

# 요 약 문

## I. 제 목

부산지역 상수원수의 이·취미 물질 원인과 제어방안에 관한 연구

## II. 연구의 목적 및 필요성

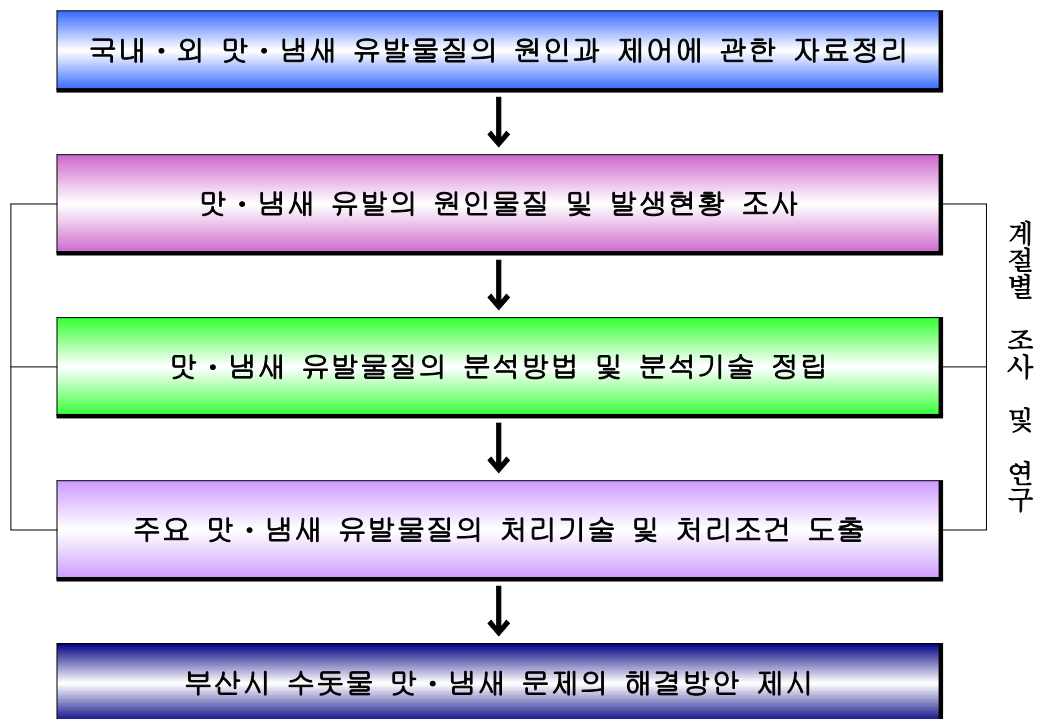
수돗물에 맛·냄새를 유발하는 원인물질은 하·폐수에 함유된 화학물질과 조류 등 미생물과 수생 동·식물의 부산물 유입 및 정수시 사용된 소독제에 의한 것으로 구분된다. 수돗물과 관련한 맛과 냄새는 건강에 직접 악영향을 주기보다는 심미적 불쾌감을 유발한다. 최근 수돗물이 불신을 받고 있는 근본적인 이유 중의 하나는 수돗물에서 발생하는 불쾌한 맛·냄새 때문이며, 이로 인하여 일반 가정에서는 정수기를 사용하거나 약수, 생수 등을 대용하고 있는 실정이다. 부산시민의 수돗물 음용실태에 따르면 수돗물을 직접 마시는 경우는 0.3%에 불과하며, 수돗물 음용율(직접마시거나 끓여먹는 인구의 합)은 42%로 서울 (56%)과 대구 (63%)의 음용율에 비해 현저히 낮은 수준이며, 전국평균(46%)에 비해서도 낮은 음용율을 보이고 있다. 또한 부산시민의 수돗물에 대한 의식조사결과 “불쾌한 냄새”를 경험했다는 응답이 57.7%로 높게 나타나 수돗물 불신의 주된 원인이 되고 있다.

부산시는 전국에서 고도정수처리 시설이 가장 먼저 도입되어 전국에서 가장 우수한 정수시설을 갖추고 있지만 상수도와 관련된 맛·냄새 물질 문제는 쉽게 해결되지 않을 전망이다. 맛·냄새 유발물질은 재래식 및 고도정수처리 시설에 의한 제거정도가 낮으며, 정수장에서 처리된 물도 급수관망이나 물탱크 등에서 맛·냄새를 다시 함유할 수 있다. 특히 부산시의 상수원수는 수원의 대부분이 낙동강과 회동저수지 등의 지표수를 사용하고 있어 하·폐수의 유입은 물론 부영양화로 인한 조류의 대 발생으로 인한 맛·냄새 유발물질의 발생은 지속적으로 일어날 것이다.

따라서 본 연구에서는 부산시의 상수도과 관련한 맛·냄새 유발물질의 특성을 조사하고, 주요 맛·냄새 유발물질에 대한 효과적인 처리방안을 제시하여 수돗물의 맛·냄새 저감을 위한 종합적인 대책을 수립하고자 한다. 본 연구에서 도출된 결과는 부산시 수돗물의 맛·냄새와 관련된 수돗물 불신을 해소하여 장기적으로 수돗물의 음용율 향상에 기여할 것이다.

### III. 연구의 내용 및 범위

본 연구는 먼저 부산시 상수원수의 맛·냄새 유발물질의 현황을 파악하기 위하여 맛·냄새 발생원과 종류 및 성분 등의 특성을 분석하였다. 이를 토대로 주요 맛·냄새 유발물질의 처리방법 및 처리효과를 비교하여 부산시의 정수처리장 현장의 실정에 적합한 처리공정을 선정하고자 하였다. 본 연구의 내용 및 범위는 다음과 같은 내용으로 구분하여 단계별로 연구결과를 도출하는 것을 기본방향으로 하되, 계절별 발생원인의 조사를 위하여 주기적으로 각 단계를 반복한다.



위에서 제시된 각 연구단계의 세부내용 및 범위는 다음과 같다.

#### 1. 맛·냄새 유발의 원인물질 및 발생현황 조사

수돗물에서의 맛·냄새 유발은 그림 1과 같이 상수원에서의 발생, 정수처리과정 중 발생, 급·배수 계통 및 저장시설에서 다양하고 복합적으로 발생할 수 있으므로 이러한 발생현황에 대하여 국내외의 자료를 바탕으로 발생현황에 대한 조사를 수행한다.

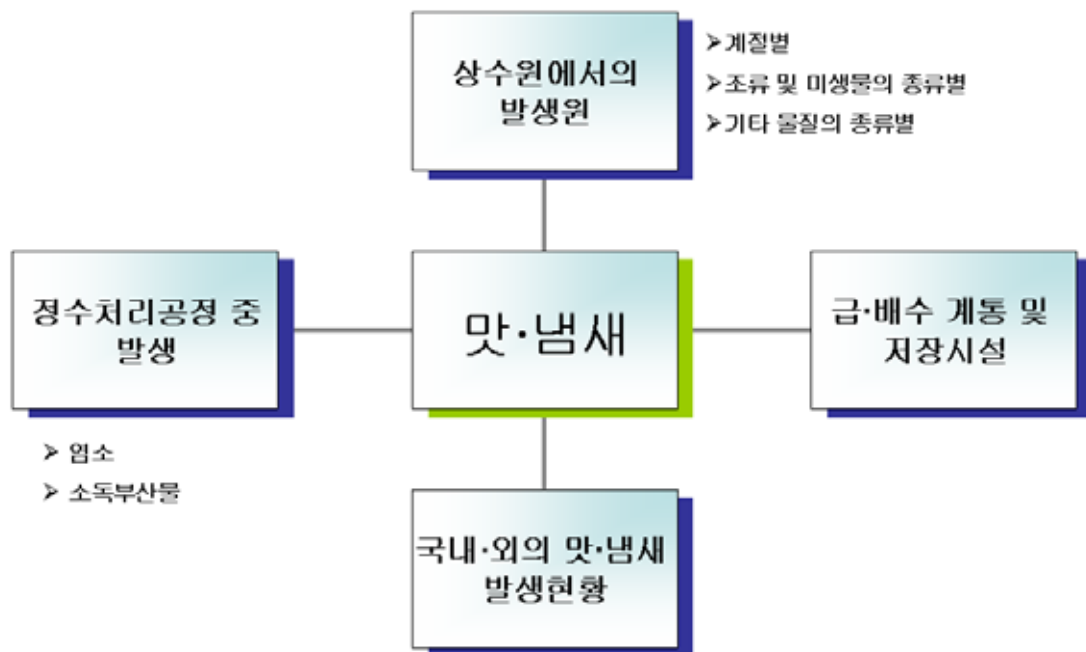


그림 1. 맛·냄새 유발의 원인물질 및 발생현황

## 2. 맛·냄새 유발물질의 분석방법 및 분석기술

맛·냄새 유발물질은 수중에 미량으로 존재하기 때문에 정확한 분석이 중요하며 일반적으로 분석이 어렵다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 주요 맛·냄새 유발물질에 대하여 표 1과 같이 국·내외 적으로 알려진 전처리 분리기술 및 분석기기를 검토하여 정확도와 신뢰도가 높은 분석방법 및 분석기술을 선정·이용한다.

표 1. 맛·냄새 유발물질의 전처리 분리기술 및 분석기기

| Isolation Technique                     | Equipment  |
|---|--|
| • Closed-loop Stripping Analysis (CLSA) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• GC</li> <li>• GC/MSD</li> <li>• HPLC</li> </ul> |
| • Steam Distillation Extraction (SDE)   |  |
| • Solid Phase Microextraction (SPME)    |  |
| • Stir Bar Sorption Extraction (SBSE)   |  |

### 3. 대표적 맛·냄새 유발물질의 제거방안

맛·냄새 유발물질의 처리기술 및 처리효율은 원인물질에 따라 달라지므로, 본 연구에서는 상수원수를 중심으로 한 맛·냄새 유발 원인물질의 실험을 토대로 하여 선정된 주요 물질에 대한 처리기술 중 부산시 소재 정수장에 적용 가능한 기술을 중심으로 최적 처리방법을 연구한다. 아래 표는 대표적으로 알려진 맛·냄새 제거 기술이다.

표 II. 대표적인 맛·냄새 제거기술

| Oxidation             | Adsorption  | Biological treatment |
|-----------------------|-------------|----------------------|
| 오존 (O <sub>3</sub> )  | 분말활성탄 (PAC) | 강변여과                 |
| 염소 (Cl <sub>2</sub> ) | 입상활성탄 (GAC) | 완속모래여과               |
| 기타 산화제                | 기타 흡착제      | 생물활성탄 (BAC)          |

## IV. 연구결과

냄새 유발물질의 발생현황과 분석기술에 대한 연구와 부산시의 각 정수장의 정수 공정을 고려한 냄새물질의 제어 실험결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

### 맛·냄새 원인물질의 조사 및 분석

1. 5종의 냄새유발물질(geosmin, 2-MIB, IBMP, IPMP, TCA)을 SBSE system으로 전처리 한 후 GC/MS를 이용하여 분석한 결과, 5종의 표준물질 모두 50ng/L 이하의 저 농도에서 R<sup>2</sup> 값이 모두 0.9957 이상의 매우 높은 상관관계를 보였다.
2. 5종의 냄새유발물질의 검출 하한 값과 정량 하한 값을 구한 결과 각각 1~3ng/L 와 4~6ng/L로 나타났다.
3. 2005년 8월부터 12월까지 낙동강 수계 물금취수탑 부근 표층수의 조류 종별 개체 수 및 맛·냄새물질과 Chl-a의 농도를 조사한 결과, 10월부터 수온이 20℃ 이하로 떨어지면서 우점종이 규조류인 *melosira*와 *stephanodiscus*로 변환되었으며, 수온이 낮아지고 수질이 나빠지면서 그 개체 수는 급속히 증가하였다. 이에 따라 Chl-a의 농도도 급격히 증가하였으나 2-MIB와 Geosmin의 경우 주로

남조류 그중에서도 *Anabaena sp.*, *Oscillatoria sp.*에서 발생하는 냄새인 관계로 높은 Chl-a 농도에도 불구하고 거의 검출되지 않았다.

### 맛·냄새 원인물질의 제어 및 처리

1. 주요 맛·냄새 유발물질인 2-MIB와 geosmin을 낙동강 원수에 용해시킨 시료에 PAC를 첨가하여 회분식으로 등온흡착실험을 수행한 결과, 2-MIB가 geosmin, IBMP, IPMP보다 흡착능이 낮게 나타났으며  $1/n$ 값은 geosmin, IBMP, 2-MIB, IPMP의 순으로 1.967, 0.82, 0.64, 0.55로 나타나 이 4가지 물질은 PAC에 모두 용이하게 흡착되는 것으로 나타났다.
2. PAC의 주입량과 접촉시간에 따른 흡착속도를 알아보기 위하여 등온동역학실험을 수행한 결과, PAC의 주입량에 비례하여 높은 제거율을 보였으며, 접촉시간 30분 이후에는 제거율이 일정하게 나타나 빠른 흡착속도를 보였다.
3. PAC를 이용한 geosmin과 2-MIB의 흡착 시 응집제인 alum과 염소의 영향에 대한 실험결과 약 10mg/L이하의 PAC 저주입량에서는 alum과 염소의 간섭현상이 적었으나, 15mg/L 이상의 PAC 고주입량에서는 alum과 염소에 의하여 PAC의 흡착능이 10~20% 저하 되는 것으로 나타났다.
4. 5종의 냄새유발물질에 대하여 stripping 실험을 한 결과 Henry 상수가 가장 높은 TCA를 제외하고는 나머지 4종의 냄새유발물질의 제거는 아주 적게 일어났다.
5. 염소산화에 의한 5종의 냄새유발물질의 제거에 대한 실험 결과 최대염소주입량인 2mg/L에서도 5종의 물질 모두 20% 이하의 낮은 제거효율을 나타내었으며, 냄새유발 THMs가 Chloroform > Bromodichloromethane > Chloromethane 순서로 검출 되어졌다.
6. 오존산화에 의한 5종의 냄새유발물질의 제거실험결과 순수에서는 IPMP > IBMP > geosmin > TCA의 순으로 제거효율이 다소 높게 나타났으나 상수원수에서는 정수장의 전 오존 처리조건인 0.5~1.0 mgO<sub>3</sub>/mgDOC의 오존주입량에서는 5종의 물질모두 40% 이하의 낮은 제거 효율을 나타내었다.
7. 오존 산화에 의한 냄새유발 물질의 산화·제거 시 오존소모가 높은 조건인 높은 TOC 농도의 원수에서 냄새유발 물질의 제거 효율이 저하 되었으며, 산화력이 높은 OH라디칼이 생성될 수 있는 높은 pH의 원수에서 냄새유발 물질의 제

거요율이 높게 나타났다.

8. GAC 흡착칼럼을 이용한 5종의 냄새물질의 흡착실험결과 석탄계, 목탄계, 야자계의 신탄 GAC에서는 3개월의 실험기간 동안 거의 파과가 일어나지 않았으나, 3종류의 GAC중 3.1년 이상 사용된 활성탄에서는 5종의 물질 모두 파과가 일어났다.
9. 석탄계, 목탄계, 야자계 3종의 활성탄을 이용한 3종의 냄새유발 THMs(CHCl3, CH2ClCH2Cl, CHCl2CH2Cl)의 흡착실험결과 신탄 GAC의 경우 3종의 THMs에 대한 흡착능이 매우 높게 나타났으나 1.3년 경과된 GAC는 흡착능이 아주 저하 된 것으로 나타났다.

**종합결론:** 본 연구가 진행된 기간은 주로 저 수온의 기간인 관계로 부산시 상수원에서의 냄새유발물질은 거의 검출되지 않았으며, 본 연구기간이 극히 제한되어 있어(6개월) 실험기간 중 약 3개월의 GAC 칼럼 실험에서도 5종의 냄새유발물질이 파과가 일어나지 않는 등의 이유들 때문에 향후 지속적인 연구가 더 계속 된다면 보다 종합적인 결론이 도출될 수 있을 것이라 판단된다.

## V. 연구결과의 활용계획

- 맛·냄새 유발물질의 유입 및 발생을 예방할 수 있는 방안을 도출하여 효과적인 상수원의 관리에 이용할 수 있다.
- 각 정수장에서 주요 맛·냄새 유발물질의 특성에 따른 효과적인 처리방법 및 처리조건을 선정하는 기초 자료로 활용하여 수돗물에서 특정 맛·냄새 발생 시 그 원인 및 원인물질을 보다 신속하게 파악하여 신속한 대응방법을 모색할 수 있다.
- 수돗물의 불쾌한 맛·냄새로 인한 시민들의 수돗물에 대한 불신해소와 함께 수돗물의 음용율을 증가 시키는데 기여 할 것이다.