

2022. 방통대 봄 세미나

위해성평가의 이해 - 개념과 원리, 그리고 사례연구

2022년 5월 20일

김성균

서울대학교 보건대학원

개요 노출-위해성평가 w/ 바이오모니터링

• 핵심요약:

- 화학물질 세상에서 유해성(독성)와 위해성을 구별해야 함
- 위해성평가는 노출과 독성참고치를 비교하는 일
- 독성참고치는 안전을 보장하지 않아

발표 구성

배경 - 화학물질세상

위해성평가의 개념

위해성평가의 한계

사례: 생활화학제품 위해성평가

슬기로운, 화학물질 세상에서 살아남기

화학물질 세상에서 유해성(독성)과 위해성을 구별해야 함

화학물질 세상



Adhesives



Advanced Printing Solutions



Animal Nutrition



Biomaterials



Clean Technologies



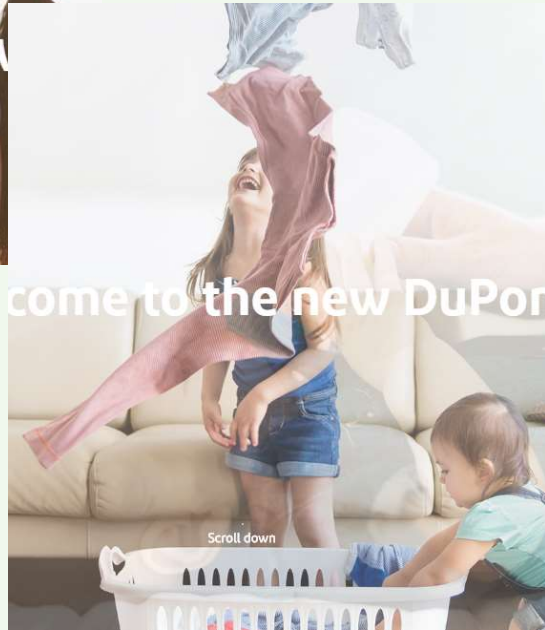
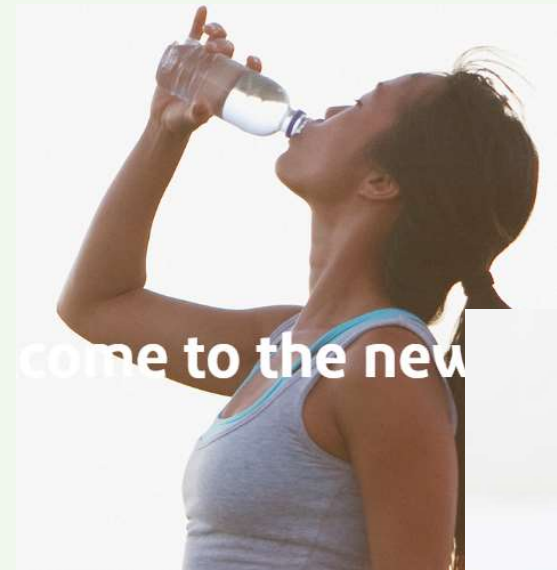
Construction Materials



Consumer Products



Dietary Supplements



(Dupont.com)

화학물질 세상에서 우리는 많은 정보를 마추칩니다.

하이닥

매일 텀블러에 커피 담아 마셨더니 '납 중독'이라고? | 뉴스/칼럼 | 건강이야기

부식된 텀블러 내부 표면에서 중금속이 나와 남성의 대뇌피질이 퇴화했고, 이후 치매 증상이 나타나며 1년 후에는 흡인성 폐렴으로 사망에 이르렀다.

2019. 7. 9.



→ 용기 표면 하단부 코팅에서 검출; 회수/폐기조치

JTBC

위험한 '불맛'...직화 간편식 절반서 발암가능 물질 나와

'3-MCPD(3-모노클로로프로판디올)'인데 세계보건기구의 국제암연구소가 인체 발암 가능 물질로 분류하는 성분입니다. [이청자/서울 청량리동 ...

2주 전



→ 3-MCPD는 IARC의 Group2B 맞지만, 산분해간장 제조공정에서 섞인 오염물질. 검출 = 퇴출 기준X

조선일보

[여성조선] 치약부터 비누, 샴푸, 구강청결제까지...2차 화학물질 공포 어떻게 대처할까?

식약처가 국내의 모든 치약 제조업체에 대해 발암물질인 파라벤, 간 섬유화약 암을 일으킬 수 있는 유독물질인 트리클로산이 함유된 원료의 사용 ...

2016. 11. 3.



→ 검출여부가 퇴출여부X. 위 제품은 rinse-off제품이며 함유량의 기준이 있음

한겨레

전체 유통 생리대 97%서 발암류 물질 검출...안전성 우려

또 일회용 일반 생리대 78개 제품 중 3개 제품과 다회용 면 생리대 8개 제품 전체에서 다이옥신류 성분이 검출됐다. 프탈레이트류는 환경 호르몬 ...

3주 전



→ 3년전 공개자료 재공개.

안전성 판단에 과학적 조사/증거가 더 필요함

사회감시기능을 수행하는 언론의 (과학) 보도는 모두 믿어야 할까요?

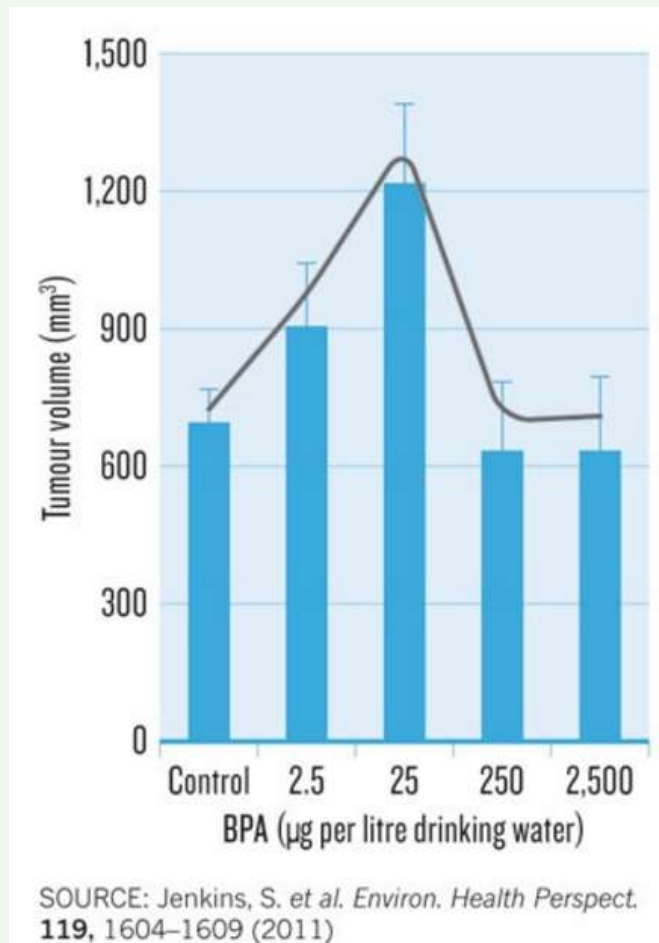
한편, 모든 물질은 '독'이지만, 용량에 따라 결정된다



모든 물질은
독이다;
독이 아닌
것은 없으며
정한 용량이
약과 독을
구별한다.
Paracelsus
(1493~1541)

물질명	설명	LD50 (mg/kg.bw) 집단의 50% 치사량
Sodium chloride	소금	3,000 mg/kg (rat, oral) 12,357 mg/kg (human, oral)
Ethyl alcohol	술	7,060 mg/kg (rat, oral)
Acetyl salicylic acid	아스피린	200 mg/kg (rat, oral)
Gyromitrin (C ₄ H ₈ N ₂ O)	버섯 독성분의 일종	200 mg/kg (rat, oral)
Caffeine	커피와 콜라의 성분	140 mg/kg (dog, oral)
Arsenic trioxide (As ₄ O ₆)	비소(3가)	15 mg/kg
Nicotine	니코틴	1 mg/kg
Tetrodotoxin	복어독	0.1 mg/kg

독성관련하여, 어떤 물질은 저용량도 해롭고, 흡수경로에 따라 독성이 달라짐



- 경구보다 흡수 ↑
 - 코/비강/기관지 → 폐포/혈액 → 전신
 - 크기가 작을 수록 쉽게 폐포까지
 - 신속하게 흡수
 - 간을 거치지 않고 전신으로
 - first-pass effect
- local effect
- 불특정다수가 흡입가능

(독성물질을 관리하기 위해 노출기준을 정해놓았지만,)

노출허용기준 이하면 안전 보장일까?

- 독성참고치 또는 노출 허용기준치
 - 대개 동물 실험에서 도출
 - 최저 영향 농도에 안전계수(불확실계수 10~100)를 나눠 인구집단에 적용

• 그러나,

년도	TVL (ppm)	배수
1946	100	
1947	50	2
1948	35	1.4
1957	25	1.4
1974	10	2.5
1997	0.5	20

벤젠 작업장 독성참고치의
변천사 →

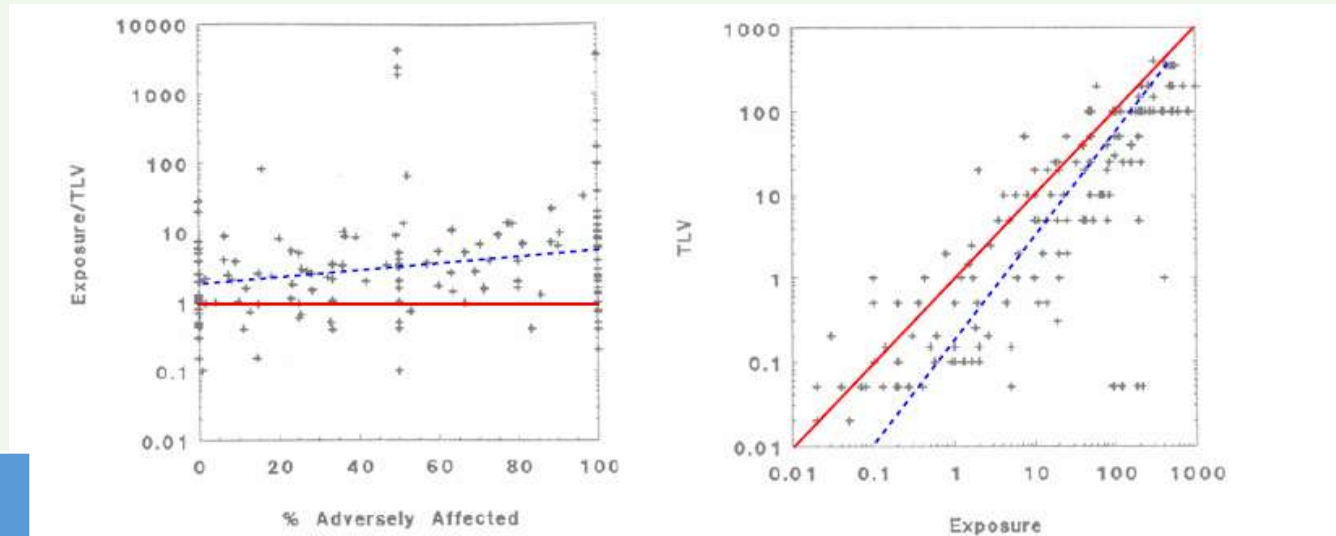


Figure 2.1 Relationships involving those 1976 TLVs based upon human experience. Left: TLV versus the percentage of persons in the cited studies who experienced adverse effects. Right: TLV versus the average level of exposure reported in the cited studies [from (Roach and Rappaport, 1990)].

- ✓ $HQ < 1$ 또는 $MOE > 100$
 - “Generally acceptable”로 이해해야
- ✓ 위 지표가 Lifelong exposure 안전성 보장은 아님

독성참고치(기준치) 관련된 Facts

- 기준치가 있어야 위해성평가를 할 수 있다.
- 기준치는 지식이 쌓이고 사회가 변하면서 변할 수 있다
 - 기준치는 수명이 있다
 - 독성은 그대로인데 독성에 대한 지식이 쌓이는 것
- 기준치는 시장에 이미 나온 물질 중 일부만 있다
 - 새로운 물질에 대한 기준치는 없는 것이 많다
 - 신소재 = 신규물질
 - 독성은? 잘 모름
- 기준치는 보수적이어야 한다.
 - 민감군을 지키려면

<세계현황>

CAS #: 168,000,000개

Pubchem: 111,444,148개

<환경부>

국내등록물질: 45,839 개

유해화학물질: 2,041 개

<산업안전보건법>

흡입노출기준: 731개

위해성평가의 개념

위해성평가는 노출과 독성참고치를 비교하는 일

위해성평가와 위해관리

• 위해성

- 노출을 고려한, 현실적인, 유해물질의 위험성

• 위해성평가

- 위해성에 대한 과학적 평가

• 위해관리

- 위해성평가에서 식별된 위험을 통제/관리하기 위한 일련의 정책
 - 고려상황
 - 법적, 공학적, 경제적, 사회적 및 정치적 요인
 - 과학적 증거 및 위험 추정치
 - 대안 옵션 중 선택

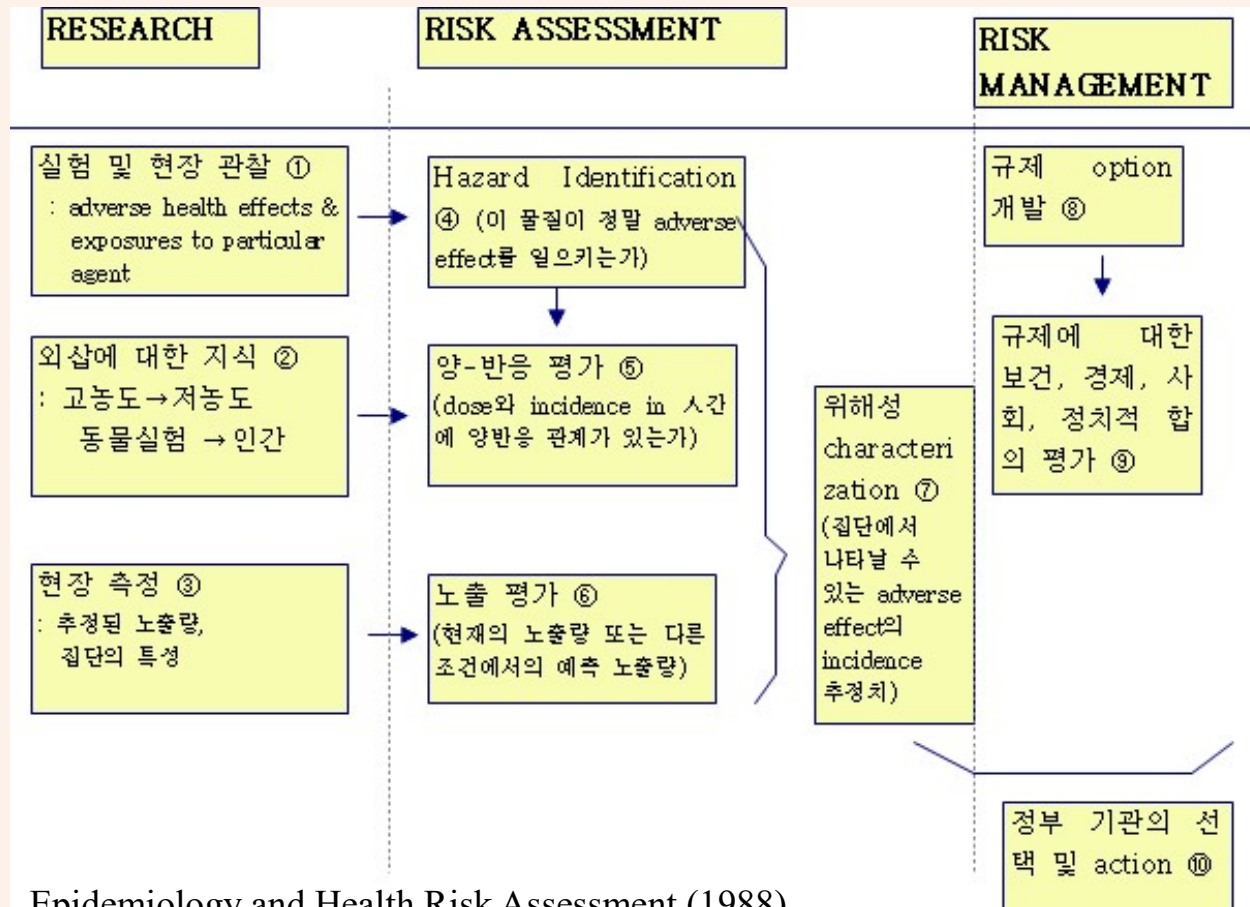
• 위해소통

- 위해평가평가와 위해관리 정보를 지역사회가 이해하게 만드는 과정
 - 시민사회, 선출직 공무원, 언론, 법조, 노동계/산업계

위해성평가의 목적

1. 인체건강과 환경생태의 보호 - 독성물질
2. 위험과 편익의 균형 - 약물, 농약
3. 위해성의 목표수준 정하기 - 식품오염물, 수질오염
4. 활동의 우선순위 정하기 - 관리기관, 생산자, 환경/소비자단체
5. 일련의 조치 후, 줄어든 (잔존) 위해성 추정하기

위해성평가와 위해관리의 주요 내용



ref. Gordis L, Epidemiology and Health Risk Assessment (1988)

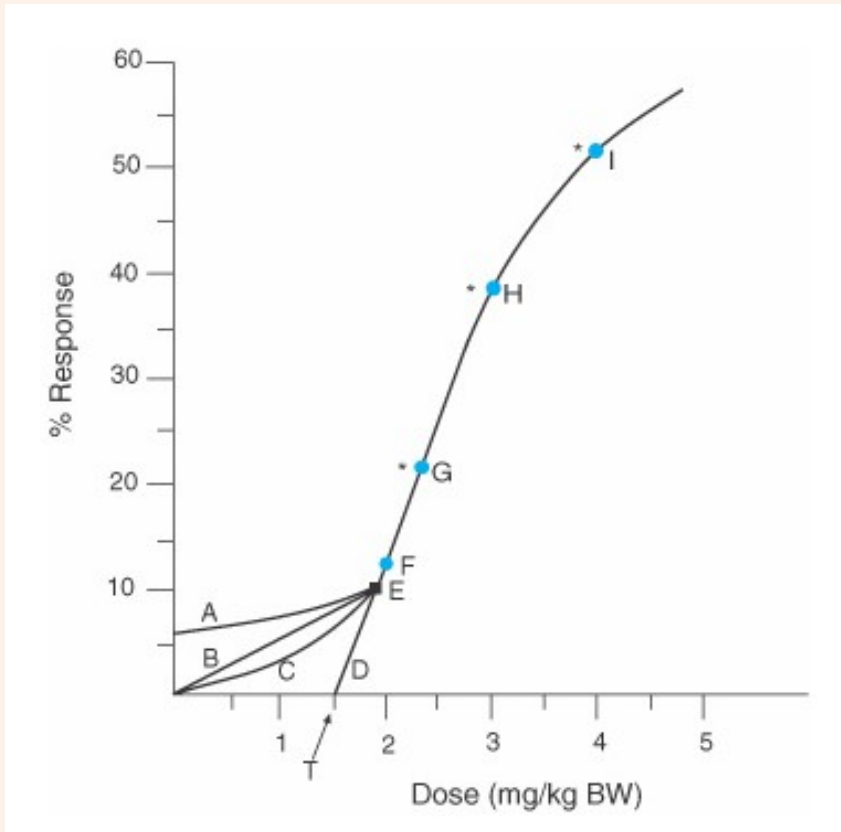
유해성 식별: 독성평가로써

- 화학물질 구조식 활동관계모형
 - Structure/activity relationships
- 시험관분석 및 단기 독성시험
 - *In vitro* and short-term tests
 - 발달독성, 생식-, 신경-, 면역-
 - 건강영향의 기전적 이해를 제공
 - 물질-특이적 기전 정보
- 동물시험
 - Animal assays (*in vivo* test)
- 인체 데이터
 - Epidemiologic data
- 전형적인 동물시험 (발암성)
 - 2 species; both sexes;
 - 50 animals/dose;
 - near-lifetime (2-yr);
 - dose-levels
 - @90%, 50%, 10~25% MTD (max. tol. dose);
 - histopathology
- 분자역학 자료 활용
 - 노출, 영향, 감수성 지표(바이오마커)를 활용

Find more info at US EPA web:

[ToxCast21](#), [comptox dashboard](#); [CPCat \(chemical/Product Categories DB\)](#)

용량-반응 곡선



POD: Estimated dose near the lower end of the observed dose range, below which, extrapolation to lower exposures is necessary.

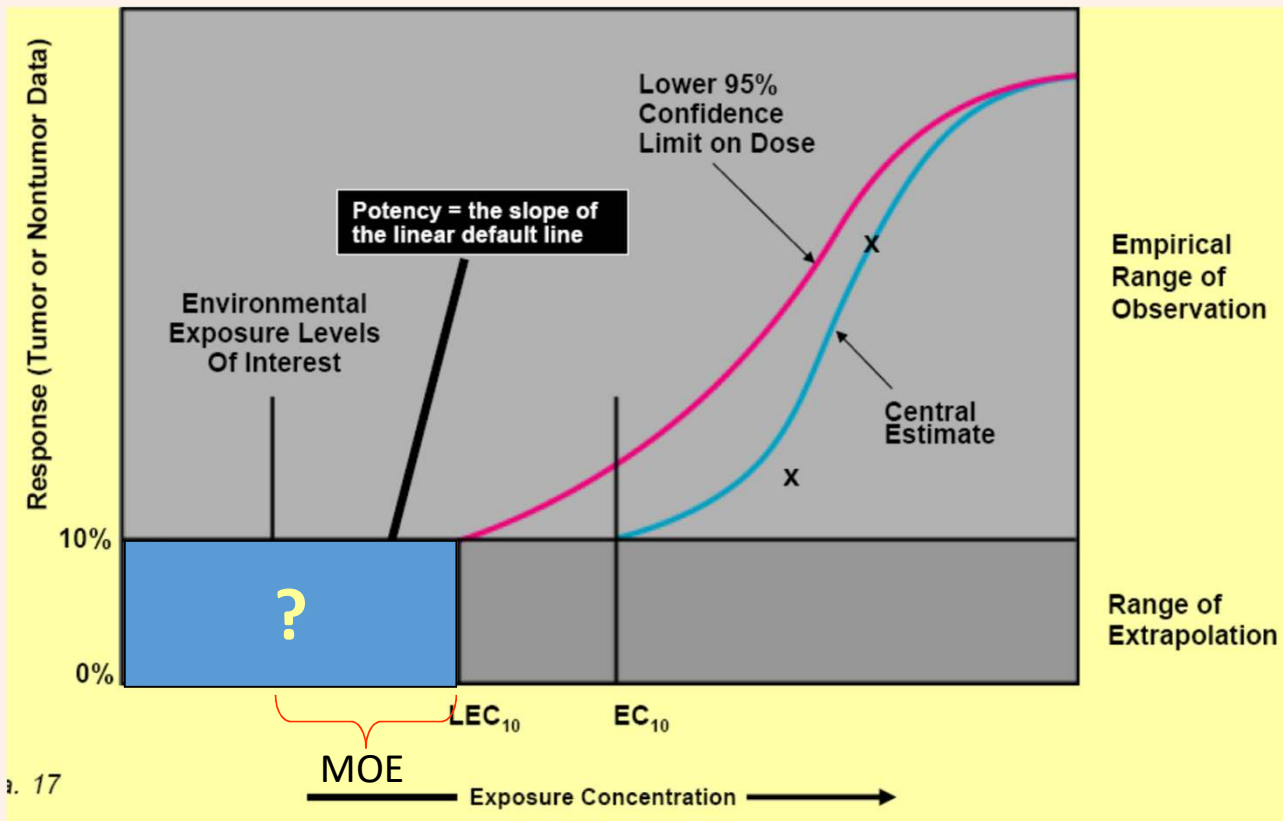
- ED₁₀; depending on the data available

- **T: threshold 역치**
 - Dose below which no additional increase in response observed
- **F: NOAEL 무영향관측치**
 - Highest nonstatistically significant dose tested
- **G: LOAEL 최저용량영향관측치**
 - Lowest dose tested with a statistically significant effect
- **A~D: POD 이하 외삽지점**
 - possible extrapolations below the POD (E)

용량-반응:

Extrapolation Range

Observed Range



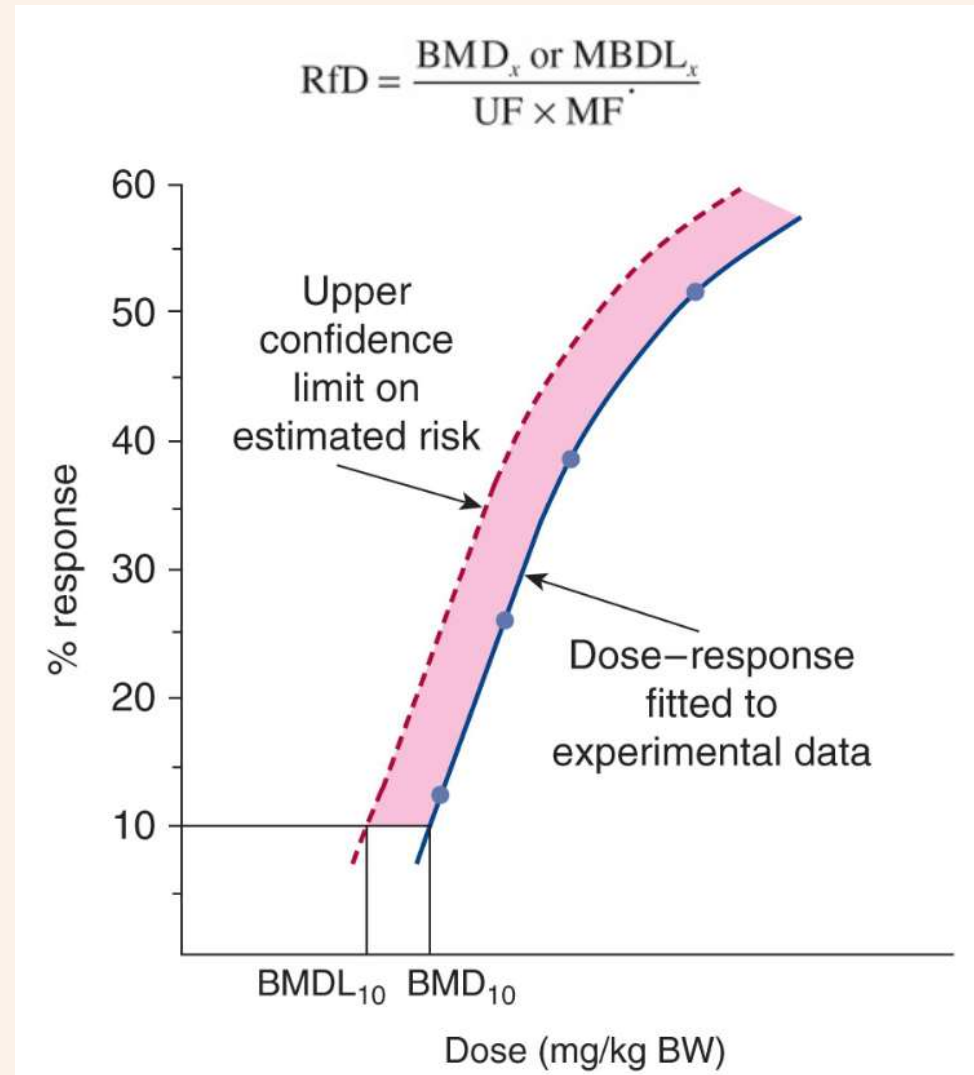
[LED₁₀ or LEC₁₀]

Modeled dose corresponding to an incremental effect (e.g., LED₁₀, the lower 95% limit of the dose or concentration corresponding to a 10% increase in response)

BMR

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF \times MF}$$
$$ADI = \frac{NOAEL}{UF \times MF}$$

Illustration of benchmark dose (BMD) approach. This figure shows the BMDL10 and BMD10, the lower confidence limit and dose (ED10) associated with a 10% incidence of adverse response, respectively (Kavlock et al., 1995; US EPA, 2005).



불확도 계수 (UF and MF)

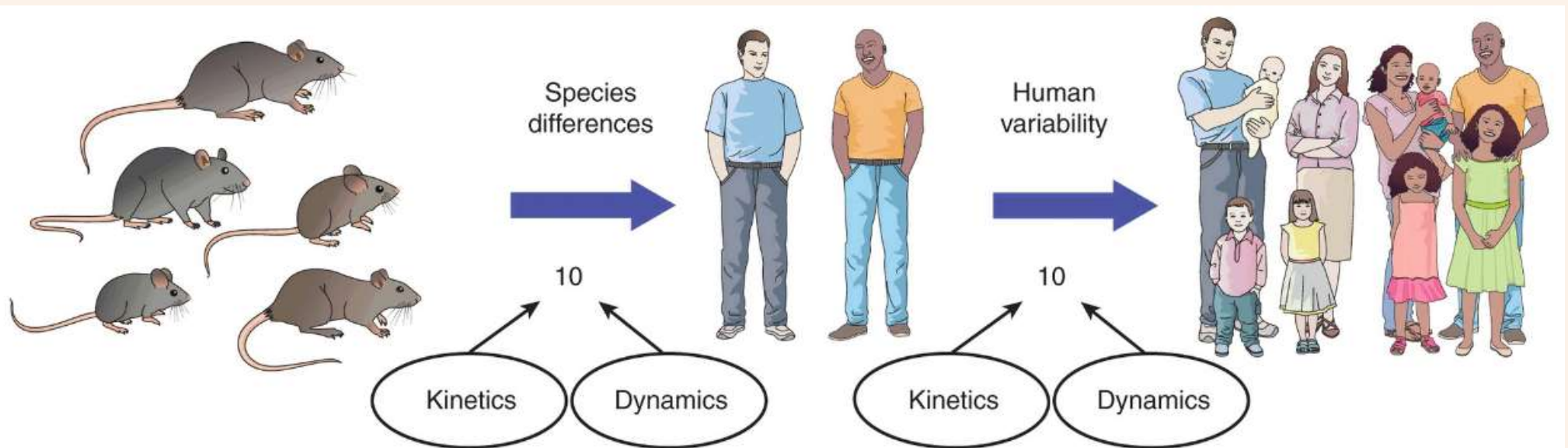


Figure 4-4. Toxicokinetic (TK) and toxicodynamic (TD) considerations inherent in interspecies and interindividual extrapolations. TK refers to the processes of absorption, distribution, elimination, and metabolism of a toxicant. TD refers to the actions and interactions of the toxicant within the organism and describes processes at organ, tissue, cellular, and molecular levels. This figure shows how uncertainty in extrapolation both across and within species can be considered as being due to 2 key factors: a kinetic component and a dynamic component. Challenges remain for extrapolating information on human variation to specific populations (NRC, 2009). Refer to the text for detailed explanations.

불확도 계수 (UF and MF)

TABLE II. Default Uncertainty/Assessment Factors for Workers^A

Factor	ECHA	ECETOC	TNO/RIVM	Other ^B
UF _A	AS-BW ^{0.75} 2.5 (TD)	AS-BW ^{0.75}	AS 3 (TD)	NS
UF _H	5	3	3	NS
UF _L	1	3 or BMD	1-10 or BMD	NS
UF _S	2-6	2-6	10-100	NS
UF _D	1	NA	1	NS
MF	NA	NA	NS	NS

^AAdapted from ECHA (2008) Table R.8-19. Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterization of dose [concentration]-response for human health.⁽⁴¹⁾

^BACGIH—American Conference of Governmental Industrial Hygienists Threshold Limit Values; American Industrial Hygiene Association Guideline Foundation Workplace Environmental Exposure Levels; SCOEL—Scientific Committee on Occupational Exposure Limits
Abbreviations: ECHA—European Chemicals Agency; ECETOC – European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals; TNO/RIVM—National Institute of Public Health and the Environment (in cooperation with TNO Nutrition and Food research); AS—Allometric Scaling (BW^{0.75}); NS – Not Specified; TD – Toxicodynamics

독성참고치 (Reference Dose)

- 벤치마크 용량법 (Benchmark Dose, BMD)
 - 용량-반응 자료의 수학적 모델에서 BMD를 유도
 - 벤치마크 반응 (Benchmark response, BMR)
 - 특정한 위해도 수준 (e.g., TD10, TD5, TD1)
 - 독성출발점 (Point of departure, POD)
 - BMR에 상응하는 BMD

$$RfD = \frac{NOAEL}{UF \times MF},$$
$$ADI = \frac{NOAEL}{UF \times MF}.$$

$$RfD = \frac{BMD \text{ or } BMDL}{UF \times MF}$$

Ref: http://www.epa.gov/ncea/bmds/bmds_training/methodology/intro.htm

Ref: [https://www.chemsafetypro.com/Topics/CRA/What_Is_Benchmark_Dose_\(BMD\)_and_How_to_Calculate_BMDL.html](https://www.chemsafetypro.com/Topics/CRA/What_Is_Benchmark_Dose_(BMD)_and_How_to_Calculate_BMDL.html)

암에 대한 기술 및 위해도

Cancer descriptors and risk

• 미 환경청 (EPA)

- Carcinogenic to Humans
- Likely to Be Carcinogenic to Humans
- Suggestive Evidence of Carcinogenic Potential
- Inadequate Information to Assess Carcinogenic Potential
- Not Likely to Be Carcinogenic to Humans

• 국제 암연구소 (IARC)

- List of classifications
 - <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>

• Cancer slope factors

• Oral slope factor (OSF) is

- an estimate of the increased cancer risk from oral exposure to a dose of 1 mg/kg-day for a lifetime.

- $\text{Risk} = \text{OSF} * \text{lifetime exposure (in mg/kg-day)}$

• Inhalation unit risk (IUR) is

- an estimate of the increased cancer risk from inhalation exposure to a concentration of 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for a lifetime.

- $\text{Risk} = \text{IUR} * \text{lifetime exposure (in } \mu\text{g}/\text{m}^3)$

More information on deriving cancer risk estimates can be found in [EPA's 2005 Guidelines for Carcinogen Risk Assessment](#).

A. Ingestion of arsenic from soil—point estimation method

$$\frac{\text{Soil concentration} \times \text{Ingestion rate} \times \text{Exposure duration} \times \text{Exposure frequency}}{\text{Body weight} \times \text{Averaging time}} \times \text{Bioavailability} \times q^* = \text{Lifetime cancer risk (ILCR) from skin cancer}$$

$$\frac{2300 \text{ mg/kg} \times 100 \text{ mg per day} \times 30 \text{ years} \times 350 \text{ days per year}}{70 \text{ kg} \times 25,550 \text{ days}} \times 0.09 \times 1.50 \text{ (mg/kg per day)}^{-1} = 1.8 \times 10^{-4}$$

B. Ingestion of arsenic from soil—probabilistic methods

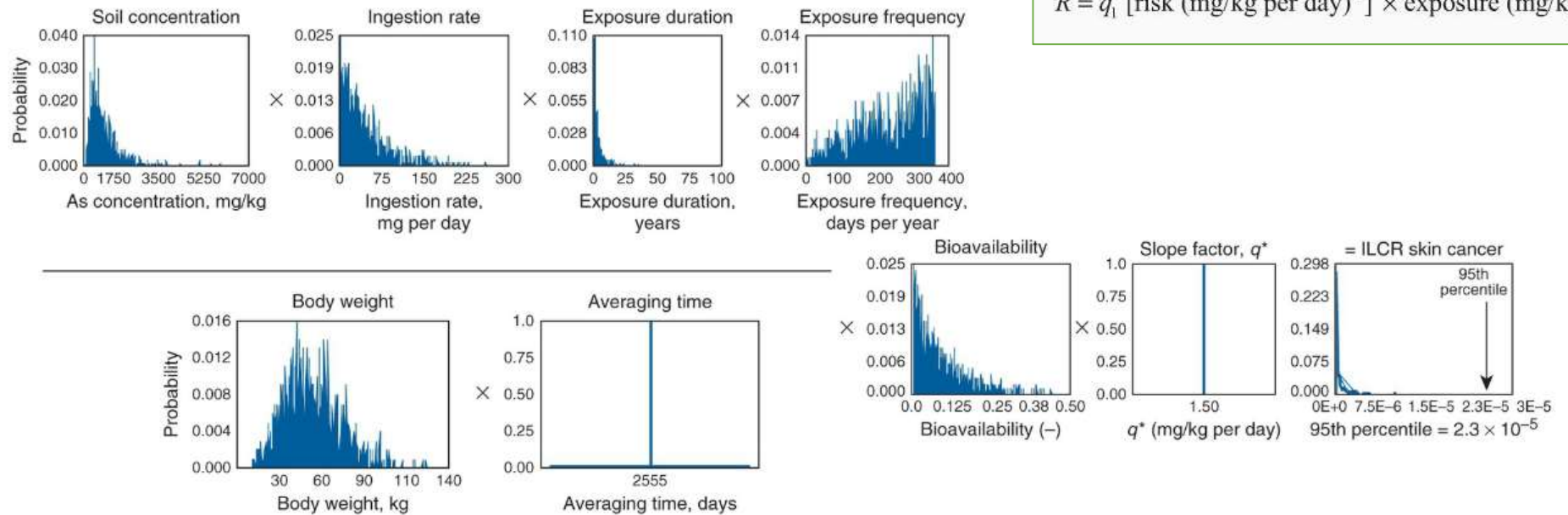






Figure 4-6. Example of risk calculations for incremental lifetime cancer risk (ILCR) of skin cancer due to ingestion of arsenic in soil. **(A)** Point exposure estimation method for calculation of ILCR. Point estimates for arsenic exposure input parameters are used in this example to calculate the ILCR. This exposure estimate is multiplied by the bioavailability of arsenic in soil to calculate the absorbed dose. Multiplication of the dose by the slope factor (q^*) yields the lifetime risk. **(B)** Probabilistic exposure methods for calculating the ILCR from arsenic ingestion. In this example, the soil concentration, ingestion rate, exposure duration and frequency, body weight, and bioavailability are modeled as distributions. Note that q^* and averaging time (years) are given as single-point estimations. This method yields a distribution of ILCR, with a 95th percentile upper confidence interval of 2.3

IARC 발암성물질(carcinogens)





Bacon Causes Cancer

The WHO has put bacon & red meat on a list of cancer-causing substances




Group 1
Carcinogenic to humans

 Tobacco
  Alcoholic beverages
  Radiation (solar UV)
  Processed Meats

Group 2A
Probably carcinogenic to humans

 Glyphosate
  Anabolic steroids
  HPV
  Red Meat

Group 2B
Possibly carcinogenic to humans

 Coffee
  Gasoline
  Magnetic field

Kaitlyn Kelly / Vocativ
Source: World Health Organization IARC


		Animals			
		Sufficient	Limited	Inadequate	Suggesting lack
Humans	Sufficient	1	1	1	1
	Limited	2A (1)	2B (2A)	2B (2A)	2B (2A)
	Inadequate	2B (1, 2A, 3)	3 (2B)	3	3 (4)
	Suggesting lack	3 (1)	3	3	

표 8.1. 국제 암연구소(IARC) 발암성 위해 등급.

Group 1 - 인체 발암성 (Carcinogenic to humans), Group 2A - 인체 발암성 추정 물질 (Probably carcinogenic to humans), Group 2B - 인체 발암성 가능 물질 (Possibly carcinogenic to humans), Group 3 - 인체 발암성 물질 분류 곤란 (Not classifiable as to its carcinogenicity to humans), Group 4 - 인체 비발암성 추정 물질 (Probably not carcinogenic to humans). 표 안의 숫자는 일반적인 IARC 분류 체계상의 발암성 Group 구분이지만, 경우에 따라 ()안 숫자로 분류된 물질들이 있음을 나타냄 (예: 산화에틸렌은 비록 역학적 증거는 제한적이지만 동물실험에서 확실한 발암성을 보였으며 기전적 (mechanistic)으로 인체 발암성의 가능성이 충분하기에 Group 1으로 분류함).

위해도 결정(Risk Characterization)

- **특정 인구집단에 건강영향발생의 추정치는 얼마인가?**
 - *“What is the estimated incidence of the adverse effect in a given population?”*
- **그 판단은 위해성이 평가된 방법과, 가정, 불확도, 정책적 (정무적 판단), 정보(근거)의 가치, 위험의 본질 등을**
 - 투명성(Transparency), 명확성(Clarify), 일관성(Consistency), 합리성(Reasonableness)을 고려하여 결정함

위해성평가의 한계

〈위해성〉과 〈유해성〉을 구분해야
독성참고치는 안전을 보장하지 않아

위해도를 측정하기

- 환경 또는 건강에 대한 잠재적 손실 또는 피해

- 과학의 영역

- 위해성 가능성

- 정치의 영역

- 받아들일 수 있는가

- 대중매체 / 대중

- 위험의 인지

- Risk = f(hazard, exposure)



560 x 339
공정위, '가습기살균제 인체무해' 표시 부당광고선고 심의...
news.mt.co.kr



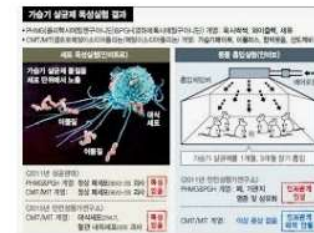
5일 전
가습기 살균제 사건' 애경산업 전산업체 압수수색 : 사회...
hani.co.kr



가습기 살균제 인체 무해' 허위 광고 옥시 마케팅 담당...
news.joins.com



한국인만 죽었다?! 살인 가습기 살균제, 한국서만 시판 - Yo...
youtube.com



취에 문제 없다고 인체 무해?...가습기메이...
hani.co.kr



SK케미칼, 가습기살균제 인체무해 광고 - 시사저널e - 온라인 저...
sisajournal-e.com

유해성과 위해성을 구분해야 ...

• **독성 (toxicity), 유해성 (hazard)**

• **위해성 (risk)과 안전성 (safety)**

• **사용량(또는 노출량)이 고려된
현실적 위험성**










• **설정된 기준에 근거하여 현실적
노출의 위험**

• 현재까지의 지식과 경험에 의존

• 사회적 합의가 필요

• 어느 부분이 acceptable한 수준인지

물질의
속성

Health Hazard  • Carcinogen • Mutagenicity • Reproductive Toxicity • Respiratory Sensitizer • Target Organ Toxicity • Aspiration Toxicity	Flame  • Flammables • Pyrophorics • Self-Heating • Emits Flammable Gas • Self-Reactives • Organic Peroxides	Exclamation Mark  • Irritant (skin and eye) • Skin Sensitizer • Acute Toxicity (harmful) • Narcotic Effects • Respiratory Tract Irritant • Hazardous to Ozone Layer (Non Mandatory)
Gas Cylinder  • Gases under Pressure	Corrosion  • Skin Corrosion/ burns • Eye Damage • Corrosive to Metals	Exploding Bomb  • Explosives • Self-Reactives • Organic Peroxides
Flame over Circle  • Oxidizers	Environment (Non Mandatory)  • Aquatic Toxicity	Skull and Crossbones  • Acute Toxicity (fatal or toxic)

구별하지 않으면

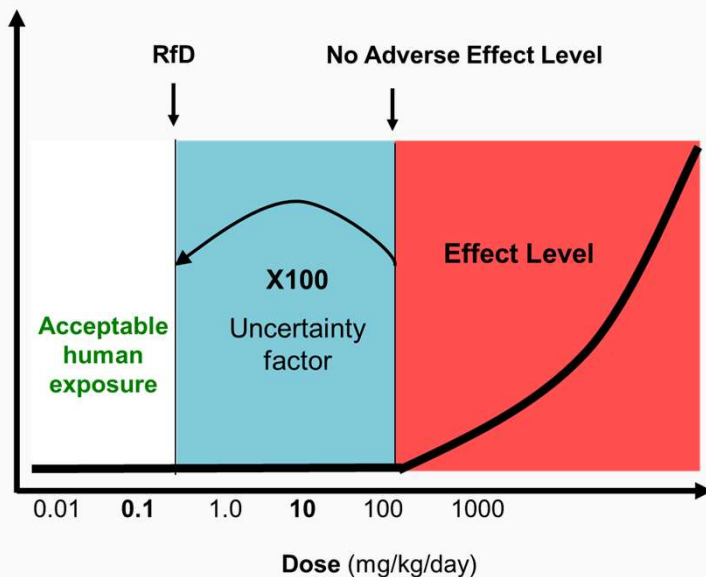
- 유해한 모든 것에 노출/검출
→ 걱정, 불안, 공포 → 비이성적 판단
→ 올바른 문제해결을 어렵게 함:
노출zero, 불신, 과민, 책임소재,
법적 공방, 무관심
- 유해성 논란
 - 끊없는 논쟁 (이해 당사자간)
 - 학계 vs 정부/공무원 vs 산업계 vs 시민단체
 - 불신과 전문성 논란

위해성의 속성

- **위해성(risk)은 확률적이다.**
 - **위해성은 불확실성을 내포하기 때문**
 - **불확실성은 현재 상황에 대한 지식수준을 반영함**
- **건강 위해성의 결정**
 - **많은 의사, 과학자 들은, (특히, 많은 결과를 낼 수 있는 낮은 가능성들에 대한) 확률적 평가에 불편해 한다.**
 - **결론에 대한 불일치는 대중의 혼란으로 이어지기도 한다.**

기준 정하기(Determining reference)

- 독성, 역학 연구 기반
- 독성과 노출을 모두 고려
- 안전을 위해 보수적으로 조치해야
 - 불확실성, 불확도, AF)



- **비발암 참고치**
 - 허용섭취량(Allowable daily intake amounts)
 - RfD, RfC; ADI, TDI
 - Maximum residue limits (MRLs)
 - 노출허용기준(Permittable exposure limits)
 - PEL; Threshold limit value
 - 독성(Toxicity)
 - No-observed-adverse-effect level (NOAEL); LOAEL
- **발암 참고치 cancerous reference**
 - attribute cancer potency per unit exposure
 - CSF*average exposure levels
 - Inhalation slope factor,
 - Oral slope factor (OSF)

허용기준 이하 노출 = 안전 보장?

- 독성참고치 또는 노출 허용기준치
 - 대개 동물 실험에서 도출
 - 최저 영향 농도에 안전계수(불확실계수 10~100)를 나눠 인구집단에 적용

• 그러나,

년도	TVL (ppm)	배수
1946	100	
1947	50	2
1948	35	1.4
1957	25	1.4
1974	10	2.5
1997	0.5	20

벤젠 작업장 독성참고치의
변천사 →

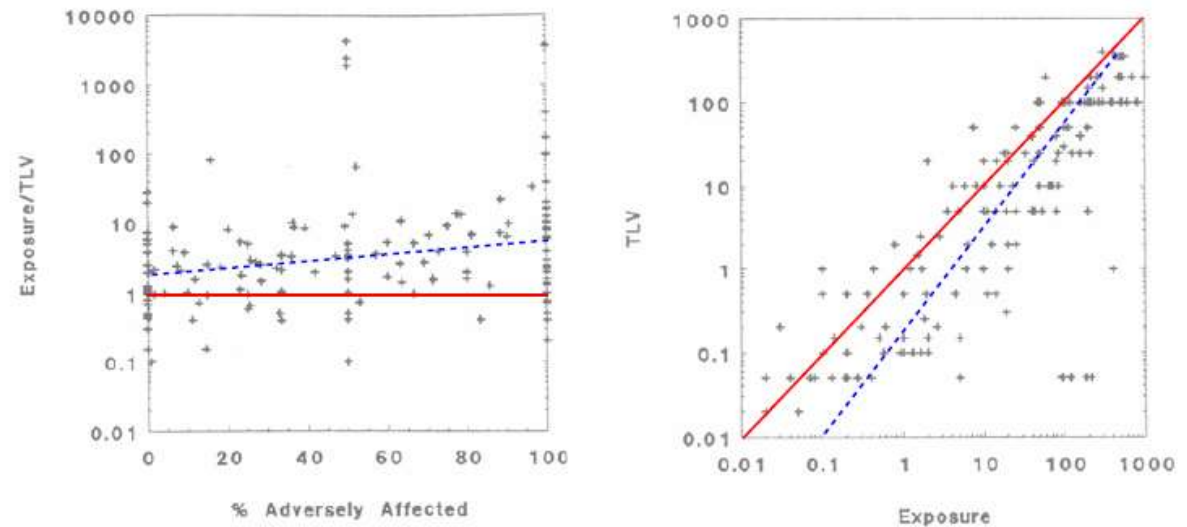
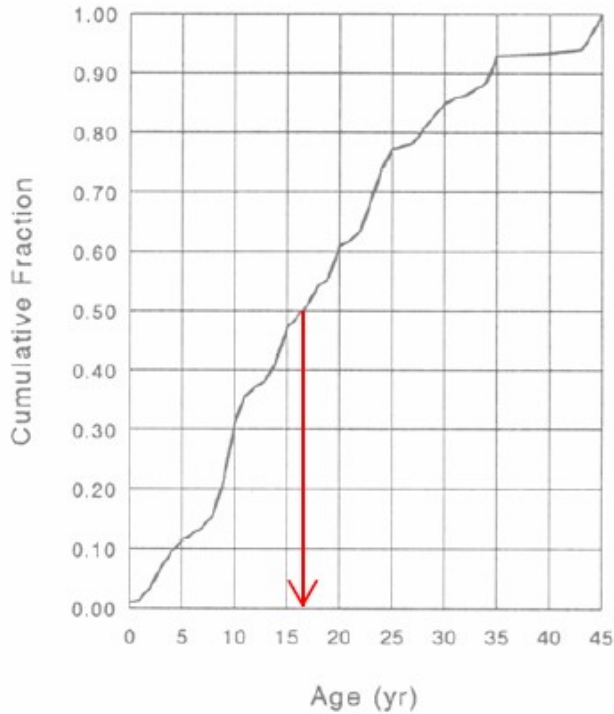


Figure 2.1 Relationships involving those 1976 TLVs based upon human experience. Left: TLV versus the percentage of persons in the cited studies who experienced adverse effects. Right: TLV versus the average level of exposure reported in the cited studies [from (Roach and Rappaport, 1990)].

- ✓ $HQ < 1$ 또는 $MOE > 100$
 - “Generally acceptable”로 이해해야
- ✓ 위 지표가 Lifelong exposure 안전성 보장은 아님

독성참고치: 유해물질 노출로부터 건강을 보호하기 위한 사회적 합의



Ages of 1991-1992 TLVs for air contaminants. The median age was 16.8 y [from (Rappaport, 1993)].

본고에서 독성참고치를 언급한 이유는 과역 독성참고치가 그 개념에서 표방하듯 안전을 보장하지 못할 수 있기에 맹신할 수 없다는 점을 분명히 드러내기 위함이다. 가령, 어느 인구집단의 BPA 노출수준이 기준치(일일허용섭취량)과 비교한 위해지수가(HQ)가 평균 0.7이면 안전하고, 1.3이면 안전하지 않느냐는 것이다. 평균 노출량을 훨씬 상회하는 고노출군은 HQ 기준치를 크게 초과하지만 평균만 비교하면 놓칠 수 있다. 또한, 독성참고치 노출과정에 내재하는 불확도는 우리 지식의 결핍을 10배, 100배 등의 안전계수로 치환한 것이다. HQ의 기준이 되는 독성참고치는 노출평가와 독성에 대한 새로운 지식의 증가로 얼마든지 바뀔 수 있다는 점을 생각하자.

벤젠과 같은 발암성 물질도 문턱값이 존재하지 않는다고 하지만 노출허용기준이 존재한다³⁾. 지금까지 노출허용기준은 학계의 권고기준치(threshold limit value, TLV)를 반영하여 개정 여부를 결정해왔다. 그런데 이 권고기준치가 과학기술의 발전과 함께 수시로 변하여 10~25년마다 한번씩 바뀌는 경우가 절반이상이며 10% 내외는 5년내에 바뀌어 왔다. 1974년 벤젠의 TLV가 10 ppm이었는데 40여년 전에는 10 ppm이 안전했지만 지금은 1 ppm이 안전하다고 주장하는 것은 아닐 것이다⁴⁾. 유해물질의 노출이 어떤 기준에 대한 초과 여부에 대한 정보를 잘 헤아려 받아들여야 하는 이유가 여기에 있는 것이다. 발암성 물질이던 비발암성 물질이던 노출허용기준은 건강을 지키고자하는 취지에서 만들어졌지만 사실상 과학기술의 시대적 수준과 허용가능한 '사회적 합의'로 보는 것이 타당할 것이다.

독성참고치(기준치) 관련된 Facts

- 기준치가 있어야 위해성평가를 할 수 있다.
- 기준치는 지식이 쌓이고 사회가 변하면서 변할 수 있다
 - 기준치는 수명이 있다
 - 독성은 그대로인데 독성에 대한 지식이 쌓이는 것
- 기준치는 시장에 이미 나온 물질 중 일부만 있다
 - 새로운 물질에 대한 기준치는 없는 것이 많다
 - 신소재 = 신규물질
 - 독성은? 잘 모름
- 기준치는 보수적이어야 한다.
 - 민감군을 지키려면?



편리한 화학물질

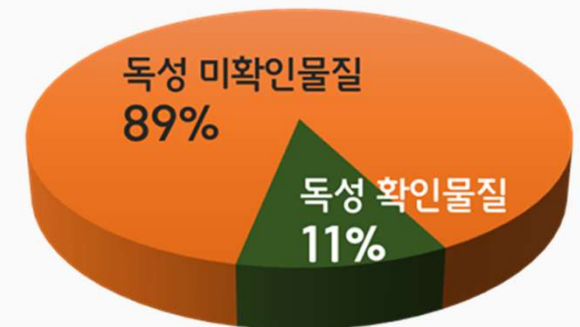
CAS #: 123,550,000 개



해로운 화학물질

국내 총유통물질: 44,000 개

독성확인물질: 5,000 개



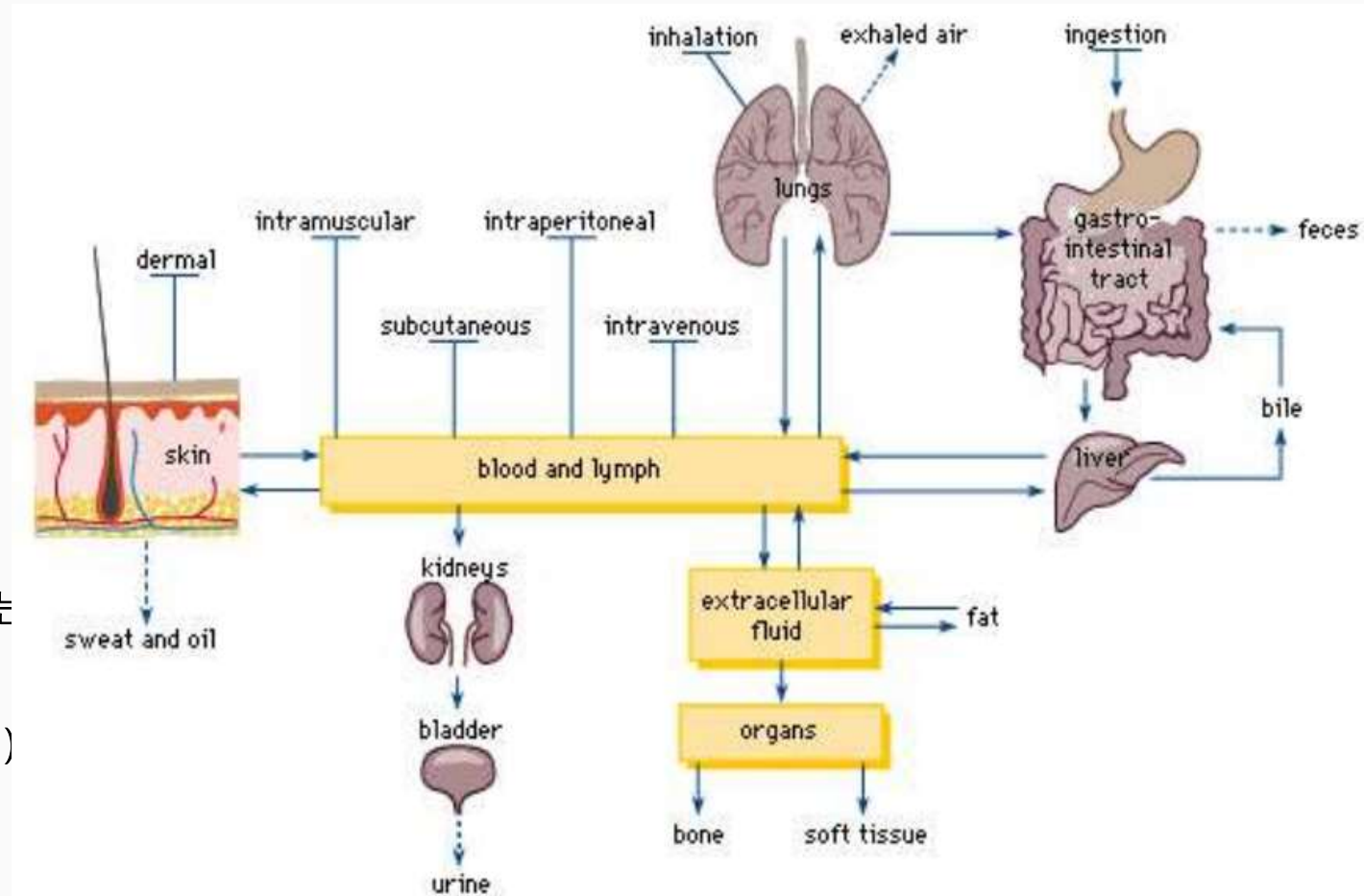
**노출 경로가 달라지면 독성도
달라질까?**

- 장으로 가는 길

- Oral(섭취),
- cf.
 - buccal(구강), rectal(직장)

- 장을 경유하지 않고 직접 투여

- 주사:
 - IV(정맥), IM (근육), SC (피하), IP(복강)
- 경피:
 - Topical (표피/진피지나 흡수되는 친지질성 작은 물질)
- 흡입:
 - inhalation (가스상, 입자상 물질)



유해 물질 검출 여부 얼마나 중요할까?

체내에서, 제품에서, 재료에서, 또는 주변의 나무에서

지난 한달 우리

東亞日報

괜찮다더니...

국내산도 피프로닐 검출... 대형마트·슈퍼마켓 대우로 사태 키운 식약처 “불검출 산란계 농장 모두 검사... 오늘부터 평소

국내 농가 계란에서 사용이 금지된 살충제 성분이 검출됨에 따라 국민 1인당 하루 한 개꼴로 소비되는 계란 판매가 전국에서 일제히 중단되는 사태가 발생했다. 정부는 긴급 살충제 검사를 통제한 계란에 대해 16일부터 출하를 일부 재개하겠다고 밝혔다. 그러나 지난해부터 살충제 성분이 계란에서 검출될 수 있다는 우려가 꾸준히 제기됐는데도 정부는 농장·부실 대응으로 사태를 키웠다니 지적을 받고 있다.

김영록 농림축산식품부 장관은 15일 정부세종청사에서 열린 관계기관회의에서 “20만 마리 이상을 사용하는 산란계 농장은 살충제 검사를 마무리해 16일부터 평상시 계란 유통량의 약 25%가 유통될 수 있게 하겠다”고 밝혔다. 농식농부는 전국의 1450기 모든 산란계 농장을 대상으로 전수검사를 시작했으며 3일 이내에 검사를 마칠 계획이다. 해당 농식농부 식품산업정책실장은 “3, 4일 정도 기다리면 계란 수급이 충분히 안정될까 생각했다”고 설명했다.

앞서 14일 방 축산당국은 경기 남양주시 A농장과 경기 광주시 B농장이 생산한 계란에서 살충제 성분이 피프로닐과 발암물질인 비엔트린 이 각각 검출됐다고 밝혔다. 이에 따라 전국의 주요 대형마트 및 농협 하나로마트, 편의점, 슈퍼마켓 등과 온라인 판매업체들은 이날 일제히 계란 판매를 중단한 건 이번이 처음이다.

이번 사태에 대한 정부의 안일한 대응도 도

44 2017년 8월 18일 수요일

“친환경 계란”

살충제 성분 검출 파문

살충제 성분 검출 파문... 살충제 성분 검출된 계란은 1인당 하루 한 개꼴로 소비되는 계란 판매가 전국에서 일제히 중단되는 사태가 발생했다. 정부는 긴급 살충제 검사를 통제한 계란에 대해 16일부터 출하를 일부 재개하겠다고 밝혔다. 그러나 지난해부터 살충제 성분이 계란에서 검출될 수 있다는 우려가 꾸준히 제기됐는데도 정부는 농장·부실 대응으로 사태를 키웠다니 지적을 받고 있다.

마에 올랐다. 에서 검출된 식품부는 607원에서 피프로닐 불안정성은 이를 강화했다. 대한인 아무런 정부의 살인 식약처장은 15. “국산 계란과 달고기에서는 피프로닐이 검출되지 않았다”고 말했다. 하지만 불과 일주일도 지나지 않아 국산 계란에서 정부 발표를 뒤집는 결과가 나오자 소비자들은 충격에 빠졌다. 피프로닐이 검출된 농장은 정부가 인준한 친환경 무항생제 농장이라는 점도 불신을 키우고 있다.

상반기 최악의 조류인플루엔자(AI)에 이어 살충제 계란 사태까지 맞닥뜨린 양계 농가는 말짱기살하고 있다. 전남 강진군에서 산란계 9만 마리를 사육 중인 안보 씨(60)는 “일이 손에 잡히지 않는다. 살충제를 사용하지 않지만 소비자들이 금감할까 걱정”이라고 말했다. 계란을 주요 재료로 쓰는 식당가와 식품업체에도 비상이 걸렸다. 서울 마포구의 한 비빔밥 전문점 직원은 “참고에 쌓이던 계란을 어떻게 해야 할지 걱정”이라며 난감해했다.

세종=최혜영 hestory@donga.com / 김효정·김민비 기자 ▶A2·3면에 관련기사

“콩나물국밥 계란 빼드릴까요”...



살충제 성분 검출 파문... 살충제 성분 검출된 계란은 1인당 하루 한 개꼴로 소비되는 계란 판매가 전국에서 일제히 중단되는 사태가 발생했다. 정부는 긴급 살충제 검사를 통제한 계란에 대해 16일부터 출하를 일부 재개하겠다고 밝혔다. 그러나 지난해부터 살충제 성분이 계란에서 검출될 수 있다는 우려가 꾸준히 제기됐는데도 정부는 농장·부실 대응으로 사태를 키웠다니 지적을 받고 있다.



살충제 성분 검출된 농장서 계란 폐기... 살충제 성분 피프로닐이 검출된 경기 남양주시의 농에서 15일 관계자들이 계란을 수거해 폐기 처분하고 있다. 해당 농장에서는 하루 평균 2만5000개의 계란을 생산해 수도권 일대에 공급했다. 남양주=안철민 기자 anm39@donga.com

“독성, 1주일이면 90% 이상 배출” 장기 섭취할 경우 위험성엔 신중

살충제 성분 검출 파문... 살충제 성분 검출된 계란은 1인당 하루 한 개꼴로 소비되는 계란 판매가 전국에서 일제히 중단되는 사태가 발생했다. 정부는 긴급 살충제 검사를 통제한 계란에 대해 16일부터 출하를 일부 재개하겠다고 밝혔다. 그러나 지난해부터 살충제 성분이 계란에서 검출될 수 있다는 우려가 꾸준히 제기됐는데도 정부는 농장·부실 대응으로 사태를 키웠다니 지적을 받고 있다.

살충제 성분 검출 파문... 살충제 성분 검출된 계란은 1인당 하루 한 개꼴로 소비되는 계란 판매가 전국에서 일제히 중단되는 사태가 발생했다. 정부는 긴급 살충제 검사를 통제한 계란에 대해 16일부터 출하를 일부 재개하겠다고 밝혔다. 그러나 지난해부터 살충제 성분이 계란에서 검출될 수 있다는 우려가 꾸준히 제기됐는데도 정부는 농장·부실 대응으로 사태를 키웠다니 지적을 받고 있다.

살충제 성분 검출 파문... 살충제 성분 검출된 계란은 1인당 하루 한 개꼴로 소비되는 계란 판매가 전국에서 일제히 중단되는 사태가 발생했다. 정부는 긴급 살충제 검사를 통제한 계란에 대해 16일부터 출하를 일부 재개하겠다고 밝혔다. 그러나 지난해부터 살충제 성분이 계란에서 검출될 수 있다는 우려가 꾸준히 제기됐는데도 정부는 농장·부실 대응으로 사태를 키웠다니 지적을 받고 있다.

급성독성 안심해도 되는 연령대별 하루 최대 섭취량

(단위: 개, 성분별 국내 최대 검출량을 섭취했을 때 기준)

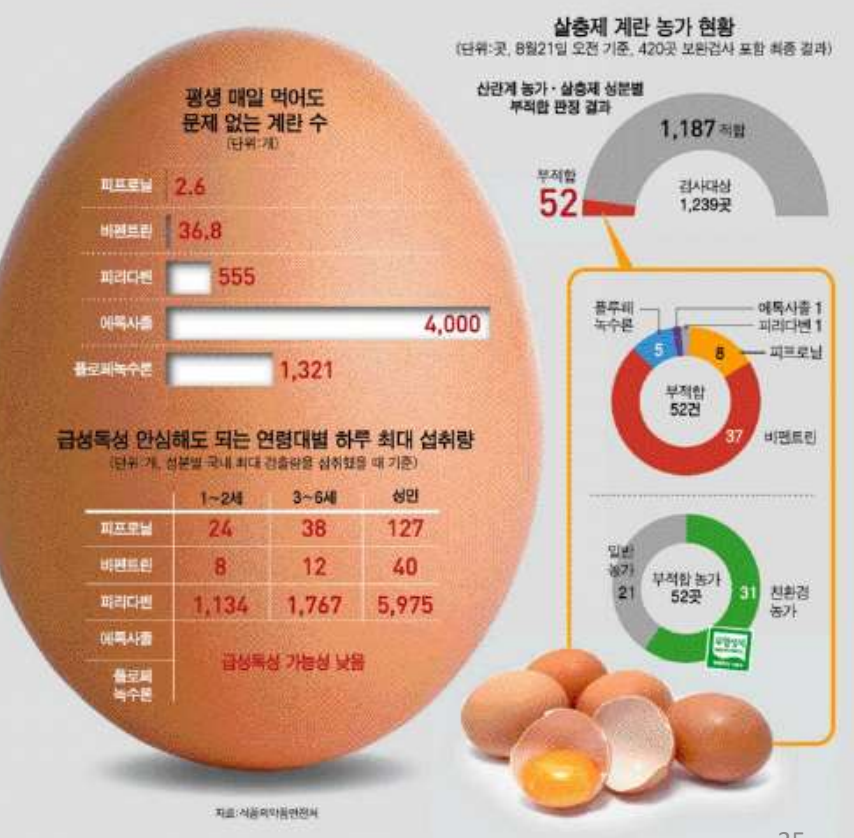
	1~2세	3~6세	성인
피프로닐	24	38	127
비엔트린	8	12	40
피리다ifen	1,134	1,767	5,975
에독사롤			
클로르피록수론			

급성독성 가능성 낮음

살충제 성분 검출된 농장서 계란 폐기... 살충제 성분 피프로닐이 검출된 경기 남양주시의 농에서 15일 관계자들이 계란을 수거해 폐기 처분하고 있다. 해당 농장에서는 하루 평균 2만5000개의 계란을 생산해 수도권 일대에 공급했다. 남양주=안철민 기자 anm39@donga.com

의협 “한 살 아기가 살충제 계란

영향에 대해선 “관련 자료가 부족한 만큼 추가 연구가 필요하다”는 단서를 달았다. 의협은 살충제 성분이 검출된 계란의 인체 위해성에 대해 “성인은 물론 몸무게가 작은 어린이에게도 인체 위해성이 있을 수 있다”고 밝혔다.



만약, 이렇게 발표했더라면 - 계란편

- “살충제 오염된 계란 매일 하나씩 섭취하신다면 건강상 좋지 않을 수 있습니다. 특히 어린이는 더 안 좋을 수 있습니다.
- 그래서 정부는 오염된 달걀이 시중에 유통되는 것을 막기 위해 최선의 노력을 다하고 있고 오염식별방법을 제대로 공고하겠습니다.
- 그리고 식별된 계란은 안심하고 드셔도 됩니다
- 차제에 이런 유해물질을 더욱 엄정히 관리하는 계기로 삼겠습니다.”

**언론에 나온 것은 모두 믿을 수
있을까?**

기자들의 유해물질에 대한 인식

2017년 12월 27일 자 JTBC에서는 다음과 같은 뉴스가 방송되었습니다.



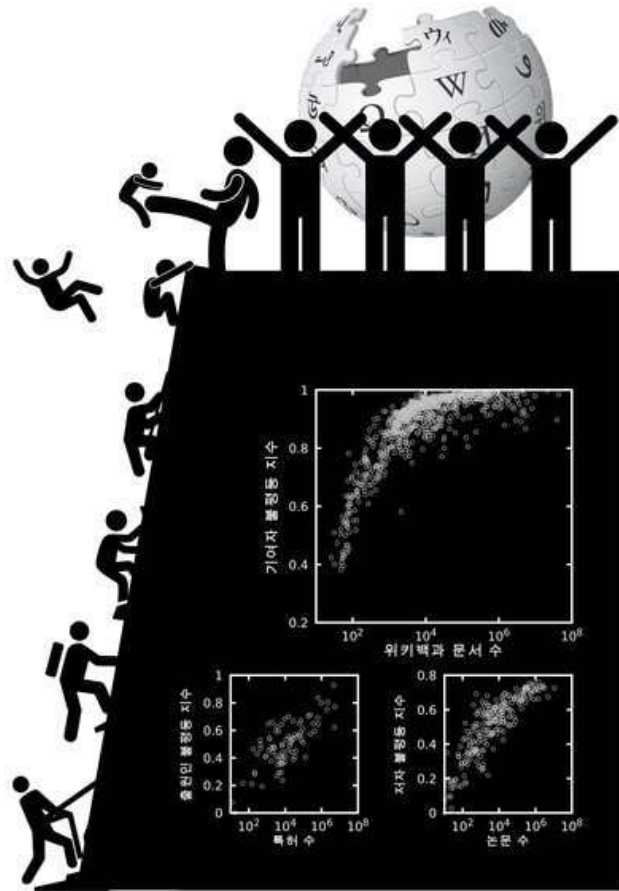
- 부산 해운대 한 초등학교 산책길에 협죽도가 있다.
- 협죽도 잎과 줄기에 청산가리 6000 배의 라신 성분이 들어있다. (구토, 심장마비 유발가능; 2년전 살인범 죄에 이용하기도...)
- 구청은 20년 전 철도변 심었는데 300그루 방치되어 있다.
- 취재에 나서니 뒤늦게 대책마련 중이다

• ‘라신’?

- Oleandrin (aka. Ricin?)
- 피마자 씨앗의 식물독소 (LD50: Cat iv 0.3 mg/kg.)
cf. 청산가리 KCN LD50:
Rat oral 5 mg/kg,



이것은 정보 평등 세상인가? 새로운 정보독점인가?



(중앙일보 인포그래픽스)

- 디지털 뿐 아니라 논문, 특허 등 모든 집단지성에서 지속적으로 소수 기여의 영향력이 커지는 지식의 독점화가 점점 심해지고 있다. 특히 인터넷 영역에서 소수의 지식 독점화는 더욱 심각하다.
- 신규 기여자가 이런 독점 계층에 진입하는 것이 거의 불가능하다는 것도 연구진은 밝혀냈다. 또 독점화 현상을 그대로 둔다면 결국 온라인상의 정보는 소수에 의해 독점되어 왜곡될 수 있다는 결론에 도달했다

(Yun, 2019. Nature Human Behavior.)

가짜 뉴스 또는 과장뉴스, 식별할 수 있습니까?

[인터넷, 정보 평등 세상 vs 소수가 여론을 쉽게 독점]

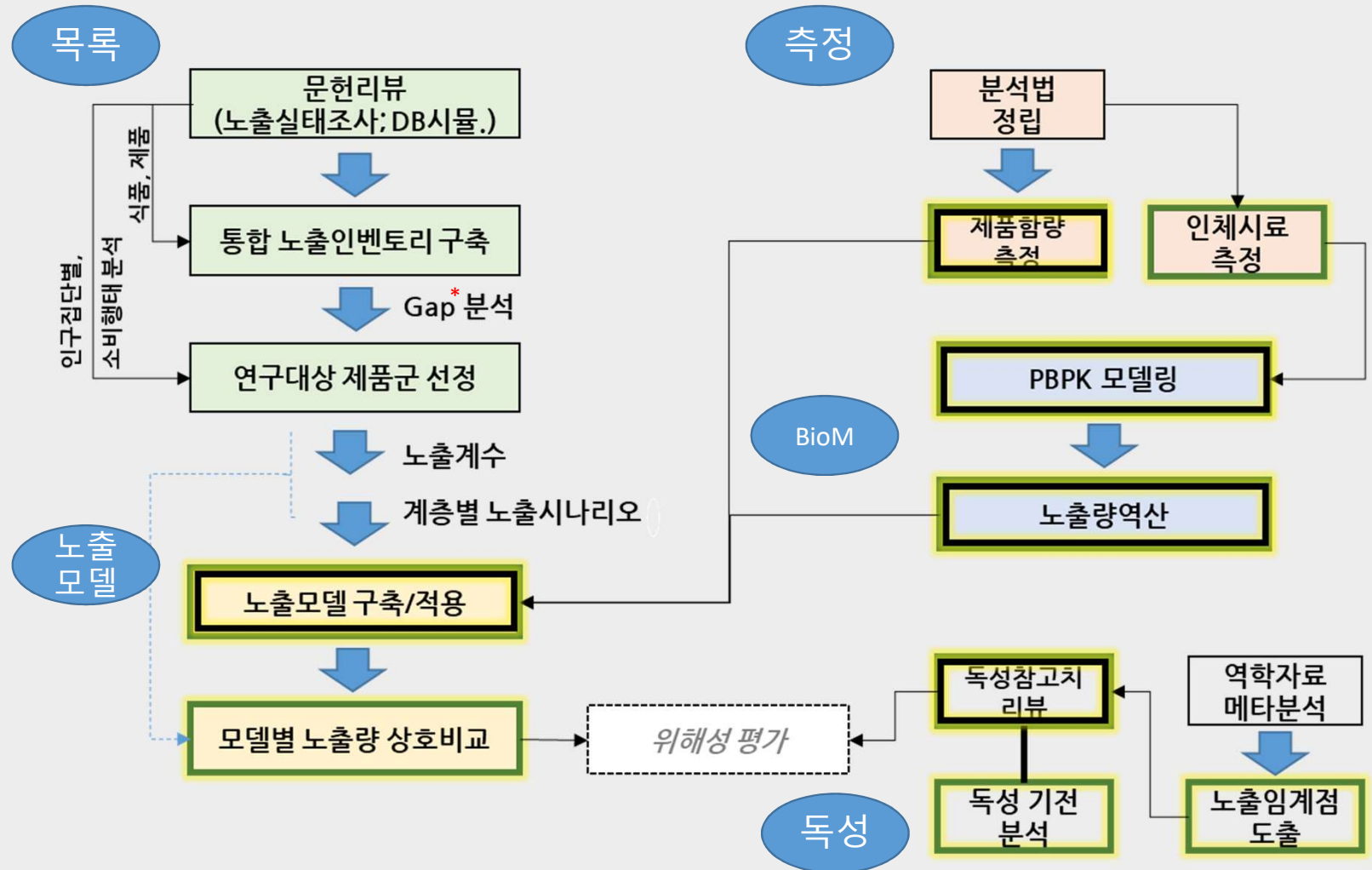
- LNG발전, 석탄보다 초미세먼지 더 많이 배출 - 조선일보 (2017. 7. 15)
- 탈원전으로 LNG 발전 2배 늘리면 2029년 초미세먼지 2배 짙어진다 (2019. 2. 25)
- “태양광 패널은 동일 에너지를 생산하는 핵발전소보다 300배 이상 독성폐기물을 발생시킨다. 태양광 패널에는 발암물질로 알려진 크롬, 카드뮴뿐만 아니라 신경계를 손상시킬 수 있는 납과 같은 유독한 금속이 포함돼 있어, 태양광 쓰레기에 포함된 발암물질이 식수원에서 검출될 수 있다.” - 서울신문 - 미국 환경진보 (2017. 6); 문화일보 (2018. 7. 10)
- **뉴스원(source)**
 - 누가 주장하는지
 - 주장의 시점, 이유/배경
 - 논거는 정확한지
 - 주장의 근거
 - 인용내용의 조사방법, 신뢰도
 - 표면적 내용이면의 맥락 읽기
- **확증편향의 욕구**
 - 주장하고 싶은 것만 주장하지는 않는지
 - 보고 싶은 것만 보는 것은 아닌지
- **중심가치와 선택**
 - 상대적이나 보편타당성 견지하는지
 - So what we should do?

사례연구

노출평가/위해성평가

연구내용 및 방법 (개요)

1차년도 일부수행 2차년도 중점과제



연구방법 - **목록 데이터 분류/선택**

• 연구대상

- 식품공전 & 식약처제품분류 기준
 - 인체적용 5대유형 설정

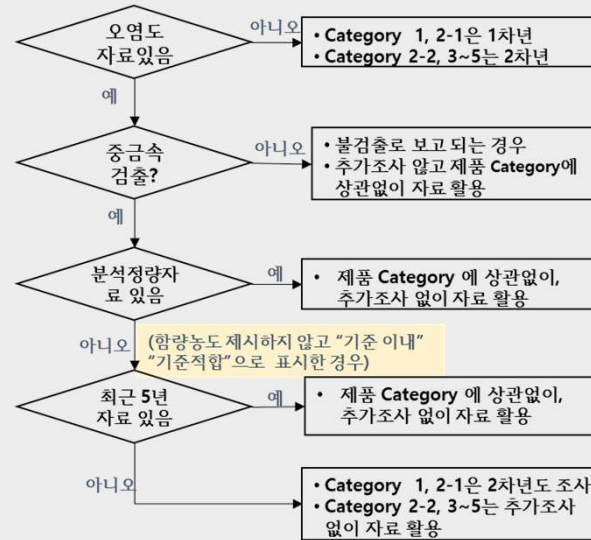
• 오염도 자료

- 기존자료 활용
 - 식품: 12162식품위014 (크롬외); 09082식품위167 (크롬)
 - 비식품: 2000년 이래 25개 정부 보고서, 시도보건환경연구원보, 학위논문, 제품안전정보센터 인용
- 시장 구매후 실측
 - 누락, 노후 데이터 보충
 - 계층별 사용률 5%이상
 - 온라인 top 5 브랜드 제품1점씩, 642점

• 노출 자료

- 섭취량 및 사용도
 - 식품 소비패턴 - 국건영
 - '15~'17, 성인 24hr 회상 (평균, p95)
 - 생활화학제품 - 1만명 대면설문 자료DB
 - **의약품은 서울 대형약국 직접방문조사**

보고서 자료 채택 결정 흐름도



분류	범위, 예
Category 1	인체 직접 섭취, 피부/ 흡입하는 제품 예) 식품, 화장품, 물티슈 등
Cat.	2-1 인체 외용제품 w/ 부드러운 고휘 제품 예) 붕대, 화장지, 의류 등
	2-2 인체 외용제품 w/ 딱딱한 고휘 제품 예) 목재완구, 카펫, 피슬 등
Category 3	사물에 적용 w/ 잔류 성분 노출가능 예) 세탁세제, 주방세제 등
Category 4	사물에 적용, 사용중 인체 비의도적 노출 예) 생활화학제품
Category 5	식품 보관·보존용 제품 예) 식품용기, 쌀벌레 기피제

1차년도

2차년도

노출자료 인벤토리 (비식품)

• 다중 조합 데이터 프레임

- 의식주 관련 노출계수
 - 몸무게, 호흡률, 환기율 등
- 실측 함량 정보
- 용도별 사용량, 빈도
 - 대면 서베이; real world 실측 자료

• 구조, 특성

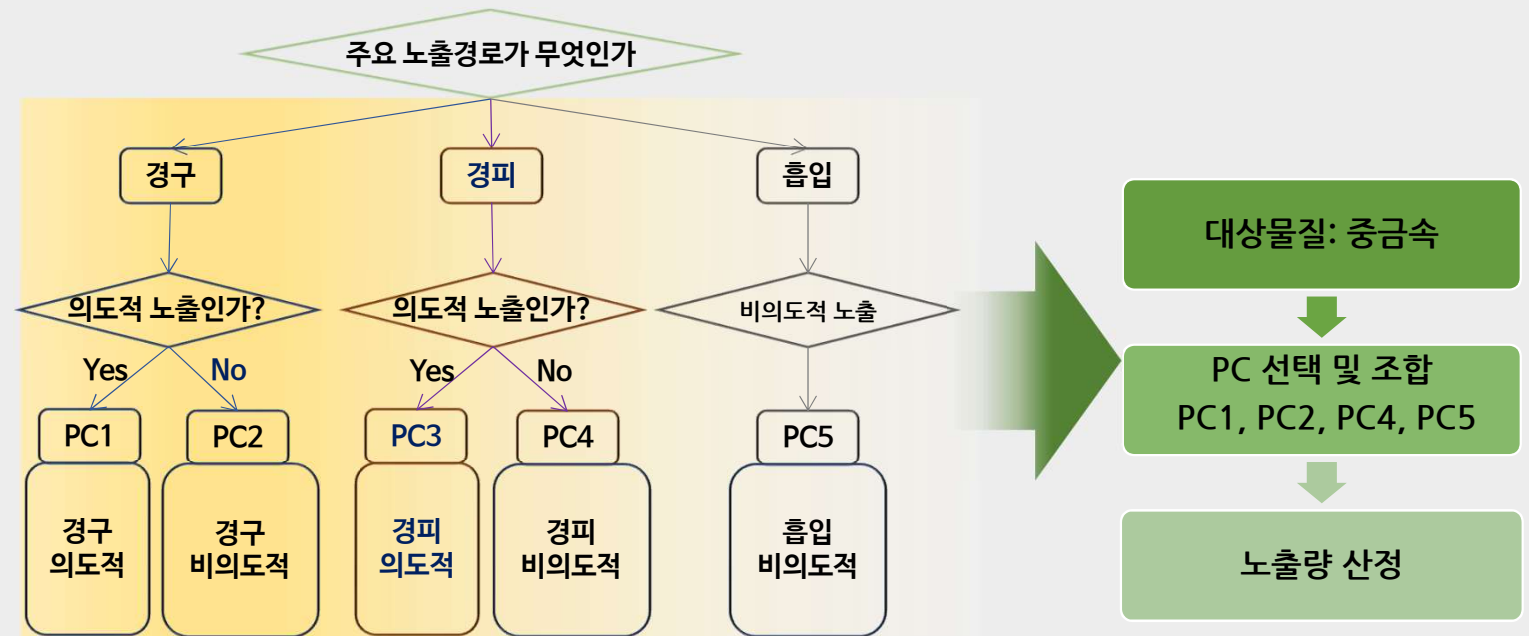
- 화학물질 위해평가 DB 플랫폼 구조 준수
 - 다빈도+ 위해우려 제품
 - 대중소분류 & 용도구분

DB 시스템	대상매체	오염도자료	대상인구/노출계수 대면 자료
COPER (환경부)	생활화학제품	2,402제품종 (1,020물질)	15+이상 전인구 1만3천명, 35 품목
IRAMe- ecoREA (환경부)	생활화학제품 + 식품/환경매체	252 제품군 (374물질)	유아 727명*15품목 청소년 322명*21품목 성인1728명*38품목
CREAM (환경부 구축중)	어린이용품	7,593 제품종	0~12yr, 2만명, 60 품목
KATRi (산자부) 국가 표준개발협력기관	세정, 생활용품, 어린이용품 등	섬유, 부품소재, 생활제품, 용복합소재, 위해우려제품, 위생용품 최근 3년 150만건 이상 중금속 함량 자료 확보	

노출평가 모델 구축 (노출모델 기반)

• 노출 알고리즘 개발

- 중금속노출에 최적화 PC 조합별 (도식화된) 노출 시나리오 알고리즘 적용



(기존) 시나리오기반 노출모델

• 결정론적 방법

• 확률론적 방법

$$\text{섭취량 (g/day)} \times \text{오염도 (ng/g)} = \text{노출량 (ng/day)}$$

식품 (1): $\text{섭취량}_{(1)\text{-평균}} \times \text{오염도}_{(1)\text{-평균}} = \text{노출량}_{(1)}$



섭취량분포₍₁₎



오염도분포₍₁₎



노출량분포₍₁₎

식품 (2): $\text{섭취량}_{(2)\text{-평균}} \times \text{오염도}_{(2)\text{-평균}} = \text{노출량}_{(2)}$



섭취량분포₍₂₎



오염도분포₍₂₎



노출량분포₍₂₎

:

:

평균적 총노출량 = \sum_i 노출량_(i)



총노출량 분포



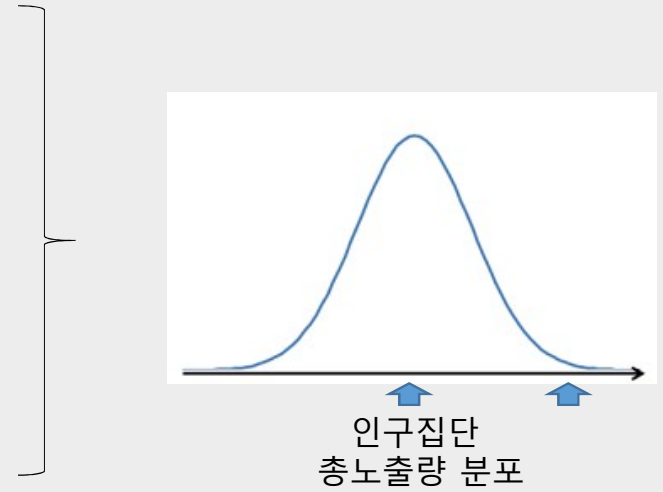
시나리오기반 개인노출모델

- 기존 노출모델의 단점:
 - (즉, 극단 오염도 * 극단 섭취도조합 → 과도한 설정)
- 개인노출모델:
 - 대안적으로 개개인 실노출계수 반영 됨

• 개인노출총량으로 인구집단 총 노출량 추정

식품 (i1): 섭취량_(i1) X 오염도_(i1) = 노출량_(i1)
 식품 (i2): 섭취량_(i2) X 오염도_(i2) = 노출량_(i2)
 :
 식품 (ij): 섭취량_(ij) X 오염도_(ij) = 노출량_(ij)

1번째 사람의 총 노출량 = \sum_1 노출량(i)
 2번째 사람의 총 노출량 = \sum_2 노출량(i)
 i번째 사람의 총 노출량 = \sum_i 노출량(i)

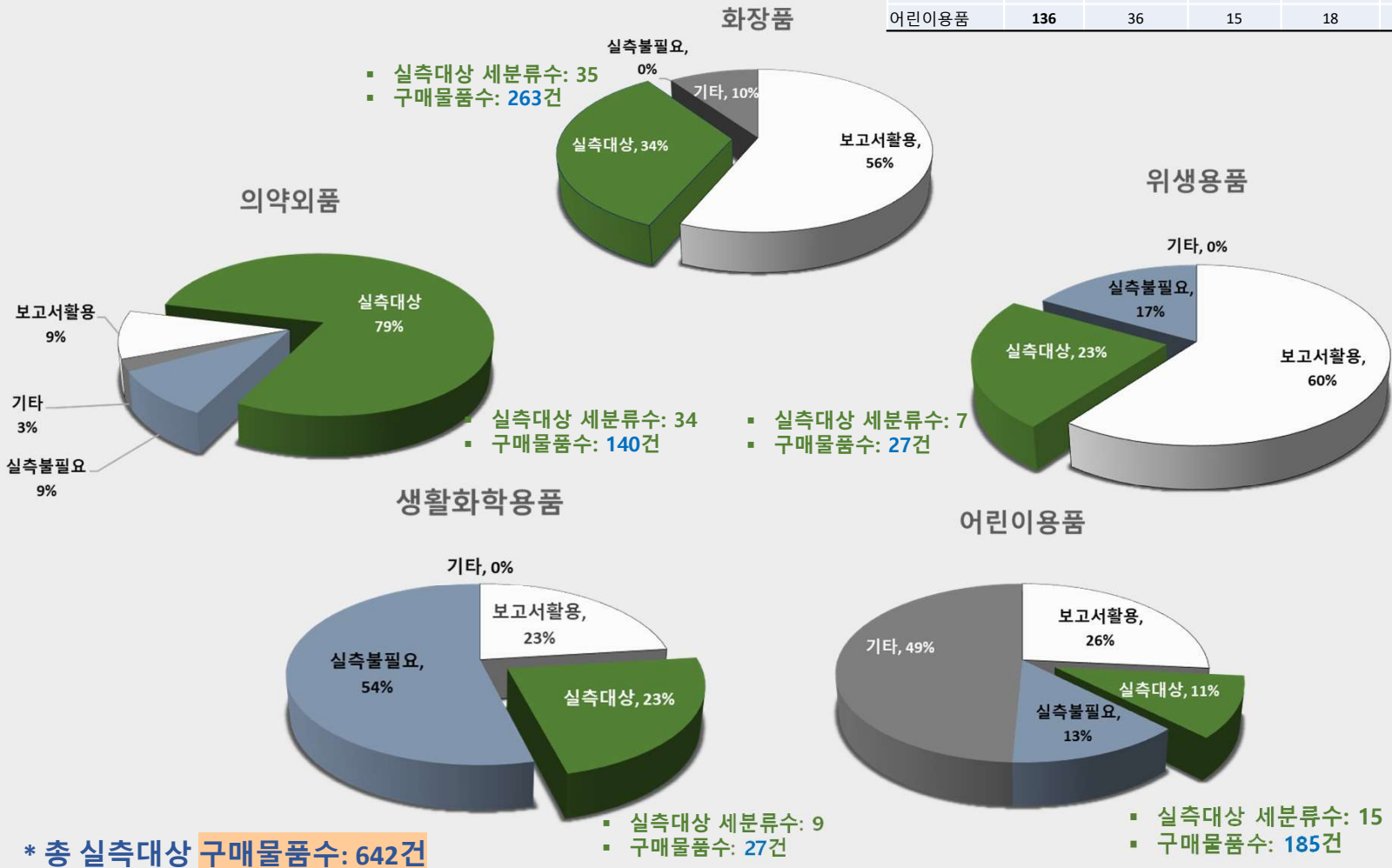


연구결과 - **목록** Data 확정

제품군별 오염도자료 집계 현황

제품 품목별 Gap 분석결과

제품분류	대상 품목(계)	기존보고서	실측대상	실측불필요	기타
화장품	103	58	35	0	10
의약외품	43	4	34	4	1
위생용품	30	18	7	5	0
생활화학용품	39	9	9	21	0
어린이용품	136	36	15	18	67



연구결과 - **목록** 측정자료 추가 후 제2차 Gap분석 내용 (예시)

화장품

코드	중분류	소분류	납	카드뮴	수은	비소	크롬	
P101010	기초화장품	수렴화장수						
P101020		마사지 크림						
P101030		에센스/오일						
P101040		로션						
P101050		크림						
P101060		바디제품						
P101070		눈주위제품						
P101080		손발 제품						
P101090		팩/마스크						
P101100		클렌징 제품						
P101110		파우더류						
P101120		선크림(기능성)						
P103010		눈화장용	아이브로 펜슬					
P103020			아이라이너					
P103030	아이섀도우							
P103040	마스카라							
P103050	아이 메이크업 리무버							

	• 분석결과 없음(Not available)
	• 기준치의 절반 이하, 혹은 • 기준치 없으나 분석결과 <LOD 미만
	• 기준치 미만
	• 기준치 미만이지만 기준치의 절반 이상 측정값
	• 기준치 초과
	• 측정값은 있으나 기준치 없음

위생용품

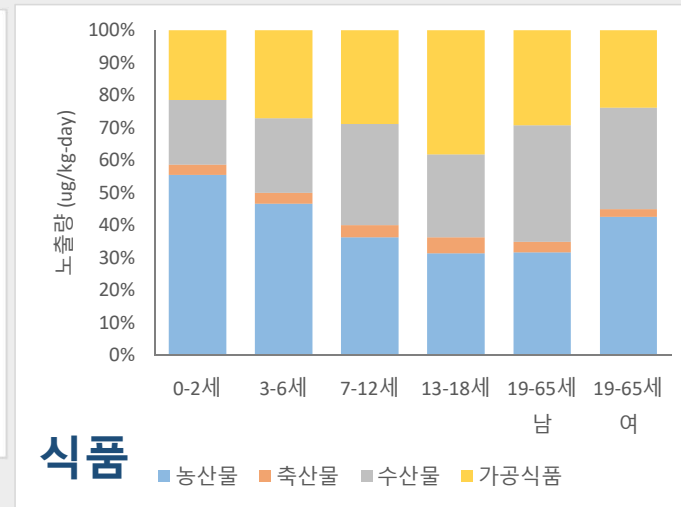
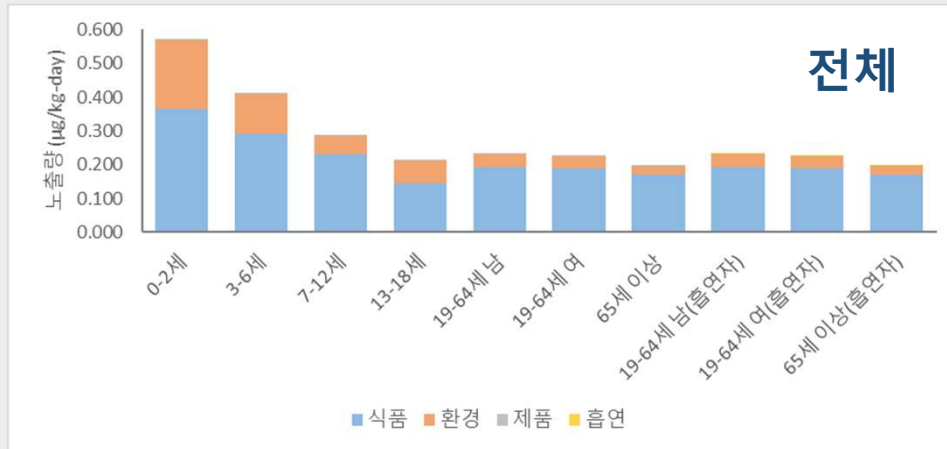
코드	중분류	소분류	납	카드뮴	수은	비소	크롬
P301010	세정제제	세척제					
P301020		행균보조제					
P302010	섬유위생용품	위생물수건					
P302020		식품접객업소용 물티슈					
P302030		일회용 행주					
P302040		일회용 타올					
P302050		건티슈					

• (현존) 연구대상 중금속 오염도 자료 DB화 완료

- 식품 및 제품 오염도 DB집대성 - raw data 식약처 이관준비 완료
 - '00~'18년 오염도 관련 25 보고서, 공기관 DB(기표원 포함), 학술논문 연구대상 중금속의 오염도자료 DB화 완료
 - 모든 자료 MIMS/MAP DB 포맷에 맞춘 raw data 생산 완료
- Gap 분석 수행
 - 최근(1~5년) 오염도 자료없고 사용도 5%이상 품목 도출
 - 선호도 높은 642개 제품 구매/실측 완료
 - 여러 제품, 다양한 범위로 검출; 제품안전기준 초과 없음
 - 어린이 제품의 경우,
 - 기준치 이하 오염도 또는 분류기록 누락; 전이율 자료 없는 경우가 많음
- 제품, 생체시료 오염도 관련 미량정량분석법 개발
 - 제품 분석 및 생체시료 분석 수행 (소변 2040개, 전혈 400개)
 - 중금속분석 (ICP-MS) 및 중분리(LC-ICP-MS)
 - 비소(유기, 무기), 수은(유기, 무기), 크롬(3가, 6가)의 중분리 가능한 방법을 LC-ICP-MS법을 활용하여 개발 완료 및 사용자 지침서 제작완료
- 노출평가 알고리즘 완비
 - 연령별, 성별 특성을 반영한 사용도(섭취량)과 오염도 반영된 시나리오기반 노출모델 2종과 바이오모니터링 노출량역산 방식 제시
 - 결정론적 -, 확률론적 노출모델, 바이오마커의 PBPK기반 노출량 역산기법

시나리오기반 노출량 - 납

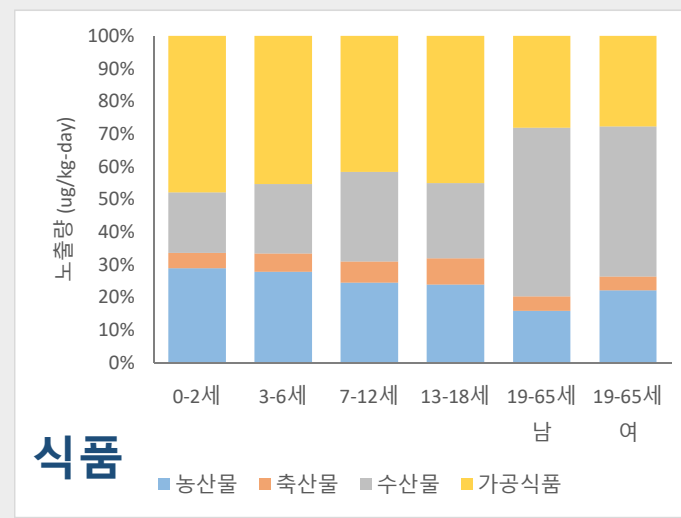
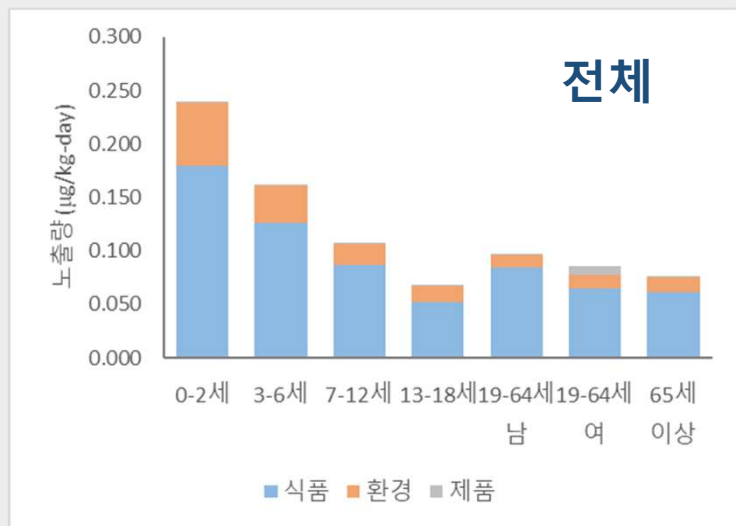
납 BMDL₀₁: 0.50 µg/kg/d (소아)
 BMDL₁₀: 0.63 µg/kg/d (성인)



납 (성인, 남)	산술평균	p50	p95	허용기준 (µg/kg/d)
결정론적 노출모델	0.19	NA	NA	0.63
확률론적 노출모델	0.49	0.24	1.90	
개인 노출계수 모델	0.20	0.15	0.56	
바이오마커 역산모델	1.25	1.05	2.87	

시나리오기반 노출량 - 총수은

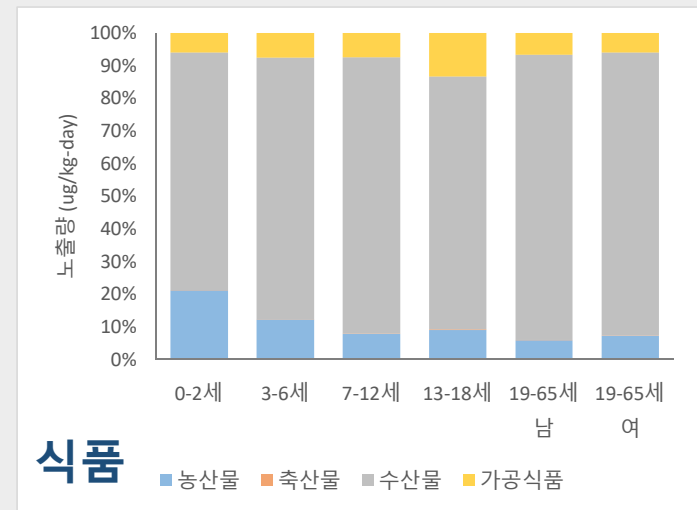
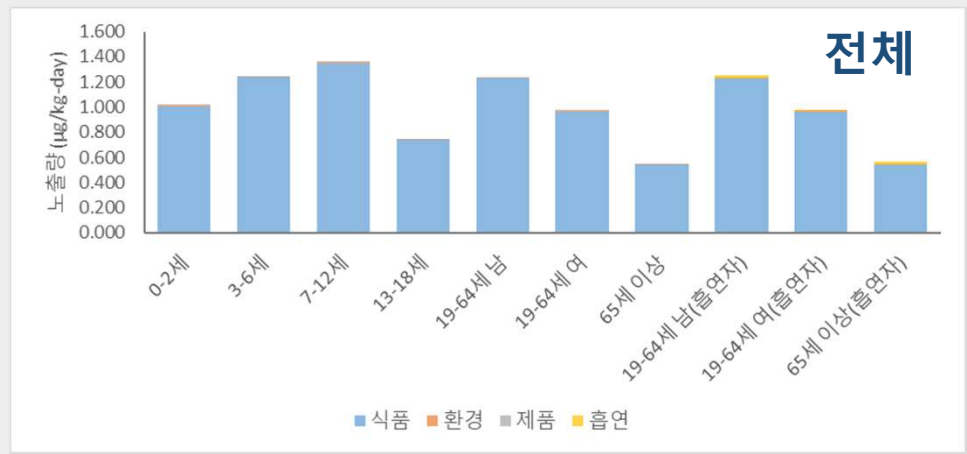
총수은 TWI: 3.7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{wk}$
 (일일환산 0.53 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)
 메틸수은 TWI: 2.0 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{wk}$
 (일일환산 0.29 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)



수은 (성인, 남)	산술평균	p50	p95	허용기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)
결정론적 노출모델	0.08	NA	NA	0.53
확률론적 노출모델	0.30	0.08	0.87	(총수은)
개인 노출계수 모델	0.08	0.05	0.22	0.29
바이오마커 역산모델(메틸)	0.05	0.03	0.15	(메틸)

카드뮴 PTMI: 25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{mo}$
(일평균환산: 0.83 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)

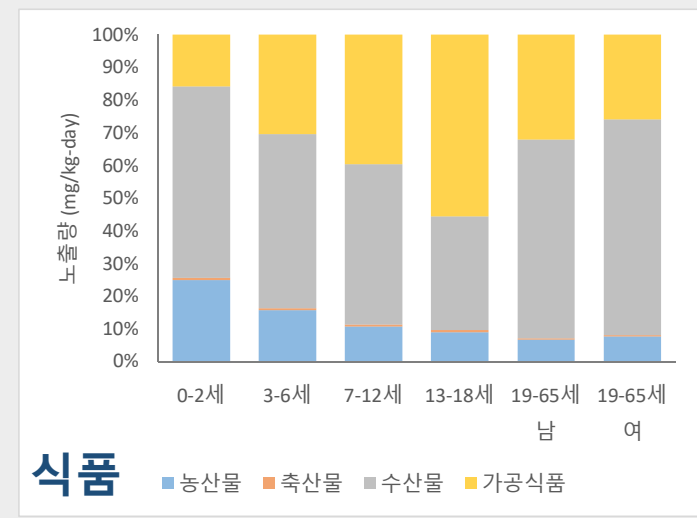
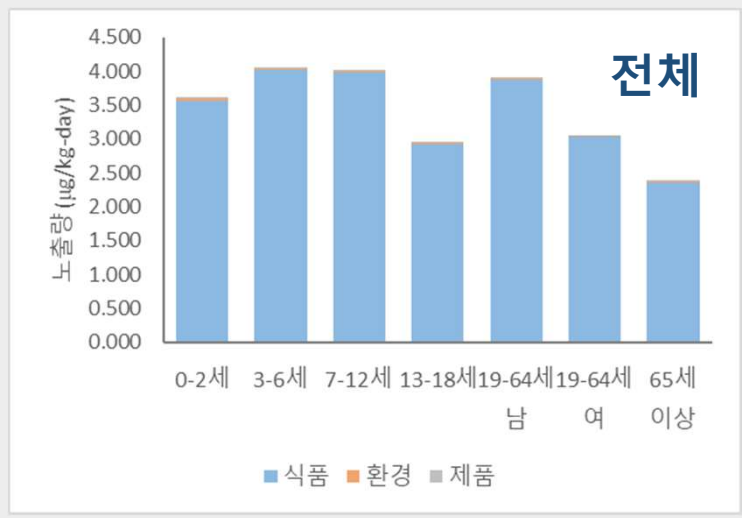
시나리오기반 노출량- 카드뮴



카드뮴 (성인, 남)	산술평균	p50	p95	허용기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)
결정론적 노출모델	1.22	NA	NA	0.83
확률론적 노출모델	2.81	0.34	16.41	
개인 노출계수 모델	1.18	0.18	6.52	
바이오마커 역산모델	0.28	0.21	0.75	

시나리오기반 노출량 - 총비소

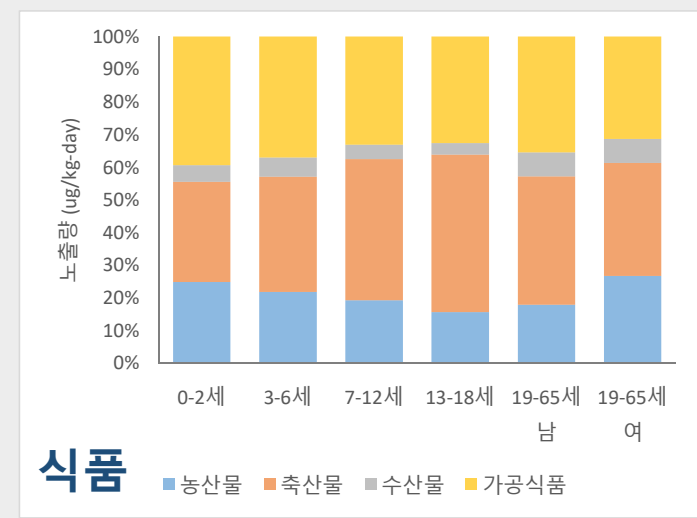
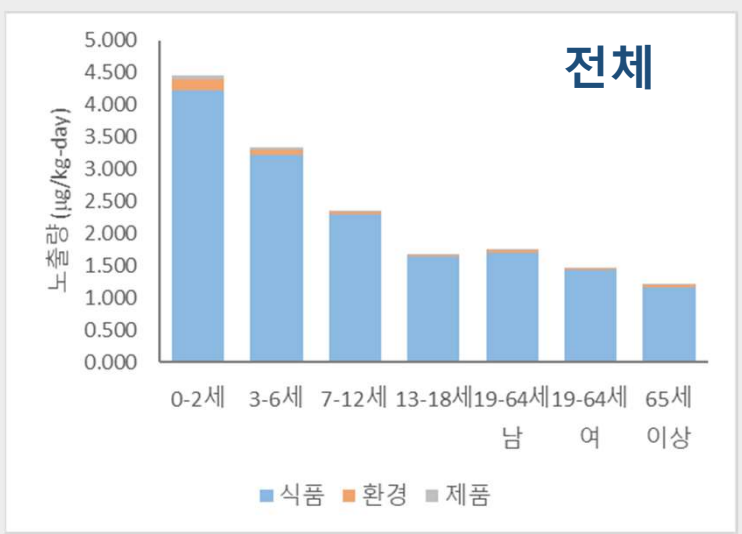
무기비소 PTWI 9.0 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{wk}$
(일일환산: 1.29 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)



비소 (성인, 남)	산술평균	p50	p95	허용기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)
결정론적 노출모델	3.88	NA	NA	1.29 (무기)
확률론적 노출모델	12.4	4.56	50.7	
개인 노출계수 모델	4.17	2.28	12.6	
바이오마커 역산모델(무기)*	0.56	0.31	1.89	
* 식약처 2010~2011 수거 성인시료				

시나리오기반 노출량 - 총크롬

3가크롬 TDI: 300. $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$
 6가크롬 BMDL10: 110. $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$



크롬 (성인, 남)	산술평균	p50	p95	허용기준 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)
결정론적 노출모델	1.71	NA	NA	300 (3가)
확률론적 노출모델	2.79	2.00	7.0	
개인 노출계수 모델	1.73	1.45	3.82	110 (6가)
바이오마커 역산모델(무기)*	NA	NA	NA	

* 요중 총크롬 검출률 25% 미만으로 6가 크롬 추정불가

• 시나리오 기반 노출량 추정 결과

• 낱:

- 어린이/청소년, 환경기여도가 총노출량의 15~28% (cf. 성인 5~6%),
- 영유아, 어린이: 농산물은 전체식품 기여 노출량의 40~50%,
 - 다른 연령군 농산물, 수산물, 가공식품의 기여도가 비슷함
- 확률론적 노출량 (성인 남자 기준): 허용기준 - 0.63 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$
 - p50 (0.24 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$) < 허용기준; p95 (1.90 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$) > 허용기준

• 수은:

- 어린이/청소년, 환경기여도가 총노출량의 19~25% (cf. 성인 13~15%),
- 전체적으로 식품 기여도 큼
 - 미성년은 가공식품 비중 약 50%, 성인은 수산물이 50%
- 확률론적 노출량 (성인 남자 기준): 허용기준 - 0.53 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$
 - p50 (0.08 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$) < 허용기준; p95 (0.87 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$) > 허용기준

• 시나리오 기반 노출량 추정 결과

• 카드뮴:

- 모든 연령, 대부분 식품으로 노출됨
 - 전체 식품중 수산물의 기여도 (73~ 87%)
- 확률론적 노출량 (성인 남자 기준): 허용기준 - 0.83 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$
 - p50 (0.34 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$) < 허용기준; p95 (16.41 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$) > 허용기준

• 비소:

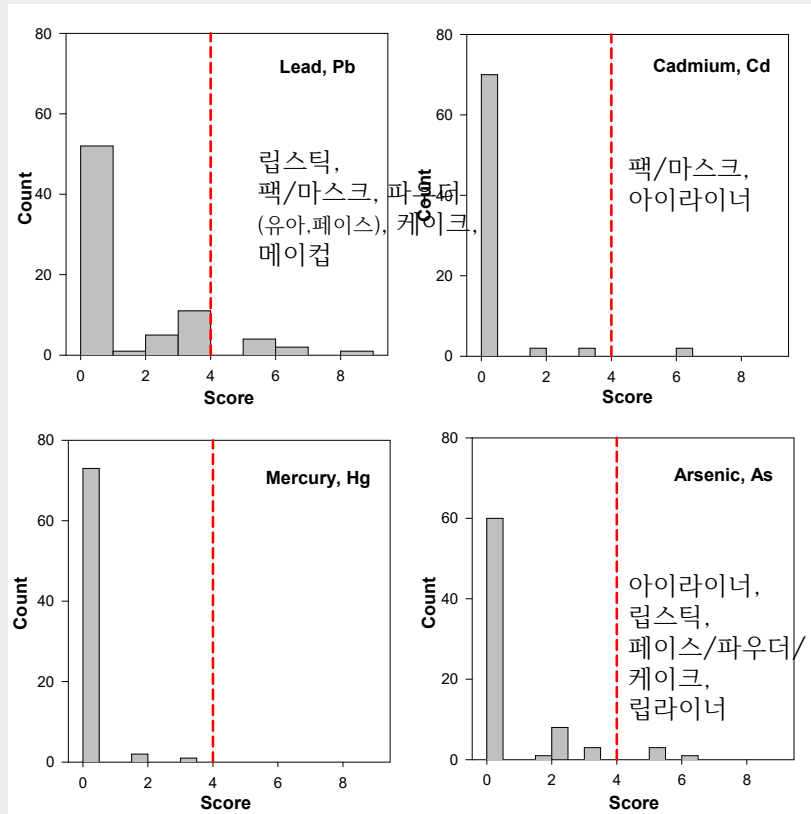
- 모든 연령, 대부분 식품으로 노출됨
 - 전체 식품중 수산물의 기여도 (49~ 61%)
 - 확률론적 노출량 (성인 남자 기준): 무기비소 기준 - 1.29 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$
 - 총비소 기준 p50 (4.56 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$), p95 (50.7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)
- * 대부분 식품을 통한 유기비소로 노출됨

• 크롬:

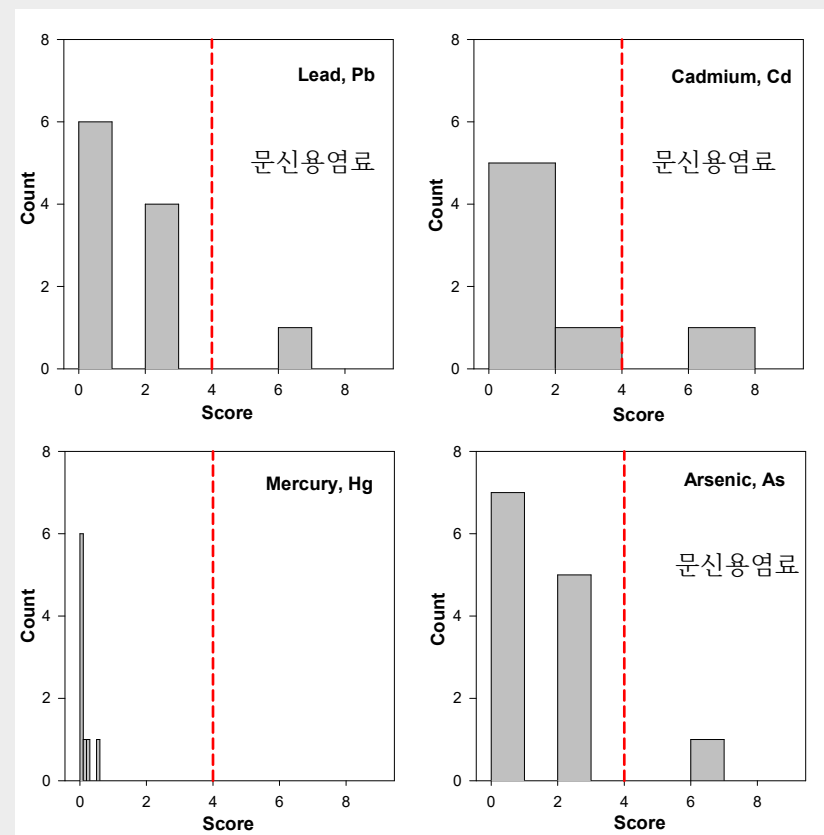
- 모든 연령, 대부분 식품으로 노출됨
 - 전체 식품중 축산물+가공식품의 기여도 (66~81%)
 - 확률론적 노출량 (성인 남자 기준): 3가 비소 기준 - 300 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$
 - 총크롬 기준 p50 (2 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$), p95 (7 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{d}$)
- * 대체로 낮은 노출수준

연구결과 - **총괄** 제품중 우선관리 대상 (>4)

화장품류

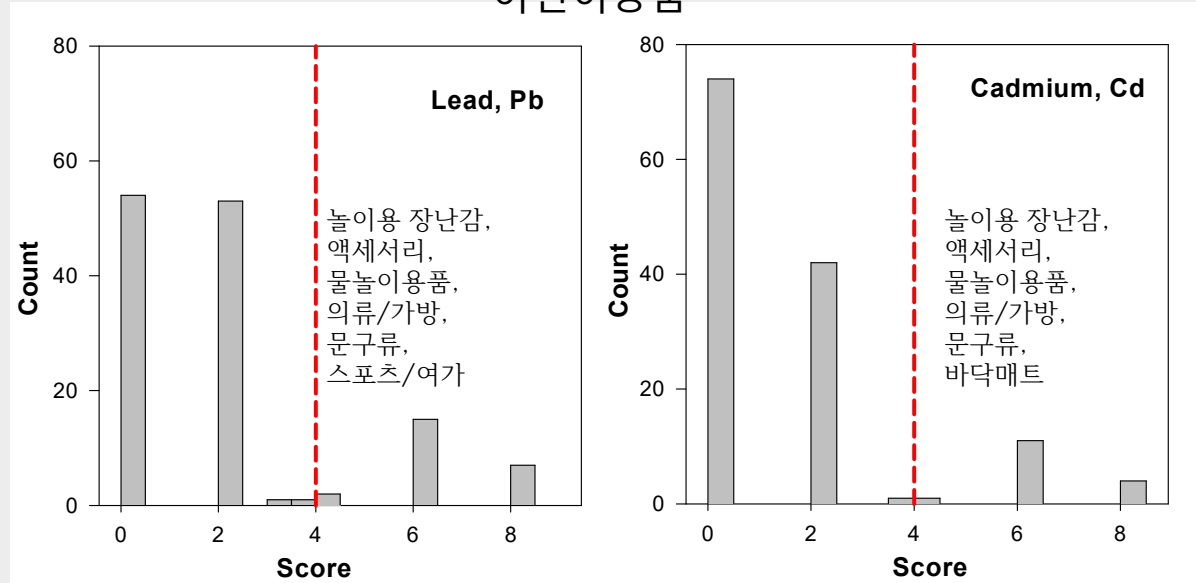


생활화학제품



연구결과 - **총괄** 제품중 우선관리 대상 (>4)

어린이용품



소분류별 제품수, 중금속별 규제현황

제품군	소분류	중금속별 규제				
		Pb	Cd	Hg	As	Cr
화장품	76 (25%)	76 (100%)	76 (100%)	76 (100%)	76 (100%)	0 (0%)
의약외품	38 (13%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
위생용품	20 (7%)	13 (65%)	4 (20%)	2 (10%)	13 (65%)	1 (5%)
생활화학제품	34 (11%)	11 (32%)	7 (21%)	9 (26%)	13 (38%)	1 (3%)
어린이용품	133 (44%)	133 (100%)	133 (100%)	51 (38%)	54 (41%)	47 (35%)
전체	301	233 (77%)	220 (73%)	138 (46%)	156 (52%)	49 (17%)

• 바이오마커 현황 분석

- 전체적으로 국내 선행연구와 유사
 - 요중 총크롬은 전체 25%에서 검출, p95분위수도 낮음
- PBPk 노출량 역추정
 - (시나리오 기반) 전통적 노출모델의 보완재;
 - 수은, 크롬 외 모든 금속의 고노출군의 관리 필요;
 - 낮은 노출모델 관련 후속 연구 필요함

• 제품중 노출수준과 우선관리 대상

- 시중 제품의 중금속 노출기여도는 식품과 환경에 비해 높지 않음
- 우선 관리대상 제품
 - 화장품, 생활화학제품, 어린이용품 일부 제품에서 수은 이외 물질 관리 필요
 - 어린이용품(장난감, 액세서리, 물놀이용품 등)의 경우, 납과 카드뮴 관리 필요