

먹는 샘물과 먹는 물 공동시설의 수질
현황 및 관리방안에 대한 연구

연세대학교 보건환경대학원
환경공학전공
김 세 원

먹는 샘물과 먹는 물 공동시설의 수질
현황 및 관리방안에 대한 연구

지도교수 정 형 근 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

2005년 7월 일

연세대학교 보건환경대학원
환경공학전공
김 세 원

김세원의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 _____인

심사위원 _____인

심사위원 _____인

연세대학교 보건환경대학원

2005년 7월 일

감사의 글

대학원을 마치려는 지금 나 자신을 다시 한번 돌아보게 하는 것 같습니다. 논문을 정리하면서 무언가를 했다는 자긍심과 함께 아쉬운 점도 많이 남는 것 같습니다. 대학원에 발을 들인 지 3년이라는 짧지 않은 시간이 흘렀습니다. 결코 쉽지 않은 시간이었지만 주변의 많은 도움으로 그 동안의 노력의 결실을 맺을 수 있었던 것 같습니다.

먼저 처음부터 마지막까지 논문과정 중에서 바쁘신 일정에도 불구하고 많은 가르침과 격려와 그리고 시종일과 학업에 대한 열정을 보여주신 정형근 교수님께 감사드립니다. 또한 논문이 완성 될 수 있도록 예리한 통찰로 꾸짖고, 올바른 지식을 주신 차기철 교수님, 김성현 교수님께도 감사드립니다. 학업기간 동안 학업에 전념 할 수 있도록 지도해주시고 격려와 관심을 아끼지 않으셨던 권영식 교수님, 서용철 교수님, 이무춘 교수님, 강준원 교수님, 박상규 교수님 등 환경공학과 교수님들께도 모두 감사드립니다. 그리고 3년 이라는 시간동안 서로를 의지하며 좋은 추억을 만들고 환경과 식구 중 막내였던 날 귀여워했던 김상덕, 김상한, 김재섭, 이재준, 정상혁 형님들께 감사하다는 말을 전하고 싶습니다.

재학기간동안 학업에 전념 할 수 있게 도와주신 윤철 처장님, 이건양 과장님 등 우리 과 식구들에게도 미안함과 고마움을 함께 전하고 싶습니다. 그리고 항상 당신이 먼저가 되시질 못하시고 못난 아들을 위해 불철주야 걱정만 하시다 이젠 많이 늘어버린 부모님께 머리 숙여 감사드리며, 못난 사위에게 온갖 정성과 힘과 사랑을 주신 장인, 장모님께도 감사드립니다. 하나뿐인 나의 사랑스런 동생과 형님, 처형, 그리고 귀여운 조카들의 응원이 없었다면 많은 힘이 들었을 것입니다.

마지막으로 임신 중에도 불구하고 많이 힘들지만 내색 없이 못난 남편을 위해 헌신적으로 늘 묵묵히 내 옆자리에서 날 지켜봐주고 응원해주며 용기와 사랑을 심어준 나의 아내와 예비 아빠로서 제대로 태교도 못 해주고 미안한 마음뿐인 앞으로 태어날 희망이에게 이 논문을 바칩니다.

2005. 7 金世元

차 례

List of Tables	iii
List of Figures	iv
국문 요약	v
제 1장 서론	1
제 2장 이론적 고찰	3
2.1 지하수의 개념	3
2.2 지하수 이용 현황	5
2.3 먹는 물 수질의 특성	9
2.3.1 먹는 물 공동 시설의 일반특성	9
2.3.2 맛있는 물의 지표	10
2.3.3 먹는 샘물 현황	11
2.4 먹는 물 공동 시설의 수질 현황	13
2.4.1 먹는 물 공동 시설의 수질 기준	13
2.4.2 전국 먹는 물 공동 시설의 수질 현황	17
제 3장 연구의 범위 및 방법	20
3.1 먹는 샘물	20
3.2 원주 지역의 먹는 물 공동 시설	20
3.3 부산 지역의 먹는 물 공동 시설	20
제 4장 결과 및 고찰	23
4.1 먹는 샘물	23
4.1.1 시중에 판매되는 먹는 샘물의 수질 현황	23

4.1.2 먹는 샘물의 관리 방안	30
4.2 먹는 물 공동 시설	30
4.2.1 원주 지역의 먹는 물 공동 시설의 수질 분석 결과	30
4.2.1.1 경도	35
4.2.1.2 과망간산 칼륨 소비량	36
4.2.1.3 수소이온농도(pH)	36
4.2.1.4 탁도	37
4.2.1.5 증발잔여물	38
4.2.1.6 철(Fe)	39
4.2.1.7 불소(F)	39
4.2.1.8 암모니아 질소(NH ₃ -N)	40
4.2.1.9 질산성 질소(NO ₃ ⁻ -N)	41
4.2.1.10 염소(Cl)	42
4.2.1.11 황산이온(SO ₄ ²⁻)	43
4.2.1.12 일반세균 및 대장균군	44
4.2.2 원주 지역의 먹는 물 공동 시설의 수질 현황	45
4.2.3 부산 지역의 먹는 물 공동 시설의 수질 현황	47
4.2.4 먹는 물 공동 시설의 수질 관리 방안	49
제 5장 결 론	51
참고 문헌	52
ABSTRACT	53

List of Tables

Table 1.	전국 생활 지하수 이용 현황	7
Table 2.	전국 지하수 연도별 이용 현황	8
Table 3.	맛있는 물의 조건	10
Table 4.	먹는 물 수질 기준 현황	13
Table 5.	오염물의 신체에 대한 영향	15
Table 6.	전국 먹는 물 공동 시설 부적합율	17
Table 7.	먹는 샘플 시험 대상	21
Table 8.	시료 채취 지역	21
Table 9.	시료 측정 방법	22
Table 10.	먹는 샘플 및 학교 지하수의 음이온 크로마토그래픽 분석 결과 ...	24
Table 11.	5월 원주지역 먹는 물 공동 시설 수질 분석 결과	31
Table 12.	6월 원주지역 먹는 물 공동 시설 수질 분석 결과	32
Table 13.	9월 원주지역 먹는 물 공동 시설 수질 분석 결과	33
Table 14.	11월 원주지역 먹는 물 공동 시설 수질 분석 결과	34
Table 15.	부산지역 먹는 물 공동 시설 수질 검사 결과	48

List of Figures

Fig. 1. 지하수 개념도	3
Fig. 2. 향후 물 수급전망	5
Fig. 3. 먹는 샘물 연간 판매량	11
Fig. 4. 서울시 연도별 먹는 물 공동 시설 등급제 현황	19
Fig. 5. 2002~2004년도 전국 먹는 물 공동 시설 부적합율	19
Fig. 6. 먹는 샘물 음이온 분석 결과	29
Fig. 7. 먹는 물 공동 시설의 경도 측정치	35
Fig. 8. 먹는 물 공동 시설의 과망간산 칼륨 소비량 측정치	36
Fig. 9. 먹는 물 공동 시설의 pH 측정치	37
Fig. 10. 먹는 물 공동 시설의 탁도 측정치	38
Fig. 11. 먹는 물 공동 시설의 증발잔여물 측정치	38
Fig. 12. 먹는 물 공동 시설의 철(Fe) 측정치	39
Fig. 13. 먹는 물 공동 시설의 불소(F) 측정치	40
Fig. 14. 먹는 물 공동 시설의 암모니아성 질소(NH ₃ ⁻ -N) 측정치	41
Fig. 15. 먹는 물 공동 시설의 질산성 질소(NO ₃ ⁻ -N) 측정치	42
Fig. 16. 먹는 물 공동 시설의 염소(Cl) 측정치	43
Fig. 17. 먹는 물 공동 시설의 황산이온(SO ₄ ²⁻) 측정치	43
Fig. 18. 먹는 물 공동 시설의 총대장균군의 양성반응율	44
Fig. 19. 원주지역 먹는 물 공동 시설의 수질 기준 적합율	45
Fig. 20. 원주지역 먹는 물 공동 시설의 기준초과 항목 분포	46
Fig. 21-1. 먹는 물 공동 시설 주변 현황의 예	46
Fig. 21-2. 먹는 물 공동 시설 주변 현황의 예	47

국문요약

먹는 샘물과 먹는 물 공동 시설의 수질 현황과 관리 방안에 관한 연구

국내에서 시판되는 먹는 샘물은 71개의 국내업체와 48개의 수입업체에서 공급하고 있다. 또한, 먹는 물 공동 시설의 수는 약 1,800개소에 달하며 이중 관리를 하고 있지 않는 시설까지 포함한다면 그 수는 3,500개소 이상 달한다. 현재 먹는 샘물과 먹는 물 공동 시설은 각각 51개 항목과 48개 항목에 대해 수질을 측정하여 관리하고 있으며, 일반적으로 안심하고 먹을 수 있는 물로 인식되고 있다. 본 논문에서는 9개의 먹는 샘물과, 원주 지역 및 부산 지역의 먹는 물 공동 시설을 대상으로 수질 현황 및 관리 방안에 대하여 연구를 수행하였다.

먹는 샘물의 경우, 7개의 음이온에 대해 조사를 한 결과, 모든 항목에서 수질 기준을 만족하여 원수 수질이 좋은 것으로 나타났다. 따라서, 지속적인 원수의 관리 및 제조 공정 시설의 안정성을 유지하여야 할 것으로 판단한다.

2000년에서 2004년까지 먹는 물 공동 시설의 수질 검사 결과, 먹는 물에 부적합 판정을 받은 시설은 약 16%로 나타났다. 또한, 3/4분기에는 부적합율이 30%를 초과하여, 다른 분기에 비해 하절기에 수질이 나빠지는 것으로 조사되었다. 부적합 시설에 대해 분석결과 기준항목 기준치를 초과하는 항목은 대개 미생물 항목과 질산성 질소로 나타났다. 부적합 판정을 받은 시설 중 기준 초과 항목은 90% 이상이 미생물 항목이었다. 먹는 물 공동 시설 대부분은 녹지 지역에 위치하고 있으며, 공장지대와 떨어진 곳에 위치하고 있다. 따라서, 먹는 물 공동 시설의 오염은 주변 공장지역이나 하천수의 수질 오염 등으로 오염되는 것이 아니라 먹는 물 공동 시설의 주변 환경에 의한 오염이 주된 원인이라고 판단된다.

다음은 $\text{NO}_3\text{-N}$ 가 차지하였는데, 질산성 질소는 6개월 이하의 유아에게 청색증을 유발할 수 있다. 질산염과 같은 물질이 유입된 경우, 이온성 물질이 증가하여

물 속의 용존고형물(TDS)의 농도도 높게 되며 물맛을 나쁘게 만든다. 질산성 질소의 유입은 시설 주변에 분뇨, 비료 및 축산 폐수의 유입으로 인한 것으로 판단한다.

먹는 물 공동 시설에서 안심하고 먹을 수 있기 위해서는 먹는 물 공동 시설에 대한 주변 청결과 동물의 배설, 쓰레기 등의 적절한 처리가 이루어져야 한다. 또한, 사용자의 청결의식과 정부의 먹는 물 공동 시설의 주기적인 수질 검사를 통한 체계적이고 효율적인 관리가 이루어져야 할 것으로 판단한다.

핵심되는 말 : 먹는 샘물, 먹는 물 공동 시설, 먹는 물 수질 기준, 미생물, NO_3^- -N,

제 1 장 서 론

물은 인간을 비롯한 모든 생물체의 주요 구성 성분이다. 성인 체중의 약 60%를 차지하며, 이중 체내 수분의 약 20%를 잃게 되면 생명이 위태로운 상태에 이를 수 있는 등 생명유지에 필수적이다. 뿐만 아니라 생활에 있어서도 생활용수를 비롯하여 농업용수, 공업용수 등으로 광범위하게 이용되고 있다. 물은 이처럼 우리 몸을 유지시켜 주는 데 중요한 역할을 할 뿐만이 아니라 생활하는 데도 중요한 역할을 차지한다.

물의 사용량은 급속한 경제 성장을 통해 산업의 고도화, 인구 증가, 삶의 질 향상 등으로 수요량이 급속하게 늘어났다. 하지만 그 수요에 따른 공급량을 충족 시켜주지 못하고 있다. 우리나라 연평균 강수량은 1,283mm로 세계평균 973mm보다 1.3배 많은 양이지만, 높은 인구밀도로 인해 1인당 강수량은 2,705m³으로 세계평균인 22,096m³에 12%에 불과하다. 또한 연간 강우가 계절적, 지역적으로 편중되어 있을 뿐만 아니라 지역특성상 하천의 유로 연장이 짧고 경사가 급한 관계로 지표수가 정체하지 못하고 바다로 흘러 들어가는데 이에 대한 효율적인 관리가 되질 않아 안정적인 용수 확보가 어려운 실정이다. 2050년에는 전 세계의 15~20%정도가 물 부족으로 식수난을 겪을 것으로 예상했고, 1993년도에는 UN에서 우리나라를 물 부족국가 지정하였다(박영석, 2004).

산업경제 발전으로 하천 및 지하수의 오염이 날로 심화되고 있는 가운데 물에 대한 관심은 날로 증대되고 있다. 특히 먹는 물에 대한 관심이 커지면서 좋은 물을 마시기 위해 직접 찾아다니며 물을 취수해오거나 가정에 정수기를 설치하고 물을 마시는 등 물은 우리에게 큰 이슈가 되고 있다. 전국적으로 먹는 물 공동 시설로 지정된 약수터, 우물 등은 3,500개소에 달하고 있으며 이는 환경부 주관으로 각 지자체별로 분기별 수질검사를 통해 관리되고 있다. 좋은 물의 요건은 건강에 도움이 되는 물로서 기본적으로 인체에 해로운 균이 포함되어 있지 않아야 하고 마시는데 불편함을 느끼지 않아야 한다. WHO의 발표에 따르면 물에는 2,000여종의 물질이 있으며, 실제로는 750여종의 물질이 발견되었다는 보고가 있다. 이러한

이유로 각국에서는 먹는 물에 대한 최대허용 농도를 규제화 하여 이 기준에 적합하도록 정수처리해 공급하도록 하고 있다. 웰빙시대를 맞이하여 사람들은 좋은 물을 찾고 물이 건강을 유지하는데 필수적이라는 공감대가 형성되고 있는 것이다.

본 논문에서는 우리가 이용하고 있는 먹는 물 공동시설에 대한 수질 분석을 통해 먹는 물에 대한 안정성과 대처방안에 대해 기술함으로써 모두가 안심하고 먹을 수 있는 먹는 물 공동시설을 관리하기 위한 중요한 정보를 제공하고자 한다.

제 2 장 이론적 고찰

2.1. 지하수의 개념

지하수란 지표면 아래쪽의 모래, 자갈, 암석층의 빈 공간 안에 채워져 있는 물이 불투수층(물이 스며 나오지 못하는 암반층) 위에 고여서 있거나 흐르는 것을 말한다. 토양을 통해 흘러 들어간 물은 불순물과 세균이 없는 지하수로 만들어 준다. 이러한 지하수는 국지적인 영향을 많이 받으며, 지표수에 비해 유속이 매우 느린 특징을 보여주고 있다. 토양속에 유기물이 분해되면서 이산화탄소(CO₂)가 발생되는데, 이에 따라 지하수 내 용존 이산화탄소의 양이 증가하여 약산성을 나타내게 된다.

지하수는 통기대와 포화대로 구분되는데, Fig. 1과 같이 통기대란 토양수대, 중간수대, 모관수대를 포함하는 층으로서 토양에 공기가 같이 존재한다. 지표에서 지하로 흘러들어간 물은 통기대를 거쳐 지하로 흘러들어가다 암반이나 불투수층을 만나면 더 이상 내려가지 못하고 층을 이룬다. 이러한 층을 포화대라고 한다. 암반이나 불투수층을 만나면 물이 고이게 되는데 이것이 지하수가 되는 것이다. 지하수는 포화대에서 형성이 된다.

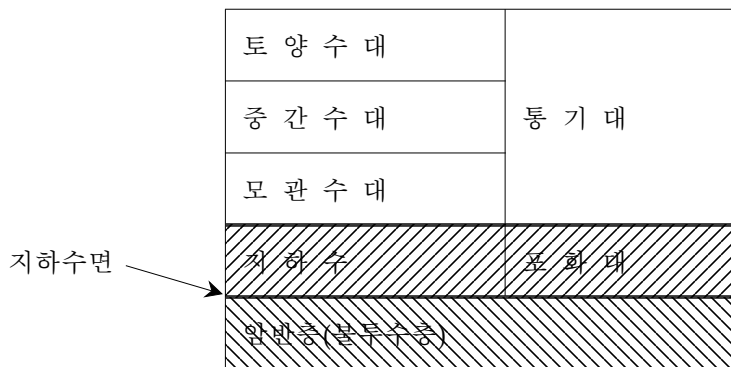


Fig. 1. 지하수 개념도.

지하수가 다른 지표수에 비해 수질 오염이 되는 가능성이 적기 때문에 양질의 수질을 얻을 수 있다. 이러한 이유로 지하수가 있는 곳이 확인이 되면 채굴이 용이해 쉽게 이용할 수 있다. 하지만 쉽게 채굴된 만큼의 관리가 되질 않아 지하수의 수질의 보존에 문제가 많이 대두되고 있다.

우리나라는 1993년 12월에 지하수법을 제정하고 공포하였으며 1994년 8월에 지하수법 시행령 및 지하수법 시행규칙이 공포됨으로써 지하수 보전관리의 초석을 마련했다(2001. 정용).

우리나라 지하수는 지형적 특성상 주로 한강, 낙동강, 금강, 영산강, 섬진강 등 5대강 유역을 중심으로 부존되어 있으며, 지하수의 함양과 유출이 평형을 이루는 상태에서 지속적으로 채수 가능한 최대 수량인 지하수 개발 가능량은 132.6억^m으로 추정되며, 이는 현재 댐을 이용하여 확보하는 댐 용수 133억^m에 육박하는 수자원인 것이다. 따라서 수치상으로만 볼 때 향후 지표수를 보완하는 보조수원으로서의 가능성이 매우 높다 할 수 있다. 이러한 이유로 해마다 늘어가고 있는 물에 대한 소요량을 충족 시켜주기 위해 정부에서는 지하수 개발에 힘쓰고 있다. 건설교통부에서 발표한 자료에 따르면 현재 부족한 공급량을 지하수로 대체하여 공급함으로써 2006년에는 수요량보다 105%이상 용수를 공급할 계획이고 향후 수요량이 늘어나는 2011년에는 수요량보다 115%이상 용수를 지하수로 이용하여 공급할 계획을 가지고 있다(Fig. 2).

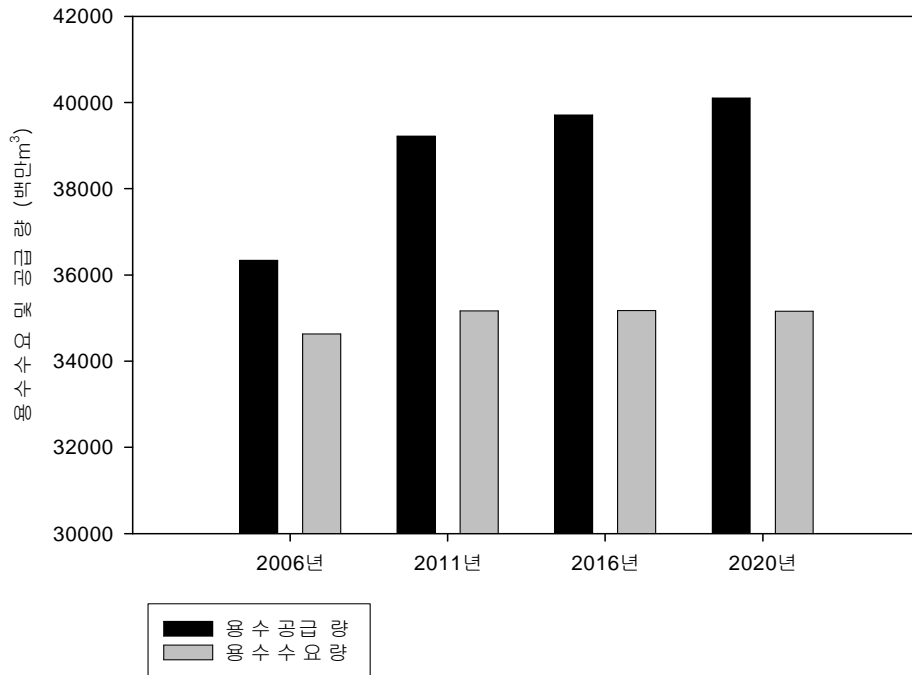


Fig. 2. 향후 물 수급전망 (수자원장기종합계획, 건설교통부, 2001.7).

2.2 지하수 이용 현황

지구상의 수자원(수증기, 물, 얼음 등)의 총량은 135,000,000억 m^3 정도이며 이 중 지하수가 차지하는 양은 3,600,000억 m^3 정도로 총량의 약 0.02% 정도이다. 이 중 우리나라에서 이용되고 있는 지하수의 양은 18억 m^3 정도로 전체 지하수 중 0.0005%로 미미한 양이지만 우리가 이용하지 못 하는 지하수의 양이 상당히 많다. 지표수의 물이 점점 부족해지면서 부족한 물의 양의 공급을 위하여 지하수의 이용을 늘리고 있다.

Table 1과 2에 최근 4년간 지하수 이용현황을 나타내었다. 지하수의 이용이 늘어가면서 2000년도 생활용 지하수의 이용개소 수는 67만 개소에 달했던 것이

2003년도에 들어서 72만개소로 늘었다. 또한 이용량은 2000년도에는 15억㎥에 달했지만 2003년도에는 18억㎥으로 3년 사이 20%나 증가했다. 지역별로 보면 서울, 광주, 충남, 전북, 경남 지역은 이용개소가 줄었지만 나머지 지역들은 꾸준히 증가했다. 특히 인천은 증가율이 65%에 달해 지하수에 대한 개발 및 이용이 다른 지역에 비해 상당히 많이 이루어지고 있음을 알 수 있다. 전국적으로 생활 지하수의 이용률이 높아지고 있는 것은 지하수에 대한 관심도가 많다는 것을 알 수 있다. 2000년부터 2003년까지 전국 지하수 이용 실태를 보면 가정용을 비롯한 거의 대부분에서 계속해서 증가한 것으로 나타났다. 다만 농생검용 지하수 개소수는 2002년도에 들어와 40%정도가 감소했다. 이는 농업용지 축소에 따른 지하수 이용량이 줄어든 것으로 판단된다. 가정용, 일반용 등의 이용률은 계속해서 증가했으며 2002년도에서 2003년도에 이용량이 현저히 증가했다. 하지만 학교, 간이 상수도는 지하수의 개소 수는 증가했지만 이용량이 줄어들었다. 이는 학교를 이용하는 인원의 감소와 학교에서 지하수를 이용하여 음용하기 보다는 상수도를 이용 정수기 렌탈을 통해 음용해 이용하기 때문에 이용량이 줄어든 것으로 판단된다.

Table 1. 전국 생활 지하수 이용현황 (건설교통부 2004, 지하수 기본 관리계획)

구분	2000년		2001년		2002년		2003년	
	개소수	이용량(m ³)	개소수	이용량(m ³)	개소수	이용량(m ³)	개소수	이용량(m ³)
전국	671,427	1,539,983,301	683,811	1,599,707,043	707,966	1,633,581,332	721,396	1,846,592,197
서울	11,895	33,153,313	11,380	31,446,455	10,172	30,293,568	10,282	31,439,302
부산	7,672	48,664,177	8,158	48,168,525	8,620	31,566,380	8,342	35,817,519
대구	3,421	34,293,079	3,853	21,837,973	3,707	19,820,136	3,939	22,967,409
인천	4,743	17,042,066	6,514	21,726,534	7,464	30,309,609	7,872	31,291,207
광주	6,249	17,654,338	6,383	17,935,913	6,679	15,542,956	6,004	15,344,553
대전	18,233	31,239,143	18,455	31,280,333	19,718	31,918,868	19,897	30,113,635
울산	2,543	23,327,145	2,779	21,825,921	3,020	25,518,428	3,394	25,701,936
경기	79,835	266,083,840	78,180	267,995,074	98,990	279,569,543	111,989	355,003,607
강원	46,367	80,971,850	48,625	87,034,468	64,453	105,524,704	63,415	137,305,711
충북	83,765	107,679,608	84,109	110,031,643	87,123	159,400,716	89,703	183,804,813
충남	138,266	161,019,453	143,221	161,623,616	142,345	174,607,352	133,557	234,977,275
전북	79,192	93,901,918	79,002	101,268,966	63,479	90,777,889	68,566	124,749,877
전남	102,702	141,973,368	102,903	146,861,958	98,734	145,790,584	108,862	151,963,055
경북	45,437	180,631,057	45,689	183,920,858	46,361	197,164,710	46,112	186,455,390
경남	39,653	224,695,928	43,084	265,569,414	45,608	211,946,962	37,958	199,174,340
제주	1,454	77,653,020	1,476	81,179,392	1,493	83,828,927	1,504	80,482,569

Table 2. 전국 지하수 연도별 이용현황 (건설교통부 2004, 지하수 기본 관리계획)

구 분		2000년	2001년	2002년	2003년
가정용	개소수	524,774	522,459	547,783	542,617
	이용량	502,535,012 m ³	501,198,821 m ³	530,919,653 m ³	679,611,320 m ³
일반용	개소수	76,237	85,002	89,634	102,311
	이용량	497,585,097 m ³	532,840,734 m ³	564,653,857 m ³	638,301,666 m ³
학교용	개소수	5,036	5,494	5,826	5,856
	이용량	53,421,760 m ³	56,850,316 m ³	67,681,135 m ³	54,527,301 m ³
민방위용	개소수	1,157	1,428	1,619	1,415
	이용량	12,808,330 m ³	33,371,882 m ³	12,730,160 m ³	13,244,311 m ³
공동주택	개소수	5,255	5,677	6,008	5,407
	이용량	72,772,214 m ³	72,418,312 m ³	72,247,218 m ³	65,921,609 m ³
간이상수도	개소수	13,156	14,081	14,057	14,365
	이용량	178,405,520 m ³	179,693,879 m ³	156,404,779 m ³	156,333,513 m ³
상수도	개소수	1,678	1,709	1,800	1,764
	이용량	66,182,915 m ³	66,438,116 m ³	65,220,663 m ³	67,053,401 m ³
농생검용	개소수	14,388	14,897	8,812	8,433
	이용량	51,365,768 m ³	55,225,829 m ³	49,502,934 m ³	48,495,224 m ³
기타용	개소수	29,746	33,064	32,427	39,228
	이용량	104,906,684 m ³	101,669,155 m ³	114,220,933 m ³	123,103,853 m ³

2.3 먹는 물 수질 특성

2.3.1 먹는 물 공동 시설의 일반특성

우리가 이용하는 먹는 물이라 함은 「먹는 데 통상 사용하는 자연 상태의 물과 자연 상태의 물을 먹는 데 적합하게 처리한 수돗물, 먹는 샘물」 등을 말하며 먹는 샘물은 샘물을 먹는 데 적합 하도록 물리적 처리 등의 방법으로 제조한 물을 말한다. 또한 먹는 물 공동 시설은 다수인에게 물을 공급할 목적으로 개발하였거나 자연히 형성된 약수터, 샘터 및 우물 등으로 먹는 물 관리법에 의해 법으로 규정해 관리하고 있는 시설을 말한다. 일반적인 순수한 물은 H₂O 이외에 기타 이온류가 전혀 포함되어 있지 않은 물을 말하며 먹는 물은 H₂O 이외에 Ca²⁺, Mg⁺, Na⁺, Cl⁻ 등 광물질(mineral)들이 함유되어 있는 물을 말한다. 아직까지 약수에 대한 정의는 정확하게 정해진 것은 없다.

현재 우리나라에서 관리되고 있는 먹는 물 공동 시설은 대략 1,800개소이고 1990년부터 “약수터 위생관리지침”에 준해 1일 평균 50인 이상 이용하는 시설에 대하여 분기별 수질 검사를 실시하여 부적합 시설에 대한 위생관리를 하고 있다 (박석기 등, 1996). 먹는 물 공동 시설은 정수 처리된 물이 나오는 곳이 아니기 때문에 지형적인 특성이 그대로 물에 포함되어 밖으로 용출된다. 이러한 연후로 하절기인 7,8월에는 수질검사 시 미생물들에 의한 부적합률이 높게 나타난다. 혹서기에는 장마가 끝난 직후기 때문에 가뭄현상이 나타나며 고온 등으로 인하여 미생물이 쉽게 번식하고 야외로 나온 이용자들의 위생적이지 못한 이용으로 쉽게 오염이 된다. 수질검사를 통해 부적합 처리를 받은 먹는 물 공동 시설에 대해서는 안내판 등을 이용하여 폐쇄조치하고 분기별 수질검사 결과를 공고함으로써 이용자들로 하여금 안심하고 먹을 수 있도록 조치하고 있다.

2.3.2 맛있는 물의 지표

인체의 70% 이상은 수분으로 이루어져 있으며 성인 하루 섭취 권장량은 2.5ℓ 정도이다. 물은 입을 통해 우리 몸속으로 들어가 위와 장, 간장, 심장기관을 거쳐 세포와 혈액에 필요한 미네랄을 공급하고 나머지는 신장을 거쳐 배설된다. 물은 혈액을 중성내지 알칼리성으로 유지시켜 주며 혈액과 조직액의 순환을 원활하게 해주고 체내에 불필요한 노폐물을 체외로 배설 시켜준다. 그 외에도 세포의 형태를 유지시켜주고 대사 작용을 높여주며 영양소를 용해, 흡수, 운반을 통해 필요한 세포로 공급해준다. 이외에도 체내의 열을 발산시켜서 체온조절을 하는 중요한 역할을 한다.

물 속에는 많은 미네랄이 용해되어 있으며 이중 우리가 맛을 느낄 수 있는 항목과 농도는 다음과 같다. Zn 4~9 mg/L, Cu 2~5 mg/L, Fe 0.04~0.1 mg/L, Mn 4~30 mg/L, 페놀은 1 mg/L 이상이며 염소화 반응하여 생성되는 Chlorophenol의 경우 0.005 mg/L 에서도 맛을 느낀다(김 등, 2000).

사람마다 맛을 느끼는 것이 주관적이지만 맛있는 물의 조건은 Table 3과 같이 보고 있다.

Table 3. 맛있는 물의 조건 (일본 보건 후생성)

구 분	맛있는 물	수돗물 기준치
증발잔류물 (칼슘, 염소이온등)	30~200 mg/L	500 mg/L 이하
경 도 (탄산칼슘의 양)	10 ~ 100 mg/L	300 mg/L
유리탄소 (용존 탄산가스)	3 ~ 30 mg/L	기준없음
과망간산칼륨소비량	3 mg/L 이하	10 mg/L 이하
취기도	3이하	이상 없으면 됨
잔류염소	0.4 mg/L 이하	0.1 mg/L 이상
수 은	20도 이하	기준 없음

2.3.3. 먹는 샘물 현황

사람들은 대구 폐놀 사건 등 먹는 식수에 대한 불신이 생겨나면서 수돗물에 대한 불신도 늘어 갔다. 그러면서 사람들은 먹는 물을 먹는 물 공동 시설에서 취수해오거나 정수기를 통해 음용하고 있다. 먹는 물 공동시설과 정수기 사용율과 같이 증가한 것이 바로 먹는 샘물이다. 우리나라의 먹는 샘물은 1994년 국내시판이 공식적으로 처음 시판되었다. 2005년 현재 72개 업체 중 1곳이 휴업을 하고 있고 나머지 71곳은 먹는 샘물을 시판하고 있으며 수입판매업은 42곳에 달한다(환경부 먹는 샘물 제조업체 현황, 2005). 먹는 샘물의 판매현황은 Fig. 3에 나타내었다. 1995년에는 500천톤이었던 양이 1997년에 들어 2배가 늘었다. 2001년에 들어서는 1,800천톤 정도의 판매량을 보였다. 1998년에 잠시 판매량이 떨어진 것을 제외하고는 꾸준히 판매량이 증가하고 있다. 수입 판매량은 1997년에 가장 많이 판매를 했으며 그 후 판매량이 줄었다가 2000년도에 3,000톤 정도의 판매량을 유지하고 있다.

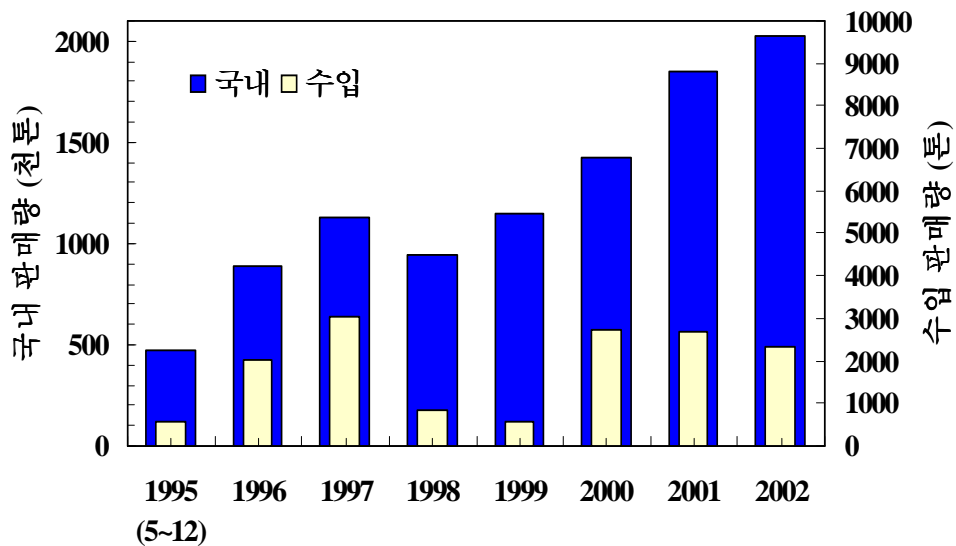


Fig. 3. 먹는샘물 연간 판매량 (환경부, 먹는샘물시장현황, 2003).

먹는 샘물에 대한 수질 기준은 51개 항목으로 미생물 8항목, 유해영양무기물질 11항목, 유해영양유기물질 16항목, 심미적 영향물질 16항목으로 규제하고 있다 (2002. 환경부 먹는 샘물 수질 기준). 먹는 샘물은 먹는 물 공동 시설 수질 기준치보다 3개 항목이 더 많다. 일반세균 중 중온일반세균, 분원성연쇄상구균, 아황산환염협기성포자형성균, 살모넬라, 쉬겔라 항목이 먹는 물 공동시설 항목보다 추가적으로 있으며 먹는 물 공동시설 항목에 있는 분원성대장균, 대장균, 여시니아 항목은 먹는 샘물 수질 기준치에는 포함되어 있지 않다.

2.4 먹는 물 공동 시설의 수질 현황

2.4.1 먹는 물 공동 시설의 수질 기준

먹는 물 공동 시설에 대한 수질관리는 1990년부터 “약수터 위생관리지침”에 의하여 1일 평균 50인 이상 이용하는 시설에 대해 수질검사를 실시하여 위생적으로 관리 하고 있다. 환경부는 매분기 전국 먹는 물 공동 시설에 대해 간이 수질 검사를 실시하고 있고, 현재 3/4분기를 제외한 나머지 분기에는 대장균 등 8개 항목에 대하여 지자체별로 관련 환경 연구소에 의뢰하여 그 결과를 바탕으로 먹는 물 공동 시설을 관리하고 있다.

먹는 물 공동시설에 대한 먹는 물 수질기준은 종전 46개 항목에서 48개 항목으로 증가하였고 항목에 대한 기준도 강화되고 있다. (Table 4) 1995년 10월말에 개정하여 시행해 왔으며 2002년 6월말에 신설 4개, 강화1개, 삭제 2개 항목을 부분 개정하였다.

Table 4. 먹는 물 수질 기준 현황 (환경부, 2002)

구분	수 질 항 목	종 전	개 정	비 고
미생물	일반세균 (Total Colony Counts) 중온일반세균(35℃)	100CFU/ml	100CFU/ml	
	총대장균군 (Total Coliforms)	ND/100ml	ND/100ml	
	분원성대장균군 (Fecal Coliforms)	-	ND/100ml	신설
	대장균 (Escherichia Coli)	-	ND/100ml	신설
	여시니아	ND/2ℓ	ND/2ℓ	
유해영양무기물질	납 (Pb; Lead)	0.05mg/L	0.05mg/L	
	불소 (F; Fluoride)	1.5mg/L	1.5mg/L	
	비소 (As; Arsenic)	0.05mg/L	0.05mg/L	
	세레늄 (Se; Selenium)	0.01mg/L	0.01mg/L	
	수은 (Hg; Mercury)	0.001mg/L	0.001mg/L	
	시안 (CN; Cyanide)	0.01mg/L	0.01mg/L	
	6가크롬 (Cr ⁺⁶ ; Hexachromium)	0.05mg/L	0.05mg/L	
	암모니아성 질소 (NH ₃ -N; Ammonium Nitrogen)	0.5mg/L	0.5mg/L	
	질산성 질소 (NO ₃ -N; Nitrate Nitrogen)	10mg/L	10mg/L	
	카드뮴 (Cd; Cadmium)	0.01mg/L	0.005mg/L	강화
보론(붕소, B; Boron)	-	0.3mg/L	신설	

구분	수 질 항 목	중 전	개 정	비 고	
유해영향유기물질	휘발성유기물질	페놀 (Phenol)	0.005mg/L	0.005mg/L	
		1.1.1-트리클로로 에탄 (1.1.1-Trichloroethane)	0.1mg/L	0.1mg/L	
		테트라클로로에틸렌(PCE; Tetrachloroethylene)	0.01mg/L	0.01mg/L	
		트리클로로 에틸렌 (TCE; Trichloroethylene)	0.03mg/L	0.03mg/L	
		디클로로 메탄 (Dichloromethane)	0.02mg/L	0.02mg/L	
		벤젠 (Benzene)	0.01mg/L	0.01mg/L	
		톨루엔 (Toluene)	0.7mg/L	0.7mg/L	
		에틸벤젠 (Ethylbenzene)	0.3mg/L	0.3mg/L	
		크실렌 (Xylene)	0.5mg/L	0.5mg/L	
		1.1디클로로 에틸렌 (1.1 Dichloroethylene)	0.03mg/L	0.03mg/L	
		사염화탄소 (Tetrachlorocarbon)	0.002mg/L	0.002mg/L	
		총트리할로메탄 (THMs; Trihalomethanes)	0.1mg/L	-	삭제
		농약	다이아지논 (Diazinon)	0.02mg/L	0.02mg/L
	파라티온 (Parathion)		0.06mg/L	0.06mg/L	
말라티온 (Malathion)	0.25mg/L		-	삭제	
페니트로티온 (Fenitrothion)	0.04mg/L		0.04mg/L		
카바릴 (Carbaryl)	0.07mg/L		0.07mg/L		
	1,2-디브로모-3-클로로프로판 (1,2-Dibromo-3-Chloropropan)	-	0.003mg/L	신설	
심미적영향물질	경도 (Hardness)	300mg/L	300mg/L		
	과망간산칼륨 소비량 (Consumption of KMnO4)	10mg/L	10mg/L		
	냄새(소독외의 냄새) (Odor)	ND	ND		
	맛(소독외의 맛) (Taste)	ND	ND		
	동 (Cu; Cooper)	1mg/L	1mg/L		
	색도 (Color)	5도	5도		
	세제 (ABS; Alkyl Benzene Sulfate)	0.5mg/L	0.5mg/L		
	수소이온농도 (pH)	5.8~8.5	5.8~8.5		
	아연 (Zn; Zinc)	1mg/L	1mg/L		
	염소이온 (Cl-; Chloride)	250mg/L	250mg/L		
	증발잔류물 (Total Solds)	500mg/L	500mg/L		
	철 (Fe; Iron)	0.3mg/L	0.3mg/L		
	망간 (Mn; Manganese)	0.3mg/L	0.3mg/L		
	탁도 (Turbidity)	1 NTU	1 NTU		
	황산이온 (SO4+; Sulfate)	200mg/L	200mg/L		
알루미늄 (Al; Aluminium)	0.2mg/L	0.2mg/L			

사람의 먹는 물에 대한 욕구와 수질에 대한 관심도가 높아지면서 먹는 물 수질 현황에 대한 관심을 갖기 시작했으며 좋은 물이 나오는 곳은 먼 거리라도 찾아가서 먹는 노력을 보이고 있다. 먹는 물 수질 기준은 사람 신체에 악영향을 줄 수 있는 유기물 및 중금속 등으로 규제하고 있다. Table 5는 먹는 물 수질 항목에 따른 인체에 미치는 영향을 나타냈다.

Table 5. 오염물의 인체에 대한 영향

구분	수질항목	주요 오염원	인체에 미치는 영향
미생물	일반세균, 대장균 등	사람, 동물의 배설물 등	세균, 병원성 미생물의 존재 가능성 지표
	납	안료, 도료 등의 폐수 및 납관	만성중독(정신착란, 심근 마비)급성
유해무기물질	불소	천연지질 및 방부제 등	만성중독(신장기능저하)
	비소	천연지질 및 광산제련공업, 비소계살충제, 안료 및 도료	만성중독(수족지각장애, 빈혈, 모발위축) 급성중독(구토 및 설사)
	셀레늄	전기부품(광전지), 정류기제조	위장장애, 피부황달성, 치아장애, 혈운증
	수은	폐건전지, 도료공장, 수은정제	만성중독(언어장애, 지각장애, 신경쇠약, 생식선자극, 돌연변이) 급성중독(위장병, 구내염, 신장장애)
	시안	도금, 코크스, 정유공장	세포호흡 저해, 질식성경련, 의식장애
	6가크롬	염색, 피혁제조, 석유화학, 도금공장	만성중독(피부궤양, 폐염) 급성중독(미각장애, 위장염)
	암모니아성 질소	가정하수, 산업폐수, 동물 배설물, 비료 등	인체에 별다른 피해 없으나, 분뇨 등의 배출수 의심
	질산성 질소	가정하수, 산업폐수, 동물 배설물, 비료 등	유아에게 청색증 유발
	카드뮴	광산, 광제련공정 중 가용성 염의 용출, 도금공장	만성중독(내분비, 칼슘대사, 신장, 위장장애, 골연화증) 이따이이따이병
	유해유기물질 (휘발성 물질)	페놀	석탄, 석유정제, 페놀계합성수지
1,1,1-트리클로로 에탄		전기장비 및 가구의 세척용매, 냉각제와 광택제	눈점막자극, 고농도에서 마취
테트라클로로 에틸렌		드라이크리닝용매, 금속탈지공업, 염소화생산공장	중추신경억제, 불쾌감, 마취, 의식불명, 반사신경저하, 간종양
트리클로로 에틸렌		드라이크리닝용매, 식품추출용매, 흡입마취제	중추신경억제, 두통, 간장애, 관절이상, 간종양유발
디클로로 메탄		화학공장과플라스틱, 페인트 경화제 합성의 중간물질	급성중독(사지의 지각이상, 혼수, 마취 상태), 만성중독(신경계와 점막자극)
벤젠		화학공장과플라스틱, 페인트 경화제 합성의 중간물질	만성중독(빈혈, 백혈구감소, 면역 기능저하)
톨루엔		화학공장과플라스틱, 페인트 경화제 합성의 중간물질	중추신경계기능저하
에틸벤젠		화학공장과플라스틱, 페인트 경화제 합성의 중간물질	현기증, 호흡곤란
크실렌		화학공장과플라스틱, 페인트 경화제 합성의 중간물질	메스꺼움, 구토, 의식불명, 신장 및 간장손상
1,1-디클로로 에틸렌		메틸클로로폼과 1,1,1-트리클로로 에탄 등 유기용매합성	위장, 폐, 피부 등에 흡수되어 간, 신장, 폐 등에 축적
사염화탄소		페인트및플라스틱 제조, 금속 세척의 유기용매	황달, 간의 손상

구분	수질항목	주요 오염원	인체에 미치는 영향
유해 유기 물질 (농약)	다이아지논	유기인계농약, 살충제, 석유제품축매	맹독성발암물질, 신경마비, 근육경련
	파라티온	유기인계농약, 살충제, 석유제품축매	맹독성발암물질, 신경마비, 근육경련
	말라티온	유기인계농약, 살충제, 석유제품축매	맹독성발암물질, 신경마비, 근육경련
	페니트로 티온	유기인계농약, 살충제, 석유제품축매	맹독성발암물질, 신경마비, 근육경련
	카바릴	제초제(카바메이트)농약	구토, 설사, 기관지수축, 경련, 시력 감퇴, 호흡곤란.
심미적 영향 물질	경도	칼슘, 마그네슘 이온 등의 양이온	세탁, 보일러, 용수장애, 다량존재 시 불쾌한 맛
	과망간산 칼륨소비량	폐기된 유기물	유기물 오염지표
	냄새	급수관의 화학적부식, 용수원의 수질변화	심미적 혐오감
	맛	급수관의 화학적부식, 용수원의 수질변화	심미적 혐오감
	구리	구리제련, 도금, 급수용 동관	간장 장애
	색도	미생물과 플랑크톤의 번식, 오수의 혼입 등	심미적 나쁜 영향
	세제	합성 세제	기름 있고, 생선냄새, 거품유발
	수소이온 농도(pH)	자연지질과 알칼리폐수, 산폐수	낮은 pH(부식) 높은 pH(쓴맛, 미끈한느낌)
	아연	천연지질, 광산제련, 급수용배관	급성중독(구토, 탈수, 육조절불능, 전해질불균형)
	염소이온	세균소독을 위한 염소투입	불쾌한 맛, 부식 유발
	중발잔류물	맛, 경도, 부식성에 영향	급수시설부식, 스케일 형성
	철	지하수나 저수지 심층수에 존재	설사, 구토, 혈액증
	망간	지하수나 저수지 심층수에 존재	흑색, 갈색을 띠어 심미적영향 금속성 맛
	탁도	가정, 산업용수에 일반적 수질 오염 지표	살균소독방해, 유기체에 의한 질병 감염우려, 부유물질 함유
	황산이온	산업폐수와 대기방출, 화석연료의 연소	설사 유발, 급수시설 부식
알루미늄	산업폐기물, 광물, 토양, 침출 응집처리	경구섭취시 거의 배설되나, 뼈에 축적가능	

2.4.2 먹는 물 공동 시설의 수질 현황

전국에 하루 평균 먹는 물 공동 시설을 이용하는 이용자수는 30만명에 이른다. 한 가족을 4인으로 본다면 하루 먹는 물 공동 시설에서 취수해온 물을 먹는 사람은 120만명으로 추정할 수 있다. Table 6은 2001년부터 2004년까지 전국 먹는 물 공동 시설의 수질의 부적합율을 조사한 결과이다. 3/4분기를 제외한 나머지 분기는 8개 항목에 대하여 수질검사를 실시하였고 하절기인 3/4분기에는 먹는 물 기준항목인 48개 항목에 대하여 수질 검사를 실시한 결과이다.

Table 6. 전국 먹는 물 공동 시설 부적합율 (환경부 통계연감, 2001~2004)

구 분	평균	01년 3/4분기	02년 3/4분기	03년 1/4분기	03년 3/4분기	04년 1/4분기	04년 2/4분기
계	16.8	12.3	22.6	5.9	29.7	9.6	20.9
서울	22.9	19.4	31.8	10.7	35.2	11.4	28.9
부산	20.2	12.8	29.6	5.9	39.5	10.2	23.4
대구	28.3	11.8	17.6	0	60.0	11.8	68.8
인천	27.6	21.7	45.7	6.4	62.5	22.9	6.3
광주	10.0	0	10.5	0	33.5	5.6	10.5
대전	21.5	8.5	45.5	3.8	48.5	9.6	13.0
울산	14.3	45.8	20.8	8	3.0	8.0	0
경기	13.2	5.7	17.5	4.6	23.7	9.1	18.7
강원	12.5	12.2	15.4	3.3	27.1	1.6	15.4
충북	8.2	5.4	1.9	1.0	24.3	3.1	13.6
충남	17.7	21.3	28.0	7.1	12.9	9.6	27.3
전북	13.9	0	25.0	0	43.3	4.8	10.0
전남	4.1	6.9	3.0	4.4	5.2	2.4	2.4
경북	16.5	19.0	15.0	13.2	13.7	11.8	26.5
경남	21.2	11.8	17.3	6.5	29.5	25.0	37.2
제주	0	0	0	0	0	0	0

전국 16개 지역에서 4년간 부적합율은 평균 16.8%를 나타냈다. 1,800개의 먹는 물 공동 시설 중 약 300개소가 수질이 부적합한 것으로 조사되어 정부의 먹는 물 공동 시설의 체계적인 관리가 필요하다고 판단된다. 분기별 수질현황을 보면, 1/4 분기에는 5.9~9.6%로 양호한 반면 3/4분기에는 29.7%로 다른 분기 보다 높은 것으로 나타났다. 부적합율을 조사한 결과 부적합율이 가장 적은 지역은 제주도로 조사되었다. 다음은 전남지역으로 4.1%의 부적합율로 다른 지역에 비해 먹는 물 공동 시설의 관리가 체계적으로 이루어지고 있다는 것을 알 수 있다. 반면 대구시는 28.3%로 16개 지역 가운데 가장 높게 나타났고 다음으로 인천시가 27.6%로 대구시와 근소한 차이를 보여주고 있다. 대구시와 인천시의 먹는 물 공동 시설의 체계적인 관리가 필요하고 볼 수 있다. 주변 지자체에서는 먹는 물 공동 시설에 관리 개선을 통해 부적합율을 줄이려고 부단히 노력하고 있다. 그 예로 서울시에서는 먹는 물 공동 시설 등급제 현황 시스템을 운영하고 있다(Fig. 4). 등급제 현황이란 먹는 물 공동 시설의 수질 검사를 통해 부적합 빈도에 따라 1등급에서 4등급으로 차등을 두어 등급에 맞게 먹는 물 공동 시설을 관리하고 있다. 막연히 모든 시설을 관리하는 것 보다는 등급을 나눠 4등급에 대해서는 좀더 관심을 갖고 관리함으로써 부적합율을 줄이고 있는 것이다.

검사는 2/4분기에 채수 가능한 380개 약수터에 대해 먹는 물 수질기준 47개 항목 정밀검사를 실시하였다. Fig 5와 같이 2002년도와 2003년도를 비교해 보면 2002년도에 I 등급이 30%, II 등급이 35%를 차지하였지만 등급별 먹는 물 공동 시설 시설 보수와 관리를 통해 2003년도에는 I 등급이 40%, II 등급이 35%로 먹는 물 공동시설의 등급이 향상되었다. 전국 먹는 물 공동 시설 수질검사를 종합하여 분석한 결과 부적합한 약수터의 수질은 지질에 따른 원수의 문제보다는 대부분 주위 환경에 의한 것으로서 강수량이나 이용인구, 주변 환경 등에 의한 환경적 요소가 크게 작용한 것으로 나타났다. 이러한 주변 환경오염 예방을 위해서는 주변 시설보수 및 청소 등의 시설관리가 필요한 것으로 판단된다.

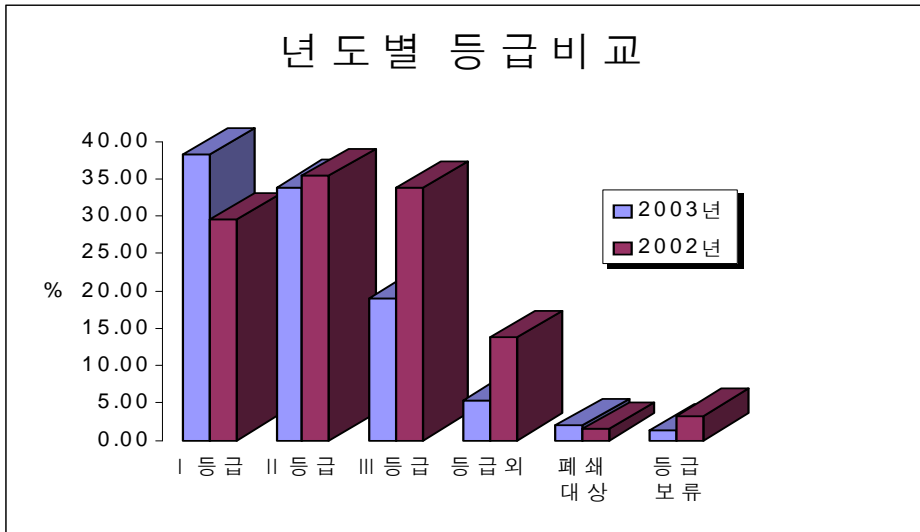


Fig. 4. 서울시 년도별 먹는물 공동시설 등급제 현황 (서울특별시 2003).

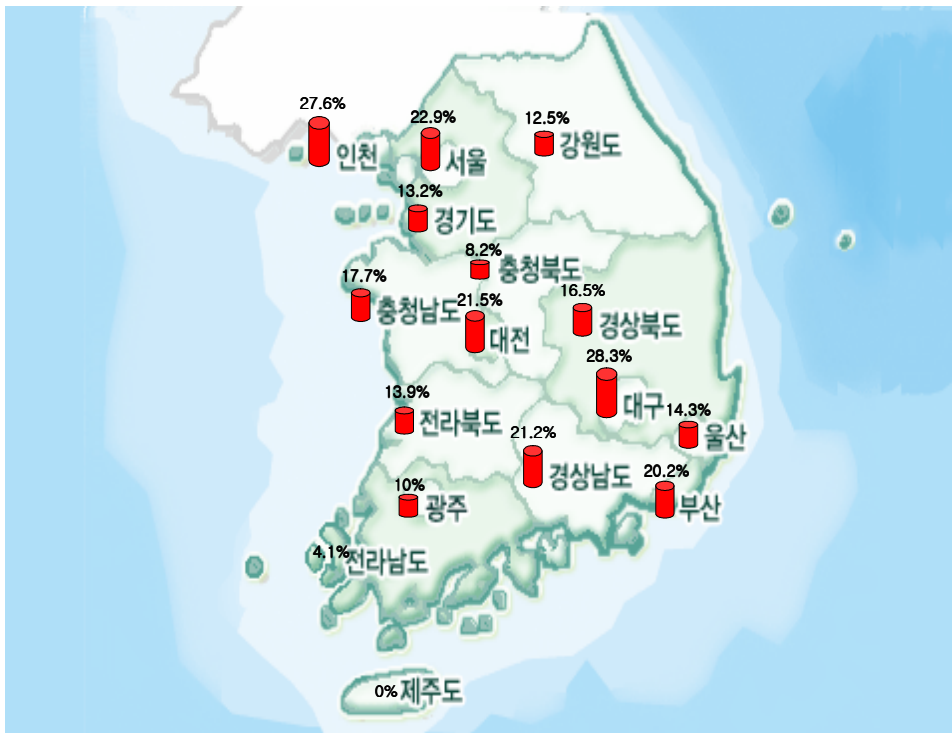


Fig. 5. 2002년~2004년도 전국 먹는물 공동시설 부적합률.

제 3 장 연구의 범위 및 방법

3.1 먹는 샘물

먹는 샘물의 수질 현황을 살펴보기 위하여, 시중에 시판되는 먹는 샘물 9 개 (Table 7)를 임의로 선택하였으며, 수질 분석은 7 항목에 대해 음이온 크로마토그래피에 의한 정량 및 정성 분석을 수행하였고 이 중 4개 항목만을 언급하였다.

3.2 원주 지역의 먹는물 공동 시설

원주시내 지역에 분포된 1일 50인 이상 이용하는 먹는 물 공동 시설과 지하수 9개 지역에 대하여 조사를 실시하였으며, 시설 대부분 등산로주변, 학교 지하수, 공원 등 녹지지역에 위치하고 있다. 조사 기간은 2003년 5월부터 11월까지 4회 채수하여 조사하였다. Table 8은 시료를 채취한 지점의 현황을 나타내었다.

원주 지역의 먹는 물 공동 시설의 수질 분석항목은 먹는 물 수질기준 48항목 중 총대장균, 일반세균 등 24항목에 대하여 분석하였다. 측정방법은 먹는 물 공정 시험방법(환경부령 고시 제2000-75호)에 준하여 측정하였으며 Table 9과 같다.

3.3 부산 지역의 먹는 물 공동 시설

부산 지역의 먹는 물 공동 시설에 대한 수질 현황 자료는 부산시 홈페이지에 있는 부산지역 2003 환경백서를 통해 1999년부터 2002년까지 부산지역의 분기별 먹는 물 공동 시설의 부적합율을 조사하였다.

Table 7. 먹는 샘플 실험 대상

#	제 품 명	관 매 회 사	제 조 지 역
1	삼 다 수	제주도 지방 개발공사	북제주군 조천읍 교대리
2	evian	프리미엄 디스트리뷰션	프랑스
3	동원샘물	동원 F&B	연천군 창산면 대전리 212
4	순 수	백룡음료	양주군 백석면 가업리 197
5	크리스탈	크리스탈	가평 설악면 회곡리 699
6	석 수	진 로	청원군 가덕면 내암리 149
7	아이시스	창태통상	충북 청원군 미원면 성대리
8	평창샘물	해태음료	평창군 봉편면 진조리 139
9	퓨 리 스	청수음료	연기군 전의면 관정리 191-3

Table 8. 시료 채취 지역

#	시료 채취 지점	주 소
1	홍업면 대안리 고개	원주시 홍업면 홍업리 산 72-43
2	간현 능촌 우물	원주시 지정면 안창 1리 371번지
3	종합 운동장	원주시 명륜동
4	행구동 국향사	원주시 행구동 산 98번지
5	단구동 그린 공원	원주시 단구동
6	우산동 우두산 샘물	원주시 우산동 산 7번지
7	태장 1동 현충탑	원주시 태장 1동 산 124-4번지
8	태장 2동 구룡골 샘터	원주시 태장 2동 산 19번지
9	귀래면 구사 약수	원주시 귀래면 운계리 산 154번지

Table 9. 시료 측정 방법 (먹는물 수질공정시험방법)

분 석 항 목	측 정 방 법
탁도, 알루미늄(Al)	HACH
경도, 과망간산칼륨소비량	Titration
철(Fe), 망간(Mn), 납(Pb), 구리(Cu), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 아연(Zn)	AAS
불소(F ⁻), 질산성 질소(NO ₃ ⁻ -N), 염소이온(Cl ⁻), 황산이온(SO ₄ ²⁻)	Ion Chromatography
암모니아성 질소(NH ₃ ⁻ -N)	Flow Injection Analysis

분석방법	측정방법
총대장균군	추정시험-Lactose배지 : 35℃, 48시간 확정시험-추정시험에서 가스발생시 BGLB배지 판정-확정시험에서 가스발생시 “양성”판정
분원성대장균군	총대장균군 검사에서 추정시험양성인 경우 실시 EC배지 : 44.5℃, 24시간 배양 판정-EC배지 시험관에서 가스발생시 “양성”판정
일반세균	Lactose plate count agar로 평판에 배양하여 개수

제 4 장 결과 및 고찰

4.1. 먹는 샘물

4.1.1 시중에 시판되는 먹는 샘물의 수질 현황

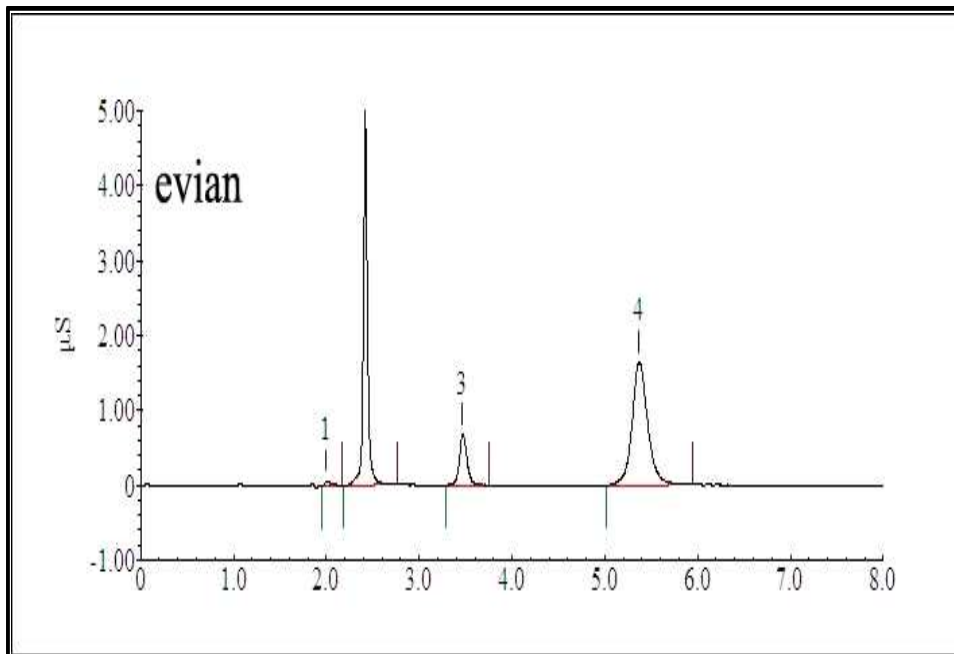
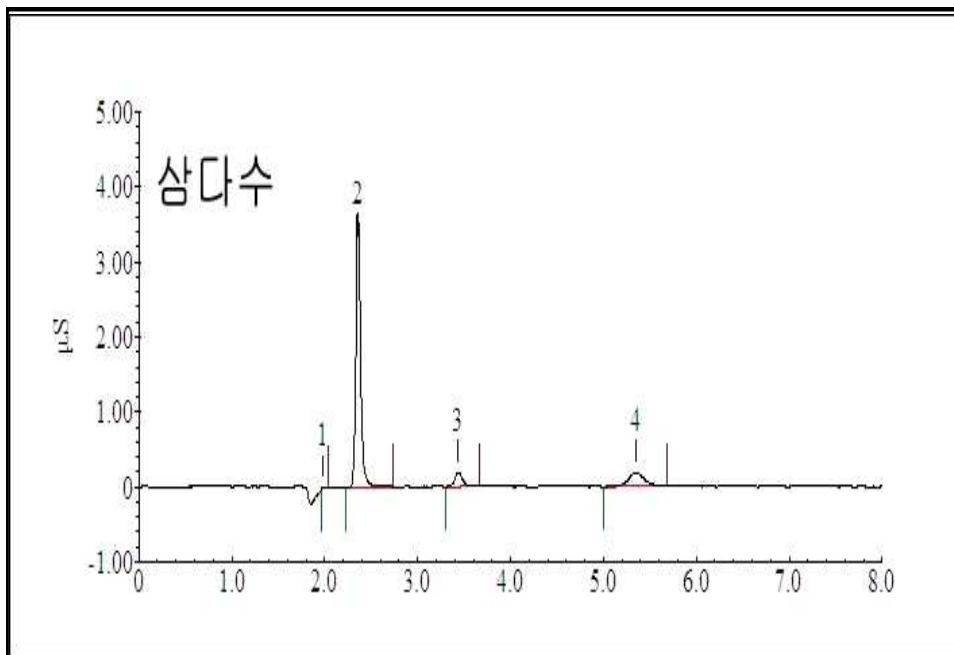
Fig 6는 시중에서 판매되고 있는 먹는 샘물 중 9개 제품과 학교에서 사용하고 있는 지하수에 대하여 음이온 크로마토그래피에 의한 정성 및 정량 분석을 이용하여 분석한 결과이다. 표준용액 검출 순서는 F^- , Cl^- , NO_2^- , Br^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} 7가지 음이온이며 이 중 4개의 음이온만을 분석하였다. F는 0.05 mg/L에서 0.66 mg/L의 분포를 보였으며 평균 0.29 mg/L로 수질 기준인 1.5 mg/L에는 미치지 못하는 수준이었다. 먹는 샘물 중 퓨리스가 0.66 mg/L으로 가장 높은 측정치를 보였다. 학교 지하수의 F 농도가 0.29 mg/L으로 먹는 샘물 평균값과 비슷한 값을 보였다. F의 농도가 1 mg/L이상일 경우 반상치가 일어나게 되는데 조사결과 F의 농도가 약 0.3 mg/L으로 인체에 미치는 영향은 없는 것으로 조사되었다. Cl의 농도는 2.38 mg/L에서 12.38 mg/L으로 평균 7.51 mg/L으로 조사되었다. 이는 학교 지하수 측정값인 2.7 mg/L보다 높은 측정치를 보였다. 이는 정수처리를 통해 지하수보다 값이 높게 나타난 것으로 판단된다. 조사대상 중 아이시스 샘물이 13.17 mg/L으로 가장 높게 측정되었다. Cl의 수질기준이 250 mg/L을 감안할 때 조사결과 수질기준치 보다 적은 농도를 나타냈다. NO_3^- 는 0.29 mg/L에서 1.87 mg/L으로 측정되었으며 평균 0.45 mg/L으로 분석되었다. 지하수의 측정값은 0.45 mg/L으로 정수처리를 통해 NO_3^- 의 농도가 낮아진 것으로 판단된다. 조사대상 중 퓨리스가 1.87 mg/L으로 가장 높게 측정되었으며, 삼다수가 0.29 mg/L으로 가장 적은 측정값을 보였다. NO_3^- 의 수질기준 농도는 10 mg/L으로 먹는 샘물 평균인 0.45 mg/L에 상당히 못 미치는 양으로 조사되었다. SO_4^{2-} 는 1.82 mg/L에서 11.94 mg/L으로 측정되었다. 평균 7.36 mg/L으로 지하수 SO_4^{2-} 의 농도인 3.25 mg/L보다 높게 조사되었다. 조사대상 중 evian 샘물에서 11.8 mg/L으로 가장 높게 측정되었고 평창샘

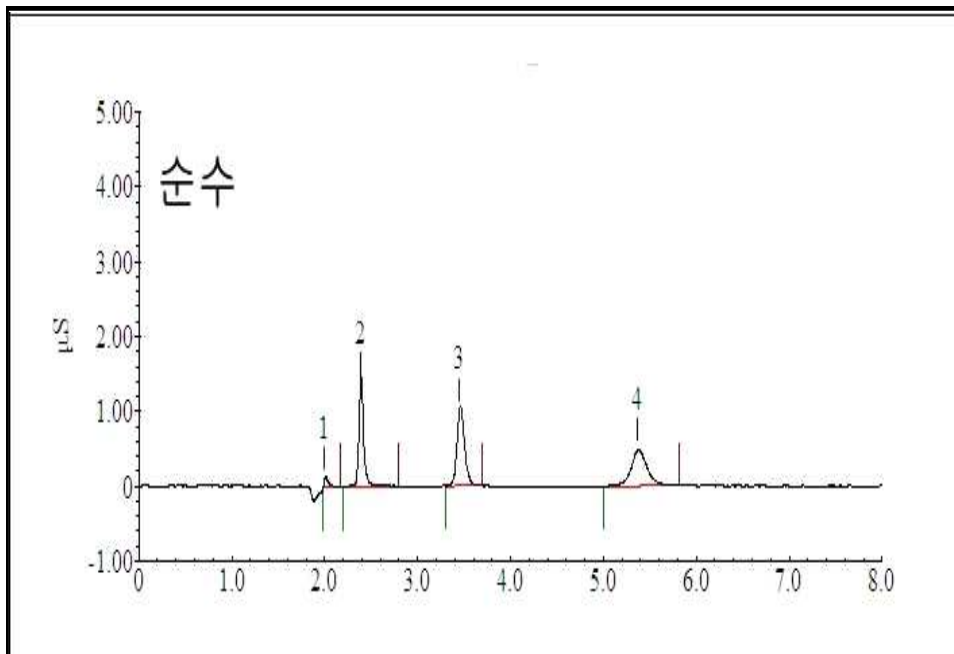
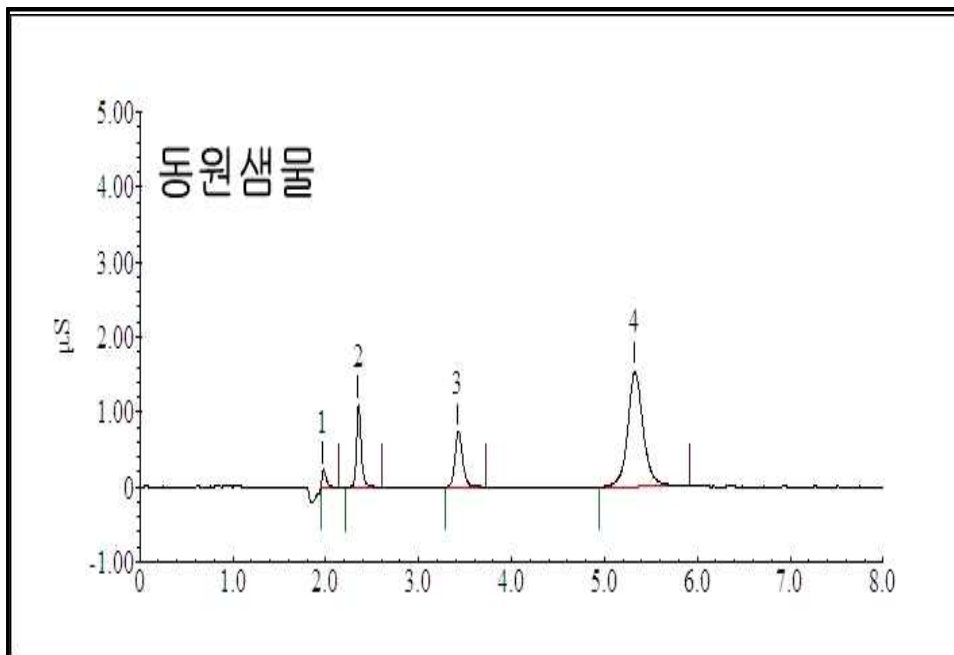
물이 2.54 mg/L으로 가정 적은 측정값을 보였다. SO_4^{2-} 의 수질기준은 200 mg/L으로 SO_4^{2-} 역시 수질 기준에 크게 미치지 못했다.

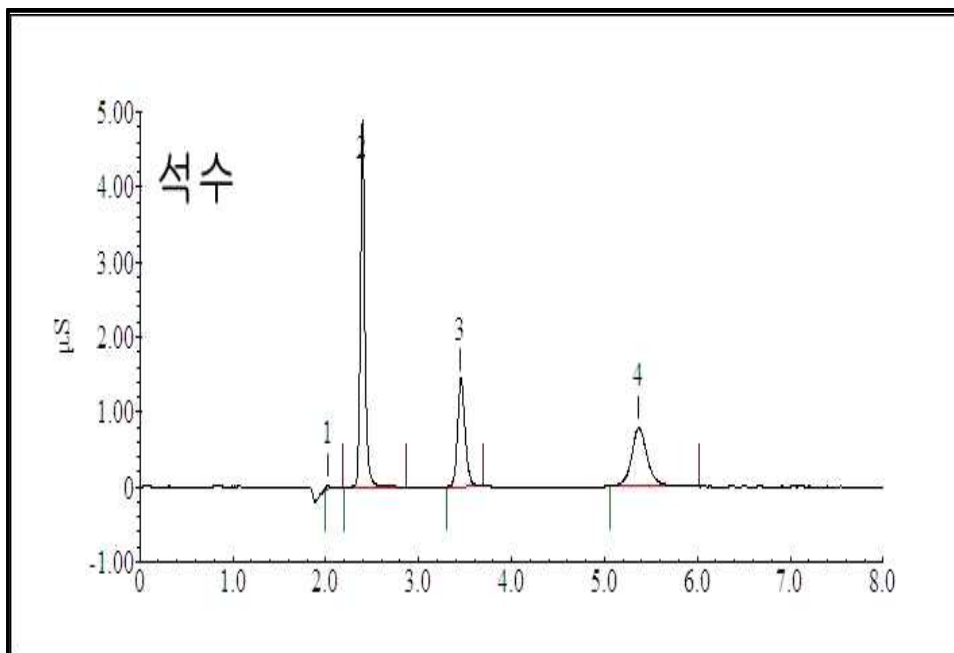
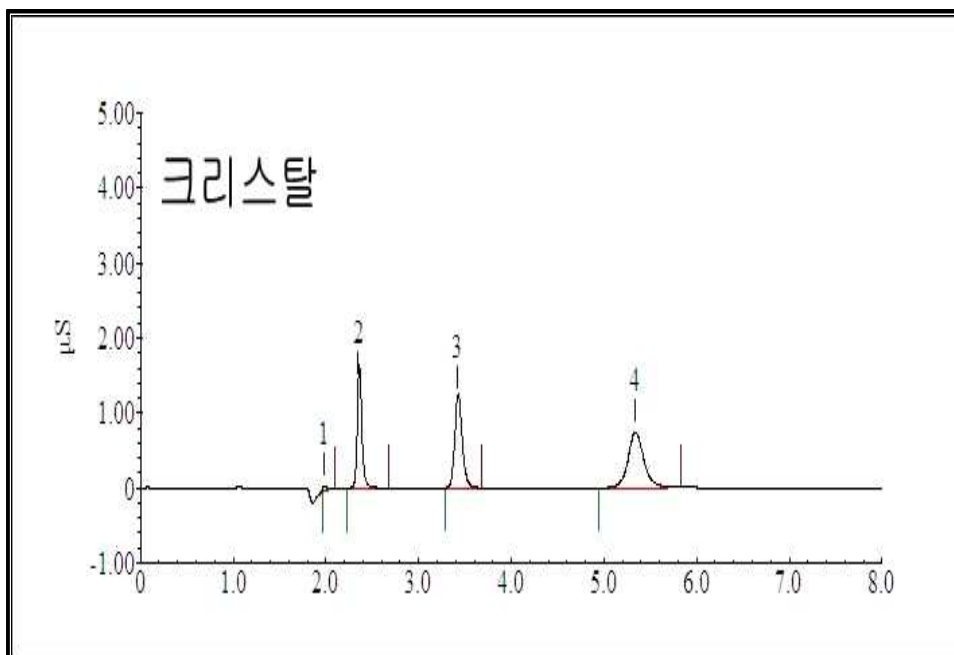
분석결과 조사 대상 먹는 샘물들의 음이온은 수질기준을 만족하고 있으며 몸에 필요한 적정 음이온 수치를 만족했다. 특히 삼다수의 경우 타 제품에 비해 F, NO_3^- -N, SO_4^{2-} 이온들의 농도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 먹는 샘물의 음이온 수질이 수질 기준치를 못 넘는 것은 청정 원수로부터 취수해 일정한 정수처리를 통해 시중에 판매하기 때문이라 판단된다.

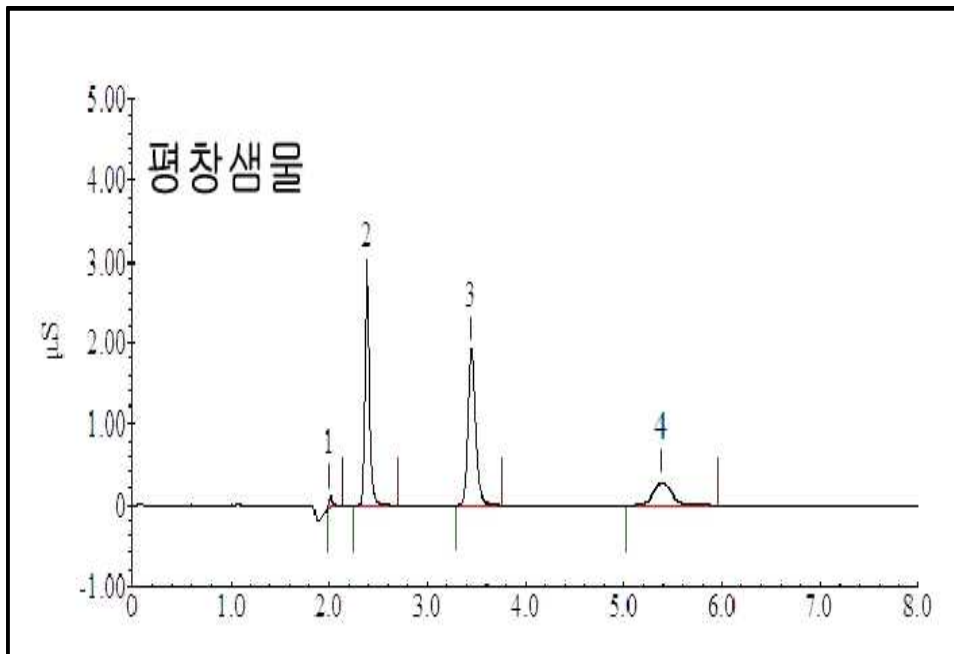
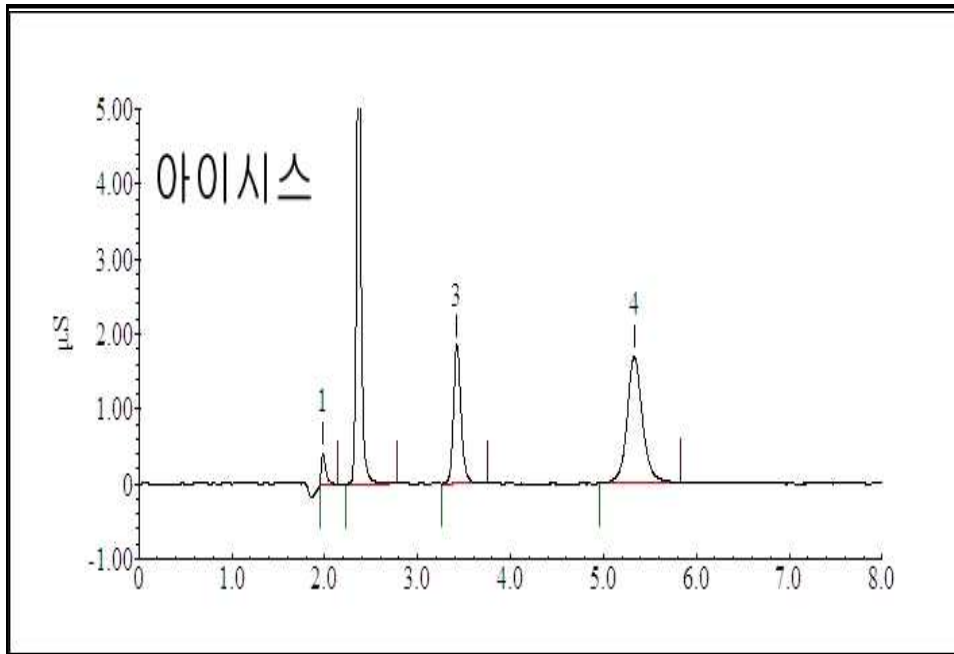
Table 10. 먹는 샘물 및 학교지하수의 음이온크로마토그래피 분석 결과

제 품 명	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻ -N	SO ₄ ²⁻
삼 다 수	0.05	7.64	0.29	1.82
evian	0.17	9.16	0.73	11.80
동원샘물	0.40	2.38	0.79	11.00
순 수	0.27	3.40	1.07	3.89
크리스탈	0.12	3.51	1.23	5.74
석 수	0.11	10.12	1.40	5.94
아이시스	0.63	13.17	1.77	11.94
평창샘물	0.16	5.81	1.83	2.54
퓨 리 스	0.66	12.38	1.87	11.54
평 균	0.29	7.51	1.22	7.36
학교지하수	0.27	2.70	0.45	3.25









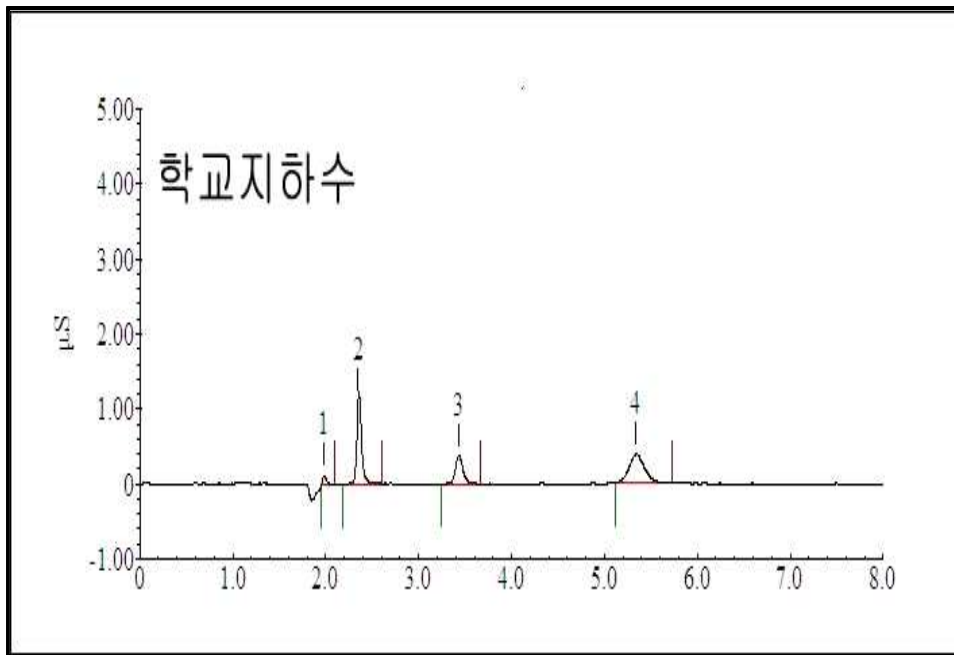
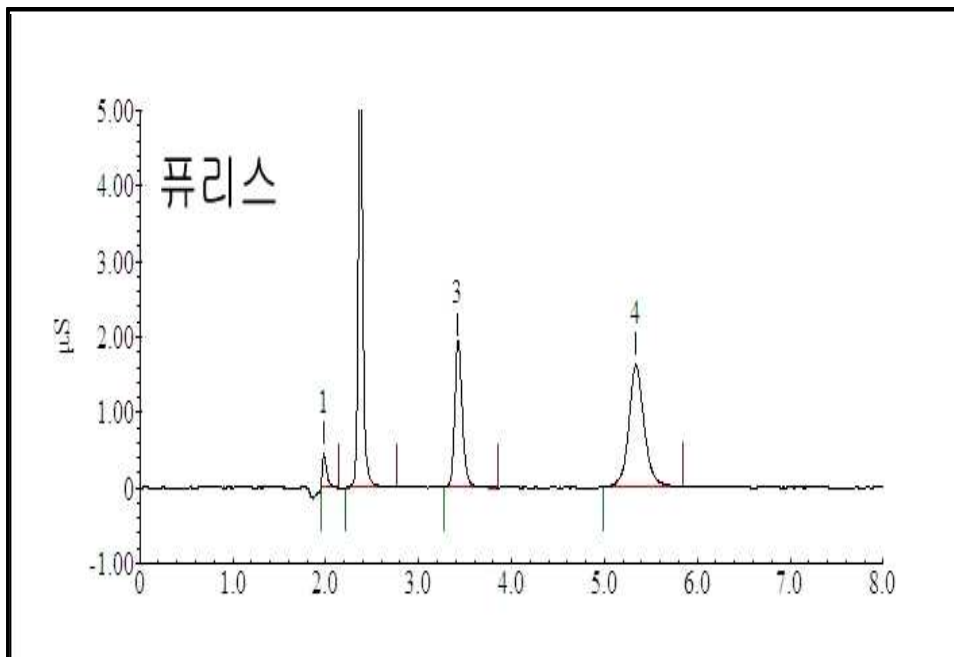


Fig. 6. 먹는 샘물 음이온 분석 결과.

4.1.2 먹는 샘물의 관리 방안

먹는 샘물의 분석결과 먹는 물 기준치보다 낮은 것을 알 수 있었다. 더욱더 우리가 먹는 샘물을 안심하고 먹을 수 있는 방안은 첫 번째로 오염이 없는 청정지역에서 원수를 취수해야 할 것이다. 먹는 물의 공정도 중요하겠지만 무엇보다도 원수의 청결이 제일 중요하다. 두 번째는 제조공정의 안정성이다. 공정 간에 이물질이나 오염물이 들어가지 않도록 위생공정에 힘써야 할 것이다. 또한 유통과정에서의 미생물의 유입방지 및 번식하지 않도록 신경 써야 할 것이며 먹는 샘물 케이스의 철저한 살균과 밀봉을 해야 할 것이다. 세 번째로는 좋은 수질 유지를 위한 지속적인 측정도를 통한 DATA를 축적해야 한다. DATA를 통해 물의 분석과 안정도를 지속적으로 확인 감시해야 한다.

4.2 먹는 물 공동시설

4.2.1 원주 지역의 먹는 물 공동 시설의 수질 분석 결과

원주지역의 9개의 먹는 물 공동 시설의 수질을 분석하였다. Table 12, 13, 14, 15는 월별 분석 결과이고 분석항목 중 일부항목은 언급하지 않았다.

Table 11. 5월 원주지역 먹는 물 공동 시설 수질 분석 결과

항 목	1	2	3	4	5	6	7	8	9
경 도	50	20	100	10	170	50	110	100	30
COD(Mn)	1.58	2.21	0.79	1.58	0.63	0.63	1.58	2.84	2.21
색 도	12	22	0	3	1	5	2	2	8
pH	5.84	5.93	6.12	6.26	6.89	7.13	6.93	6.97	7.08
탁 도	1.925	3.59	0.08	0.03	0.065	1.555	0.475	0.66	0.98
증발잔류물	80	280	480	120	40	440	680	-	1320
Fe	0.08	0.12	-	-	-	-	-	-	-
Al	-	0.002	-	0.002	-	-	-	-	-
F ⁻	0.39	0.4	0.42	-	0.44	0.4	0.42	0.43	0.48
NH ₃ -N	0.018	0.032	0.011	0.048	0.011	0.018	0.004	0.004	0.011
NO ₃ ⁻ -N	3.62	0.27	5.42	1.64	6.49	1.86	3.95	2.7	0.87
Cl ⁻	3.74	1.88	21.07	2.78	25.99	4.4	5.74	23.88	3.68
SO ₄ ²⁻	5.22	3.65	11.58	4.59	16.96	9.56	17.71	8.03	7.01
총 대장균	+	-	-	-	-	-	-	-	+
일반세균					1	2			
분원성대장균	+	-	-	-	-	+	+	-	+

Table 12. 6월 원주지역 먹는 물 공동 시설 수질 분석 결과

항 목	1	2	3	4	5	6	7	8	9
경 도	20	20	90	22	148	48	60	120	26
COD(Mn)	0.32	0.16	0	0.47	0.16	0.16	0	0.16	0.16
색 도	5	6	0	1	0	0	0	1	1
pH	6.75	6.89	6.84	6.86	6.98	6.81	7.08	7.03	6.85
탁 도	0.93	1.16	0	0.02	0.01	0.09	0.12	0.03	0.12
증발잔류물	80	40	89	32	268	86	426	586	84
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F ⁻	0.19	0.2	0.18	0.16	0.23	0.19	0.17	0.25	0.37
NH ₃ -N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃ ⁻ -N	2.58	0.24	5.27	1.17	6.93	1.03	3.83	2.12	0.14
Cl ⁻	2.68	1.23	13.7	1.9	19.2	3.81	3	28.4	2.12
SO ₄ ²⁻	4.34	2.32	12	5.22	18.1	3.49	13.9	6.51	5.35
총 대장균	+	-	-	+	-	+	-	-	+
일반세균	23/57	6/8			1/0	41/11		10/2	3/0
분원성대장균	+	-	-	+	-	+		-	+

Table 13. 9월 원주지역 먹는 물 공동 시설 수질 분석 결과

항 목	1	2	3	4	5	6	7	8	9
경 도	22	14	96	20	174	34	82	66	24
COD(Mn)	0	0	0	0.5	1	0	0	0	0
색 도	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	7.088	7.155	6.684	7.009	6.544	7.08	7.02	6.718	6.867
탁 도	2.375	1.305	-	-	-	0.695	0.09	0.745	0.365
증발잔류물	102	22	154	30	298	80	100	98	60
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F ⁻	0.28	-	-	-	-	-	-	-	-
NH ₃ -N	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO ₃ ⁻ -N	1.07	0.27	4.68	0.83	5.18	0.43	2.53	1.82	0.35
Cl ⁻	2.11	1.77	12.34	1.86	14.99	3.19	3.83	9.32	2.64
SO ₄ ²⁻	5.59	3.1	10.98	4.7	15.47	5.54	16.81	7.04	6.65
총 대장균	+	+	-	+	-	+	+	+	+
일반세균	12/14	1/4	0/4	1/5	1/0	0/0	0/0	4/0	3/3
분원성대장균	+	-	-	+	-	-	-	+	+

Table 14. 11월 원주지역 먹는 물 공동 시설 수질 분석 결과

항 목	1	2	3	4	5	6	7	8	9
경 도	78	38	192	42	254	96	140	196	70
COD(Mn)	0.316	0.316	0.316	0.316	0.316	0.316	0.316	0.316	0.316
색 도	-	-	-	-	-	-	-	-	-
pH	6.87	6.955	6.728	7.155	6.646	6.89	6.839	6.877	6.963
탁 도	0.38	0.93	0.02	0.07	0.22	0.25	0.16	0.09	0.03
증발잔류물	78	38	192	42	254	96	140	196	70
Fe	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-
F ⁻	0.23	0.25	0.26	0.23	0.23	0.27	0.28	0.26	0.36
NH ₃ -N	0.025	0.019	0.027	0.015	0.016	0.014	0.014	0.022	0.014
NO ₃ ⁻ -N	1.87	0.4	4.43	1.2	4.47	1.12	2.57	1.79	0.36
Cl ⁻	2.78	1.79	11.68	2.32	19.18	3.66	3.51	18.15	2.64
SO ₄ ²⁻	4.32	2.4	10.65	4.93	22.22	2.91	13.31	5.56	5.13
총 대장균	+	-	-	+	-	-	-	+	+
일반세균	50	0/0	0/0	50	0/0	0/0	0/0	0/0	50
분원성대장균	-	-	-	-	-	-	-	+	+

4.2.1.1 경 도

Fig. 7에 경도의 측정결과를 나타내었다. 9개 시설 중 수질 기준인 300 mg/L를 초과한 시설은 없었다. 분석한 결과 3 mg/L~254 mg/L범위를 보였고, 11월에 다른 월보다 값이 높게 나왔다. 종합운동장, 그린공원, 구룡골 샘터지역은 150 mg/L를 초과해 물 성분이 경수로 분석된다. 물의 경도가 150 mg/L이하이면 연수(soft water)라 하고 150 mg/L이상이 되면 경수(hard water)로 보고 있다. 11월에 그린공원에서 254 mg/L으로 가장 높게 나왔다. 9개 시설의 먹는 물 공동시설 평균치는 77.37 mg/L로 수질 기준보다 낮게 나왔다. 월별로 분석해보면 9월이 59.1 mg/L으로 가장 적게 측정치를 보였으며 11월에는 122.89 mg/L로 가장 높게 측정치를 보였다. 경도는 주로 지질 속에 함유되어 있는 Ca^{2+} , Mg^{2+} 이 물 속에 녹아 들어가 나타나게 되는데, 공장폐수, 하수 등으로 수질에 유입되어 경도가 증가하기도 하고 콘크리트 등 석회석이 물에 혼입되어 증가하기도 한다. 경도가 너무 높으면 위장 장애를 일으켜 설사를 유발 시킬 수도 있으며 경도가 매우 높은 물을 먹으면 노결석이 생기기 쉽다.

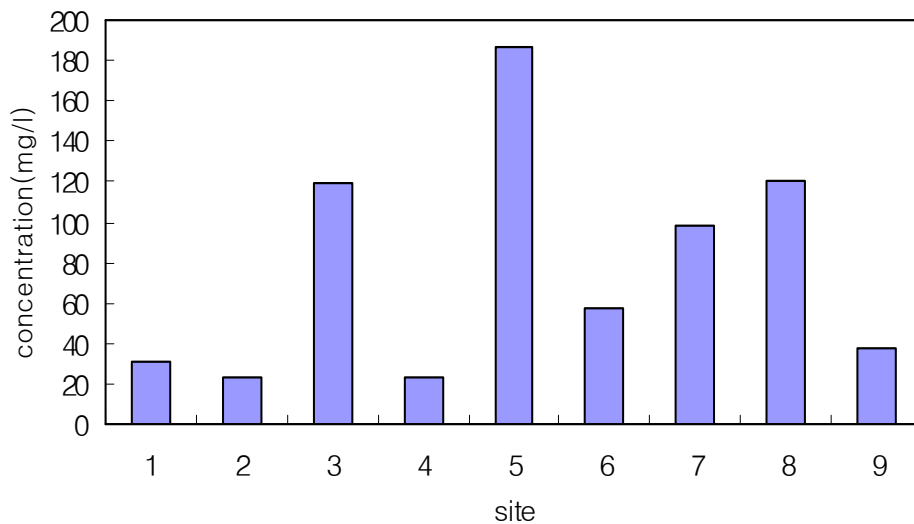


Fig. 7. 먹는 물 공동시설의 경도 측정치.

4.2.1.2. 과망간산 칼륨 소비량

과망간산 칼륨 소비량은 특정 물질에 대한 결과가 아니기 때문에 과망간산 칼륨 소비량으로만 건강에 대한 악영향을 말할 순 없다. 다만 물속에 피산화성물질에 의해서 소비되는 양을 말하기 때문에 총괄적인 오염의 지표로 쓰인다. 공장폐수, 생활하수 등 오염물질이 하천에 유입되면 과망간산 칼륨의 값은 높아진다. Fig. 8에 과망간산 칼륨 소비량 측정결과를 나타냈다. 먹는 물 공동 시설의 과망간산 칼륨 소비량은 0.16 mg/L~2.84 mg/L으로 분석되었다. 수질 기준치인 10 mg/L보다 낮은 값을 나타내었다. 월별 분석결과 5월 평균치가 1.56 mg/L으로 조사되었으며 다른 달에 비해 높게 나왔다. 구룡골 샘터에서는 2.84 mg/L으로 다른 시설보다 가장 높게 나왔으면 평균치가 0.55 mg/L으로 수질 기준치에 따른 오염도는 적은 것으로 조사 되었다.

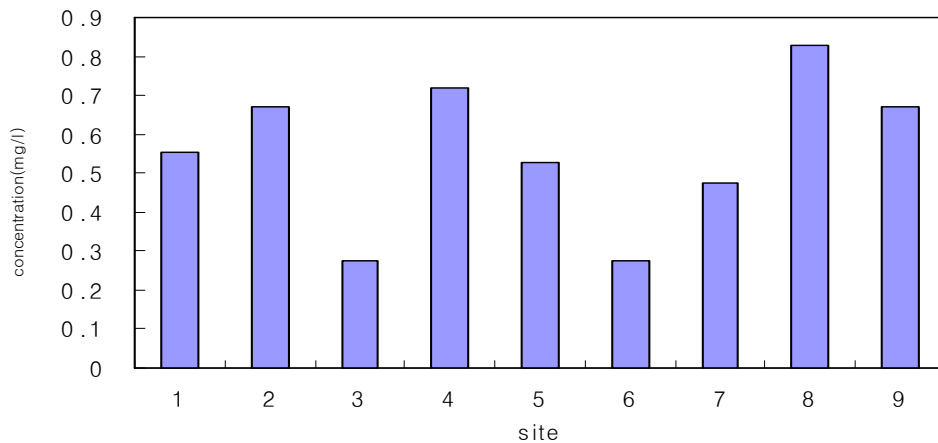


Fig. 8. 먹는 물 공동시설의 과망간산 칼륨 소비량 측정치.

4.2.1.3. 수소이온 농도 (pH)

Fig. 9에 수소이온 농도 측정 결과를 나타냈었다. 분석결과 수소이온의 농도는 pH 5.84~pH 7.15로 범위로 수질 기준치인 pH 5.8~pH 8.5범위에 준하고 있다.

평균 pH 6.8로 약산성을 나타냈다. pH는 강우, 지질 등에 의해서 값이 결정되며 공장 폐수와 가정하수 등 오염물질에 의해 그 값이 민감하게 변한다. pH는 인체에 점막 등에 영향을 미쳐 강산이나 강알카리에서는 먹을 수 없을 뿐만 아니라 맛도 나쁘게 된다.

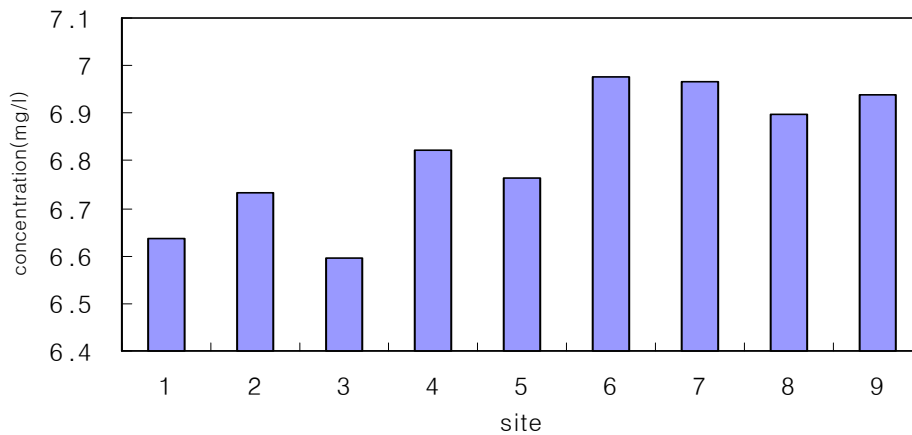


Fig. 9. 먹는 물 공동시설의 pH 소비량 측정치.

4.2.1.4. 탁도

Fig. 10에 탁도 측정 결과를 나타냈다. 조사결과 홍업면 대안리 고개와 간현 능촌 우물 지역의 탁도 농도가 기준치를 넘었다. 홍업면 대안리는 1.4 NTU, 간현 능촌 우물은 1.7 NTU로 기준치인 1 NTU를 넘었다. 그 외 지역은 0.5 NTU이하로 양호하였다. 탁도는 물에 떠있는 미세한 입자의 탁한 정도를 NTU단위로 표시한 것이다. 탁도 자체가 인체의 건강에 악영향을 미친다고 볼 수는 없다. 혼탁도에 여러 가지 원인의 물질이 포함되어져 있다고 판단할 뿐이다. 혼탁도가 높을수록 원수에 녹아있는 물질들이 많이 포함되어 있다고 볼 수 있다. 이러한 혼탁도에 영향을 미치는 인자로는 무기, 유기 부유물, 미생물 등이 있다. 위 2개 시설은 기준치인 1 NTU를 넘었기 때문에 먹는 물로는 부적합하다.

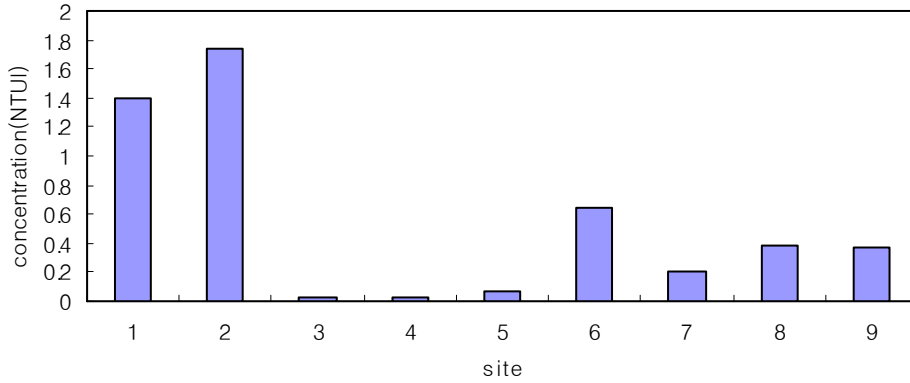


Fig. 10. 먹는 물 공동시설의 탁도 측정치.

4.2.1.5. 증발잔여물

증발잔여물은 말 그대로 물을 증발 시킨 후 남은 용해성 물질 및 부유물질의 총량을 말한다. Fig. 11에 증발잔여물의 측정 결과를 나타냈다. 먹는 물 공동시설 중 구래면 구사약수에서 383.5 mg/L로 가장 높게 조사되었다. 반면 행구동 국향사에서는 56 mg/L로 가장 적게 조사되었다. 9개 시설 모두 먹는 물 기준치인 500 mg/L에 미치지 못 했다. 증발 잔여물이 500 mg/L이상이 되면 맛이 달라진다. 또한 철로 된 관이나 급수장치의 부식속도를 높여주기도 하며 관내 스케일이 생기게 된다.

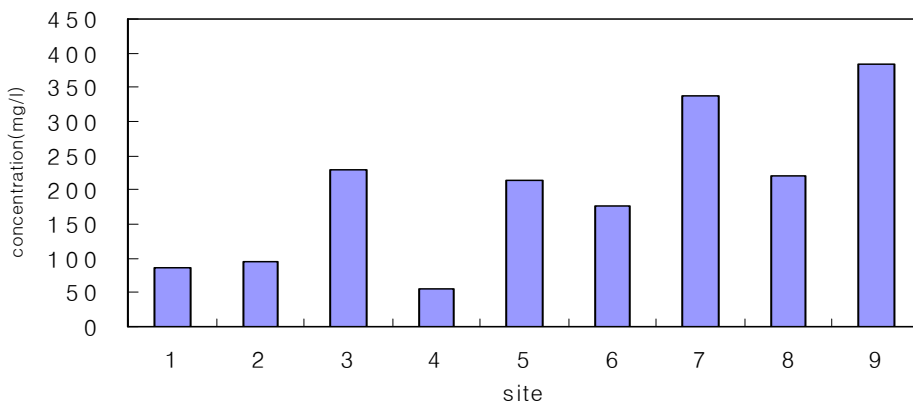


Fig. 11. 먹는 물 공동시설의 증발잔여물 측정치.

4.2.1.6. 철(Fe)

Fig. 12에 철(Fe)의 측정 결과를 나타냈다. 조사결과 철은 0.038 mg/L~0.077 mg/L으로 조사되었다. 수질 기준치인 0.3 mg/L에 미치지 못한 농도이다. 가장 높게 나타난 지역은 간현 능촌 우물, 종합 운동장, 그린공원, 구룡골 샘터 지역이다. 먹는 물 공동시설의 철 함유량은 적절한 것으로 조사 되었다. 철은 지표수에 평균 0.25 mg/L정도 함유되어 있고 1일 성인의 경우 0.7mg~1mg정도를 소비한다. 철을 과다하게 섭취했을 경우 피부색소침착, 간종양, 간경변, 내분비장애, 간접장애 등의 질병을 유발할 수 있으며 철의 치사량은 200~250mg/kg정도 이다.

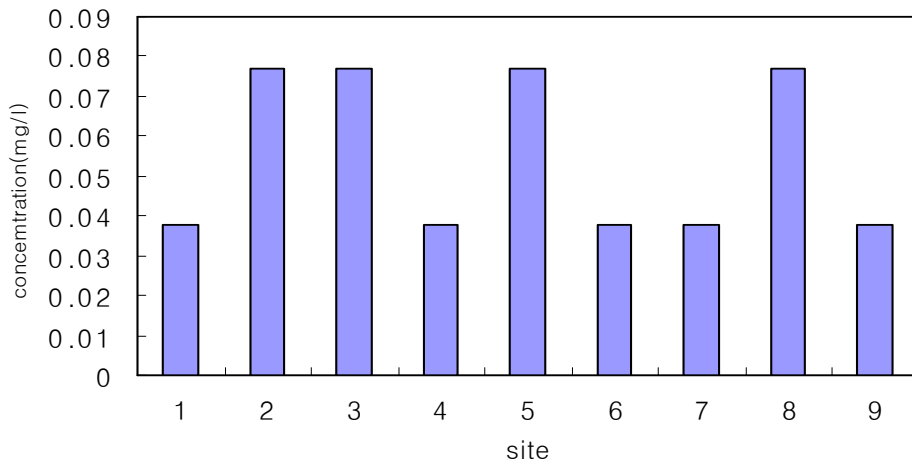


Fig 12. 먹는 물 공동시설의 철(Fe) 측정치.

4.2.1.7. 불소(F)

적당량의 불소가 함유되어 있는 물을 마시면 충치 예방에 탁월하다는 조사결과가 있다. 일본 학교에서는 적당량의 불소가 함유되어있는 물을 이용하여 양치를 해 그 학교 학생들의 충치가 줄었다는 연구결과가 있다. 우리는 흔히 충치를 예방하는데 필요한 적당한 양을 1 mg/L이하로 보고 있다. 그 이상일 경우 반상치라고

하여 치아의 표층질을 찌른 병으로 치아에 백반이 생기고 차츰 다갈색 또는 흑색 반점으로 되어 에나멜이 침식되는 현상을 말한다. 8 mg/L이상 섭취 시에는 골연화증이 발생되기도 한다. Fig. 13에 불소(F)의 측정 결과를 나타냈다. 조사 결과 0.4 mg/L를 넘는 시설은 한 곳도 없었다. 그린공원이 0.3 mg/L으로 가장 높게 조사되었다. 우리나라 수질기준은 1.5 mg/L으로 규정하고 있으나 미국이나 WHO는 0.7~1.7 mg/L로 규정하고 있다. 일본에서는 0.8 mg/L에서도 반상치를 보이는 지역이 발생되 더 낮춰야 한다는 의견도 있다.

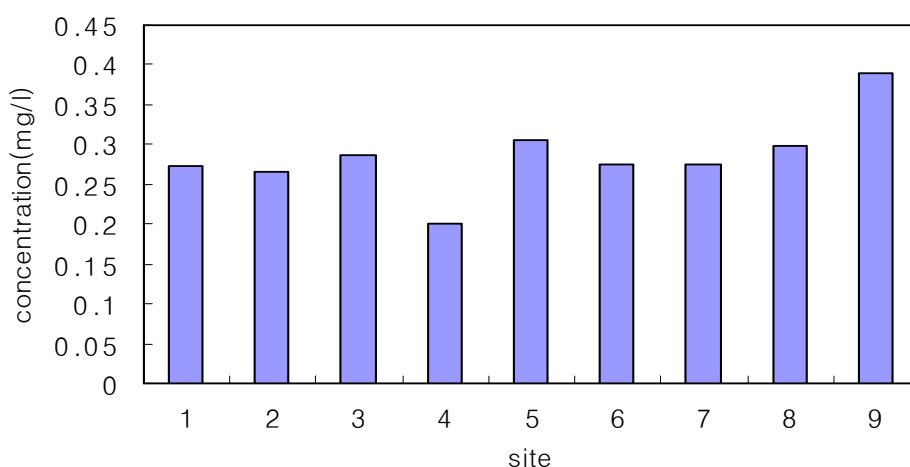


Fig. 13. 먹는 물 공동시설의 불소(F) 측정치.

4.2.1.8. 암모니아성 질소(NH₃⁻-N)

암모니아성 질소는 동물의 배설물이나 유기물의 분해과정에서 다량 생성된다. 유기물의 부패, 분해 되는 과정에서 발생하는 CO₂와 결합하여 암모늄탄산염을 이루기도 한다. 암모니아성 질소는 유기물 분해 초기 과정에서 발생되며 이러한 이유로 암모니아성 질소가 다량 발생되면 오염이 시작 된지 얼마 되지 않았다는 것을 알 수 있다. Fig. 14에 암모니아성 질소(NH₃⁻-N)의 측정 결과를 나타냈다. 먹는 물 공동시설 조사 결과 0.009 mg/L~0.032 mg/L분포를 보였으며 평균 0.017 mg/L로 조사되었다. 이는 지표수에서 지하수로 유입되면서 미생물에 의해 산화되어 질

산으로 되었기 때문이라고 생각된다.

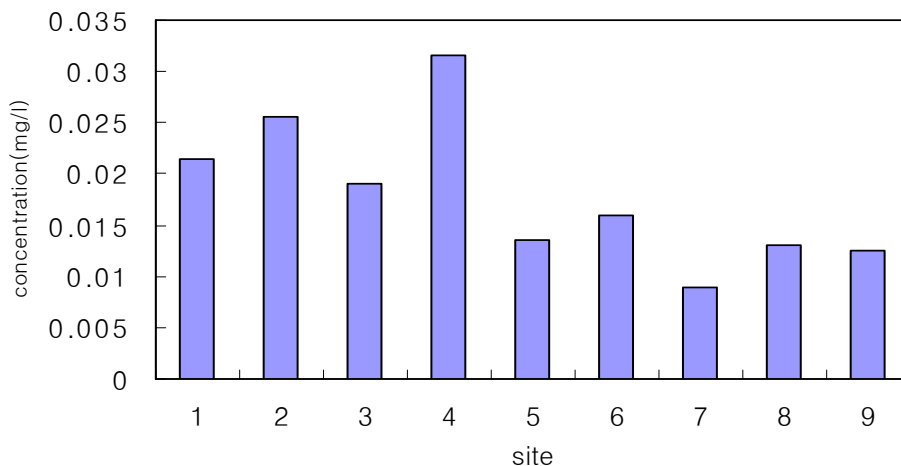


Fig. 14. 먹는 물 공동시설의 암모니아성 질소($\text{NH}_3\text{-N}$) 측정치.

4.2.1.9. 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)

Fig. 14에 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$)의 측정 결과를 나타냈다. 분석결과 질산성 질소의 농도는 0.29 mg/L~5.76 mg/L으로 조사되었다. 이 중 그린공원에서 5.76 mg/L으로 다른 먹는 물 공동시설보다 높게 조사되었다. 수질 기준치인 10 mg/L이하로 모든 시설에서 기준치 이하를 보였다. 질산성 질소는 유기물질이 미생물에 의해 산화 분해 되어 암모니아성 질소, 아질산성 질소를 거쳐 최종 산물로 생성되는 물질이다. 이러한 점을 보아 높게 나타난 종합 운동장과 그린공원은 사람의 발길이 잦은 곳으로 주변에 가축의 분비물, 음식물, 동·식물의 사체 등이 많기 때문에 질산성 질소가 증가되고 있는 지역임을 알 수 있다. 수질 기준치인 10 mg/L이상 섭취하게 되면 유아의 경우 메트헤모글로빈혈증(Blue baby)을 유발한다. 인체에서는 제2급, 제3급 아민이나 아마이드와 반응하여 발암물질인 N-니트로소화합물을 생성된다. N-니트로소화합물이 발암물질로 증명이 되었지만 사람의 몸에서 발암성에 관한 직접적인 증거는 없는 것으로 보고 되었다(박서기 등 1996).

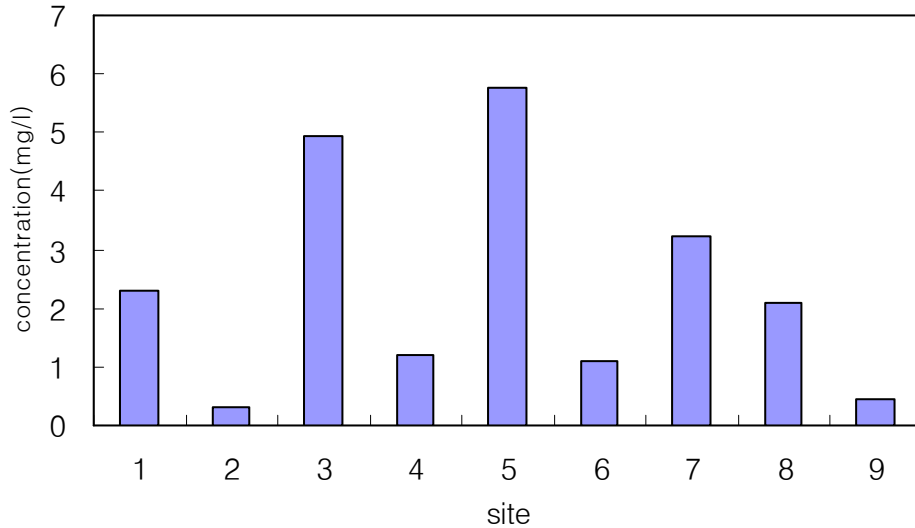


Fig. 15. 먹는 물 공동시설의 질산성 질소($\text{NO}_3\text{-N}$) 측정치.

4.2.1.10. 염소 (Cl)

염소이온은 염화물이 해리하여 생긴 Cl^- 을 말한다. 자연에 존재하는 대부분의 해수에 존재하는 형태인 NaCl 이 용해된 상태로 존재한다. 또한 KCl , CaCl_2 이 용존되어 존재하기도 한다. 염화물은 쉽게 녹는데, 지표수나 지하수에 미량의 염소이온이 함유되고 있다. 염소이온은 공장폐수나 가정하수 등이 유입되었을 때도 농도가 증가한다. 이러한 이유로 염소이온이 갑자기 증가가 되었을 때는 오염을 확인할 수 있는 지표로 쓰인다. Cl^- 는 신체 내 총 무기질량의 3%를 차지하며, 세포외액의 중요한 음이온이다. 나트륨과 함께 세포외액에서 물의 균형과 삼투압을 조절하며 pH를 일정하게 유지하는 데 필요한 영양소이다. Cl^- 의 수질기준치는 250 mg/L이다. Fig. 16에 염소이온(Cl^-)의 측정결과를 나타내었다. 먹는 물 공동시설의 염소이온 측정결과 1.66 mg/L~19.94 mg/L으로 평균 7.97 mg/L으로 조사되었다. 이는 수질기준치에 크게 미치지 못하는 양이다. 구룡골 샘터에서 19.94 mg/L으로 가장 높게 측정되었고, 간현 능촌 우물에서 1.66 mg/L으로 가장 적게 측정되었다.

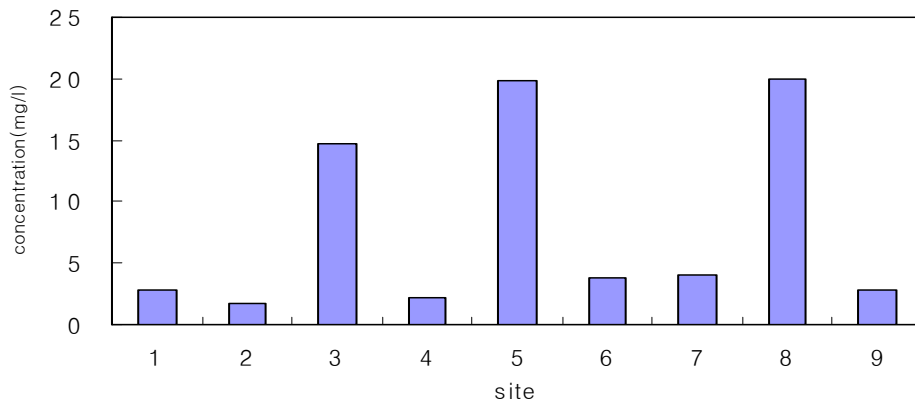


Fig. 16. 먹는 물 공동시설의 염소(Cl) 측정치.

4.2.1.11. 황산이온 (SO_4^{2-})

자연수에 황산이온은 널리 존재하며 각종 공장 배출수, 비료 광산폐수 및 화석 연료의 연소나 금속의 소성 과정 등에 의해 물 속에 배출되어 오염된다. 오염된 황산이온은 광화학반응을 통해 대기 중으로 유출되기도 하며, 대기 중의 수증기와 결합하여 황산(H_2SO_4)로 생성되어 산성비로 지표로 떨어지기도 한다. 황산염 1g~2g을 섭취 시 설사를 유발한다. Fig. 17에 황산이온(SO_4^{2-})의 측정 결과를 나타냈다. 조사 결과 황산이온은 2.86 mg/L~18.18 mg/L로 평균 8.41 mg/L로 조사 되었다. 수질 기준치인 200 mg/L보다 낮게 나타났다.

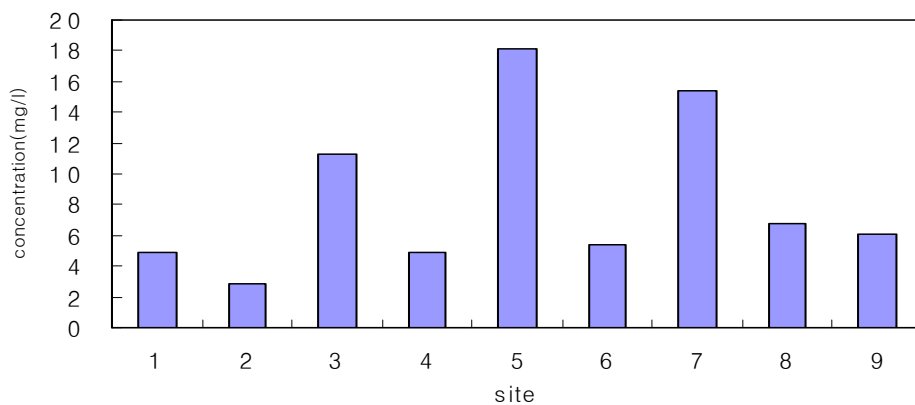


Fig. 17. 먹는 물 공동시설의 황산이온(SO_4^{2-}) 측정치.

4.2.1.12. 일반세균 및 대장균군

미생물은 일반 하천, 분뇨, 지하수뿐만 아니라 산업폐수, 가정하수에서도 광범위하게 존재한다. 일반세균과 대장균군은 오염된 수질에서 유기물과 함께 존재한다. 이러한 미생물이 갑자기 높게 측정이 되었을 때는 그 수질이 다른 병원 미생물 및 어떠한 물질로 인해 오염되었다는 것을 알 수 있다. 일반적으로 일반세균은 대장균군보다 염소 저항성이 높고 오염의 감도가 높은 것으로 알려져 있다(박근석 외 1996). 대장균군은 병원 미생물의 오염도를 알 수 있는 지표로 쓰인다. 대장균군이 발견되었다고 해서 병원 미생물이 존재하는 것은 아닐 수도 있다. 다만 대장균군이 병원 미생물보다 저항력이 강하기 때문에 대장균군이 발견되면 병원 미생물도 존재 할 수 있다는 것을 추정하는 것이다. 분석결과 일반세균의 수질 기준인 100FU/ml를 초과한 시설은 없었다. 흥업면 대안리 고개, 행구동 국향사, 귀래면 구사약수 지역에서 11월에 50FU/ml를 나타냈다. Fig. 18에 총대장균군의 양성 반응율을 나타내었다. 총대장균군의 양성 반응율은 5월에는 한곳도 발생되지 않았지만 9월에는 9개 시설 중 7시설에서 양성반응을 보였고 6월과 11월에서는 4곳이 양성반응을 보여 전체 시설 중 44%가 양성 반응율을 보였다. 대장균군은 배설물에서 많이 발견되는 균으로써 이는 먹는 물 공동 시설 주변에 동물의 배설물에 의해 오염이 된 것으로 판단된다. 미생물이 서식하기 쉬운 계절인 9월에 가장 많이 측정된 것으로 보아 하절기에는 더욱더 먹는 물 공동 시설 주변의 정기적인 관리가 필요하다.

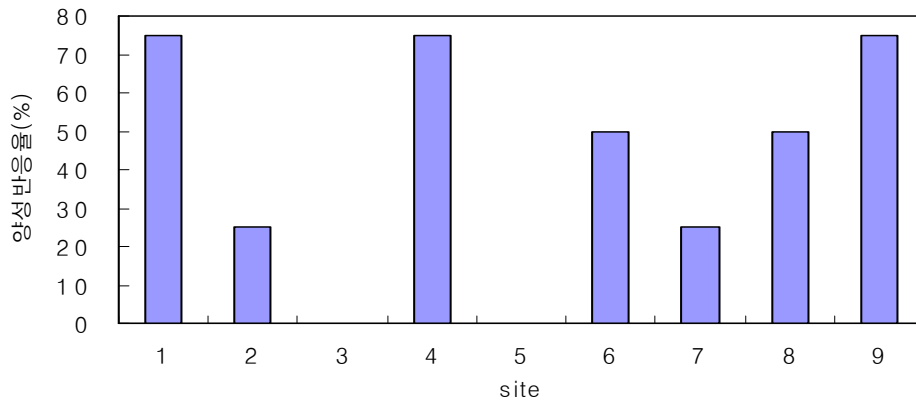


Fig. 18. 먹는 물 공동시설의 총대장균군의 양성반응율.

4.2.2 원주 지역의 먹는 물 공동 시설의 수질 현황

원주 지역의 먹는 물 공동시설 9개 시설에 대하여 수질을 분석해 본 결과(Fig. 19) 부적합율이 47.5%로 높은 것으로 조사되었다. 9월은 다른 월보다 부적합율 78%로 가장 높게 조사 되었다. 전국 먹는 물 공동 시설의 부적합율이 평균 12%~16%임을 감안한다면 원주 지역의 부적합율은 전국적으로 높은 것으로 나타났다. 부적합 항목으로는 미생물에 의한 기준초과 항목이 90%이상 차지하였다. 5월에는 전 시설에서 한곳도 부적합 판정을 받은 곳이 없는 반면 6월과 9월에는 부적합 판정을 받은 시설이 5곳과 7곳으로 조사 되었다. 11월에는 4곳으로 줄어들었다. 하절기인 6월과 9월에 부적합율이 집중되어 있는 것을 알 수 있었다. 또한 부적합 판정을 받은 시설 대부분이 미생물에 의해 부적합 판정을 받은 것으로 보아 원수에 의한 오염이 아닌 주변 시설에 의한 오염으로 판단된다. 하절기인 6월, 9월에 주변의 청결을 제대로 관리하지 못해 위생이 매우 악화 된 것으로 생각 된다. Fig. 21-1과 21-2는 원주지역의 먹는 물 공동 시설로서 주변 시설이 매우 청결하지 못하다는 것을 알 수 있다. 먹는 물 공동 시설의 주변의 동물의 사체, 분뇨, 쓰레기 등에 의한 오염에 의해 먹는 물 공동 시설이 오염되었다고 판단된다.

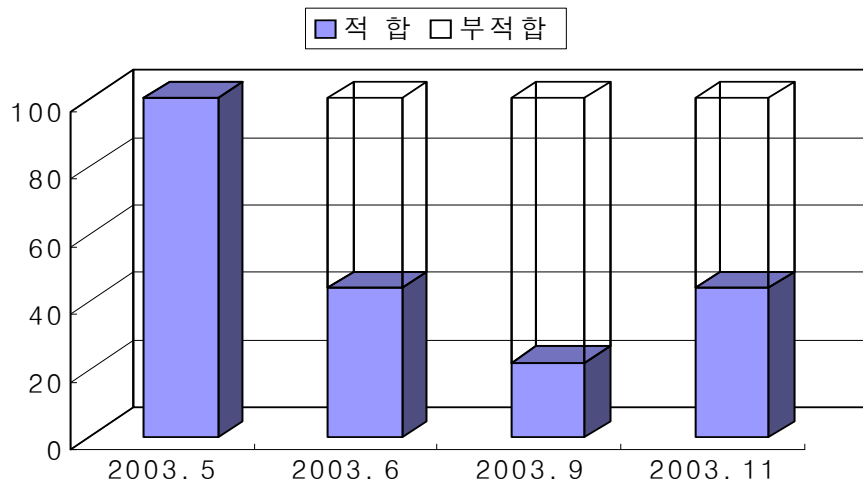


Fig. 19. 원주 지역 먹는 물 공동시설의 수질 기준 적합율.

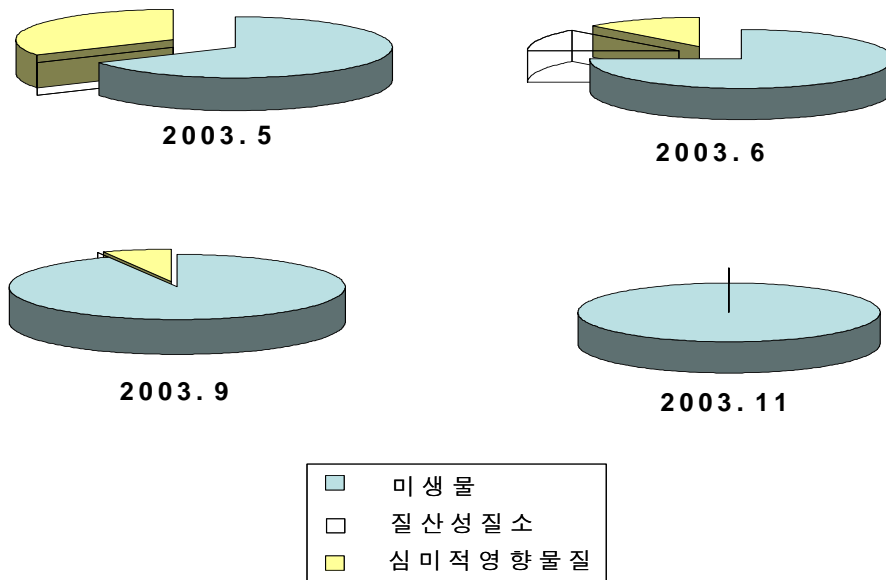


Fig. 20. 원주 지역 먹는 물 공동 시설의 기준 초과 항목 분포.



Fig. 21-1. 먹는 물 공동 시설 주변 현황의 예.



Fig. 21-2. 먹는 물 공동 시설 주변 현황의 예.

4.2.3 부산 지역의 먹는 물 공동 시설의 수질 현황

Table 15는 부산지역의 먹는 물 공동시설 수질 검사를 분기별 실시한 결과이다. 1999년부터 2002년까지 부산지역의 주요 등산로, 사찰, 유원지, 체육공원등에 설치되어져 있는 먹는 물 공동시설 수질 검사를 한 결과로 검사항목은 다른 먹는 물 공동시설 수질 기준 항목 중 일반세균, 총대장균군, 분원성대장균군, 대장균, 암모니아성질소, 질산성질소, 증발잔류물, 과망간산칼륨소비량 8항목을 검사하였다. 검사를 실시한 시설은 220여개소로 하루 이용객은 3만6천여명정도이다. 분기별 실시된 수질결과를 살펴보면 1999년부터 2002년도까지 분기별 부적합율 중 3/4분기에 부적합율을 가장 높은 것을 볼 수 있다. 부적합율이 가장 좋은 분기는 1/4분기로 나타났다. 1/4분기와 3/4분기를 비교해보면 적게는 10%에서 많게는 30%차이가 난다. 특히 2002년도에는 1/4분기 부적합율이 3%에 불과하지만 2/4분기 부적합율은 38.8%로 그 차이가 가장 심한 것으로 먹는 물 공동시설 수질기준 초과 시설 중 총대장균군 등 미생물항목 수질기준을 초과한 시설이 95%를 차지하여 부적합

율의 대부분은 미생물에 의한 것으로 나타났다.

미생물이 활동하기 좋은 환경과 먹는물 공동시설주변의 비위생적인 이용행태 및 취수시설의 청결유지 미비가 많은 3/4분기에 가장 부적합율이 높은 것으로 판명이 되고 추운 겨울철인 1/4분기와 4/4분기에 가장 부적합율이 적은 것으로 추정된다.

Table 15. 부산지역 먹는물 공동시설 수질검사 결과

연도	분기별	검사 시설수	검 사 결 과		부적합률 (%)	전국평균 부적합율(%)
			적합	부적합		
1999 년	계	903	736	167	18.5	12.8
	1/4	222	193	29	13.1	7.6
	2/4	227	183	44	19.4	14.1
	3/4	229	172	57	24.5	20.9
	4/4	225	188	37	16.4	8.6
2000 년	계	886	720	166	18.7	12.9
	1/4	223	205	18	8.1	5.3
	2/4	212	178	34	16.0	13.1
	3/4	224	146	78	34.8	23.4
	4/4	227	191	36	15.9	10.0
2001 년	계	898	806	92	10.2	9.8
	1/4	226	213	13	5.7	4.9
	2/4	219	191	28	12.8	12.3
	3/4	225	192	33	14.7	14.8
	4/4	228	210	18	7.9	7.3
2002 년	계	891	750	141	15.7	16.5
	1/4	217	210	7	3.2	4.9
	2/4	227	199	28	12.3	15.1
	3/4	224	137	87	38.8	30.8
	4/4	223	204	19	8.5	15.8

4.2.4 먹는 물 공동 시설의 수질 관리 방안

먹는 물 공동 시설에 대한 수질 조사 결과 주요 수질기준 초과 항목은 대부분 일반세균과 대장균군으로 분석되는 미생물적 오염이 가장 심각하였다. 일부 시료에서 질산성 질소가 문제가 되었는데, 대부분 농촌지역에서 퇴비와 화학 비료의 살포, 축사 또는 화장실로부터 질소 성분이 유입되기 때문으로 판단된다. 중금속 물질과 농약, 용제, 소독 부산물 등의 유해 유기물질은 원주지역의 지하수에서는 거의 검출되지 않았다. 부적합 판정을 받은 시설은 대부분 사람이 많은 지역과 오염원의 유입이 용이한 지점들이었다. 먹는 물 공동 시설의 수질 관리를 위한 방안은 다음과 같다.

첫째, 먹는 물 공동 시설 주변의 위생적인 청결상태를 유지해야 한다. 대부분 부적합 시설의 기준초과 항목은 미생물에 의한 원인이 있었다. 부적합 판정을 받은 시설 주변 환경이 비위생적인 것을 조사를 통해 알 수 있었다. 비위생적인 시설을 통해 미생물이 토양으로 전이되어 오염되어 지하수로 유입 되어진다. 이를 방지하기 위해서는 사용자의 먹는 물 공동 시설을 사용함에 있어 청결히 해야 할 것이고 애완건을 시설에 데리고 와 산책 시에도 애완건의 변을 제대로 처리해야 하고 시설 주변에서 음식을 가져와 먹는 행위도 없어야 할 것이다.

두 번째로 먹는 물 공동 시설 주변에 농약 및 화학 비료의 살포 행위 등 토양을 오염시킬 수 있는 행위를 일체 금해야 할 것이다. 농약 및 화학 비료 등이 토양에 오염되어 오염된 토양을 통해 수질이 오염된다. 먹는 물 공동 시설 주변에 재래식 화장실 시설을 없애야 하고 주변에 농약 및 화학 비료를 사용해서는 안 된다.

세 번째로 지자체의 효율적인 먹는 물 공동 시설관리 및 주변 공업지대의 규제, 관리가 필요하다. 주변 공업지대에서 배출된 배기가스에 의해 대기 중 수증기와 결합해 강우로 떨어져 토양을 통해 지하수로 유입되어 오염된다. 이러한 시스템의 사이클을 막기 위해서는 주변 시설에 대한 규제 강화 및 먹는 물 공동 시설의 관리, 우수에 대한 대비책을 마련해야 한다.

네 번째로 사용자의 의식 개혁이다. 수돗물 보다는 지하수가 더 안전하다는 막연한 생각을 가지고 먹는 물 공동 시설을 이용한다면 오염된 물을 마실 수 있을 것이다. 사용자들은 스스로가 자신들이 취수해오는 물의 수질이 어떠한지 주변 환경이 청결한지를 감시하고 확인해야 한다.

마지막으로 정기적인 수질 검사를 통해 DATA를 축적하고 분석해 효율적인 먹는 물 공동 시설을 관리해야 할 것이며 항상 그 결과를 사용자에게 공개함으로써 사용자가 안심하고 먹을 수 있는 시설을 만들어야 할 것이다.

제 5 장 결 론

먹는 샘물에 대한 4개의 음이온을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

먹는 샘물에 함유된 음이온 중 F는 평균 0.29 mg/L으로 분석되었고 Cl 음이온은 평균 7.51 mg/L으로 분석되었으며 NO₃⁻-N 음이온은 평균 1.22 mg/L으로 분석되었다. 마지막으로 SO₄²⁻ 음이온은 평균 7.36 mg/L으로 분석되어 모두 수질 기준에 만족하였다.

먹는 샘물의 지속적인 수질 관리를 위한 대처방안은 첫째 오염이 없는 청정 지역에서 원수를 취수해야 하며, 두 번째로 제조공정에 있어서 안정해야 한다. 세 번째로는 지속적인 측정도의 DATA 축적을 통해 먹는 샘물의 수질 분석과 안정도를 지속적으로 확인 감시해야 한다.

먹는 물 공동 시설에 대한 수질 검사 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

원주지역에 위치한 9개 시설 중 먹는 물 수질 기준을 초과한 월은 9월, 6월, 11월, 5월 순이었다. 기준 초과된 항목 중 가장 비중이 많은 항목은 미생물, 질산성 질소, 탁도, 색도 순이었으며, 이 중 9개 시설 중 7개 시설에서 미생물에 의한 수질 기준 초과로 부적합 판정을 받았다. 부산지역의 경우 3/4분기에 수질 부적합 판정을 받은 곳이 많았으며 대부분 미생물 항목이 초과하는 것으로 나타났다.

먹는 물 공동 시설에 대처 방안은 첫째 먹는 물 공동 시설 주변의 청결을 위생적으로 관리해야 한다. 두 번째로는 먹는 물 공동 시설 주변에 농약 및 화학 비료의 살포 행위 등을 근절해야 한다. 세 번째로는 효율적인 먹는 물 공동시설을 위해 먹는 물 공동 시설의 체계적인 관리 및 주변 공업지대의 배출량 규제 및 관리가 필요하다. 네 번째로 먹는 물 공동 시설을 이용하는 사용자의 의식 개혁이다. 마지막으로 정기적인 수질검사를 통해 DATA를 축적하고 분석해 효율적인 먹는 물 공동 시설을 관리해야 한다.

참 고 문 헌

- 건교부, 2001, 수자원 장기 종합 계획
- 건교부, 2003, 지하수 관리 기본 계획
- 김인수의 2명 약수터 수질 특성에 관한 연구, 보건 환경 연구원 page176~177
- 김장웅, 2002, 경기북부지역 약수터의 수질실태에 관한 조사연구, 서울시립대학교 도시공학대학원 공학석사논문
- 김현실, 2002, 부산지역 일부 약수터의 수질 특성에 관한 연구, 부경대학교 환경 공학과 공학석사논문
- 박석기·안승구·엄석원, 1996, 먹는물 의 수질 관리, 동화출판
- 박영석, 2004, 우리나라 지하수 관리 정책과 외국의 사례, 제 10회 물 관리 심포지엄 부산시 2003년도 환경백서
- 서울시 2002년도 환경백서
- 서울시 2003년도 먹는 물 공동 시설 등급제 현황
- 손금두·손기수, 2004, 수질환경기사, 성안당
- 이남례·김영만·최범석, 1997, 먹는 샘물 중의 건강과 맛에 영향을 미치는 화학 성분의 분석, 한국과학 기술 연구원 특성 분석 센터
- 이영주 외 5명 2002, 대구지역 약수 수질의 화학적 특성 평가
- 이용근, 2000, 환경과 인간, 아카데미
- 임현철, 2004, 먹는 샘물 수질에 관한 연구, 한국지질자원연구원, page 41~49
- 정 용, 2001, 환경과학, 동화출판
- 치약 여성 환경 보전 협회, 2001, 원주시 지하수 수질조사 및 오염방지 대책
- 환경부, 2002, 2003, 2004년 약수터 수질검사 결과
- 환경부, 2003, 토양 측정망 및 실태조사 결과
- 환경부, 2005년 먹는 샘물 조제업체 현황
- 환경부, 먹는 물 공정 시험방법, 환경부령 고시 제2000-75호
- 환경부, 먹는 물 수질 기준 및 검사 등에 관한 규칙, 환경부령 제 95호

ABSTRACT

Studies on the Water Qualities of Natural Mineral Waters and Spring Waters in Korea.

Kim, Se-Won

Environmental Engineering

The Graduate School of Health and Environment

Yonsei University

The natural mineral waters in Korea are provided by 71 domestic and 48 foreign companies. Public spring water facilities managed by the government were 1800. In order to evaluate the water qualities, these waters are regularly analyzed by law. The 51 items for the natural water and the 48 items for the spring waters are strictly enforced to satisfy the drinking water standards. In the thesis, water qualities for these waters are investigated and the proper management methods are suggested.

In the case of natural mineral waters, 9 companies were selected and 7 anions are analyzed for the products. The results show that all products satisfied the water standards. Therefore, the proper management for the water source and production process have shown to be undergoing up to date. In order to keep the water safe for the consumers, strict supervision including the accumulation of water qualities data should be necessary.

The 9 public spring waters located in Wonju were evaluated. The results show that nearly 16% of the facilities operated from 2000 to 2004 were not satisfied as a

drinking water. Especially, the water qualities were deteriorated during the summer season, resulting 30% were shown to be inadequate as a drinking water. The unsatisfied items were mainly the bacteria and nitrate. More specifically, the 90% of unsatisfied facilities were due to the abundance of bacteria. In Korea, the most of public spring water facilities are located in "green" areas, which are normally isolated from industrial zones. Accordingly, the pollution would come from the surroundings other than the factories.

The second item to exceed the water quality standard was NO_3^- -N. This can be a primary cause of cyanosis in the children of less than 6-month-old. When nitrates are introduced to the water source, total dissolved solids can be increased, resulting a foul taste. The primary source of nitrate would be fertilizers and live-stock wastes near the facilities.

In order for spring water to keep safe enough for drinking, livestock, garbage and other factors leading to pollution must be removed from the surroundings of the public drinking water facilities. Moreover effective maintenance of spring water facilities through continuous monitoring by government agencies as well as a meticulously compete understanding of "cleanliness" by the users of the facilities should be enforced.

Key words: natural mineral waters, spring waters, water quality standards, microorganisms, NO_3^- -N,