



Fact Sheet

불소계 계면활성제(PFAS) 팩트 시트

주 수자원관리위원회
식수과

2024년 5월

목차

두문자어 및 약어 목록	2
개관	3
PFAS 배경	4
1. PFAS 정의.....	4
2. PFAS 문제.....	4
3. 환경에서 발견되는 PFAS	4
4. PFAS의 발생원.....	5
5. 인체의 PFAS에 대한 노출.....	5
6. 식수내 PFAS.....	7
7. 미국의 PFAS 생산	8
8. PFAS 노출 감소.....	8
PFAS 문제를 해결하기 위한 캘리포니아주 수자원 통제위원회(State Water Board)의 노력	9
9. 캘리포니아 내 PFAS 발생원을 파악하기 위한 노력.....	9
10. 식수의 PFAS 문제를 관리하기 위한 주 수자원 위원회의 노력	10
11. 알림 수준 및 대응 수준.....	11
12. PFAS 알림 수준 또는 대응 수준 초과 요구 사항.....	12
13. 식수에 대한 PFAS 최대 오염물질 수준(MCL)에 대한 US EPA 발령	12
14. US EPA PFAS MCL이 캘리포니아 공공 수자원 시스템 규정 준수에 미치는 영향	13

두문자어 및 약어 목록

두문자어/약어	정의
DDW	식수과
MCL	최대 오염물질 수준
NPDWR	국가 식수 기본 규정
OEHHA	환경보건위험평가국
PFAS	불소계 계면활성제
PHG	공중 보건 목표
주 수자원위원회	주 수자원관리위원회
US EPA	미국 환경 보호국

개관

이 팩트 시트는 PFAS(불소계 계면활성제)에 대한 정보와 캘리포니아 주 식수의 PFAS 문제를 관리하기 위한 주 수자원 관리 위원회(주 수자원 위원회) 식수과의 조치에 대한 정보입니다.

PFAS 배경

1. PFAS 정의

불소계 계면활성제(과 및 폴리플루오로알킬 물질)는 환경에서 자연적으로 발생하지 않으며 인공으로 합성한, 열, 물, 기름, 유성 물질 및 얼룩에 강한 화학 물질의 대규모 그룹을 의미합니다. 1940년대부터 PFAS는 들러붙지 않는 조리기구, 방수 의류, 얼룩 방지 직물 및 카펫, 일부 소방용 거품, 유성 물질, 물 및 기름에 저항하는 제품과 같은, 산업 및 소비자 제품에 사용되었습니다. PFAS는 다양한 소비재와 지하수에서 발견될 수 있습니다.

2. PFAS 문제

PFAS에 장기간 노출되면 잠재적으로 건강에 해로울 수 있습니다. [미국 질병통제예방센터\(CDC\)](#)의 최근 검토에서는 인체가 장기간에 걸쳐 PFAS에 노출되면 다음과 같은 결과를 가져올 수 있다고 설명합니다.

- 출산율 감소와 출생아의 체중을 감소하게 한다.
- 질병과 싸우는 인체의 저항력을 약화시킨다.
- 일부 암, 천식, 갑상선 질환 및 간 손상의 위험이 증가한다.
- 콜레스테롤 수치를 높인다(심장마비나 뇌졸중의 위험을 증가시킬 수 있음).

PFAS의 잠재적인 건강 위험 때문에 주 수자원국(State Water Board)은 식수 품질을 보호하기 위해 PFAS 모니터링할 것을 요구합니다. 식수에서 PFAS를 모니터링하면 물을 안전하게 마실 수 있으며 주 수자원국이 공중 보건을 보호하는 데 도움이 됩니다.

3. 환경에서 발견되는 PFAS

PFAS는 제조 시설 내부와 주변의 공기, 물, 토양에서 발견될 수 있습니다. 2000년대 초반에 기업들이 여러 종류의 PFAS의 생산 및 사용을 단계적으로

중단하기 시작한 이후 이러한 자연 방출이 감소하고는 있지만 PFAS는 환경에서 매우 안정적이며 쉽게 분해되지 않습니다. PFAS는 오랜 기간 동안 환경과 인체에 남아 있습니다. 일부 PFAS는 휘발성이 있어 공기를 통해 먼거리로 운반될 수 있으며, 이 때문에 PFAS 배출원에서 멀리 떨어진 토양과 지하수를 오염시킬 수 있습니다.

4. PFAS의 발생원

PFAS의 주요 발생원은 화재 훈련 및 화재 대응 현장, 산업 현장, 매립지, 폐수 처리장 및 바이오 고형물입니다. 다음 그림은 PFAS가 포함된 제품의 예를 보여줍니다.



그림 1. PFAS가 포함된 소비자 제품의 예.

5. 인체의 PFAS에 대한 노출

PFAS가 인체내로 들어가는 주요 경로는 다음과 같습니다.

- **식수:** 오염된 식수로 인해 PFAS를 사용하는 제조 시설 근처에 거주하는 일부 인구의 PFAS 노출 수준이 높아졌습니다.

- **식품:** 야채, 생선, 고기, 계란 등 PFAS로 오염된 물이나 토양에서 생산된 식품에는 생물 축적 및 작물 흡수로 인해 PFAS가 포함될 수 있습니다. 또한 PFAS로 만든 식품 포장은 PFAS가 식품으로 옮겨질 수 있습니다.
- **소비자 제품:** 카펫, 직물, 화장품, 로션 등 PFAS로 만든 소비자 제품을 만질 경우 입을 통하여 인체내로 흡수될 수 있습니다.
- **흡입:** 오염된 공기나 집안 먼지를 흡입하면 사람들이 PFAS에 노출될 수 있습니다. 실외 및 실내 공기나 먼지 모두 PFAS를 포함할 수 있습니다. 실외 공기 중의 PFAS는 제조시설에 의한 배출로 인해 발생할 수 있습니다. PFAS로 처리된 의류, 직물, 카펫은 실내 공기 중 일부 PFAS 농도를 높일 수 있습니다.

PFAS 화학물질은 피부를 통해 쉽게 흡수되지 않습니다. 따라서 피부 노출은 일반적인 사람에게 덜 중요한 노출 경로로 간주됩니다.

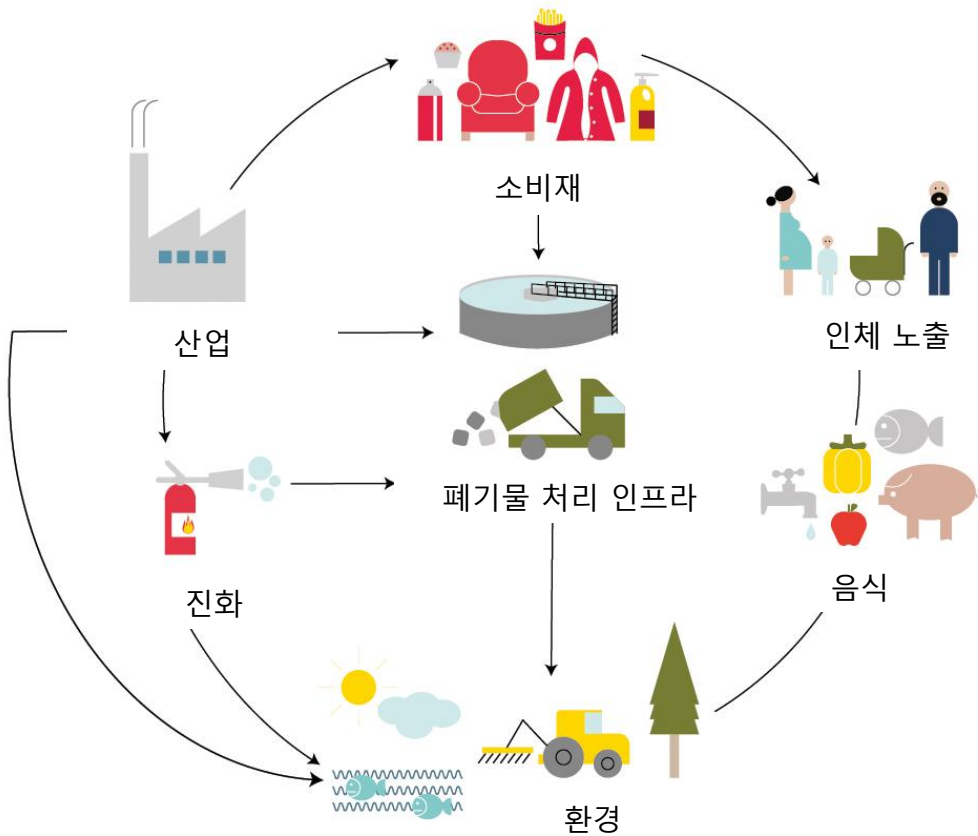


그림 2. 환경과 인체에 대한 PFAS 노출 경로.

이미지는 <https://extension.umaine.edu/livestock/dairy/pfas-and-dairy-animals/>에서

6. 식수내 PFAS

PFAS가 포함된 제품을 사용하거나 땅이나 호수, 강에 쏟을 경우 식수에 들어갈 수 있습니다. 지하수에 들어가면 PFAS는 장거리로 쉽게 운반되어 식수원을 오염시킬 수 있습니다. 공기 중의 PFAS는 식수로 사용되는 강과 호수에 유입될 수도 있습니다. 환경 내 PFAS 인과 및 운송에 관한 추가 정보는 [주간 기술 규제 위원회](https://pfas-1.itrcweb.org/)(<https://pfas-1.itrcweb.org/>)에서 확인할 수 있습니다.

사진 인화 절차

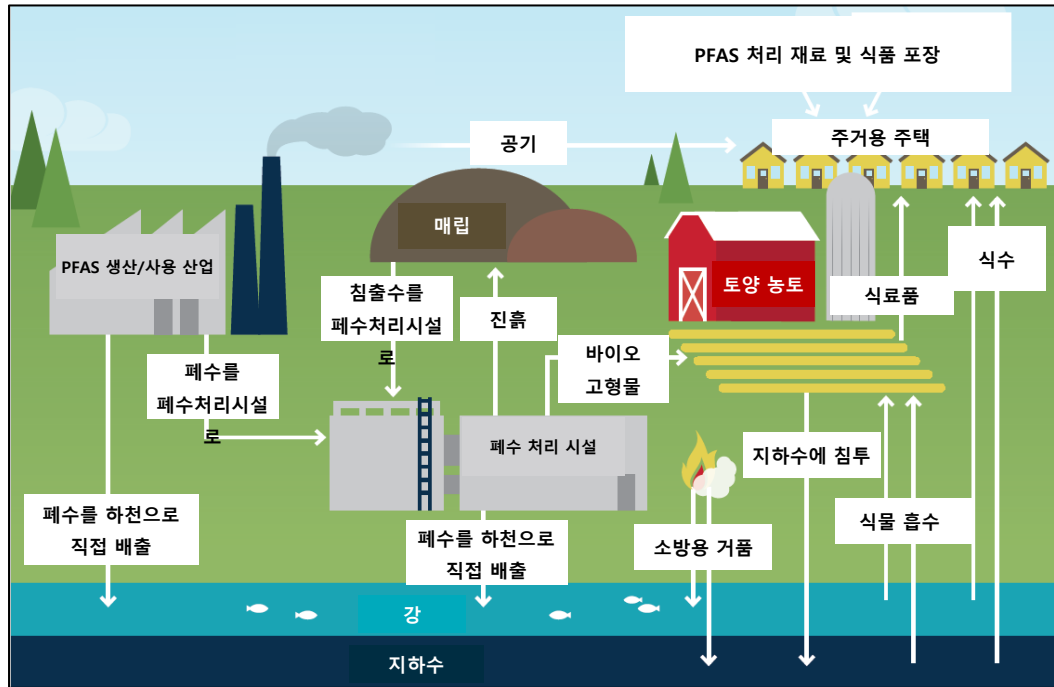


그림 3. PFAS 공급원과 식수 경로. 이미지는

<https://health.hawaii.gov/heer/environmental-health/highlighted-projects/pfas/>에서 가져왔습니다.

7. 미국의 PFAS 생산

미국 환경 보호국(US EPA)은 8개의 주요 PFAS 생산업체가 배출물과 제품에서 PFAS를 단계적으로 중단했다고 발표했습니다. 그러나 제조업체들은 PFAS 계열의 대체 물질을 개발했습니다. 또한 이들 물질이 포함된 일부 수입품이 있을 수도 있습니다.

8. PFAS 노출 감소

PFAS 노출을 예방하는 것은 이미 과거로부터 현재에 이르기까지 전 세계적으로 소비자 제품에 광범위하게 사용되기 때문에 실용적이지 않습니다. 다음과 같은 방법으로 일부 제품에 대한 노출을 피하거나 제한함으로써 노출을 줄일 수 있습니다.

- 들러붙지 않는 코팅 조리기구 사용시 제조업체 지침을 면밀히 살펴 보십시오(모든 들러붙지 않는 코팅에 PFAS가 포함되어 있는 것은 아닙니다).
- 들러붙지 않는 코팅된 식기 대신 스테인리스 스틸이나 주철 조리기구를 사용하세요.
- 기름과 방수가 되는 식품 포장을 피하세요.
- 카펫, 가구, 의류에는 얼룩 방지 코팅을 피하십시오.
- 의류에는 발수제를 사용하지 마세요.
- "PTFE" 또는 "불소" 성분이 포함되지 않은 개인 관리 제품을 사용하십시오.
- 정기적으로 젖은 천으로 집안 표면을 닦거나 청소하십시오.

미국 식품의약국(FDA)에서는 건강한 식단을 유지하기 위해 다양한 유형의 음식을 섭취해야 한다고 권장합니다. 그들은 다양한 식품에 대해 실시한 첫 번째 테스트 결과에서 PFAS 오염 때문에 특정 식품을 피할 필요는 없다고 언급했습니다. 자세한 내용은 [식품의약청\(FDA\)](https://www.fda.gov/food/process-contaminants-food/questions-and-answers-pfas-food)에서 확인할 수 있습니다. (<https://www.fda.gov/food/process-contaminants-food/questions-and-answers-pfas-food>).

PFAS 문제를 해결하기 위한 캘리포니아주 수자원 통제위원회(State Water Board)의 노력

9. 캘리포니아 내 PFAS 발생원을 파악하기 위한 노력

2019년부터 주 수자원 위원회, 식수과(DDW)는 환경과 식수에 잠재적으로 가장 큰 영향을 미칠 수 있는 지역에서 PFAS의 발생을 확인하기 위해 주 전체 조사 명령을 전략적으로 계획하고 발령해 왔습니다. 이러한 영역에는 소방용 거품, 특정 산업 응용 분야 및 PFAS에 의해 이차적으로 영향을 받는 산업 분야에서 PFAS의 산업적 사용이 포함됩니다.

주 전역의 샘플링 노력을 바탕으로 PFAS는 공항, 벌크 연료 터미널 및 정유소에서 PFAS가 포함된 소방용 거품을 산업적으로 사용하는 영역과 PFAS가 포함된 연무 억제제가 도금 공정의 일부로 사용된 경우가 주로 확인되었습니다. 그러나 폐기물 흐름에서 2차적으로 PFAS를 받기 때문에 PFAS는 매립지 및 폐수 처리장에서도 확인되었습니다.

10. 식수의 PFAS 문제를 관리하기 위한 주 수자원 위원회의 노력

DDW는 [여러 가지 조사 명령](#)을 내렸습니다.

(https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/pfas_ddw_general_order) to public water systems requiring testing for PFAS. 가장 최근에는 취약 계층 및 심각한 취약계층이 거주하는 커뮤니티에 서비스를 제공하는 커뮤니티 수자원 시스템의 PFAS를 모니터링하기 위해 일반 명령 DW 2024-0002-DDW(2024년 명령)가 공공 수자원 시스템에 발령되었습니다. 이 모니터링의 목적은 이러한 커뮤니티의 식수에 대한 PFAS 영향을 이해하는 것입니다.

캘리포니아 주 의회 법안 756(보건 안전법 제 116378조로 성문화됨)은 주 수자원위원회가 공공 수자원 시스템에 PFAS를 모니터링하고 탐지 내용을 보고하도록 보다 광범위하게 명령할 수 있는 권한을 부여합니다. 앞으로는 더 많은 추가 평가가 필요할 수 있습니다.

산업 자원 조사와 함께 공공 수자원 시스템은 주 수자원위원회 일반 명령 [DW 2022-0001-DDW](#)에 따라 이 지역 근처의 수원에서 샘플을 채취해 왔습니다.(https://www.waterboards.ca.gov/drinking_water/certlic/drinkingwater/pfas_ddw_general_order/).

또한 DDW는 표 1에 나열된 4가지 일반적인 PFAS 화합물에 대한 알림 수준과 대응 수준을 발표했습니다. 인체 건강에 끼치는 잠재적 위험에 대한

환경보건위험평가국(OEHHA)의 발생 및 권장 사항에 따라 향후 추가 알림 및 대응 수준이 발표될 수 있습니다.

표 1. 네가지 PFAS 구성요소의 리터당 나노그램 또는 ppt 단위의 알림 및 대응 수준

PFAS 구성요소	알림 수준(ng/L 또는 ppt)	대응 수준(ng/L 또는 ppt)
퍼플루오로부탄술폰산(PFBS)	500	5,000
퍼플루오로헥산술폰산(PFHxS)	3	20
퍼플루오로옥탄술폰산(PFOS)	6.5	40
퍼플루오로옥탄산(PFOA)	5.1	10

11. 알림 수준 및 대응 수준

알림 수준은 최대 오염 물질 수준(MCL)이 미달하는 식수 내 화학 물질에 대해 DDW가 설정한 건강 기반 권고 수준입니다. 화학 물질이 알림 수준보다 높은 농도로 발견되면 특정 요구 사항 및 권장 사항이 적용됩니다. 법적 통지 요건은 다음에 적용됩니다.

- 송수도 시스템은 해당 식수를 직접 공급받는 관리 기관과 수도 시스템에 통보해야 합니다.
- 배수도 시스템은 관할 기관과 식수 공급 지역을 포함하는 관할권을 가진 지방 기관(즉, 시나 카운티, 또는 시와 카운티)의 관리 기관에 이를 통보해야 합니다.
- 송수도 및 배수도 시스템은 캘리포니아 공공 유틸리티 위원회의 규제를 받으며 위원회에도 이를 통보해야 합니다.

대응 수준은 DDW가 식수 공급원을 서비스에서 제거하도록 권장하는 수준입니다. 확인된 감지가 대응 수준을 초과하는 경우 커뮤니티 수자원 시스템 또는 일시적이지 않은 비커뮤니티 공공 수자원 시스템은 다음을 수행해야 합니다.

- 수도 시스템의 연간 소비자 신뢰 보고서에 해당 탐지 내용을 보고합니다.
- 감지된 수준이 대응 수준을 초과하는 수원을 사용하지 않거나 확인된 감지일로부터 30일 이내에 (보건 및 안전 §116378에 명시된 대로) 대중에게 통지합니다.

12. PFAS 알림 수준 또는 대응 수준 초과 요구 사항

현재 알림 수준이 있는 PFAS는 4개뿐입니다(표 1 참조). 더 많은 데이터와 정보가 제공되면 다른 PFAS에 대한 추가 알림 수준이 설정될 수 있습니다.

수처리 시스템이 자발적으로 수원을 샘플링하고 분석 테스트를 수행했으며 PFAS 감지 결과가 해당 알림 수준을 초과하는 것으로 확인되었을 경우, 수처리 시스템은 실험실이 신고 수준을 초과하는 오염물질이 검출되었음을 처음으로 통보한 후 30일 이내에 검출 사실을 보고해야 합니다.

2024년 명령의 경우 PFAS 감지 결과가 해당 알림 수준을 초과하는 것으로 확인되면 주 수자원 위원회(State Water Board)의 계약자가 이미 분석 테스트를 수행하고 있으므로 주 수자원 위원회에 결과가 통보됩니다. 따라서 수자원 시스템은 초과 사실을 주 수자원위원회에 보고할 필요가 없습니다.

PFAS 결과가 대응 수준을 초과하는 경우, 수자원 시스템은 (1) 즉시 해당 수원으로 부터의 서비스를 중단하거나, (2) 처리 또는 혼합을 활용하거나, (3) 대응 수준 초과에 대해 대중에게 통보해야 합니다. 또한, 대응 수준의 초과는 연간 소비자 신뢰 보고서에 보고되어야 합니다.

13. 식수에 대한 PFAS 최대 오염물질 수준(MCL)에 대한 US EPA 발령

2024년 4월 26일, US EPA는 식수 오염물질 규제를 위한 안전한 식수법에 따라 국가 기본 식수 규정(NPDWR)의 일부로 최대 오염물질 수준(MCL)을 설정하는 최종 연방 PFAS 규정을 발표했습니다. 이러한 수준은 식수의 특정 PFAS에 대한

건강 보호 표준, 실험실 분석 및 처리의 타당성, 비용 및 이점 분석을 사용하여 설정됩니다. 수자원 시스템은 모니터링, 관련 보고 및 공시 요구 사항을 준수해야 합니다. 수자원 시스템도 최대오염물질수준(MCL)을 준수해야 하며, MCL을 위반한 경우 소비자에게 공개적으로 통지해야 합니다. 표 2는 MCL을 나타냅니다. 자세한 내용은 EPA 웹사이트를 방문하세요.

<https://www.epa.gov/sdwa/and-polyfluoroalkyl-substances-pfas>.

표 2. 리터당 나노그램 또는 또는 ppt 단위로 표시되는 EPA MCL이 포함된 PFAS 구성 요소

화합물	EPA MCL
PFOA	4.0 ppt
PFOS	4.0 ppt
PFHxS	10 ppt
PFNA	10 ppt
HFPO-DA (일반적으로 GenX 화학물질로 알려짐)	10 ppt
PFHxS, PFNA, HFPO-DA, PFBS 중 2가지 이상을 함유한 혼합물	1(단위 없음) 위험 지수*

*USEPA는 식수에서 이러한 PFAS의 결합 및 동시 발생 수준을 설명하기 위해 위험 지수 MCL을 사용하여 2개 이상의 PFHxS, PFNA, HFPO-DA 및 PFBS를 포함하는 PFAS 혼합물에 대한 MCL을 설정했습니다. 위험 지수에 대한 자세한 내용은 다음 EPA의 자료표를 참조하십시오. https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-04/pfas-npdwr_fact-sheet_hazard-index_4.8.24.pdf

14. US EPA PFAS MCL이 캘리포니아 공공 수자원 시스템 규정 준수에 미치는 영향

PFOA, PFOS, PFNA, PFHxS, PFBS 및 HFPO-DA(표 2)에 대한 MCL을 설정하는 최종 연방 PFAS 규칙에서는 규칙 공포(2024년 4월 26일) 이후 초기 모니터링 기간을 3년(2027)으로, 준수 기간을 규칙 공포 이후 5년(2029)으로 설정했습니다.

DDW는 캘리포니아의 식수 사용을 기반으로 US EPA MCL의 공중 보건 보호 유용성을 평가해야 합니다. DDW가 자체 MCL을 설정하려면 US EPA가 설정한 MCL과 동일하거나 더 제한적이어야 합니다. 캘리포니아 보건 및 안전법 §116365(a)에서는 오염 물질의 MCL을 기술적으로나 경제적으로 가능한 한 공중 보건 목표(PHG)에 가까운 수준으로 설정하여 공중 보건 보호에 중점을 두도록 요구합니다. PHG는 OEHHA(환경보건위험평가국)에 의하여 설정되고 DDW는 이를 채택합니다.