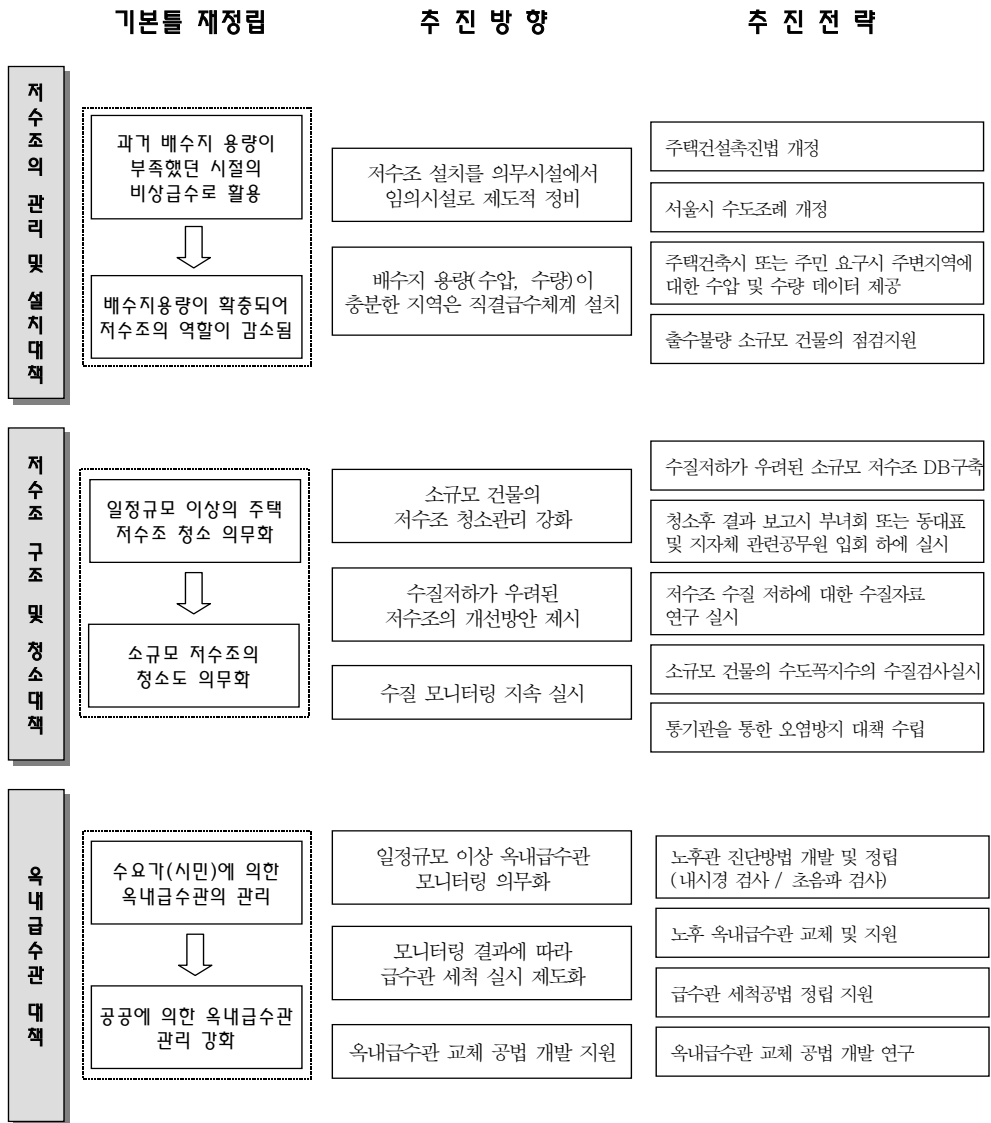
마지막으로 옥내급수관에 대해서도 인식의 전환이 필요하다. 기존에는 수요가, 즉 수돗물을 공급받는 시민에 의해 옥내급수관이 관리되었지만, 앞으로는 공공에 의한 옥내급수관의 관리 강화가 필요하다. 왜냐하면 최종 옥내급수관을 통과한 수돗물은 시민의 건강에 직접적인 영향을 미치고 민원으로 직결되기 때문이다<그림 5-1 참조>.



<그림 5-1> 옥내급수시설 관리의 기본틀 재정립

제2절 추진방향 및 추진전략

옥내 급수시설의 수질개선을 위한 구조물 관리 및 대책은 저수조의 관리 및 설치 대책, 저수지 구조 및 청소 대책 그리고 옥내급수관 대책으로 나누어서 추진방향과 추진전략을 제시하였다<그림 5-2 참조>.



<그림 5-2> 추진방향과 추진전략

저수조의 관리 및 설치대책에 대해서는 배수지 용량 확충으로 비상급수로 사용되던 옥내 저수조에 대해 의무시설에서 임의시설로 제도적인 정비를 하고, 배수지 용량이 충분한 지역은 직결급수방식을 채택하도록 한다. 구체적인 추진전략으로는 주축법을 개정할 필요가 있으며, 소규모 저수조의 사용을 제한할 필요가 있다. 주택 건축시 또는 주민 요구시 주변지역에 대한 수압 및 수량 데이터를 제공하고, 출수불량 소규모 건물의 점검을 지원하도록 한다.

저수조 구조 및 청소대책에 대해서 기존에는 일정규모 이상의 저수지에만 청소를 의무화하였으나 소규모 저수조의 청소도 의무화할 필요가 있다. 5세대~20세대 미만의 소규모 건물의 저수조 청소관리를 의무화하도록 하고, 수질저하가 우려되는 저수조의 개선방안을 제시하며 수질 모니터링을 지속하는 방향으로 나아가야 한다. 구체적인 추진전략으로는 수질저하가 우려되는 소규모 저수조 DB 구축, 청소시 또는 결과 보고시 부녀회 또는 동대표 및 지자체 관련공무원 입회 하에 실시, 저수조 수질 저하에 대한 수질자료 연구 실시, 소규모 건물의 수도꼭지수의 수질검사 실시, 통기관을 통한 오염방지 대책 수립 등이 있다.

옥내급수관 시설대책으로는 일정규모(예: 20세대 이상) 이상의 공동주택에서는 모니터링을 의무화하여 결과에 따라 급수관을 관리하는 방향으로 나아가야 하며, 노후 옥내급수관을 진단하는 방법을 개발·정립할 필요가 있다. 또한 옥내급수관의 교체 공법을 개발하는데 지원을 해야 한다. 구체적인 추진전략으로는 내시경 검사와 초음파 검사와 같은 노후관 진단방법을 정립하고, 노후 옥내급수관의 교체 지원이 필요하다. 또한 모니터링 결과에 따른 급수관 세척공법 정립을 지원해 주고, 옥내급수관 교체 공법을 개발하는 연구를 실시해야 한다.

제3절 저수조 관리의 개선 방안

1. 저수조 설치를 임의 규정으로 제도적 정비

현재 저수조 설치의 의무화로 인해 거의 모든 건물에 저수조가 설치되어 있다. 그러나 저수조의 설치를 임의시설로 개정하여도 기존 저수조의 용량과 사용 가능한 저수 용량(배수지용량 포함)이 있기 때문에 용량 부족이라는 커다란 부작용은 없을 것이라 판단된다. 또한 저수조 설치규정을 완화하여도 건축주가 수도물의 사용시 불편을 없애려고 저수조를 가능한 한 설치하려는 경향이 많을 것으로 판단되므로 저수조 설치의 영향에 대한 홍보를 강화하여야 할 것이다.

저수조 설치를 임의규정으로 개정하기 위해서는 주축법이 개정되어야 할 것이다. 주축법에서는 저수조 설치 의무조항을 아래 표와 같이 지방자치단체의 조례로 위임하는 것이 필요하다. 그리고 장기적으로는 5층이하의 건물 신축시 직결급수의 도입을 의무화할 필요성도 있다.

구 분	현 행	개 정 안
주택건설 기준등에 관한 규정 제35조 (비상급수 시설)	① 공동주택을 건설하는 주택단지에는 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물의 수질기준에 적합한 비상용수를 공급할 수 있는 지하양수시설 또는 지하저수조시설을 설치하여야 한다.	① 공동주택을 건설하는 주택단지에는 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물의 수질기준에 적합한 비상용수를 공급할 수 있는 지하양수시설 또는 지하저수조시설을 <u>설치할 수 있으며, 그 세부 사항은 당해 시·도의 조례로 정한다.</u>

2. 대형저수조의 용량 축소 규정

대규모 공동주택의 저수조는 <표 2-22>에서 제시한 바와 같이 현재 체류시간이 1일 이상인 비율이 79%를 차지하고 있다. 이것은 일본 주요 도시들의 저수조 용량 기준이 1일 사용량의 12시간분(0.5일분)인 것을 고려하면 용량 과다로 볼 수 있다. 현재 서울시의 저수조 용량도 과다하게 설치되고 있기 때문에 저수조의 용량을 축소할 필요가 있다. 축소량은 1일최대사용량의 12시간분의 범위에서 결정하되 소방용수 및 서울시의 상수도 특성도 고려되어야 할 것이다.

3. 소방설비 전용수조와의 혼용 금지

소화용수와 겸용으로 사용하는 경우 소화용수 용량 만큼의 물은 평상시에 그대로 정체되므로 잔류염소의 손실을 가져와 수질에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 [소방기술 기준 등에 관한 규칙] 제5조 4항의 예외 조항을 삭제하여 급수를 위한 저수조와 소화용수 전용수조와의 혼용을 절대 금해야 할 것이다.

4. 주택건축 또는 주민요구시 주변지역의 수압과 환경 데이터 제공

저수조 설치를 완화하고, 수도관련 서비스를 향상시키기 위해 수도사업소에서는 건물 신축시 주변지역의 수압과 환경 데이터를 제공하도록 하여야 한다. 이러한 자료를 바탕으로 건축주는 저수조를 설치하지 아니할 수 있고, 직결급수를 실시할 수 있을 것이다. 특히 5층 이하의 건물을 신축할 경우에는 반드시 주변지역의 수도시설 현황을 제공하여, 저수조 등을 설치하지 아니하도록 유도하는 것이 바람직하다.

5. 구조적 개선 방안

합리적인 저수조의 설치를 위해 [수도시설의 청소 및 위생 관리 등에 관한 규칙] 제3조의 별표 1에 저수조 설치기준을 마련하여 이에 따라 저수조를 설치하도록 하고 있으나 이를 제대로 따르지 않고 시공업체에 따라 각각으로 설치하고 있어 여러 가지 문제점이 발생하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 구조적 차원에서의 개선 방안을 살펴보면 다음과 같다.

1) 유입, 유출구 위치

저수조내 수질 악화 요인 중 하나가 체류시간의 증가에 의한 잔류염소 농도의 감소다. 대부분의 저수조 용량이 과다하게 설계되어 있으며, 잘못된 구조로 인한 사수구역(dead zone) 발생으로 체류시간이 더 길어지게 되는 경우가 종종 발생하고 있다.

따라서 유입구와 유출구는 서로 반대편에 설치해야 한다. 유입구는 한쪽 면의 왼쪽 편으로 치우치게 한다면 유출구는 다른 면의 오른쪽으로 치우치게 설계하는 것이다.

2) 맨홀

저수조의 청소 및 유지 관리를 위해 맨홀을 설치하도록 되어 있다. 그러나 이를 통한 오염물질 유입 및 우수 등의 유입 가능성이 제기되고 있다. 따라서 맨홀 설치시 강우시 지표면을 흐르는 표면유출수가 유입되지 않도록 연석 등을 이용하여 지면으로부터 격리하여 설치하는 것이 좋다. 맨홀이 펌프실 상부에 설치되어 있는 경우는 크게 문제가 되지 않겠지만 저수조 수면 바로 위에 맨홀이 설치되어 있는 경우에는 이 점을 특히 염두에 두어야 할 것이다.

3) 내부 구조물

저수조 출입을 위해 설치된 내부 사다리 및 저수조 내부 구조 지지를 위해 설치된 보강재 등의 경우 대부분이 철재로서 저수조 오염의 큰 원인으로 작용하고 있다. 따라서 방식 도장을 하거나 내식성 재질로 교체해야 한다.

4) 콘크리트 도장

콘크리트 저수조의 경우에는 방수를 위해 에폭시 도장을 하게 되는데 수성에폭시 도장의 경우 시간이 지나면 제Ⅲ장에서 제시한 사진과 같이 도장재가 벗겨져 나가 저수조 오염의 한 원인이 된다. 따라서 가능한 한 무용제 유성에폭시 도장을 실시하는 것이 바람직하다.

5) 스테인레스 저수조의 용접

최근 들어 견고하며 내식성이 강한 스테인레스 저수조의 설치가 증가하고 있다. 그러나 대부분의 저수조가 스테인레스 강판을 접합하여 제작한 것으로 용접 부위가 부식되는 문제가 발생하고 있다. 이는 부식에 강하게 하기 위한 크롬 피막이 고온의 용접 열에 의해 파괴되어 이 부분에 산소 등의 부식 원인물질이 침투하게 되기 때문이다. 이러한 문제를 해결하기 위해 최근 용접시 틈새가 발생하지 않도록 하는 방법, 용접 부위를 산으로 세척하는 등의 부식 최소화 용접 기술이 개발되고 있으며, 용접이 필요 없는 볼트 조립식 스테인레스 저수조 등이 개발되고 있다. 앞으로 이러한 방법을 적용하는 것이 좋겠다.

6) 옥상수조

옥상수조는 햇빛을 차단하고 우수가 들어가지 않도록 건축물 내부에 설치하도록 되어 있다. 그러나 대부분 일반주택의 소규모 옥상수조는 이러한 차단 시설이 전혀 설치되어 있지 않다. 물론 서울시에서는 직결급수방식의 도입으로 소규모 저수조는 점차 없애는 방향으로 추진되고 있긴 하지만 현재 차단시설 없이 설치된 옥상수조에 대해 차양막 설치 등의 적절한 조치를 취하도록 홍보하여야 한다.

6. 소규모 건물 저수조의 청소관리 제도화

1) 소규모 건물 저수조의 청소관리 의무화

현행 20세대 미만의 건물에 설치된 저수조는 청소관리의 규정에 포함되지 아니하여 관리의 사각지대에 속하고 있다. 이러한 소규모 건물의 저수조는 청소를 실시하지 아니하여 수질이 악화되는 사례가 빈번하므로 청소를 의무적으로 실시하도록 제도화하여야 한다. 다만 구조적인 문제(출입구가 작아 청소하지 못하는 경우)로 인하여 청소를 실시할 수 없을 경우 건물주에게 개선명령 등을 내릴 수 있도록 제도화하는 방안이 필요하다. 그리고 소규모 건물의 저수조는 수요가 주민들 스스로가 주기적으로 청소할 수 있도록 홍보하여야 한다.

2) 소규모 건물 저수조의 DB 구축 관리

소규모 건물 저수조의 경우 청소를 실시하지 않은 유형을 조사하여 DB화하여 유형별 개선방안을 마련해야 한다. 소규모 건물 저수조의 DB를 구축하여, 저수조의 구조, 수요가 형태 등에 의해 나타날 수 있는 수질오염을 관리할 수 있도록 한다. 저수조 재질 및 용량, 저수조 출입형태, 설치 위치, 급수 세대수 등의 자료를 조사·수집하여 직결급수가 가능한 곳은 직결급수를 적극 권장하고 나머지는 특성을 크게 몇 개로 분류하여 각각의 특성에 맞는 관리 방법을 제시하는데 활용할 수 있도록 한다.

3) 소규모 건물 저수조의 개량

소규모 건물의 저수조가 대부분 출입구가 작거나, 저수조의 관리를 위한 구조적 단점을 가지고 있는 경우가 대부분이므로 이들 소규모 건물의 저수조를 없애고, 가능한 직결급수를 도입할 수 있도록 하여야 한다. 이 경우 구조 개선 자금을 지원하거나 수돗물 사용료를 면제하는 인센티브를 제공하도록 한다.

7. 저수조의 오염원인 사항

이 연구의 제Ⅲ장에서 저수조에 설치된 통기관을 통한 오염물질 유입이 확인되었으며 우수 등의 유입 가능성도 배제할 수 없다.

따라서 통기관은 차량이 지나가는 길이나 주차장 옆에는 설치를 피하는 것이 좋으며, 부득이하게 설치할 수밖에 없는 상황이라면 통기관의 끝부분(공기의 출입구)을 주차장이나 도로의 반대편 쪽으로 설치하도록 한다. 또한 빗물이나 토양 입자의 유입 방지를 위해 통기관을 지상으로부터 약 50cm 이상 높게 설치하는 것이 좋을 것이다. 벌레 등의 유입을 막기 위해 통기관의 끝부분에 설치하는 망은 현재 대부분 공극이 5mm 이상으로 아주 작은 벌레의 유입이 가능하므로 보다 더 조밀한 망을 설치하는 것이 바람직하다. 특히 오래된 저수조의 경우 통기관에 여과장치를 설치하는 등 미세 고형물질 유입 방지에 필요한 장치의 설치가 필요하다.

제4절 옥내급수관 관리 방안

1. 옥내급수관의 정의 규정

현재 옥내급수관을 정의하는 규정이 없으므로 옥내급수관을 보다 명확히 할 필요가 있다. 따라서 수도법 제3조 22에 「급수장치라 함은 수도사업자가 일반의 수요자에게 원수 또는 정수를 공급하기 위하여 설치한 배수관으로부터 분기하여 설치된 급수관·계량기·저수조·**옥내급수관**·수도전 기타의 급수에 관련된 기구를 말한다.」와 같이 옥내급수관을 포함하여 정의하도록 한다.

2. 옥내급수관의 모니터링과 세척·갱생 제도화

1) 옥내급수관의 모니터링과 세척·갱생 의무화

옥내급수관의 부식 등으로 발생하는 수도물의 오염현상을 방지하기 위해서는 아래 표와 같이 수도법 제21조에 항을 추가하여 20세대 이상의 공동주택의 경우 옥내급수관 모니터링 및 세척·갱생을 의무화하고, 세부적인 사항은 당해 시·도의 조례로 정하도록 한다.

구 분	현 행	개 정 안
수도법 제21조에 항 추가	없음.	옥내급수관은 일정기간이 경과한 경우 모니터링과 세척을 실시하여야 하고, 이에 관한 세부사항은 당해 시·도의 조례로 정한다.

제IV장의 전문가 설문조사에서 분석된 내용처럼 10년 이상된 옥내급수관은 2~3년을 주기로 급수관 모니터링을 실시하여야 하고, 모니터링의 결과 부식이 심할 경우 세척·갱생을 실시하도록 하여야 한다. 급수관 모니터링 방법과 세척·갱생 방법이 구체적으로 제시되지는 아니하였으나 내시경검사, 초음파 검사 등의 주민들이 이해할 수 있는 방법이 마련되어야 한다. 또한 현재 공동주택의 경우 특별수선부담금을 사용하거나 이에 일정액을 적립하면 주민들에게 큰 부담을 주지 않고 실시할 수 있을 것이다. 그리고 세척·갱생을 실시할 수 있는 업자의 시설기준을 잘 설정할 필요가 있다.

2) 옥내급수관의 모니터링과 세척·교체 공법 정립

국내에 소개되어 있는 여러 노후급수관 세척 방법들에 대해 관종별, 경년별 세척 효과에 대한 연구를 시행하여 이에 대한 가이드라인을 제시하여야 한다. 또한 관 내시경 검사나 초음파 검사와 같은 급수관 모니터링 방법에 대해서도 보다 정확도가 높은 검사 방법을 찾기 위한 연구 개발 및 지원이 있어야 할 것이다.

관 세척 방법으로는 초고압세정공법, 충격초음파공법 등 세척 공법의 개발·정립이 필요하다. 또한 주택에서 가장 쉽게 노후화되는 옥내급수관을 쉽게 리모델링할 수 있

도록 하거나 누수 또는 관 상태를 확인할 수 있는 점검구를 설치하도록 하는 방안이 모색되어야 한다. 관 교체에 있어서는 최대한 건물에 손상을 주지 않고 경제적으로 교체하는 방법을 모색해야 할 것이다.

3. 옥내급수관의 재질에 관한 사항

전문가 설문조사에서 옥내급수관으로 적절하다고 생각되는 관종을 선택하라는 문항에 대하여 전체의 55.6%가 스테인레스관을 선택하였으며, 그 다음으로 17.8%가 PVC관을 선택하였다. 이는 대부분의 상수도 관련 전문가들이 급수관 재질 선정시 관의 내식성에 가장 염두를 두고 있음을 의미하는 것으로, 앞으로 건물을 신축하거나 리모델링에 의해 관을 교체하고자 할 경우 내식성이 강한 스테인레스관을 주로 사용하도록 하고 보다 내식성이 강하면서 경제적인 신소재의 개발도 장려해야 할 것이다.

第Ⅵ章 결론 및 정책건의

제 1 절 연구결과 요약

제 2 절 정책건의

제Ⅵ장 결론 및 정책건의

상수도관은 일반적으로 송·배·급수관과 옥내 급수관으로 구분되고 있으며, 특히 옥내 급수관은 수요자(시민)가 수돗물을 사용하기 직전의 급수관으로 수돗물 수질에 최종적인 영향을 미치는 중요한 시설이다. 그러나 옥내급수시설은 사유시설물로 수요자인 가정의 개별 소유자가 관리하도록 되어 있기 때문에 체계적이고 전문적인 관리가 부족하다.

옥내급수관 및 옥상·지하저수조와 같은 옥내급수시설에서 수질문제가 제기되는 주 원인으로는 건물 내 급수관의 노후화에 따른 2차 오염과 저수조의 유지관리 미비로 나타나는 수질저하 문제를 들 수 있다. 이러한 저수조와 옥내 급수관의 유지관리 미비로 수질 저하 문제가 발생하고 있으나 제도적 관리가 규정되어 있지 않다.

특히 소규모건물의 저수조는 제도적 관리에서 벗어나 있어 수질관리의 사각지대에 머물고 있다. 또한 건물 신축시 저수조용량 축소 또는 설치 폐지 문제도 아직 관련규정이 정비되지 않고 있는 실정이다. 게다가 일단 건물이 지어지고 난 후에는 옥내급수관의 관리가 이루어지지 않아 수돗물 수질관리에서 병목지점으로 지적되고 있다.

따라서 이 연구의 목적은 첫째, 수요가 옥내급수시설의 수질저하 원인을 조사하고, 둘째, 수요가 옥내급수시설의 관리방향을 제시하고, 셋째, 옥내급수시설의 수질 개선방안을 제시하며, 특히 옥내급수시설의 제도적 방안을 제시하는데 있다.

제1절 연구 결과 요약

1. 서울시 저수조와 옥내급수관의 수질 특성

지하저수조의 경우 100톤이하 저수조가 전체의 46%이고, 옥상수조(대부분 100톤 이하임)가 많은 건물에 설치되어 있으며, 구체적인 현황을 알 수 없는 20세대 미만의 소규모 건물의 저수조가 서울시에 산재하고 있다. 이러한 저수조에는 수질 오염 우려가 높다. 저수조 체류시간은 1일~2일 사이가 전체의 44%로 가장 많고, 그 이상의 저수조도 전체의 35%로 나타났다. 이와 같이 체류시간이 길어질수록 수질의 악영

향이 크다. 1994년 이후 사용이 금지된 아연도강관은 아직도 17%정도 사용되고 있는 것으로 보인다.

옥내급수시설의 수질변화 현황을 포함한 수돗물 급수과정별 수질결과를 분석하면 탁도, 트리할로메탄(THMs) 등 주요 수질항목의 평균값은 정수장에서 수도꼭지로 공급되면서 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 잔류염소농도는 그 반대다.

저수조와 옥내급수관 등을 중심으로 수질변화를 살펴보면, 구리와 철의 경우 저수조를 거치는 동안 농도가 약간 증가하였으나, 아연의 경우는 오히려 감소하였다. 저수조 유입부와 수도꼭지수의 수질변화를 살펴보면, 철농도는 약 30% 증가하였으나, 구리와 아연 농도는 이 구간에서 3배 이상 증가하고 있다. 이는 옥내급수관이 동관이나 아연도강관을 사용하는 경우가 많기 때문인 것으로 추정된다.

2. 저수조 외부오염 현황 조사

이 조사에서는 아파트 두 곳(A, B아파트)을 선정하여 저수조의 외부(통기관 등)를 통해 유입되는 오염을 조사하였다. 저수조 내에 직접 여과지를 설치하여 조사한 결과 A아파트의 경우 1주일 후에는 0.7mg, 2주 후 1.1mg, 4주 후 2.1mg의 변화를 나타내어, 평균적으로 하루에 약 0.07mg의 고형물이 유입되는 것으로 나타났다. 저수조 수표면적은 가로 10.85m×세로 45m를 계산하면 488.25m^2 가 되고, 저수조 평균 수심을 2.5m라고 가정하면 물의 부피는 약 $1,220\text{m}^3$ 가 된다. 저수조 체류시간이 보통 2~5일 정도인 점을 감안하면 물 속의 고형물 농도는 0.1~0.3mg/L로 계산된다.

또한 B아파트의 경우에는 여지가 놓여진 위치에 따라 녹물이 떨어진 곳이 있어 시간에 따른 고형물의 축적 정도는 알 수 없었다. 그러나 B아파트의 경우에는 각각 13.1, 46.2mg의 변화가 있어 녹물의 영향이 굉장히 크다는 사실을 알 수 있었다. 즉 저수조 수질관리를 위해서는 내부 구조물에 대한 관리가 중요하다는 것을 알 수 있었다.

이렇게 외부에서 유입되는 오염물질의 양이 비교적 높아 정수장에서 아무리 깨끗하게 처리되어 수요가의 저수조까지 전혀 오염되지 않고 물이 이송된다 할지라도 수요가 내에서 저수조 통기관 등을 통해 유입된 오염물질이 수질에 큰 영향을 끼칠 수 있다는 것을 보여준다. 이 연구에서는 이 오염물질의 성분을 분석하지 못했지만 이 성분에 따라 미생물의 번식에도 영향을 미치리라 생각된다.

3. 급수시설 노후화 사례

1) 저수조 오염 현황

강재저수조의 경우 도장재가 부분 벗겨지고 부식되어 녹이 발생한 것을 볼 수 있으며, 스테인레스 저수조의 경우에는 바닥에 쌓인 오염물질과 내부 보강재의 부식 현황을 볼 수 있다.



<그림> 강재저수조 내부도장재 박리



<그림> 콘크리트저수조 내부 배관 부식

콘크리트 저수조는 벽면에 오염물질이 부착되어 있고 저수조 내 철재 배관들이 심하게 부식되어 있는 것을 볼 수 있었으며, 옥상수조의 경우에는 햇빛을 차단하고 오염물질의 유입을 막기 위한 차폐시설을 제대로 설치하지 않아 녹조가 발생하는 등의 오염이 심각한 것으로 관찰되었다.

2) 옥내급수관 오염 현황

(1) 관내시경 검사 사례

서울시내 한 아파트에서 조사된 아파트 온수, 냉수 배관의 관내시경 검사 결과이다. 1988년도에 입주가 시작된 이 아파트는 옥내급수관의 노후화에 대한 조사 필요성이 인식되어 표본조사하였다.

이 아파트의 경우 옥내급수관으로 아연도강관을 사용하고 있는데, 관내시경 검사 결과 냉수관의 경우 부식이 상당부분 진행되고 있음을 알 수 있다. 그러나 옥내급수관의 사용년수가 14년인 것에 비해 상태가 양호한 것으로 판단되었다. 온수관의 경우는

스케일이 매우 두껍게 형성되어 있긴 하지만 단단하지 않은 연질성분의 스케일이므로 일부 교체 지점을 제외하면 대체적으로 양호한 것으로 판단되었다.

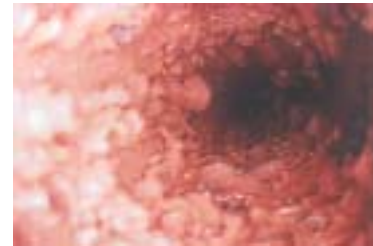


(2) 통수년수별 노후도

아파트의 공동구역 공급관과 세대 내 공급관의 부식 상태 및 스케일이 형성된 모습을 건물의 통수년수 별로 구별하기 위해 제시한 것이다.

물론 관을 통과하는 수돗물의 수질과 관의 재질 그리고 제반 환경조건에 따라 부식 및 스케일 형성 정도가 다르겠지만, 통수년수가 길어질수록 부식이 심각하여 25년 된 관의 상태를 보면 물이 통과하기 힘들 정도로 내부 스케일이 많이 형성되어 있고, 관의 손상이 심하여 수질에 많은 영향을 준 것으로 보인다.

<그림> 냉수관 내시경 사진



<그림> 온수관 내시경 사진



<그림> 공동구역 입상관(통수년수 11년)



<그림> 세대내 급수관(통수년수 13년)



<그림> 세대내 급수관(통수년수 22년)



<그림> 공동구역 급수관(통수년수 25년)

4. 전문가 설문조사

수요가 옥내급수시설에 대해 전문가 설문조사를 실시하여, 수질개선 방안을 제시하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

- 저수조의 경우, 현재 공동주택 건설시 지하저수조 용량을 세대당 1.5m³으로 규정한 것은 용량을 과다하게 설정한 것이며, 현재 규정된 저수조의 긴 체류시간으로 인한 잔류염소의 부족이 저수조 용량을 축소하는 요인으로 제시되었다.
- 저수조 청소의무화 대상도 현재 6개월마다 1회 이상 청소하도록 의무화하고 있으나, 대상을 확대하여 소규모 건물의 저수조도 청소를 강화해야 한다.
- 신축 건물의 경우 저수조 설치를 의무시설에서 임의시설로 개정하여야 한다. 특히 현재 서울시는 기존 건물에 저수조가 많이 설치되어 있고, 배수지 용량도 계획대로 확충하고 있으므로 신축건물의 저수조 설치를 임의시설로 하여도 큰 영향은 없을 것으로 판단된다.
- 옥내급수관의 재질은 관의 내식성을 고려하여 선택하여야 하며, 가장 적합하다고 전문가들이 제시된 관종은 스테인레스관이었다.
- 옥내급수관에서 수질관리를 위한 모니터링 방안을 보면 정기적인 모니터링 실시가 필요하며, 모니터링 방안은 기존의 수질 검사 방안을 지속하면서, 관내시경 검사, 초음파 검사 등을 함께 실시하는 것이 바람직할 것으로 분석되었다. 모니터링을 한 후 그 결과를 수요가에게 제공해 주고, 이상이 발견될 경우 정밀진단을 실시하는 방안이 제도화되어야 한다.

제2절 정책건의

1. 저수조 관리의 개선 방안

1) 저수조 설치를 임의 규정으로 제도적 정비

현재 저수조 설치의 의무화로 인해 거의 모든 건물에 저수조가 설치되어 있다. 그러나 저수조의 설치를 임의시설로 개정하여도 기존 저수조의 용량과 사용 가능한 저수

용량(배수지용량 포함)이 있기 때문에 용량 부족이라는 커다란 부작용은 없을 것이라 판단된다. 또한 저수조 설치규정을 완화하여도 건축주가 수도물의 사용시 불편을 없애려고 저수조를 가능한 한 설치하려는 경향이 많을 것으로 판단되므로 저수조 설치의 영향에 대한 홍보를 강화하여야 할 것이다.

저수조 설치를 임의규정으로 개정하기 위해서는 주축법이 개정되어야 할 것이다. 주축법에서는 저수조 설치 의무조항을 아래 표와 같이 지방자치단체의 조례로 위임하는 것이 필요하다. 그리고 장기적으로는 5층이하의 건물 신축시 직결급수의 도입을 의무화할 필요성도 있다.

구 분	현 행	개 정 안
주택건설 기준등에 관한 규정 제35조 (비상급수 시설)	① 공동주택을 건설하는 주택단지에는 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물의 수질기준에 적합한 비상용수를 공급할 수 있는 지하양수시설 또는 지하저수조시설을 설치하여야 한다.	① 공동주택을 건설하는 주택단지에는 먹는물관리법 제5조의 규정에 의한 먹는물의 수질기준에 적합한 비상용수를 공급할 수 있는 지하양수시설 또는 지하저수조시설을 <u>설치할 수 있으며, 그 세부 사항은 당해 시·도의 조례로 정한다.</u>

2) 대형저수조의 용량 축소 규정

대규모 공동주택의 저수조는 현재 체류시간이 1일 이상인 비율이 79%를 차지하고 있다. 이것은 일본 주요 도시들의 저수조 용량 기준이 1일 사용량의 12시간분(0.5일분)인 것을 고려하면 용량 과다로 볼 수 있다. 현재 서울시의 저수조 용량도 과다하게 설치되고 있기 때문에 저수조의 용량을 축소할 필요가 있다. 축소량은 1일최대사용량의 12시간분의 범위에서 결정하되 소방용수 및 서울시의 상수도 특성도 고려되어야 할 것이다.

3) 소방설비 전용수조와의 혼용 금지

소화용수와 겸용으로 사용하는 경우 소화용수 용량 만큼의 물은 평상시에 그대로 정체되므로 잔류염소의 손실을 가져와 수질에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 [소방기술 기준 등에 관한 규칙] 제5조 4항의 예외 조항을 삭제하여 급수를 위한 저수조와 소화용수 전용수조와의 혼용을 절대 금해야 할 것이다.

4) 주택건축 또는 주민요구시 주변지역의 수압과 환경 데이터 제공

저수조 설치를 완화하고, 수도관련 서비스를 향상시키기 위해 수도사업소에서는 건물 신축시 주변지역의 수압과 환경 데이터를 제공하도록 하여야 한다. 이러한 자료를 바탕으로 건축주는 저수조를 설치하지 아니할 수 있고, 직결급수를 실시할 수 있을 것이다. 특히 5층 이하의 건물을 신축할 경우에는 반드시 주변지역의 수도시설 현황을 제공하여, 저수조 등을 설치하지 아니하도록 유도하는 것이 바람직하다.

5) 구조적 개선 방안

(1) 유입, 유출구 위치

저수조내 수질 악화 요인 중 하나가 체류시간의 증가 원인이 되는 사수구역(dead zone)의 발생이다. 이에 대한 대책 중의 하나로 유입구와 유출구를 서로 반대편에 설치해야 한다. 즉 유입구는 한쪽 면의 왼쪽 편으로 치우치게 한다면 유출구는 다른 면의 오른쪽으로 치우치게 설계하는 것이다.

(2) 맨홀

저수조의 청소 및 유지 관리를 위해 설치된 맨홀을 통해 오염물질 및 우수 등이 유입될 수 있다. 따라서 맨홀 설치시 강우시 지표면을 흐르는 표면유출수가 유입되지 않도록 연석 등을 이용하여 지면으로부터 격리하여 설치하는 것이 좋다.

(3) 내부 구조물

저수조 출입을 위해 설치된 내부 사다리 및 저수조 내부 구조 지지를 위해 설치된 보강재 등의 경우 대부분이 철재로서 저수조 오염의 큰 원인으로 작용하고 있다. 따라서 방식 도장을 하거나 내식성 재질로 교체해야 한다.

(4) 콘크리트 도장

콘크리트 저수조의 경우에는 방수를 위해 에폭시 도장을 하게 되는데 수성에폭시 도장의 경우 시간이 지나면 도장재가 벗겨져 나가 저수조 오염의 한 원인이 된다. 따

라서 가능한 한 무용제 유성에폭시 도장을 실시하는 것이 바람직하다.

(5) 스테인레스 저수조의 용접

대부분의 저수조가 스테인레스 강판을 접합하여 제작한 것으로 용접 부위가 부식되는 문제가 발생하고 있다. 이를 해결하기 위해 최근 용접시 틈새가 발생하지 않도록 하는 방법, 용접 부위를 산으로 세척하는 등의 부식 최소화 용접 기술이 개발되고 있으며, 용접이 필요없는 볼트 조립식 스테인레스 저수조 등이 개발되고 있다.

(6) 옥상수조

서울시에서는 직결급수방식의 도입으로 소규모 저수조는 점차 없애는 방향으로 추진되고 있긴 하지만 현재 차단시설 없이 설치된 옥상수조에 대해 차양막 설치 등의 적절한 조치를 취하도록 홍보하여야 한다.

6) 소규모 건물 저수조의 청소관리 제도화

(1) 소규모 건물 저수조의 청소관리 의무화

현행 20세대 미만의 건물에 설치된 저수조는 청소관리의 규정에 포함되지 아니하여 관리의 사각지대에 속하고 있다. 이러한 소규모 건물의 저수조는 청소를 실시하지 아니하여 수질이 악화되는 사례가 빈번하므로 5세대~20세대 미만의 소규모 건물 저수조는 청소를 의무적으로 실시하도록 제도화하여야 한다. 다만 구조적인 문제(출입구가 작아 청소하지 못하는 경우)로 인하여 청소를 실시할 수 없을 경우 건물주에게 개선명령 등을 내릴 수 있도록 제도화하는 방안이 필요하다. 그리고 소규모 건물의 저수조는 수요가 주민들 스스로가 주기적으로 청소할 수 있도록 홍보하여야 한다.

(2) 소규모 건물 저수조의 DB 구축 관리

소규모 건물 저수조의 경우 청소를 실시하지 않은 유형을 조사하여 DB화하여 유형별 개선방안을 마련해야 한다. 소규모 건물 저수조의 DB를 구축하여, 저수조의 구조, 수요가 형태 등에 의해 나타날 수 있는 수질오염을 관리할 수 있도록 한다. 저수조 재질 및 용량, 저수조 출입형태, 설치 위치, 급수 세대수 등의 자료를 조사·수집하여 직

결급수가 가능한 곳은 직결급수를 적극 권장하고 나머지는 특성을 크게 몇 개로 분류하여 각각의 특성에 맞는 관리 방법을 제시하는데 활용할 수 있도록 한다.

(3) 소규모 건물 저수조의 개량

소규모 건물의 저수조가 대부분 출입구가 작거나, 저수조의 관리를 위한 구조적 단점을 가지고 있는 경우가 대부분이므로 이들 소규모 건물의 저수조를 없애고, 가능한 직결급수를 도입할 수 있도록 하여야 한다. 이 경우 구조 개선 자금을 지원하거나 수돗물 사용료를 면제하는 인센티브를 제공하도록 한다.

7) 저수조의 외부오염 관리

통기관을 통한 오염물질 유입이 확인되었으며 우수 등의 유입 가능성도 배제할 수 없다. 따라서 통기관을 통한 외부 오염이 비교적 높게 나타나고 있으므로 통기관의 끝부분에 설치하는 망을 세밀한 망으로 설치하도록 하고, 특히 오래전에 설치된 저수조의 경우 통기관에 여과장치를 설치하는 등 미세한 틈을 밀봉하는 방안이 필요하다.

2. 옥내급수관 관리 방안

1) 옥내급수관의 정의 규정

현재 옥내급수관을 정의하는 규정이 없으므로 옥내급수관을 보다 명확히 할 필요가 있다. 따라서 수도법 제3조 22에 「급수장치라 함은 수도사업자가 일반의 수요자에게 원수 또는 정수를 공급하기 위하여 설치한 배수관으로부터 분기하여 설치된 급수관·계량기·저수조·**옥내급수관**·수도전 기타의 급수에 관련된 기구를 말한다.」와 같이 옥내급수관을 포함하여 정의하도록 한다.

2) 옥내급수관의 모니터링과 세척·갱생 제도화

(1) 옥내급수관의 모니터링과 세척·갱생 의무화

옥내급수관의 부식 등으로 발생하는 수도물의 오염현상을 방지하기 위해서는 아래 표와 같이 수도법 제21조에 항을 추가하여 20세대 이상의 공동주택의 경우 옥내급수관 모니터링 및 세척·갱생을 의무화하고, 세부적인 사항은 당해 시·도의 조례로 정하도록 한다.

구 분	현 행	개 정 안
수도법 제21조에 항 추가	없음.	옥내급수관은 일정기간이 경과한 경우 모니터링과 세척을 실시하여야 하고, 이에 관한 세부사항은 당해 시·도의 조례로 정한다.

또한 10년 이상된 옥내급수관은 2~3년을 주기로 급수관 모니터링을 실시하여야 하고, 모니터링 결과 부식이 심할 경우 세척·갱생을 실시하도록 하여야 한다. 급수관 모니터링 방법과 세척·갱생 방법에 대해 주민들이 이해하기 쉽도록 홍보·지도해야 한다. 또한 현재 공동주택의 경우 특별수선부담금을 사용하거나 이에 일정한액을 적립하면 주민들에게 큰 부담을 주지 않고 실시할 수 있을 것이다. 그리고 세척·갱생을 실시할 수 있는 업자의 시설기준을 잘 설정할 필요가 있다.

(2) 옥내급수관 모니터링 및 세척·교체 공법 정립

국내에 소개되어 있는 여러 노후급수관의 세척 방법들에 대해 관종별, 경년별 세척 효과에 대한 연구를 시행하여 이에 대한 가이드라인을 제시하여야 한다. 또한 관 내시경 검사나 초음파 검사와 같은 급수관 모니터링 방법에 대해서도 보다 정확도가 높은 검사 방법을 찾기 위한 연구 개발 및 지원이 있어야 할 것이다. 관 세척 방법으로는 초고압세정공법, 충격초음파공법 등 세척 공법의 개발·정립이 필요하다. 또한 주택에서 가장 쉽게 노후화되는 옥내급수관을 쉽게 리모델링할 수 있도록 하거나 누수 또는 관 상태를 확인할 수 있는 점검구를 설치하도록 하는 방안이 모색되어야 한다. 관 교체에 있어서는 최대한 건물에 손상을 주지 않고 경제적으로 교체하는 방법을 모색해야 할 것이다.

3) 옥내급수관의 재질에 관한 사항

전문가 설문조사에서 옥내급수관으로 적절하다고 생각되는 관종을 선택하라는 문항에 대하여 전체의 55.6%가 스테인레스관을 선택하였으며, 그 다음으로 17.8%가 PVC관을 선택하였다. 이는 대부분의 상수도 관련 전문가들이 급수관 재질 선정시 관의 내식성에 가장 염두를 두고 있음을 의미하는 것으로, 앞으로 건물을 신축하거나 리모델링에 의해 관을 교체하고자 할 경우 내식성이 강한 스테인레스관을 주로 사용하도록 하고 보다 내식성이 강하면서 경제적인 신소재의 개발도 장려해야 할 것이다.

참 고 문 헌

참고문헌

- 건설교통부, 에너지절약 건물내 노후급수관의 상태진단 및 평가를 위한 안전진단기술개발, 한국건설기술연구원, 2001. 7
- 곽필재 외, 상수도관로의 부식 방지를 위한 수돗물의 침식성 평가, 대한상하수도학회지, 11권 1호, pp. 53~63, 1997
- 구자용, 수질개선을 위한 효율적인 급수시설 관리방안, 서울시립대학교, 1999. 7
- “낡은 상수도관을 병들게 하는 스케일의 정체를 밝힌다”, 배관기술, 169호, pp. 148~155, 2001. 10
- 백춘기, 공동주택의 기계설비 및 배관 부식방지 기법, 대한설비공학회(구 공기조화냉동공학회), Vol. 25, No. 5, pp 373~378)
- 서울시 상수도사업본부, 상수도통계연보, 2002년
- 서울시 수도기술연구소, 저수조 실태조사 및 개선방안연구, 1997
- 서울시 상수도사업본부, 21세기를 대비한 서울의 상수도발전 방안에 관한 연구, 2000. 12
- 안상곤, 음용수용 스테인리스강의 용접기술, 음용수용 스테인리스 기술세미나 자료집, pp. 57~73, 2002. 4. 18
- 이광호, 급·배수관망에서 부식 및 녹물발생의 영향인자에 관한 연구(I), 대한환경공학회지, Vol. 19, No. 7, pp. 949~958, 1997
- 이의호 외, 부식과 방식의 원리, 동화기술, 1999
- 이현동 외, 공기충격파와 세관제를 이용한 노후급수관의 세관에 관한 연구, 한국물환경학회지, 17권 6호, pp. 727~736, 2001. 0)
- 이현동 외, 수돗물의 수질특성이 옥내 급수관의 부식속도에 미치는 영향 평가, 한국물환경학회지, 17권 5호, pp. 627~635, 2001
- 조용모 외, 수돗물 직결공급체계 도입에 관한 연구, 서울시정개발연구원, 1996
- 조용모 외, 효율적인 배수시스템 구축에 관한 연구, 서울시정개발연구원, 1998

최정섭, 서울시에서 사용하는 상수도관의 현황과 개선방안, 배관기술, 169호, pp. 220~223, 2001. 10

한국수도협회, 상수도시설기준, 1998

한국수자원공사, 수도관 개량을 위한 의사결정시스템 개발, 1995. 2

환경부, 수돗물의 2차오염 방지기술, 한국건설기술연구원, 1997. 12

환경부, 수처리제의 기준과 규격 및 표시 기준, 1995.

환경부, 저수조 및 옥내급수관 수질관리 방안, 2002

환경부·환경보전협회, 급수장치 및 저수조의 위생관리, 2001

水道のあらまし, 社団法人 日本水道協會, 1993

小林康彦, 水道管路の破損と機能劣化, 財団法人 水道管路技術センター, 1990

打矢滢二, 山田信亨, 給排水衛生設備の知識, オーム社, 1996

B. Berghult et al, スウェーデン自治體における配水管の腐食防止, 水道協會雜誌, 第 69卷, 第1号, p. 50, 2000

Manual of Individual and Non-Public Water Supply Systems, USEPA, 1991. 5

http://www.daejinpipe.co.kr/viewproduct_4_k.html

<http://www.koreaplastic.or.kr/>

<http://www.kowata.or.kr/link/pipecleaning.html>

<http://www.stainlesssteel.or.kr/>

<http://www.skfrp.co.kr/index-1.html>

<http://www.ststank.co.kr/>

<http://www.stswatertank.co.kr/>

<http://www.sudo04.co.kr/>

부 록

부록 1. 제II장 수요가 옥내 상수도시설 현황 관련 자료

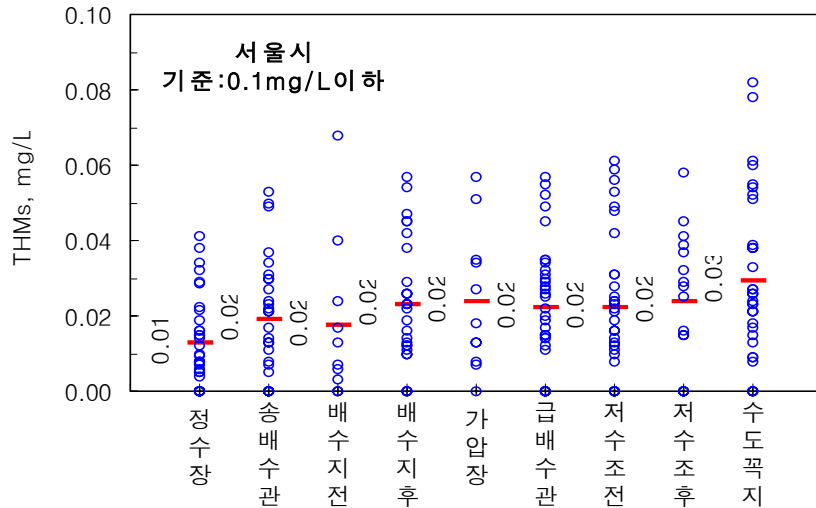
<표 1> 수도용 자재의 국내 규격

구 분	수도용 자재명	
KS 규격	나사식 가단 주철제관 이음쇠	B 1531
	나사식 강관제관 이음쇠	B 1533
	배관용 강판제 막대식용접식관 이음쇠	B 1543
	배관용 탄소강관	D 3507
	수도용 아연도강관	D 3537
	수도용 도복장강관	D 3565
	수도용 도복장강관 이형관	D 3578
	배관용 아크용접 탄소강관	D 3583
	수도용 에폭시 수지 분체 내외면 코팅강관	D 3608
	수도용 폴리에틸렌분체 라이닝 강관	D 3619
	수도용 덕타일 주철이형관	D 4308
	수도용 원심력 덕타일 주철관	D 4311
	수도용 연관	D 6703
	수도용 석면시멘트관의 주철이음 및 주철이형관	F 4412
	수도용 경질염화비닐관	M 3401
	수도용 경질염화비닐 이형관	M 3402
	새마을 간이상수도용 경질염화비닐관	M 3403
	수도용 폴리에틸렌관	M 3408
	수도용 폴리에틸렌관의 이음관	M 3411
KWWA 규격	수도용 스테인레스강관	D 100
	수도용 스테인레스강관 이음쇠	D 101
	수도용 대구경 도복장강관 이형관	D 102
	수도용 도복장강관 특수 이형관	D 103
	수도용 폴리에틸렌관 금속이음관	D 104
	수도용 동관	D 106
	수도용 피복동관	D 107
	수도용 탈T자관 특수 이음쇠	D 108
	수도용 수지코팅 이음쇠	M 120
	수도용 고밀도 폴리에틸렌관	M 130
	수도용 폴리에틸렌관 용창식 대구경 이음관	M 131
	수도용 폴리에틸렌관 플렌지	M 132
	수도용 폴리에틸렌 트랜지션 이음관	M 133
	수도용 중밀도 폴리에틸렌관	M 134
	수도용 중밀도 폴리에틸렌 이음관	M 135
	수도용 내충격 경질염화비닐관	M 136
	수도용 내충격 경질염화비닐관 이음관	M 137

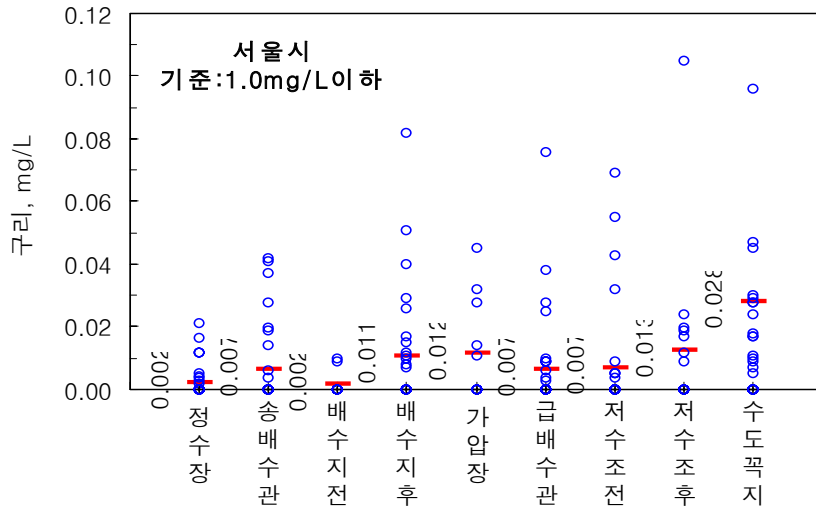
<표 2> 저수조 위생점검 기준(제6조 별 표3)

건축물의 명칭			
소유자(관리자)			
설 치 장 소			
건축물의 용도		공동주택 · 사무실 · 상가 · 학교 · 공장 · 병원 · 여관 · 기타	
위생점검실시일			
조 사 사 항		점 검 기 준	적부 (○ · ×)
1	저수조 주위의 상태	청결하며 쓰레기 · 오물 등이 놓여 있지 않을 것	
		저수조 주위에 고인물 · 용수 등이 없을 것	
2	저수조 본체의 상태	균열 또는 누수되는 부분이 없을 것	
		출입구나 접합부의 틈으로 빗물 등이 들어가지 아니할 것	
		유출관 · 배수관등의 접합부분은 고정되고 방수 · 밀폐되어 있을 것	
3	저수조 윗부분의 상태	저수조의 윗부분에는 물을 오염시킬 우려가 있는 설비나 기기 등이 놓여 있지 아니할 것	
		저수조의 상부는 물이 고이지 아니하여야 하고 먼지 등의 위생 에 유해한 것이 쌓이지 아니할 것	
4	저수조안의 상태	오물, 붉은 녹등의 침식물, 저수조 내벽 및 내부구조물의 오염 또는 도장의 떨어짐 등이 없을 것	
		수중 및 수면에 부유물질이 없을 것	
		외벽도장이 벗겨져 빛이 투과하는 상태로 되어 있지 아니할 것	
5	맨홀의 상태	뚜껑을 통하여 먼지 기타 위생에 유해한 부유물질이 들어갈 수 없는 구조일 것	
		점검을 하는 자 외의 자기 용이하게 개폐할 수 있도록 잠금장치 가 안전할 것	
6	월류관 · 통 기관의 상태	관의 끝부분으로부터 먼지 기타 위생에 유해한 물질이 들어갈 수 없을 것	
		관의 끝부분으로부터 훼손되지 아니하고 망눈의 크기는 작은 동 물 등의 침입을 막을 수 있을 것	
7	냄새	물에 불쾌한 냄새가 나지 아니할 것	
8	맛	물에 이상한 맛이 인지되지 아니할 것	
9	색도	물에 이상한 색이 나타나지 아니할 것	
10	탁도	물에 이상한 탁함이 나타나지 아니할 것	

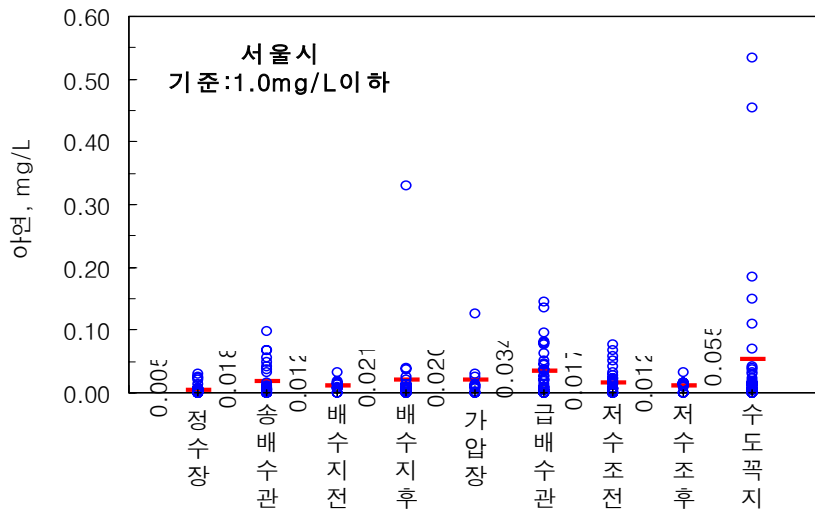
부록 2. '제Ⅳ장 옥내급수시설의 수질오염 원인 분석과 시설 노후화 사례' 관련 자료(2001년)



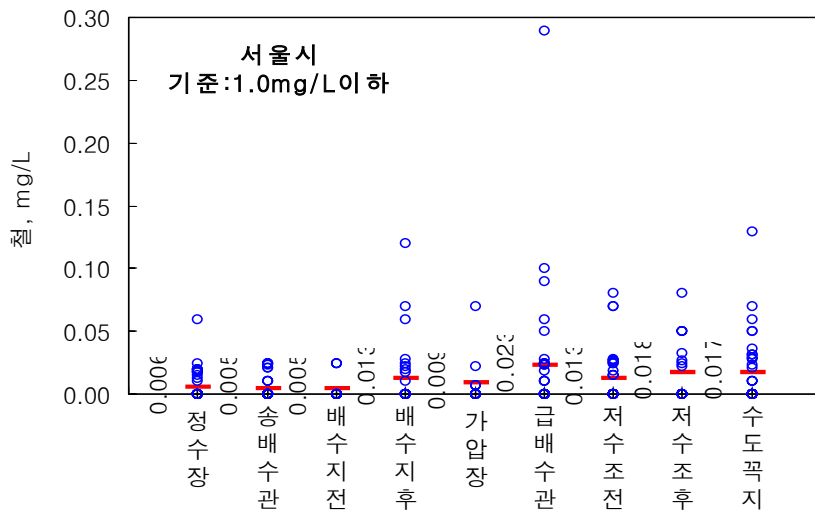
<그림 1> 급수과정별 THMs농도 변화 (서울시 전체)



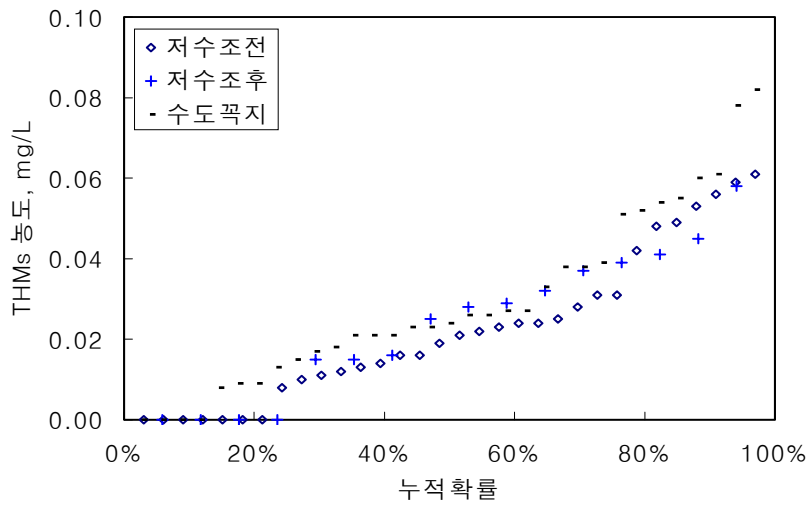
<그림 2> 급수과정별 구리농도 변화 (서울시 전체)



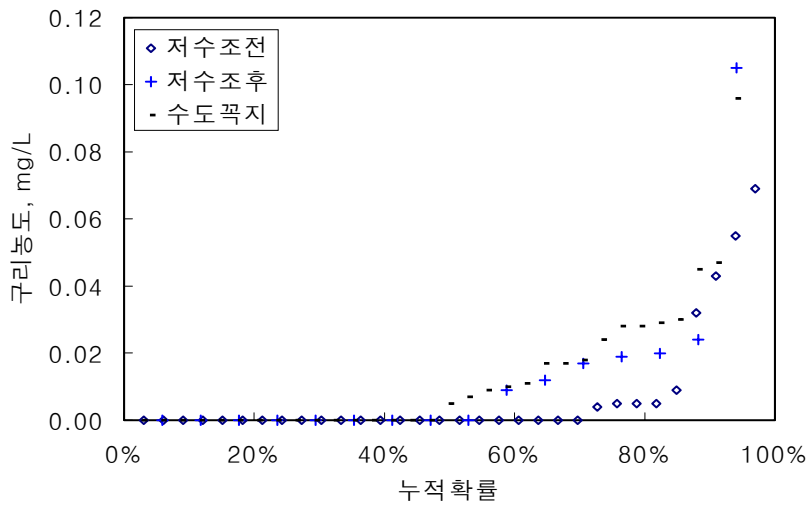
<그림 3> 급수과정별 아연농도 변화 (서울시 전체)



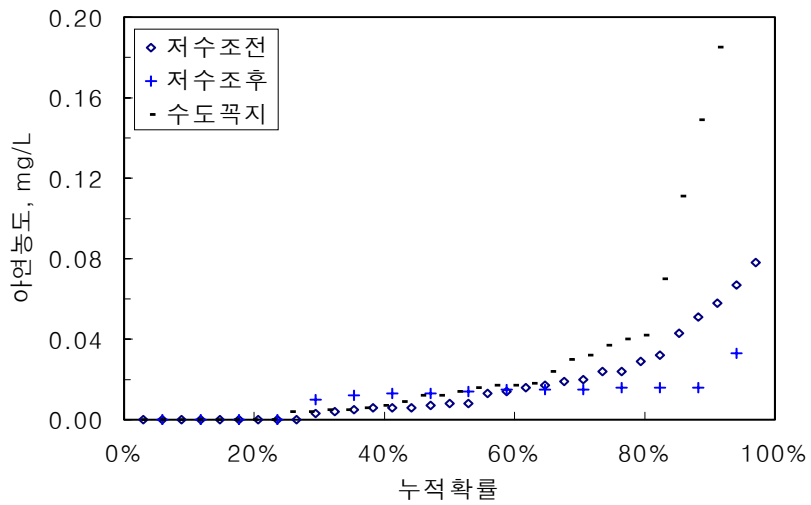
<그림 4> 급수과정별 철농도 변화 (서울시 전체)



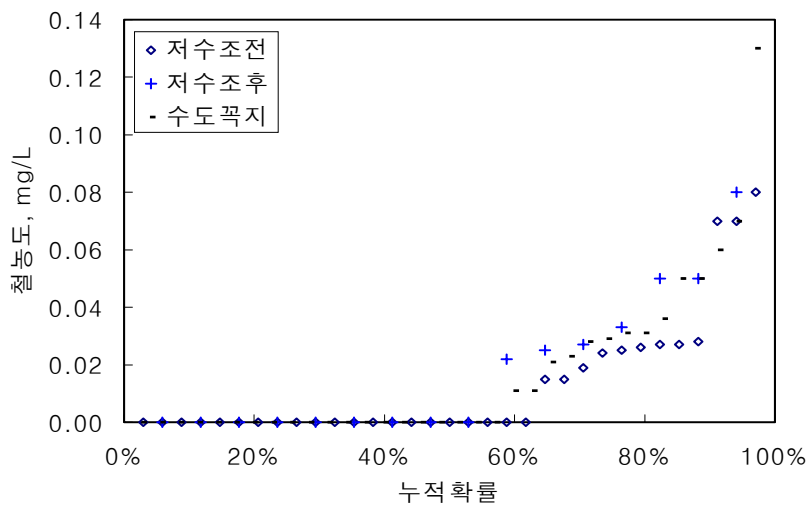
<그림 5> 급수과정별 THMs농도 분포(서울시 전체)



<그림 6> 급수과정별 구리농도 분포(서울시 전체)



<그림 7> 급수과정별 아연농도 분포(서울시 전체)



<그림 8> 급수과정별 철농도 분포(서울시 전체)

<표 1> 정수장 수계별 급수과정 중 배수거리

수계	급수과정	측정지점		배수거리
강북정수장	정 수 배수지 배수관1 배수관2 저수조	경기도 남양주시 삼패동 432	강북정수장	
		노원구 공릉동 산 222-1	공릉배수지	13.9
		노원구 하계1동 508	등니무공원	16.2
		노원구 상계7동 7단지상가	상가	18.0
		노원구 상계1동 1256	은빛아파트	20.9
광암정수장	정 수 배수관1 배수지 배수관2 저수조	경기도 하남시 광암동 174	광암정수장	
		송파구 오금동 120-30	24시셀프세차	3.0
		송파구 오금동 51(펌프)	오금배수지	4.1
		송파구 오금동 51(마당)	오금배수지	
		송파구 가락2동 193	63베이커리	5.5
구의정수장	정 수 배수관1 배수관2 배수지 가압장 저수조	송파구 문정동 2-5	재활용센터	6.1
		송파구 문정동 145(지하 기계실)	문정시영아파트	
		송파구 문정동 145 아파트상가	문정시영아파트	
		광진구 구의동 산 38	구의정수장(#3,#4)	
		성동구 용답동 118-9	신동일에너지	5.3
뚝도정수장	정 수 배수관1 배수지 배수관2 저수조	동대문구 전농동 644-1	대원약국	6.4
		성북구 돈암동 6-1	주택	10.6
		성북구 종암동 산 2-27	종암가압장	10.6
		성북구 돈암동 74-266	일류타워맨션	11.1
		성북구 돈암동 74-266	일류타워맨션	
보광정수장	정 수 배수관1 배수지 배수관2 저수조	성동구 성수1가동 642	뚝도정수장	
		성동구 금호4가 103-2	금호주유소	1.8
		성동구 금호1가 산 5 (제어실)	대현산고구배수지	3.0
		성동구 금호1가 586-1		
		성동구 응봉동 136	금호흑염소	3.5
신월정수장	정 수 배수지후 배수관1 배수관2 저수조	성동구 응봉동 136	대림아파트	4.3
		성동구 응봉동 136	대림아파트	
		성동구 응봉동 136	대림아파트	
		용산구 한남동 산10-33	보광정수장	
		중구 회현동1가 100-83	주차장	6.2
신월정수장	정 수 배수지후 배수관1 배수관2 저수조	중구 회현동1가 100-84	가정집	7.7
		용산구 후암동	남산배수지	11.8
		용산구 후암동 산 1-2	남산가압장	10.8
		중구 회현동1가 147-23	회현시범아파트	12.3
		중구 회현동1가 147-23	회현시범아파트	
신월정수장	정 수 배수지후 배수관1 배수관2 저수조	강서구 신월동 산 68-3	신월공장	
		강서구 신월동 산68-6	정수장관사	
		강서구 신월5동 28-7	기사식당	2.0
		강서구 외발산동 276-10	낙원가든	4.2
		강서구 외발산동 276-1	으뜸슈퍼	5.2
수도꼭지	수도꼭지	강서구 공항동 250	면허시험장	
		강서구 공항동 50-5	르네상스빌딩	5.2

(다음 페이지에 계속)

<표 1> 계속

수계	급수과정	측정지점		배수거리
암사정수장	정 수	강동구 암사동 산10	암사정수장(#1, #2)	
	배수관1	강동구 암사2동 637-4	한강관리사업소	2.7
	배수지	광진구 구의동 산 10	아차산배수지	6.2
		광진구 구의2동 57-62	SK삼일주유소	
	배수관2	광진구 중곡2동 79	신성시장	8.3
	저수조	광진구 중곡3동 592-3	성원슈퍼 간판집	10.5
		광진구 중곡3동 681(1층)	성원아파트	
		광진구 중곡3동 589-1	성수교회	
영등포 정수장	정 수	영등포구 양화동 1	영등포정수장	
	배수지	양천구 신정3동 산 103-1	신정배수지	
	배수관1	구로구 고척2동 192	제일카정비공업사	8.9
	배수관2	구로구 고척2동 167-32	시공원주유소	
	가압장	구로구 개봉2동 327-23	개봉가압장	10.5
	저수조	구로구 개봉2동 479	진로아파트	10.6
		구로구 개봉2동 479	진로아파트	

부록 3. ‘제Ⅴ장 상수도 전문가 설문조사’ 관련 자료

“수요가 급수시설 수질관리 방안”에 대한 전문가 설문조사

안녕하십니까? 귀하의 무궁한 발전을 기원합니다.

현재 수돗물은 수요자에게 공급되는 최종지점인 옥내급수시설에서 수돗물의 수질에 영향을 미칠 수 있는 여러 요인이 존재하고 있습니다. 예를 들면 옥내급수관, 옥상·지하저수조 등이 그것입니다. 하지만 이들 옥내급수시설은 서울시 관리 대상이 아닌 수요자인 가정에서 사유재산권으로 관리되는 시설이므로 체계적이며, 전문적인 관리가 부족한 실정입니다. 이에 저희 연구원에서는 옥내급수시설의 관리에 대한 정책대안을 제시하는 것을 목적으로 관계 공무원 및 전문가를 대상으로 설문조사를 실시하여 연구에 반영하려고 합니다.

귀하의 적극적인 협조를 부탁드립니다. 감사합니다.

■ 반송일시: 2002. 11. 4 까지

■ 대 상: 상수도 관련 공무원, 관련 기술연구소 연구원, 업계 및 학계 전문가 등

■ 문의사항 연락처: 서울시정개발연구원 도시환경연구부

전화: 02-726-1123 / 팩스: 02-726-1110

■ 설문자 관련정보

○ 나이

① 20~29 () ② 30~39 () ③ 40~49 () ④ 50~59 () ⑤ 60~69 ()

○ 학력

① 학사 () ② 석사 () ③ 박사수료 () ④ 박사 ()

○ 관련분야 경력

① 1년 미만 () ② 1년~3년 () ③ 3년~7년 () ④ 7년~10년 () ⑤ 10년 이상 ()

○ 직종

① 대학원생 () ② 연구원 () ③ 교수 () ④ 기업체 () ⑤ 공무원 () ⑥ 기타 ()

※ 설문항목에 따른 응답결과를 해당 보기의 오른쪽 괄호 () 속에 ‘○’표 하여 주시고, 보기에 없는 기타 의견이 있으시면 기타 란에 써 주십시오.

1. 수돗물이 생산되어 수요자가 이용하기까지의 과정은 다음 보기와 같이 크게 4단계로 나누어 볼 수 있습니다. 수질관리 측면에서 볼 때 귀하가 생각하는 중요도를 전체 합이 100이 되도록 하여 점수를 매겨주십시오.

(단, 추가되어야 할 부분이 있다고 생각되시면 기타 란에 항목을 적으시고 기타사항을 포함하여 위와 같이 총합이 100이 되도록 해 주십시오.)

- ① 상수원 관리 ()
- ② 정수처리 ()
- ③ 수요가까지의 배급수 ()
- ④ 수요가 내에서의 시설관리 ()
- ⑤ 기타 () ()

2. 현재 수도법 3조에 "급수장치"라 함은 「수도사업자가 일반의 수요자에게 원수 또는 정수를 공급하기 위하여 설치한 배수관으로 분기한 급수관, 계량기, 저수조, 수도전, 기타의 급수에 관련된 기구」로 정의되어 있습니다. 이 사항에 "옥내급수관"을 명확히 포함시켜 유지관리에 대한 규정을 구체적으로 제시해야 하는 것에 대한 의견은 어떠십니까?

- ① 당연히 명확히 규정해야 유지관리가 될 것이다. ()
- ② 법령에 넣을 필요는 없다. ()
- ③ 모르겠다. ()
- ④ 기 타 ()

3. 현재 공동주택을 건설하는 주택단지에서는 지하저수조 용량을 세대당 1.5m³ 이상으로 규정하고 있습니다. 아래의 표를 참조로 하여 이 수치에 대해 귀하의 의견은 어떻습니까? (아래 자료 참조)

- ① 세대당으로 규정하는 것보다 저수조 내 체류시간을 바탕으로 12시간 이내의 체류시간을 갖도록 하여야 한다. ()
- ② 세대당 1.5m³은 과다한 수치이다. ()
- ③ 아래의 자료로 판단할 수 없다. ()
- ④ 기 타 ()

①비상용수적 측면

- 비상급수적 측면 : 1인 1일 3L 정도, 20일분
- 저수조 의무용량 : 1인1일 400L 정도임(1.5m^3 /세대)

※ 저수조용량이 약 7배 이상 과다 용량임.

②배수지 용량 개념

- 배수지 용량 : 120L/인, 급수량의 8시간분($360\text{L}/\text{인} \cdot \text{일} \times 1/3\text{일}$)
- 저수조 의무용량 : 1인1일 400L 정도임(1.5m^3 /세대)

※ 저수조용량이 약 3배이상 과다 용량임.

※ 현재 서울시 배수지용량도 8시간정도 확보된 상태임.

③체류시간 측면

- 국내 저수조 실태 조사: 79%가 1일 이상의 체류시간을 보임
(2일 이상도 30%이상).
- 일본의 경우 1일평균사용량의 12시간 정도로 저수조 용량을 규정함.

4. 현재 연면적 5천㎡이상인 건축물 또는 시설은 6개월마다 1회이상 저수조 청소 및 매달 저수조위생점검을 하도록 되어있습니다. 저수조 청소의무화 대상이 적절하다고 생각하십니까?

- ① 그렇다. ()
- ② 모든 저수조를 청소의무화 해야 한다. ()
- ③ 모든 저수조는 아니더라도 대상 건축물을 확대해야 한다. ()
- ④ 저수조 청소로 해결될 문제가 아니다. ()
- ⑤ 기 타 ()

5. 위의 질문에 ④번으로 답하신 경우, 그 대안은 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 직결급수의 확대 ()
- ② 적절한 저수조 용량 및 구조 설계, 재질 선택 ()
- ③ 방청제 사용 ()
- ④ 기 타 ()

6. 현재 제도적 관리 범위에서 벗어나 있는 수요가 소규모 저수조에 대한 다음의 관리방안 중 타당하다고 생각되는 것은?

- ① 점차 소규모 저수조는 없애는 방향으로 나아가야 한다. ()
- ② 모든 저수조는 주기적인(예: 연1~2회) 청소를 의무적으로 해야 한다. ()
- ③ 소규모 저수조 점검기준을 만들어 관련 공무원들이 정기 점검해야 한다. ()
- ④ 소규모 저수조까지 관리할 수는 없다.(현재와 같이 자율에 맡긴다) ()
- ⑤ 기 타 ()

7. 신축 건물의 저수조 설치에 대한 의무화를 폐지하자는 의견에 대해 귀하는 찬성하십니까?

- ① 적극 찬성한다. ()
- ② 찬성한다. ()
- ③ 반대한다. ()
- ④ 적극 반대한다. ()
- ⑤ 모르겠다. ()

8. 옥내 급수관의 설계 및 시공에서 개선되어야 할 부분이라고 생각되는 것은?

- ① 재료의 수명에 따라 언젠가는 교체해야 하므로 배관교체가 용이하도록 벽체에 매설하지 않는 설계를 해야한다. ()
- ② 누수 및 배관 상태를 확인할 수 있는 점검구 설치를 의무화 해야한다. ()
- ③ 공동관로(공동구)만 매설하지 않는 설계를 하고 개별관로는 벽체내 매설이 어쩔 수 없다. ()
- ④ 모르겠다. ()
- ⑤ 기 타 ()

9. 옥내 급수관의 재질 선정 시 고려해야 할 사항은 보기와 같다. 이들의 중요도를 생각하여 합이 100이 되도록 점수를 매긴다면?

- ① 관의 사용 가능한 기간(관의 내식성) ()
- ② 사용 환경: 수질, 유속, 사용온도, 가동시간, 설치환경 ()
- ③ 시스템의 구성 및 기능: 배관경로, 구역별 배관의 종류, 시스템 기능(급수, 급탕, 난방, 소화) ()

④ 기 타 () ()

10. 위 질문의 대답에 근거하여 옥내배관으로 적절하다고 추천하는 관종은 무엇입니까? (2개 선택)

- ① 수도용 강관 ()
- ② 동 관 ()
- ③ 스테인레스관 ()
- ④ PVC 관 ()
- ⑤ 기 타 () ()

11. 공동주택의 경우 옥내급수관에서의 수질관리를 위한 모니터링 대상은?

- ① 신축건물이라도 정기적으로 모니터링 해야 한다. ()
- ② 5년 이상된 건물 ()
- ③ 10년 이상된 건물 ()
- ④ 20년 이상된 건물 ()
- ⑤ 특별한 이상이 없으면 하지 않아도 된다. ()

12. 일반주택의 경우 옥내급수관에서의 수질관리를 위한 모니터링 대상은?

- ① 신축건물이라도 정기적으로 모니터링 해야 한다. ()
- ② 5년 이상된 건물 ()
- ③ 10년 이상된 건물 ()
- ④ 20년 이상된 건물 ()
- ⑤ 특별한 이상이 없으면 하지 않아도 된다. ()

13. 옥내급수관을 모니터링하기 위한 적절한 방법은 무엇이라고 생각하십니까?

- ① 수질검사 () ② 관내시경 () ③ 기타 ()

14. (12번 질문에 ①로 답하신 경우) 옥내급수관의 수질 모니터링을 위한 수질검사는 어떠한 방식으로?

- ① 현재 수도기술연구소에서 실시하고 있는 수질 모니터링을 계속 유지한다. ()
- ② 수요자가 전화나 인터넷을 통해 신청을 한 경우에만 수질 검사를 실시한다. ()
- ③ 모르겠다. ()
- ④ 기타 ()

* 수도기술연구소에서 실시하고 있는 수질모니터링			
구분	검사주기	검사항목	대상
표본지점	420지점/월	탁도.PH.잔류염소.일반세균 대장균군 등 5항목	서울시 전지역
노 후 관	30지점/월	매월 11항목(5항목 포함) (분기 1회 48항목)	서울시 전지역
급수과정별 모니터링	45지점/월	정 수 : 48항목 배 급 수 : 매월5항목 (분기10항목)	정수장에서 수도꼭지까지 급수과정별 9개소
수질관리 취약예상지점	650지점/월	탁도.PH.잔류염소(3항목) 수질기준 미달(초과)시 일반세균.대장균군 추가검사	학교.공공기관 등을 포함한 다중이용시설 등

15. 옥내급수관 모니터링의 적정 주기는?

- ① 1회/6개월 () ② 1회/1년 () ③ 1회/5년 () ④ 기타 ()

16. 옥내 급수관의 수질 모니터링 결과에 따른 다음의 조치 중 타당한 것이라고 생각되는 것은?

- ① 모니터링 결과를 입주자들에게 공고한다. ()
- ② 공고하고 부적절 시 원인과 대안을 제시한다. ()
- ③ 공고하지 말고 관리사무소에 통보만 한다. ()
- ④ 통보도 하지 말고 연구자료로만 사용한다. ()
- ⑤ 기 타 ()

17. 옥내급수관의 적절한 수질관리 방법이라고 생각하시는 것은 무엇입니까?

- ① 모니터링 결과에 따라 이상이 발견될 시 정밀진단에 의해 세관을 할 것인지 관을 교체할 것인지를 결정한다. ()

- ② 모니터링을 할 필요 없이 주기적으로 청소를 실시한다. ()
- ③ 옥내급수관은 청소할 필요가 없고 어느 정도의 수명이 되면 교체해야 한다. ()
- ④ 옥내급수관은 관리하기가 어렵다. ()
- ⑤ 기타 ()

18. 옥내급수관의 적정 수명(교체시기)는 어느 정도로 보면 좋다고 생각하십니까?

- ① 통수년수 10년 ()
- ② 통수년수 20년 ()
- ③ 통수년수 30년 ()
- ④ 통수년수 30년 이상 ()
- ⑤ 관중에 따라 다를 것이다. ()
- ⑥ 기타 ()

19. 수요가 급수시설에서 방청제 사용에 대한 귀하의 인식은 어떠합니까?

- ① 아직까지는 방청제의 인체 유해성 및 사용방법 등이 명확하지 않으므로 관련연구에 주력해야 한다. ()
- ② 방청제 사용자체는 긍정적이나 국내 수질에 맞는 방청제 개발 및 기술적 문제 해결이 우선시 된다. ()
- ③ 방청제는 인체에 유해하므로 상수도에 주입해서는 안된다. ()
- ④ 정수장에서 방청제를 주입하는 것이 보다 효율적일 것이다. ()
- ⑤ 모르겠다. ()
- ⑥ 기 타 ()

20. 저수조 청소 및 관 갱생 또는 세관에 대한 공법별 표준단가를 법제화하는 것에 대해 귀하의 의견은 어떠합니까?

- ① 법제화하는 것보다 시장의 기능에 맡겨야 한다. ()
- ② 적절한 가격으로 법제화하여 소비자와 업체를 보호해야 한다. ()
- ③ 법제화하는 것보다는 참고자료로 제시하여 소비자의 선택에 도움이 되도록 한다.()
- ④ 기 타 ()

시정연 2002-R-17

수요가 급수시설의 수질관리를 위한 연구

발 행 인 백 용 호

발 행 일 2002년 12월 31일

발 행 처 서울시정개발연구원

100-250 서울시 중구 예장동 산 4-5

전화: (02)726-1104 팩스: (02)726-1110

ISBN 89-8052-272-X-93530

본 출판물의 판권은 서울시정개발연구원에 속합니다.