

— 기술정보 —

## 국내 정수장 고도정수시설의 설계 및 운영상의 문제점과 제언

— Technical Report —

### Critical Reviews for Design and Maintenance of Advanced Water Treatment Facilities in Korea

윤제용<sup>1,\*</sup> · 손진식<sup>2</sup> · 최승일<sup>3</sup> · 문성민<sup>1</sup>

Yoon, Je-Yong<sup>1,\*</sup> · Sohn, Jin-Sik<sup>2</sup> · Choi, Sung-Il<sup>3</sup> · Mun, Sung-Min<sup>1</sup>

1 서울대학교 화학생물공학부

2 국민대학교 건설시스템 공학부

3 고려대학교 환경시스템 공학부

#### 1. 서 론

국내 정수장 고도정수처리시설은 1989년 부산 화명 정수장의 오존시설을 처음으로 하여 1994년 같은 정수장에 입상활성탄이 도입됨으로써 최초 운용하게 되었다. 이후 10여 년 사이에 전국적으로 17개 정수장에 도입되어 국내 정수 생산량의 약 20%를 공급하고 있다(Table 1). 1994년 낙동강 하류지역 정수장 수돗물 오염사건을 계기로 환경부의 계획 하에 추진된 전국적인 고도정수처리 시설 도입은 탄력을 받게 되었다. 90년대 국내 정수장에 고도정수처리 시설의 도입은 응집 침전 여과 공정을 기반으로한 표준식 정수공정에 전적으로 의존하고 있던 국내 정수장 정수 기술의 대변화를 가져왔고 수도 기술 분야 종사자에게 기술적 자부심을 그리고 정수분야 투자와 연구에 활기를 가져 왔다. 그럼에도 불구하고 이러한 고도정수시설 도입 계획은 충분한 도입 근거와 시설운영에 대한 제반 환경이 마련되지 않은 상황에서 수립된 것이어서 당시 전문가들로부터 많은 우려의 목소리가 있었고 이러한 우려가 일부 현실로 나타나기도 하였

다(윤제용 2003; 최승일, 1995; 한무영 & 박중현, 1993).

국내 정수장 고도시설의 원활한 운영을 위해 환경부는 지난 2001년 당시 도입 운영 중인 전국 13 개 고도정수시설 정수장을 대상으로 고도시설의 현황 및 운영 실태를 조사한 바 있다(환경부, 2001). 주요 조사 결과로 대부분의 정수장에서 운영 및 설계상 여러 가지 문제점을 가지고 있으며, 정수장 별로 개선을 위한 많은 노력이 필요함이 언급되었다. 그러나 정수장의 운영주체가 지자체로 이관되어 있어 지자체 여건에 따라 문제점에 대한 인식과 개선 노력에 큰 차이를 보였다.

2004년 환경부에서는 90년 초반부터 시작한 1기 고도정수시설 도입 사업을 마무리하고 고도정수시설 도입이 필요로 되는 다른 정수장들을 위한 중앙정부 입장에서 사업계획을 마련할 목적으로 기존의 고도정수시설 17개 정수장을 대상으로 고도정수시설의 운영 현황 및 실태조사를 실시하였다. 2차 조사연구의 주요 내용으로 기존의 고도정수시설이 안고 있는 설계 및 운영상의 문제점들을 종합적으로 분석하여 기 도입 운영 중인 고도정수시설에 대해서는 개선방안을

\*Corresponding author Tel: +82-2-880-8927, FAX: +82-2-876-8911. E-mail: jejong@snu.ac.kr (Yoon, J.Y.)

**Table 1.** 고도정수시설 설치 정수장 현황

| 정수장 명 | 소재지     | 시설용량(천m <sup>3</sup> /일) | 시설내용        | 준공일      |
|-------|---------|--------------------------|-------------|----------|
| 화명    | 부산광역시   | 600                      | 전·후오존 + 활성탄 | '94. 04  |
| 두류    | 대구광역시   | 310                      | 후오존 + 활성탄   | '97. 04. |
| 매곡    | 대구광역시   | 800                      | 후오존 + 활성탄   | '98. 07. |
| 칠서    | 경남 함안군  | 400                      | 전·후오존 + 활성탄 | '98. 10. |
| 동두천   | 경기 동두천시 | 60                       | 입상활성탄       | '98. 12. |
| 옥룡    | 충남 공주시  | 28                       | 후오존 + 활성탄   | '98. 12. |
| 석동    | 경남 진해시  | 70                       | 전·후오존 + 활성탄 | '99. 03. |
| 회야    | 울산광역시   | 270                      | 후오존 + 활성탄   | '99. 11. |
| 군산 제2 | 전북 군산시  | 38                       | 분말·입상활성탄    | '99. 11. |
| 명장    | 부산광역시   | 277                      | 전·후오존 + 활성탄 | '99. 12. |
| 범어    | 경남 양산시  | 37.5                     | 후오존 + 활성탄   | '99. 12. |
| 원주 제2 | 강원 원주시  | 85                       | 입상활성탄       | '00. 03. |
| 덕산    | 부산광역시   | 1차: 1,055                | 전·후오존 + 활성탄 | '00. 07  |
|       |         | 2차: 500                  |             | '02. 12. |
| 삼계    | 경남 진해시  | 165                      | 전·후오존 + 활성탄 | '01. 04. |
| 웅상    | 경남 양산시  | 55                       | 후오존 + 활성탄   | '01. 12. |
| 천상    | 울산광역시   | 60                       | 후오존 + 활성탄   | '02. 02. |
| 명동    | 경남 김해시  | 210                      | 전·후오존 + 활성탄 | '03. 02. |

제시하고 향후 도입을 추진 중 인 정수장들에 대해선 도입을 위한 가이드라인을 설정하는 것을 포함하였다. 이러한 환경부의 노력은 기존 고도정수시설의 정상화를 위한 좋은 시도일 뿐만 아니라 그간의 고도정수시설의 설계와 운영의 기술적 노하우를 체계화하는 시발점으로 볼 수 있다. 병원성 미생물을 포함하여 먹는 물 수질기준은 더욱 강화되고 있으며 맛냄새에 대한 시민들의 수질개선 요구가 증대함에 따라 더 많은 정수장에서 고도정수시설이 도입될 것으로 예측된다. 특히 환경부 고도정수시설에 관한 정책연구의 내용은 고도정수시설의 전국적인 확산을 앞두고 서울시와 수자원 공사 산하 일부 정수장에 고도정수시설 도입을 준비하는 시점에서 중요성이 더욱 부각된다고 하겠다(윤재용, 2003).

본 글에서는 2004년 환경부에서 수행한 고도정수처리 정책방향에 관한 연구의 일부인 기존 고도정수시설의 설계 및 운영상의 문제점과 대안을 소개하고자 하였다. 보다 상세한 내용은 고도정수시설 정책방향에 관한 환경부 보고서를 참고하기 바란다(윤재용 & 손진식, 2004).

## 2. 연구방법

고도정수시설 운영 현황 조사를 위해 고도정수시

설이 도입되어 운영중인 17개 정수장에 대해 1년간(2002년 9월부터 2003년 8월)의 수질자료, 고도정수시설 및 운영현황에 대한 설문 조사, 각 정수장 기본 및 실시설계보고서와 준공보고서 등 3가지 자료를 수집 분석하여 고도정수시설에 대한 운영실태를 파악하고자 하였다. 이렇게 수집된 자료들은 4회에 걸친 고도정수시설 관련 각계 전문가들의 자문회의를 통해 검토되었다. 고도정수시설 정수장의 기본 및 실시설계 보고서와 준공보고서의 자료를 분석하여 설계상의 문제점을 파악하였으며, 정수장 방문 및 설문조사를 통해 운영상의 문제점을 파악 하였다.

## 3. 고도정수시설의 현황

고도정수시설 설치 정수장 현황을 살펴보면 Table 1에 볼 수 있는 바와 같이 후오존과 활성탄 연계 8개소, 전·후오존과 활성탄 연계 6개소, 활성탄 단독 3개소이다. 특히 상수 원수 수질이 상대적으로 좋지 않은 낙동강수계에 도입된 정수장들은 대부분 오존 + 생물학적 활성탄공정이 도입되었다. 입상활성탄 공정만을 도입한 정수장들은 주로 한강과 금강수계 정수장들이다. 전체 비율로 따져보면 오존 + 생물학적 활성탄공정이 82%(14곳)를 차지하고, 입상활성탄공정만을 도입한 곳은 동두천과 원주 제 2정수장

**Table 2.** 고도정수처리 공정의 설계상 문제점

| 구분        | 문제점   |
|-----------|---|
| 오존<br>공정  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 전·후오존 접촉지에서 오존 누출</li> <li>• 오존 접촉조 위치</li> <li>• 오존생산 용량의 불합리한 산정</li> <li>• 불합리한 오존 접촉조의 설계</li> <li>• 오존공정에 대한 적절한 제어기술 필요</li> <li>• 오존 발생기의 과도한 소음</li> <li>• 오존 시설 구매과정의 불합리성</li> </ul> |
| 활성탄<br>공정 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 활성탄 공정의 설계시 잔류오존 유입수에 대한 고려 미비</li> <li>• 적정 활성탄 공탁체류시간(EBCT) 선정 근거가 미약</li> <li>• 재생을 고려하지 못한 활성탄 조의 설계</li> <li>• 활성탄 재생 설비에 대한 고려 부족</li> <li>• 활성탄 공정의 효율적인 역세척 설계의 미비</li> </ul>          |

으로 2곳이다. 오존 공정은 고도정수시설로 선택적으로 도입되었고 활성탄공정은 모든 정수장에서 선택되었다. 분말활성탄 시설을 설계 당시에 고려해 준공되어 운영중인 정수장은 군산 제2정수장이 유일하다.

#### 4. 고도정수처리 공정의 설계상 문제점

국내 고도정수처리 공정은 거의 대부분 오존과 활성탄 공정으로 구성된다고 볼 수 있다. 고도정수처리 시설의 설계상 문제점을 오존과 활성탄 공정에서 각각 살펴보았다(Table 2).

##### 4.1. 오존 공정

국내 고도정수시설 오존 공정에서 가장 많이 지적된 설계상 문제점은 Table 2에 나타난 7가지로 파악되었다. 각각의 문제점을 좀더 상세히 살펴보면 다음과 같다.

###### 4.1.1. 전·후오존 접촉지에서의 오존 누출

오존 접촉지에서 오존누출은 정수장 근로자의 가장 큰 민원 중의 하나이다. 전·후오존 접촉조에서 미세한 틈으로 오존이 누출되고 있어, 오존냄새가 현장 근무자들의 건강에 지장을 줄 수 있는 문제점이 있다. 이러한 오존 누출은 일부 현장 근무자에게 큰 부담으로 여겨지고 있고 적절한 오존 주입을 기피하는 요인이 되기도 한다.

###### 4.1.2. 오존 접촉조 위치

오존 접촉조 건물의 상층부분을 사무실 및 시설 배

치 등의 활용공간으로 이용하는 경우 오존 접촉조에서 오존누출에 대한 문제를 더욱 악화시킨다. 일부 경우는 지나치게 넓은 공간이 배정되어 에너지 소모가 많은 추가적인 환기시설을 설치해야 경우도 있다.

###### 4.1.3. 오존생산 용량의 불합리한 산정

적정 오존 주입량 산정을 위한 실증연구가 수행되지 않았거나 부적절하게 수행되어 결과 활용도가 낮고 상수원수의 변화추이를 과학적으로 예측하지 못해 오존발생기 용량이 실제 정수장에서 필요로 하는 요구량에 비해 과다하게 설치되어 있는 경우가 있다. 이것은 설비 도입당시 기술과 경험의 부족으로 인하여 많은 정수장에서 오존주입 최대값을 일본의 경험치인 3mg/L로 손쉽게 설정한 데서 기인하였다고 할 수 있다. 이러한 문제는 오존 주입의 목적을 분명하게 인식하지 못하는 정수장 책임자 및 현장 근무자로 인하여 증폭되기도 한다.

###### 4.1.4. 불합리한 오존 접촉조의 설계

활성탄공정 유입수의 잔류 오존을 효과적으로 제어할 수 있는 접촉조의 설계가 부족하다. 후오존 접촉지에서 접촉조의 마지막 후단에 잔류오존이 충분히 소모될 수 있는 체류조가 설계되어 있지 않은 경우가 많다. 이외에도 오존 접촉지의 진출입 구조가 불합리하여 오존 접촉조 내부로 들어갈 수 있는 시설이 고려되어 있지 않아 접촉조내 진출입이 어렵고 필요시 상부의 맨홀을 통해 들어가야 한다. 또한 스크램저관 수로의 배출구가 그대로 외부 맨홀과 연결되어 있어 오존냄새의 유출 우려가 있다.

###### 4.1.5. 오존공정의 적절한 제어기술 필요

오존공정의 적절한 제어를 통한 처리수의 안전성 확보가 시급한 것으로 나타났다. 전오존 공정과 후오존 공정 모두에서 유입수량의 일변화 및 계절에 따른 변화가 반영되고 있지 않아서 유입수량에 대한 오존 주입량의 비가 과다하게 변화하는 것으로 조사되었으며, 이로 인한 오존의 과다주입 가능성과 후속공정인 생물학적 활성탄(BAC) 공정에 대한 악영향 등이 체계적으로 파악되고 있지 못하다. 따라서 수질 및 수량의 변화에 실시간으로 대응하고, 처리수질의 안정성이 확보되며, 자동제어시스템으로의 연계가 가능한 국내 여건에 부합되는 오존제어기술의 개발이 시급한 것으로 판단된다.

#### 4.1.6. 오존 발생기의 과도한 소음

오존 생산 설비 중의 하나인 공기압축기로부터의 소음이 주택가에 피해를 줄 수 있을 정도로 크게 발생하는 경우가 많다.

#### 4.1.7. 오존 시설 구매과정의 불합리성

오존 시설의 경우 오존설비 제조회사에 대한 선정이 설계 단계 이전에 이루어져 관련 설비에 대한 자료가 제공된 후에 공정이나 시설설계가 이루어져야 효율적인 시스템을 구성할 수 있음에도 불구하고, 관련 장비 제조업체 선정이 늦어지는 경우에 적합한 공정을 설계하기에 어려움을 겪는 경우가 있다. 이외에도 오존 시설이 주로 외자재 설비로 구성되어 있어 부품 구입 시 통과절차가 어렵고 장시간 소요되어 긴급부품 조달에 어려움이 있다.

### 4.2. 활성탄 공정

국내 고도정수시설 활성탄 공정에서 가장 많이 지적된 설계상 문제점은 **Table 2**와 같이 5가지로 파악되었다. 각각의 문제점을 좀더 상세히 살펴보면 다음과 같다.

#### 4.2.1. 활성탄 공정의 설계시 잔류오존 유입수에 대한 고려 미비

많은 경우 활성탄 공정 유입수에 잔류오존이 남아 있어 폐쇄된 공간의 경우 오존가스로 인하여 인체 및 기기에 해를 미칠 가능성이 높다.

#### 4.2.2. 적정 활성탄 공탑체류시간(EBCT) 선정의 근거가 미약

활성탄 공정의 최적공정 설계를 위한 많은 pilot plant 실험이 수행되었으나 실험시간의 부족으로 최적의 공정을 설계하기 위한 조건의 도출에 한계가 있었다. 또한 설계과정에서 시간적 촉박함으로 인하여 pilot plant의 결과가 충분히 반영되지 못한 경우도 있었다. 생물활성탄 공정 설계를 표면적으로 의도하기는 하였지만 공탑체류시간의 선정에 충분히 반영되고 있지 못하다.

#### 4.2.3. 활성탄 재생을 고려하지 못한 활성탄 조의 설계

고도정수시설공정의 하나인 생물활성탄에 대한 개념적인 이해가 분명치 않았던 관계로 이를 고려한 설계가 부족하였다.

#### 4.2.4. 활성탄 재생 설비에 대한 고려 부족

활성탄 재생설비의 설계에 대한 경험과 지식이 부족하였으며 단기간내의 설계를 완료하기 위하여 활성탄 재생설비와 활성탄 재생을 위한 활성탄 이송장치 등과 같은 구조물에 대한 고려는 거의 없었다. 또한 재생설비의 도입과 운영에 따른 경제적인 추가 부담, 기술, 방법 등에 대한 고려가 부족하였다.

#### 4.2.5. 활성탄 공정의 효율적인 역세척 설계의 미비

활성탄 역세척의 필요성에 대한 논란이 있었던 관계로 효율적인 역세척 장치의 고려가 설계시에 충분히 반영되지 못했다. 예를 들면 고효율 역세척을 위해 물-공기 동시 역세척기법 또는 공기-물 순차 역세척기법을 적절히 조합할 수 있도록 하는 설계상의 고려가 미비하였다.

### 5. 고도정수처리 공정의 운영상 문제점

#### 5.1. 오존 공정

국내 고도정수시설 오존 공정에서 가장 많이 지적된 운영상 문제점은 전 후 오존공정에서 **Table 3**과 같이 각각 5가지로 파악되었다. 각각의 문제점을 좀더 상세히 살펴보면 다음과 같다.

##### 5.1.1. 전오존 공정

##### 가. 불확실한 전오존처리 효율

대부분의 고도정수시설 정수장에서 전오존 공정의 설치 목적을 개량적으로 제시하지 못하고 있다. 낙동강 수계에 위치하고 있는 정수장의 경우 원수에 존재하는 암모니아성 질소제거나 염소요구량 만족을 위해 전염소 처리공정을 적용하고 있다. 전염소 주입을 전오존 주입으로 대체하려는 부산시의 시도는 아직까지 원수의 조류번성 등의 문제점으로 인해 아직 성공적이지 못하다. 또한 염소가 오존과 반응하여 오존을 소모한다는 사실을 고려할 때 전오존 처리의 효율이 매우 낮게 나타나는 결과를 초래하는 문제점이 있다.

##### 나. 오존주입농도 결정의 불합리성

많은 정수장의 경우 오존주입농도의 결정방식이 실험결과에 의한 것이 아닌 관행적인 운전결과를 바탕으로 한 일정농도의 오존을 지속적으로 주입하고 있다.

##### 다. 유량 변동에 따른 오존 주입 필요

유량의 일반화 및 계절변화가 큰 것으로 조사되었

으나 이에 대한 대응방안 및 고려가 별로 없다.

라. 전오존 접촉지에서 스킴발생

전오존 처리로 인한 접촉시설 내에서 스킴 발생으로 인하여 접촉시설 내에 스케일 발생 및 시설 손상을 초래하는 경우가 지적되었다. 스킴 처리 미흡으로 인하여 후속공정인 응집·침전공정의 처리효율을 떨어뜨리는 결과를 초래한다.

마. 정수장 관리자 및 운전자의 오존시설 운영에 대한 이해 부족

전반적으로 정수장 관리자는 물론 오존시설 운전자들의 전오존 처리의 효과에 대한 이해가 불명확하며, 전오존 공정의 도입목적에 대한 인지도가 낮은 점이 지적되었다.

### 5.1.2. 후오존 공정

가. 후오존공정 효율의 불확실성

나. 오존주입농도의 결정의 불합리성

전오존 공정에서의 문제점과 마찬가지로 오존처리에 따른 효율 및 운전성 평가가 이루어지지 않아서 후오존 공정의 도입을 통한 처리효율성에 대한 검증이 불충분한 것으로 나타났다. 오존주입률에 대한 기초자료 정리가 되어 있지 않다. 유입수질의 변화에 따른 오존주입량 결정이 합리적인 방법으로 이루어지지 않고 있다.

다. 생물활성탄 공정과의 연계 불확실

국내 정수장의 고도정수시설은 오존과 활성탄 공정을 채택하고 있으며 활성탄 공정은 생물활성탄 공정으로 운영할 목적으로 도입되었다. 그러나 생물활성탄의 공정의 목적과 적정 운영에 대한 논란이 존재한다. 대부분의 정수장에서 오존주입이 생물활성탄(BAC) 공정에 미치는 효과에 대한 규명이 불명확하여 현장 종사자가 후오존 공정에서 적정 잔류오존농도의 설정에 대해서 많은 어려움을 호소하고 있었다.

라. 오존소독부산물 평가 자료 미비

대부분 정수장의 경우 새로운 문제점을 파악하려는데 매우 소극적이다. 따라서 지난 10년간의 오존 사용에도 불구하고 몇 곳의 정수장을 제외하고는 정수장별로 오존소독부산물의 생성에 대한 특성 조사자료가 별로 없다. 따라서 오존 주입으로 인하여 발생하는 오존산화부산물질의 생성에 대한 제어방안이 고려되거나 확립되지 않고 있다.

마. 오존의 다양한 기능 활용

Table 3. 고도정수처리 공정의 운영상 문제점

| 구분      | 문제점   |
|---------|---|
| 오존 전 공정 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 불확실한 전오존 처리 효율</li> <li>• 오존주입농도 결정의 불합리성</li> <li>• 유량변동에 따른 오존 주입 필요</li> <li>• 전오존 접촉지에서 스킴발생</li> <li>• 운전자의 오존시설 운영에 대한 이해 부족</li> </ul>  |
| 후 오존    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 후오존공정 효율의 불확실성</li> <li>• 오존주입농도 결정의 불합리성</li> <li>• 생물활성탄 공정과 연계 불확실</li> <li>• 오존소독부산물 평가자료 미비</li> <li>• 오존의 다양한 기능 활용미비</li> </ul>   |
| 활성탄 공정  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 활성탄공정의 활성탄 선정 기준 모호</li> <li>• 역세척주기 결정 방법론 불확실</li> <li>• 활성탄 교체시기 결정방법에 대한 기준 모호</li> <li>• 활성탄 재생 및 재생기술에 대한 인식 부족</li> <li>• 잔류 오존함유수의 활성탄 공정예의 유입</li> <li>• 활성탄 공정 최적화를 위한 체계적인 모니터링 부재</li> </ul> |

오존은 생물활성탄의 전처리로서의 기능, 미량유해물질 제거로서의 기능, 응집보조제로서의 다양한 기능이 개별 정수장의 원수의 특성과 운전조건에 따라 존재할 수 있다. 그러나 이러한 기능들이 대부분 정수장에서 정량화되고 있지 못하다. 특히 정수처리 기준의 도입으로 개별 정수장의 소독 기능을 크게 향상시켜야만 한다. 따라서 고도정수시설공정으로 오존공정을 가지고 있는 정수장은 오존공정이 갖는 소독공정으로서 기능을 적극적으로 활용할 필요가 있다.

## 5.2. 활성탄 공정

국내 고도정수시설 활성탄 공정에서 가장 많이 지적된 운영상 문제점은 Table 3에서와 같이 6가지로 파악되었다. 각각의 문제점을 좀더 상세히 살펴보면 다음과 같다.

### 5.2.1. 활성탄공정의 활성탄 선정 기준 모호

고도정수시설 활성탄공정 효율 분석에서 볼 수 있듯이 정수장에 따라 활성탄공정이 갖는 효율이 갖는 편차가 매우 크다. 실증공정 연구에서 보여준 활성탄공정이 갖는 효율과 크게 차이를 보여주는 경우도 있다. 이러한 이유는 활성탄의 사용 정도와 관련이 있지만 초기 운전에서도 보여진다. 활성탄 선정의 기준이 모호하여 업체들이 기술품질에 따른 활성탄 판매보다는 비기술적 요인에 많이 의존하게 되어 합리적

인 활성탄 구매의 어려움이 많이 보고 되었다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 부산지역 정수장 노력은 다음을 참고하기 바란다.

5.2.2. 역세척주기 결정 방법론 불확실

국내 정수장의 활성탄 공정은 모두 일정한 시기 이후에 역세를 하는 것으로 보고되어 있지만 역세척의 필요성에 대한 문서화된 근거들이 미흡하다. 또한 어떤 일정한 기준을 가지고 역세척을 해야 한다는 운영 가이드 라인도 없는 경우가 많다.

활성탄여과지는 일반적인 모래 여과수를 원수로 받기 때문에 손실수두의 발달이 느릴 수밖에 없다. 만약 손실수두의 발달이 빠르다면 모래여과지가 제거능을 못하는 경우이다. 만약 정상적인 활성탄여과지라면 여과지속시간을 일반적인 여과지(최소한 3일에 한번은 역세척)의 역세척 기준과는 다르게 적용하여 에너지와 물을 절약하고 활성탄 수명을 늘리게 된다.

5.2.3. 활성탄 교체시기 결정방법에 대한 기준 모호

고도정수시설 공정의 활성탄 공정은 비용 절감의 차원에서 활성탄의 교체가 거의 필요 없는 생물활성탄 공정으로 도입되었다. 생물활성탄의 장점이 흡착기능을 위주로 하는 입상활성탄과 달리 활성탄 교체하지 않아도 되거나 교체한다고 하더라도 장기적인 운영 후에 활성탄을 교체하는 것으로 초기 고도정수시설 도입 계획이 이루어졌기 때문에 생물활성탄 공정의 활성탄 교체 여부와 시기에 대한 개별 정수장의 혼란은 매우 컸다. 이러한 혼란은 활성탄 공정의 설계, 운전방법, 역세의 시기 등과 같은 활성탄 공정 설계와 운영에 논란을 가져왔다.

5.2.4. 활성탄 재생 및 재생기술에 대한 인식 부족

일부 정수장은 생물 활성탄 개념을 포기하고 입상 활성탄이 갖는 흡착기능 만을 고려하는 공정운영을 시도하고 있다. 이 경우 일정한 시기를 운영한 활성탄은 교체되어야 한다. 그러나 어떤 수질인자를 기준으로 활성탄 교체를 해야 하는지 불확실하여 현장 근무자들에게 많은 혼란을 가져오고 있다. 부산시 정수장의 경우 활성탄 교체의 시기로 용존 유기물인 TOC 2mg/L와 같은 일정한 기준을 마련한 것으로 알려져 있다.

5.2.5. 잔류 오존함유수의 활성탄 공정에서의 유입

생물활성탄을 운영하고자 하면 활성탄 공정으로 유입되는 물의 잔류오존 농도는 매우 엄격하게 제한되어야 한다. 그럼에도 불구하고 현재 국내의 생물활성탄 공정에 후오존 처리수의 잔류오존이 후속 생물활성탄에 영향을 미치는 경우가 많은 것으로 보고되고 있다.

5.2.6. 활성탄 공정 최적화를 위한 체계적인 모니터링 부재

고도정수시설 정수장에서 활성탄 교체시기 결정에서 중요한 요소인 입상 활성탄공정 효율을 체계적으로 모니터링하고 있는 경우는 많지 않은 것으로 조사되었다.

6. 고도정수시설 설계 및 운영 개선 방안

앞에서 살펴본 바와 같이 적절한 시설 도입을 하는데 있어서 충분한 조사 및 검토기간이 부족하였던 이유로 여러 가지 측면에서 효율적인 시설이 도입되었다고 할 수는 없는 실정이다. 따라서 지금까지 지적된 고도정수시설의 설계와 운영상의 문제점을 보완해 가는 방향으로 기존 고도정수시설 운영을 보다 최적화 할 필요가 있으며 이러한 과정에서 축적되는 기술과 경험을 향후 추진될 2기 고도정수처리 도입 사업에 반영할 필요가 있다. 고도정수시설 운영에 개선하여야 할 주요 방향은 지자체가 갖는 고도정수시설 설계 및 운영 경험의 체계적인 정리 및 활용과 고도정수시설 운영상의 문제점 해결을 위한 연구 투자 및 지원제도 마련을 통해 고도정수시설의 효율성을 높이는 것으로 Table 4과 같이 4가지로 요약된다.

6.1. 지자체가 갖는 고도정수시설 설계 및 운영 경험의 체계적인 정리 및 활용

국내 정수장에서 10여 년이 넘는 고도정수시설 도

Table 4. 고도정수시설 설계 및 운영 개선방안

| 대상       | 개선방안  |
|----------|---|
| 지자체 및 정부 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 지자체가 갖고 있는 고도정수시설 설계 및 운영 경험의 체계적인 정리 및 활용</li> <li>• 고도정수설비 운전의 위탁운영</li> <li>• 오존, 활성탄 전문 운영인력의 체계적인 양성</li> <li>• 고도정수시설 운영상의 문제점 해결을 위한 연구 투자 및 지원제도 마련</li> </ul> |

입 역사가 짧지 않으며 정수장 수 역시 적지 않다. 국내 고도정수시설은 지자체 규모나 관리 인원의 유무에 따라 크게 차이가 보이지만 부산시와 같은 경우 고도정수시설의 운영에 관한 상당한 관리 경험을 축적하였다고 볼 수 있다. 그러나 다른 대부분의 지자체에 속해 있는 고도 정수시설의 경우 그렇지 못한 것이 현실이다.

부산시의 고도정수시설 운영의 경험은 부산 정수장만의 경험과 기술이 아니며 운영에 어려움이 있는 많은 지자체 정수장의 운영과 시설 개선의 중요한 기술적 노하우가 될 수 있다. 그러나 현재 수도 관리 시스템에서는 일부 지자체의 기술적 노하우와 운전 경험이 다른 여타의 지역의 고도정수시설 정수장의 운영에 적극적으로 활용되고 있지 못하다. 이런 지자체의 기술 정보 축적과 소개 및 확산에 소극적인 것은 사소한 문제점이라도 공개하기를 원치 않는 국내 수도관리시스템의 구조적인 문제에 기인한다. 그러나 국내 고도정수시설 분야 발전을 위해 부산시의 고도정수시설 설계 및 운영 경험은 체계적으로 분석되어야 하며 다른 지자체에 소개될 필요가 있다. 부산시 상수도 사업본부에 고도정수시설 운전경험이 많은 인력들은 공정 운영에 어려움이 있는 중소도시 고도시설 운영을 지원함에 있어 적극적으로 활용할 수 있는 제도적 장치를 마련하는 것이 필요하다.

6.2. 오존, 활성탄 전문 운영인력의 체계적인 양성 순환보직을 하고 있는 현행 지자체 수도관리인력 시스템으로는 고도정수시설 운영을 원만하게 하기를 기대하기는 것은 어렵다. 따라서 보다 체계적인 고도정수시설 인력 운영 프로그램을 확보할 필요가 있다. 물론 고도정수시설을 관리 운영하는 전문 인력이 있다고 해서 문제가 모두 해결되는 것은 아니다. 전문 인력의 경우도 대부분 계약직으로 상대적으로 중요한 업무를 수행하고 있지만 이에 상응하는 대우를 받지 못하는 기술 발전에 역행하는 수도 관리시스템을 운영하고 있는 곳이 많다.

### 6.3. 고도정수설비 운전의 위탁운영

부산시와 대구시와 같은 일부 규모가 큰 고도정수 시설 도입 정수장의 경우 고도정수시설 운영 전문 인력을 확보하고 있지만 대부분의 지자체에 속한 정수

장의 경우 그렇지 못하다. 따라서 전문 인력을 확보하지 못한 중소규모 정수장의 경우 고도정수시설 운영은 더욱 어려움에 처해 있다고 볼 수 있다. 따라서 이러한 고도정수시설 운영에 큰 어려움이 있는 정수장의 경우 고도정수시설만이라도 민간회사에 위탁 관리를 하는 특별한 프로그램을 고려할 필요가 있다. 실제적으로는 삼계 정수장의 경우 민간 회사에 오존 시설을 위탁 운영되고 있는 것으로 알려져 있다. 지난 수년간의 위탁 운전 경험의 평가를 토대로 고도시설 위탁 운영에 대한 제도적 장치를 마련할 수 있다.

### 6.4. 고도정수시설 운영상의 문제점 해결을 위한 연구 투자 및 지원제도 마련

기존의 고도정수시설들이 최적화되어 있지 못하고 운영목적도 계량화 되어 있지 못하다는 지적이 많다. 그럼에도 불구하고 많은 지자체 정수장의 경우 재정적인 기반이 취약하여 추가적인 고도정수시설의 평가와 시설 개선을 위한 투자 재원을 확보하는 것이 현실적으로 어렵다. 지금까지의 중앙정부가 수행한 고도정수처리 시설 도입 지원사업은 사업비의 50%를 지자체에 지원해주는 사업으로 지자체의 경우 자신들의 필요성에 대한 정확한 이해 없이 중앙정부의 지원금을 확보하기 위하여 사업 추진에 관심을 가진 경우도 많다.

따라서 고도정수시설 도입 확대를 위한 차기의 정책에서는 먼저 고도정수시설 도입의 필요성을 파악하는 연구 조사사업에 지원금을 지원한 이후에 이를 통한 투자에 대한 필요성을 확인하는 것이 필요하다. 이러한 연구 조사사업은 현재 환경부가 추진 중인 차세대 환경기술개발 사업이나 수처리선진화 사업단의 공공성을 가진 연구 프로그램으로 운영할 필요성이 있다. 공공분야의 기술개발과 축적은 매출액으로 환산되는 것은 아니지만 환경분야의 국책 사업 성과를 가늠할 정도로 중요한 요소이다. 이러한 지자체 지원 정책의 향후 고도정수시설 투자 사업의 효율성을 크게 증대할 수 있을 것으로 기대된다. 고도정수시설의 조사 연구사업은 기존시설의 개선 사업에도 적용할 수 있으며 이러한 사업의 주체로서 지역대학과 연구기관들이 적극적으로 참여하는 방안을 모색할 수 있다.

## 7. 맺음말

고도정수시설에서 핵심이라 할 수 있는 오존공정과 활성탄공정의 설계와 운영에서 시설의 과다설계, 합리적인 운전지침의 부재 등 여러 가지 문제점들이 나타났다. 고도정수시설의 유지관리에 있어서도 유지관리 인원의 전문성 결여로 어려운 여건에 있는 것으로 조사되었다. 안전하고 깨끗한 먹는 물에 대한 요구는 크게 증대되는데 먹는 물 공급기관의 관리시스템의 향상과 인프라개선은 국민들의 요구를 따라가지 못하고 있다. 이에 대한 부작용은 먹는 물에 대한 과도한 생수와 부적절한 정수기에의 의존 등의 문제가 광범위하게 발생하고 있다.

안전하고 깨끗한 먹는 물에 대한 국민적 요구를 지속적으로 만족시키기 위해서 고도정수시설 도입과 같은 수도시설의 고도화 사업은 지속되어야 한다. 앞으로 성공적인 고도정수시설 도입 사업을 추진함에 있어 지난 10년간 20개 정수장에서 수행된 고도정수시설 도입과 운영에서 오는 시행착오와 기술 축적은 매우 귀중한 경험과 자산이 아닐 수 없다. 이러한 기술적 노하우 체계화하는 것은 어떠한 단일 환경기술을 상업화하는 것보다도 가치 있는 것이라는 점은 더 이상 강조될 수 없다.

환경부는 지난 10년간의 1단계 고도정수시설 도입 사업을 마무리하면서 2단계 고도정수시설 도입사업을 계획하고 있다. 또한 서울시는 서울시 정수장의 시설 개선 사업으로 영등포 정수장의 고도정수처리 공정 도입을 검토 중에 있다. 환경부의 2단계 고도정수시설 도입 사업과 서울시 고도정수시설 도입 사업은 지난날의 고도정수시설도입 사업의 시행착오를 최소화하고 축적된 기술과 경험을 합리적으로 반영하는 방향으로 추진되어야 한다. 특히 서울시의 고도정수시설 도입 시도는 한강 수계를 상수원수로 하는 많은 지자체의 정수장과 수자원공사 산하 정수장의 시설개선을 위한 노력을 가속시킬 것으로 생각한다. 이와 더불어 현재 운영에 어려움이 많은 고도정수시설의 운영 최적화를 위해 제도적인 개선과 재정적 지원 그리고 이를 위한 연구개발은 지속적으로 이루어질 필요가 있다.

## 감사의 글

본 연구는 여러 자문위원들(강금배, 강준원, 김동운, 김승현, 김태성, 안효원, 유병순, 오현제, 왕창근, 홍성호)의 진지한 토의와 의견제시가 없었다면 수행될 수 없었음을 밝혀둡니다. 이에 깊은 감사의 뜻을 표하고자 합니다. 또한 이러한 정책과제가 수행될 수 있도록 노력해주신 환경부 담당자분 들에게도 깊은 감사를 드립니다.

## 참고문헌

- 군산시 (1998) 군산 제2정수장 고도정수처리시설 유지관리 지침서.
- 김해시 (1995) 삼계정수장 고도정수처리시설 타당성조사 보고서.
- 대구시 상수도사업본부 (1992) 고도정수처리시설 공사(낙동강 제1, 제2 수원지) 기본 및 실시설계 기본설계 보고서.
- 대구시 상수도사업본부 (1997) 두류정수장 고도정수처리 시설공사 준공보고서.
- 대구시 상수도사업본부 (1998) 낙동강 제2수원지 고도정수처리시설 준공보고서.
- 동두천시 (1996) 동두천시 고도정수처리시설 기본 및 실시설계 보고서.
- 동두천시 (1995) 상수도확장 및 고도정수처리시설 기본 및 실시설계 보고서.
- 마산시 (1998) 칠서정수장 고도정수처리사업 준공보고서.
- 부산시 상수도사업본부 (1994) 화명정수장 입상활성탄 시설공사 취급설명서.
- 부산시 (1992) 화명정수장 입상활성탄 시설공사 최종보고서
- 부산시 상수도사업본부 (1991) 덕산정수장 오존처리시설 기본 및 실시설계 보고서.
- 부산시 상수도사업본부 (1996) 덕산정수장 고도정수처리시설(입상활성탄시설)공사 실시설계 보고서.
- 부산시 상수도사업본부 (1999) 덕산정수장(2단계) 고도정수처리시설(오존 및 입상활성탄시설)공사 실시설계 보고서.
- 부산시 상수도사업본부 (2001) 덕산정수장 고도정수처리시설(입상활성탄 재생설비)공사 유지관리지침서.
- 부산시 상수도사업본부 (2001) 덕산정수장 고도정수처리시설(입상활성탄)공사 유지관리지침서 총괄.
- 부산시 상수도사업본부 (1994) 명장 및 오륜정수장 오존처리시설 기본 및 실시설계 기본설계 보고서.
- 부산시 상수도사업본부 (1998) 입상활성탄 국산화 타당성조

- 사 보고서.
- 박훈수, 염철민, 윤제용 (2001) 국내 정수처리 공정에서 오존공정시설의 현황과 특성, *상하수도학회지*, **15**(4), pp. 279-292.
- 책임감리원 (2001) 부산 덕산정수장 GAC 재생설비 현장점검 결과보고, 덕산정수장 고도정수처리시설(입상활성탄 재생설비)공사.
- 삼계시 (1996) 삼계정수장 고도정수처리시설 기본 및 실시 설계 보고서.
- 서울시 수도기술연구소 (1999) 서울시 고도정수처리 시스템 개발 연구.
- 서울시 상수도연구소 (2003) 서울시 고도정수처리 2단계 보고서.
- 수자원공사 (2003) 고도정수처리 공정 도입 확대 필요성 검토 보고서.
- 원주시 (1996) 원주정수장 고도정수처리시설 기본 및 실시 설계 보고서.
- 양산시 (1999) 웅상정수장 고도정수처리시설 기본 및 실시 설계 보고서.
- 양산시 (1995) 범어정수장 고도정수처리시설 기본 및 실시 설계 보고서.
- 일본수도협회 (1997) 고도정수시설도입 가이드라인.
- 울산시 상수도사업 본부 (1999) 회야정수장 고도정수처리시설공사 종합시운전 최종보고서.
- 오현제 (1998) 우리나라 실정에 적합한 고도정수처리기술의 개발과 활용, 한국건설기술연구원 보고서.
- 윤제용 (2003) 서울시 정수장 고도정수처리시설 도입 필요성 검토, *한국수처리기술연구회지*, **11**(3), pp. 23-34.
- 윤제용, 손진식, 최승일 (2004) 고도정수처리 정책방향에 관한 연구, 환경부.
- 윤제용 (2003) 서울시 정수장 고도정수처리시설 도입 필요한가?, 서울특별시 수도물수질평가위원회 2003 활동보고서.
- 윤제용 (2003) 시민으로부터 신뢰받는 먹는 물 공급체계(上), *첨단 환경기술*, 2호, pp. 38-45.
- 윤제용 (2003) 시민으로부터 신뢰받는 먹는 물 공급체계(下), *첨단 환경기술*, 3호, pp. 48-49.
- 진해시 (1996) 석동정수장 고도정수처리 기본계획설계 보고서.
- 진해시 (1993) 석동정수장 고도정수처리 시설공사 책임감리 준공보고서.
- 전일상, 박현석, 김유복 (2004) 고도정수시설(BAC 공정)의 효율적 운영관리, *상하수도협회지*, pp. 66-75.
- 최승일 (1995) 우리나라 고도정수시설 도입의 현황과 허실, *한국수질보전학회지*, **11**(3), pp. 153-161.
- 한무영, 박중현 (1993) 고도정수처리 도입의 타당성 검토, *상하수도학회지*, **7**(2), pp. 47-54.
- 환경부 (2001) 지자체 고도정수처리시설 운영평가 보고서.
- 환경부 (2003) 정수장 운영 및 관리실태 평가규정.
- 한국건설기술연구원 (1998) 고도정수 실용화기술 개발 보고서.