

## FA2) 우리나라 성인에 대한 다이옥신의 일일 노출량 예측 Assessment of human daily intake/uptake for dioxins in Korea

양지연 · 신동천 · 임영욱 · 김명현 · 김영수  
연세대학교 환경공해연구소

### 1. 서론

소각로, 산업공정 등 다양한 배출원을 가지고 있는 다이옥신은 식품, 피부접촉, 대기 및 토양 등의 매체를 통하여 인간의 건강과 자연 생태계에 유해 영향을 미치고 있다. 환경 중 다이옥신의 배출량은 극미량이지만 하나 높은 지용성 물질로써 환경 매체간 이동 및 먹이사슬을 통해 생체농축현상을 일으키는 것이 밝혀지면서 그로 인한 유해성 야기되기 시작하였으며, 특히, 2001년 미국 환경보호청에서 다이옥신에 대한 재평가를 통해 2,3,7,8-TCDD는 인체 발암물질로, 다이옥신은 인체 발암 유발 가능 물질로 분류하고 있어, 선진국에서는 다이옥신에 대한 적극적인 연구가 진행되고 있다.

우리나라도 최근 폐기물의 소각처리량이 증가하면서, 다이옥신에 대한 연구가 진행되기 시작하였으며, 2000년대 이후 환경 및 식품, 인체 조직에서의 다이옥신 분석 결과가 간헐적으로 연구되고 있다. 그러나 다이옥신의 환경 매체 및 식품에서의 농도와 그로 인한 인체 일일 노출량에 대한 연구는 미미하다.

따라서 본 연구에서는 주거지역의 환경 매체 중 다이옥신 오염도와 국내 생산 식품 중 다이옥신 오염도를 조사하고, 이를 바탕으로 우리나라 성인의 다이옥신 일일 인체 노출량을 예측해보고자 하였다.

### 2. 연구 방법

본 연구에서는 210종의 다이옥신 동종체 중 2,3,7,8의 위치에 염소가 존재하는 17개의 PCDDs/PCDFs와 #77, #126, 및 #169의 non-ortho-co-planar PCBs를 연구 대상 물질로 선정하였으며, 이들의 농도는 I-TEF를 적용하여 다이옥신의 상대등가농도(TEQ)로 환산하였다. 또한 다이옥신이 인체에 노출 가능한 경로로는 대기를 통한 호흡노출, 토양의 섭취 노출 및 피부 접촉을 통한 노출, 오염된 식품의 섭취 노출의 4 가지 경로를 선정하였다.

우리나라 주거지역의 대기 및 토양과 국내 생산 식품 중 다이옥신 오염 수준을 평가하기 위해 연구 보고서, 국내외 학술지에 발표된 논문을 중심으로 자료를 수집하였다. 본 연구에서 인용한 주거 지역의 대기 및 토양과 국내 생산 식품 중 다이옥신 오염도 자료의 출처를 표 1에 나타내었다.

이와 같이 수집된 국내 거주지역의 대기, 토양 및 식품에서의 다이옥신 오염도를 바탕으로 성인의 다이옥신 일일 노출량(daily intake)을 산출하기 위해 수식-1을 이용하였다. 환경 매체 중 대기와 토양에 대한 성인의 일일 접촉율(CR<sub>media</sub>)로서 성인의 일일 평균 호흡율, 성인의 일일 평균 토양 섭취율 및 토양의 피부 접촉율을 고려하였다. 이때 우리나라 성인에 대한 이들 매체 접촉율이 조사된 바 없기 때문에 본 연구에서는 미국 환경보호청에서 제시하고 있는 미국 성인에 대한 접촉율(US EPA, 2000)을 적용하였다. 식품에 대한 성인의 일일 접촉율로서는 각 대상 식품의 일일섭취량을 고려하였으며, 본 연구에서는 보건복지부의 국민건강영양보고서(2000)의 성인(20세~59세)의 식품별 일일 섭취율 자료를 인용하였다. 국내 성인의 평균 체중은 60kg을 적용하였다(보건복지부, 2000).

$$\text{Daily intakes} = [ \text{CR}_{\text{media}} \times \text{C}_{\text{media}} ] / \text{BW} \quad \text{수식 - 1}$$

### 3. 결과 및 고찰

국내 주요 도시의 주거 및 도로변 대기 중 다이옥신 오염도는 평균 0.23pg-TEQ/m<sup>3</sup>로 조사되었으며, 토양에서의 오염도는 평균 0.32 pg-TEQ/g로 평가되었다. 국내 생산 식품 중 다이옥신 오염도는 생선(0.153 pg-TEQ/g) 및 조개류(0.288 pg-TEQ/g)가 가장 높은 것으로 조사되었으며, 육류에서의 오염도는 그리 높지 않은 것으로 나타났다.

성인의 다이옥신 일일 노출량은 식품 섭취에 의해서는 0.423 pg-TEQ/kg-day, 대기를 통한 호흡 노출량은 0.062 pg-TEQ/kg-day인 반면, 토양에 의한 섭취 및 피부 접촉 노출량은 0.0004 pg-TEQ/kg-day로 매우 미미한 수준으로 나타났다(표 2). 본 연구를 통한 도시 거주 성인의 다이옥신의 일일 노출량은 0.486 pg-TEQ/kg-day로 평가되었으며, 총 일일 노출량 중 식품 오염에 의한 섭취 노출 기여율은 약 90% 그리고 대기 오염에 의한 호흡 노출 기여율은 약 10%정도임을 알 수 있었다.

Table 1. 본 연구에서 인용한 대기, 토양 및 식품 중 다이옥신 오염도 자료의 출처

환경 매체	측정 지역 또는 대상	측정 시기	자료원
대기 토양 식품	전국 주요 도시의 주거지역 및 도로변 남해안 서식 조개류 국내 생산 식품 13종 국내 생산 식품 21종	1999년 및 2000년 1999년 및 2000년 1997년 1999년 1999년	국립환경연구원(2000, 2001) 국립환경연구원(2000, 2001) Hashimoto 등(1998) 식품의약품안전청(1999) 김종국 등(2000)

Table 2. 대기, 토양 및 식품 중 다이옥신 오염에 의한 성인의 일일 노출량

Exposure media	Intake/uptake rate	Concentration		Daily Intake (pg/kg-day)
		PCDDs/DFs	PCBs	
Food <sup>1)</sup>	(g/day)	(I-TEQ pg/g)	(I-TEQ pg/g)	
Cereals	350.9 <sup>3)</sup>	0.015	0.000	0.088
Beans	28.9 <sup>3)</sup>	0.014	0.002	0.008
Vegetables	306.2 <sup>3)</sup>	0.014	0.000	0.070
Fruits	179.1 <sup>3)</sup>	0.006	0.000	0.019
Fish	52.3 <sup>3)</sup>	0.142	0.000	0.124
Shellfish	14.0 <sup>3)</sup>	0.118	0.165	0.066
Diary	51.9 <sup>3)</sup>	0.011	0.002	0.011
Beef	11.0 <sup>3)</sup>	0.014	0.008	0.004
Pork	28.8 <sup>3)</sup>	0.005	0.003	0.004
Chicken	27.3 <sup>3)</sup>	0.024	0.001	0.012
Eggs	20.5 <sup>3)</sup>	0.040	0.011	0.017
Ambient air <sup>2)</sup> inhalation	(m/day)	(I-TEQ pg/m <sup>3</sup> )	(I-TEQ pg/m <sup>3</sup> )	0.062
	13.3 <sup>3)</sup>	0.280	NA <sup>5)</sup>	
Soil <sup>4)</sup> ingestion dermal uptake	(g/day)	(I-TEQ pg/g)	(I-TEQ pg/g)	
	0.050 <sup>4)</sup>	0.344	NA <sup>5)</sup>	0.000
	0.012 <sup>4)</sup>	0.344	NA <sup>5)</sup>	0.000
Total				0.486

1) 오염도 자료 : Hashimoto 등(1998), 식품의약품안전청(1999), 김종국(2000)      2) 오염도 자료 : 국립환경연구원(2000, 2001)

3) 우리나라 성인(20-64세)의 각 식품별 일일 평균 섭취량 이용 (보건복지부, 2000)

4) 미국 성인의 일일 평균 호흡율, 토양 섭취량, 토양의 피부 접촉율 인용 (US EPA, 2000)

5) NA : not available, 대기 및 토양에서의 PCBs 측정 자료가 없으므로 평가할 수 없음

### 참 고 문 헌

국립환경연구원. 다이옥신 실태 조사. 국립환경연구원. 2001

국립환경연구원. 환경 중 다이옥신 잔류 실태 조사. 국립환경연구원. 2000

보건복지부. 국민건강·영양조사 심층·연계분석. 보건복지부. 2000

식품의약품안전청. 식품 중 dioxins 모니터링 (I). 식품의약품안전청. 1999

Hashimoto, S, Cho, HS, and Morita, M. Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans in shellfishes from south coast of Korea. Chemosphere 1998 ; 37(5) : 951-959

US EPA. Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin(TCDD) and related compounds. EPA/600/P-00/001Bg. Washington DC. 2000