다이옥신의 耐容一日攝取量 (TDI) · 上

국립환경영구원 폐기물연구부 토양환경과 이문순 환경연구원

1. 서 론

다이옥신의 耐容一日攝取量 (TDI : Tolerable Daily Intake)은 다이옥신이 사람의 건강에 미치는 영향을 미연에 방지하고자 하는 관점에서 정확한 대책을 강구하고자 할 때 중요한 지표가 되며, 세계보건기구(WHO) 및 각국에서 과학적인 근거에 바탕을 두고 설정되고 있다.

일본에서도 이제까지 환경청 및 후생성에서 다이옥신의 TDI 또는 건강리스크평가지침치를 설정하여 현재의 오염상황이 사람의 건강에 미치는 영향을 평가하는 지표, 다이옥신대책의 지표 등으로 활용해 왔다.

이러한 상황중, '98년 5월 WHO의 유럽지역 사무국 및 국제화학물질안전성계획(IPCS)에 의해 전문가회합(이하 「WHO전문가회합」)이 개최되어, 다이옥신의 TDI에 대한 재검토가 이루어졌다.

일본에서도 환경청 및 후생성의 전문가회합을 조직하고, 합동회합(中央環境審議會 環境保健部會 다이옥신 리스크 評價 小委員會 및 生活環境審議會 · 食品衛生調査會 다이옥신類 健康影響評價特別部會)에서 TDI를 재검토하기로 하였다. 또한 '99년 3월 30일 다이옥신 대책 관계각료회의에서 「다이옥신 대책추진 기본지침」이 정해졌고, 그중 TDI의 재검토는 3개월 이내에 하도록 하고 있다.

본 보고서는 '98년 WHO 전문가회합에서의 논의를 가능하면 상세하게 분석 · 평가한 다음, 새로운 견해를 덧붙여 다이옥신의 TDI에 대해 검토한 것이다.

(주) 본 보고서의 용어

- 「다이옥신류」란 polychlorinated dibenzo-p-dioxin (PCDD) 및 polychlorinated dibenzofuran(PCDF)을 말한다.
- 「다이옥신」이란 다이옥신류 이외 Co-planar-polychlorinated biphenyl(Co-planar PCB)를 포함한 것을 말한다.

2. TDI를 둘러싼 지금까지의 경위

(1) '90년 WHO 유럽지역 사무국 전문가회합

WHO 유럽지역 사무국이 개최한 '90년 전문가회합에서 당시의 지견을 평가하였다. 즉, 다이옥신류의 일종인 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin

(2,3,7,8-TCDD)을 rat에 2주간 투여한 결과(Kociba 등, '78), 저용량에서 인정된 체중증가억제, 간장해 등을 지표로 하고, rat에 독성을 나타내지 않는 투여량 1ng/kg(무독성량; NOAEL)에 불확실성 계수(100)를 적용하여 2,3,7,8-TCDD의 耐容一日攝取量(TDI)으로 10pg/kg/day를 제안하였다.

WHO가 TDI 설정에 사용한 이 방법은 근거로 하는 데이터 선택 등에 대해 부분적으로 변경한 경우도 있지만, 미국 이외의 각국 관계 행정기관에 의한 규제치 설정시 기본적인 방법으로 채용되었다.

또한 미국 환경보호청(EPA)에서는 다이옥신류가 건강에 미치는 영향에 대해 WHO와는 다른 개념인 실질안전량(VSD, Virtually Safe Dose)을 사용하여 평가하고 있다.

(2) 일본의 TDI 설정

일본에서도 '96년 후생성 「다이옥신의 risk assessment에 관한 연구반」은 WHO 계산방식을 기초로 다이옥신의 과학적 지견을 검토한 결과, 上記 rat의 2년간 투여시험에 덧붙여 rat의 3세대 생식시험에서 인정된 자궁내 사망, 同腹兒數의 감소, 생후 체중증가억제 등에 따라 무독성량을 1 ng/kg/day로 하고 불확실성 계수를 적용하여, 당면의 TDI를 2,3,7,8-TCDD로서 10pg/kg/day로 제안하였다.

또 '97년 환경청의 「다이옥신 risk평가 검토회」는 Kociba 등의 데이터를 근거로 한 WHO 계산방식을 채용하면서, 계산시 빨간털 원숭이의 시험데이터를 감안하여 다이옥신류의 건강리스크평가지침치(다이옥신류에 관한 환경보전대책을 강구할 때 기본이 되는 값으로, 사람의 건강을 유지하기 위한 허용한도는 아니고, 보다 적극적으로 유지되기를 희망하는 수준으로서, 사람의 노출량을 평가하기 위해 사용하는 값)를 5pg/kg/day로 제안하였다.

(3) '98년 WHO 전문가회합에 의한 재검토

다이옥신의 건강영향에 대해서는 '90년 이후에도 국제적으로 여러 조사연구가 계속적으로 실시되어 왔다.

따라서 WHO 유럽지역 사무국 및 국제화학물질안전성계획(IPCS)은 '90년 이후 집적된 새로운 과학적 지견을 근거로 TDI를 재검토하기 위해 '98년 5월 전문가회합을 스위스 제네바에서 개최하였다. 본 회합에서는 다이옥신에 관한 발암성 및 비발암성의 영향, 소아에 미치는 영향, 체내동태, 작용 mechanism, 다이옥신에 의한 노출상황 등 광범위한 분야에 대해 새로운 과학적 지견을 근거로 논의되었다.

그결과 독성시험 결과를 사람에 적용할 때는 투여량을 직접 사용하는 것이 아니고, 체내부하량(body burden)으로 환산하여 적용하고자 하는 방침을 도입하였다. 나아가 가장 낮은 체내부하량에서 독성을 나타내는 독성시험 결과에 의해 계산한 수치를 사람의 최소독성량으로 간주하고, 이 값에 불확실성 계수(10)를 적용하여 TDI를 1~4pg-TEQ/kg/day로 하였다.

WHO의 최종보고서에는 현재 선진국의 노출상황이 2~6pg-TEQ/kg/day 수준이라고 한 다음, 이 정도의 노출수준에서도 미세한 영향은 생길지도 모르지만 현시점에서는 명확한 독성영향의 발현에 대해서는 보고되어 있지 않고, 또 관찰되는 영향에 대해서도 다른 화학물질의 영향을 부정할 수 없기 때문에 1~4pg-TEQ/kg/day이 당면의 耐容 가능한 값이라고 고찰하고 있다. 더욱이 결론적으로 4pg-TEQ/kg/day를 당면의 最大耐容許容量(maximum tolerable intake on a provisional basis)으로 하여 궁극적으로는 1pg-TEQ/kg/day 미만의 섭취량이 되도록 하여야 한다고 서술하고 있다.

一日攝取量 (TDI: Tolerable Daily Intake)은 다이옥신이 사람의 건강에 미치는 영향을 미연에 방지하고자 하는 관점에서 정확한 대책을 강구하고자 할 때 중요한 지표가 되며, 세계보건기구(WHO) 및 각국에서

과학적인 근거에 바탕을 두고 설정되고 있다.

일본에서도 이제까지 환경청 및 후생성에서 다이옥신의 TDI 또는 건강리스크평가지침치를 설정하여 현재의 오염상황이 사람의 건강에 미치는 영향을 평가하는 지표, 다이옥신대책의 지표 등으로 활용해왔다.

이러한 상황중, '98년 5월 WHO의 유럽지역 사무국 및 국제화학물질안전성계획(IPCS)에 의해 전문가회합(이하 「WHO전문가회합」)이 개최되어, 다이옥신의 TDI에 대한 재검토가 이루어졌다.

일본에서도 환경청 및 후생성의 전문가회합을 조직하고, 합동회합(中央環境審議會 環境保健部會 다이옥신 리스크 評價 小委員會 및 生活環境審議會 · 食品衛生調査會 다이옥신類 健康影響評價特別部會)에서 TDI를 재검토하기로 하였다. 또한 '99년 3월 30일 다이옥신 대책 관계각료회의에서 「다이옥신 대책추진 기본지침」이 정해졌고, 그중 TDI의 재검토는 3개월 이내에 하도록 하고 있다.

3. 노출상황

(1) 일반 수준의 노출

① 구미 각국

일반 생활에서의 노출은 거의 90% 이상이 식사를 통해 일어나고, 그 중에서도 고기나 유제품 등의 동물성 식품이 주요한 섭취원이다. 주요 선진국의 조사에 의하면 일반적으로 다이옥신류라 불리는 PCDD와 PCDF 노출량은 1~3pg-TEQ/kg/day이다. 또한 다이옥신류와 같은 성질을 갖는 Co-planar PCB를 더하면 2~6pg-TEQ/kg/day이다.

② 일 본

일본에서의 평균 노출량은 구미 각국 수준과 거의 동일한 정도 내지는 낮은 수준이다.

厚生省 식품조사('97년, market basket방식)에 의하면 다이옥신류에 대한 노출은 0.96pg-TEQ/kg/day이고, 또 3종류의 Co-planar PCB를 포함시키면 2.41pg-TEQ/kg/day이다. 또한 음료수로부터 노출은 거의 무시할 수 있을 정도로 작다.

대기로부터의 다이옥신류 노출량은 '97년도 환경청 및 지방자치단체가 실시한 모니터링 조사결과의 평균치 0.55pg-TEQ/m³를 참고로, '97년도 다이옥신 리스크평가 검토회 보고서 등의 계산방식에 준해 계산하면, 0.17 pg-TEQ/kg/day이다. 또 Co-planar PCB에 대해서는 현재 데이터가 적지만, '97년도 환경청 조사결과 농도범위는 0.044~0.026pg-TEQ/m³로서 다이옥신류 농도에 비해 낮기 때문에 12종류의 Co-planar PCB 농도를 더해도 노출량은 0.17pg-TEQ/kg/day로 변함이 없다.

토양으로부터의 섭취량은 전국적인 토양중 농도, 토양의 섭취량이나 토양중 다이옥신류의 흡수율 등 필요한 정보가 충분하지 않기 때문에 정확한 추정이 곤란하지만, 환경청 조사('97년도)에 따라 토양중 다이옥신류 농도를 20pg-TEQ/g, Co-planar PCB 농도를 2.2pg-TEQ/g로 하면, 다이옥신류 노출량은 0.0022~0.019pg-TEQ/kg/day 정도, 12종류 Co-planar PCB 농도를 더한 노출량은 0.0024~0.021pg-TEQ/kg/day 정도로 볼 수 있다.

이러한 각 경로의 노출량을 더하면 다이옥신류로 약 1.15pg-TEQ/kg/day 정도, Co-planar PCB를 더하면 2.60 pg-TEQ/kg/day정도가 일본인의 평균적인 노출량이라 할 수 있다(그림 1).

이러한 결과로부터 사람의 잔류수준은 체지방중에 10~30pg-TEQ/g지방 (체중으로는 2~6ng-TEQ/kg에 상당)이라고 할 수 있다. 이 수준도 주요 선진국과 동일한 정도이다.

그림 1. 다이옥신 1인당 1일 섭취량 (일본)

식품('97년도 식품중 다이옥신 오염실태조사(후생성))

식 품 군	1일당 식품섭취량 (국민영양조사) A(g)	식품중 다이옥신 농도 B(pg/g)	A×B →	다이옥신 섭취량 C(pg)	C/50kg →	체중1kg당 다이옥신 1일 섭취량 (pg/kg)
어패류	97.0	0.776		75.28		1.506
육류 · 난류	120.0	0.174		20.87		0.417
유 · 유제품	133.9	0.070		9.42		0.188
유색야채	98.9	0.050		4.94		0.099
잡곡 · 감자	166.2	0.025		4.21		0.084
기호품	182.4	0.007		1.31		0.026
야채 · 해초	205.0	0.006		1.23		0.025
쌀	166.5	0.007		1.18		0.024
설탕 · 과자	34.2	0.020		0.70		0.014
유지	16.9	0.031		0.53		0.011
가공식품	5.5	0.073		0.40		0.008
콩 · 콩가공품	72.3	0.006		0.40		0.008
과실	118.6	0.002		0.21		0.004
음료수	600.0	0.00003		0.02		0.0004
합계	2,017.4			120.7		2.41

다이옥신 1일섭취량 → 2.0 pg/kg

환경

		체중1kg당 다이옥신 1일 섭취 (pg/kg)
대기	· 대기농도 : 0.55pg-TEQ/m³ 「'97년도 지방공공단체유해대기오염물질 모니터링조사결과」 · 1일 호흡량 : 15m³	0.17
토양	· 토양농도 : 22pg-TEQ/g 「'97년도 다이옥신류 종합 pilot조사결과」 · 토양의 1일당 경구섭취량 어린이/어른=(150/50~)200/100mg/day · 토양으로부터 경피 및 경기도 노출을 고려	0.0024~0.021
		0.19

③ 모유중 다이옥신

선진 각국 데이터에 의하면, 모유를 먹는 유아의 체중당 다이옥신 1일섭취량 성인에 비해 많다. 일본에서의 최근 조사에 따르면 평균적으로는 다이옥신류로 개략 60pg-TEQ/kg/day 정도이다.

한편 모유중 다이옥신 농도는 과거 20년간 저하하고 있다고 몇몇 나라에서 보고되고 있다. 또한 일본에서도 후생과학연구에 의한 大阪府의 보존모유 sample 조사결과, '73년부터 '99년 사이에 다이옥신류 및 3종류의 Co-planar PCB가 반 이상 감소하고 있다(그림 2).

(2) 사고에 의한 노출 및 직업노출

사고에 의한 노출이나 직업노출에 의해 일반 수준보다 훨씬 높은 노출을 받은 경우가 있다.

① 사고에 의한 노출

지역적인 사고오염 사례로서 미국 Times beach 오염이나 이탈리아 Seveso의 화학공장 폭발사고 등이 알려져 있다. Seveso에서는 2,3,7,8-TCDD의 혈청중 농도는 최대 56,000pg-TEQ/g지방이고, A zone(고오염지역) 및 B zone(중오염지역)에서 각각 중앙치는 450pg-TEQ/g지방 및 126pg-TEQ/g지방이다.

식품이 PCB에 오염된 중독사건이 일본('68년) 및 대만('78년)에서 발생하였다. 이 경우 모두 열매체로 사용된 PCB와 함께 극소량의 다이옥신류가 식용유에 혼입되었기 때문이라 한다.

② 직업노출

직업노출의 사례로서 2,4,5-trichlorophenol(2,4,5-TP) 및 그 유도체의 합성과 사용에 관계있는 화학공장 내에서 2,3,7,8-TCDD의 노출에 의한 중독 사례가 알려져 있다. 이들 사례에 대한 역학조사에서 고농도 노출근로자의 혈중 2,3,7,8-TCDD 농도의 수준을 추정하면 140~2,000pg-TEQ/g지방이란 한다15). 이 추정치는 일반 인구집단의 혈중 농도의 10~100배이다.

폐기물소각에 따른 다이옥신류에 대한 노동자의 과잉노출 사례로서는 구미에서의 현저한 사례 연구가 발견되지 않지만, 최근 일본에서 이루어진 大阪府 能勢町 폐기물소각시설과 관련된 조사에서는 비교적 높은 값을 나타내고 있다.

주) 다이옥신의 독성등량은 I-TEF (98), WHO-TEF ('93), WHO-TEF ('97) 등 사용하는 독성등가계수에 따라 약간 다르지만, 본문 중에는 각 인용문헌에 기재되어 있는 독성등량을 그대로 표기하고 있다.

4. 사람에 미치는 영향

(1) 사고에 의한 중독이나 직업적 노출에 의한 영향

사람에 미치는 영향에 관한 보고는 사고에 의한 중독과 직업노출 사례로서 대표적인 것은 다음과 같다.

① 2,4,5-T 제조작업자들의 노출

농약의 일종인 2,4,5-T 제조업자의 다이옥신류 노출은 주로 2,4,5-T 제조공정에서의 공장재해에 기인하고 있다. 공장재해 사례중 공통적으로 나타나고 있는 非癌症狀은 chloroacne(염소종창)의 발생이다.

Chloroacne 이외의 非癌症狀으로는 여러 증상이 기술되고 있지만, 공장재해 사례에서 공통적으로 지적되고 있는 증상은 거의 없다. 공장재해 사례 또는 살포작업에 의해 노출된 집단에서의 全癌 사망률 상승이 보고되고 있고, 보고에 따라서는 부위별로 호흡기암, 非호지킨임파종, 軟部組織肉腫 등의 발생률 상승이 관찰되고 있다.

② Seveso 공장재해에 의한 노출

공장재해에 의한 일반 주민이 다이옥신류에 노출된 Seveso에서, 일반 주민에게 가장 현저하게 나타나는 非癌症狀은 chloroacne로서, 특히 어린이에게 많이 관찰되고 있다. 0~14세 어린이의 chloroacne 발생빈도는 地區別로 본 2,3,7,8-TCDD의 오염수준과 대응하고 있다. 재해가 발생한 '76년부터 '91년까지의 조사결과, A zone에 비해 약간 오염수준이 낮지만 피해자수가 많은 B zone에서 재해 10년 이후에 발생한 암에 대해 해석해보니, 남자(직장암, 임파조혈계의 암 및 백혈병), 여자(소화기암, 위암, 임파조혈계의 암 및 다발성 골수종) 모두 각종 부위별로 암으로 인한 사망률 증가가 나타났다. 또 노출수준이 높은 A zone의 주민에게서 '77년 4월 (재해 9개월 후)부터 '78년 12월까지 사이에 사산한 74건의 예에서는 출산아의 성이 여성에 편향되어 있었다.

③ 베트남전쟁 퇴역군인의 노출

베트남전쟁에서 orange agent(2,4,5-T가 주성분) 살포에 종사하였던 미국 퇴역군인을 대상으로 한 조사에 따르면, 당뇨병 등 당질 대사장애와 2,3,7,8-TCDD 노출과의 연관성이 지적되었다. 사인으로서는 귀환 후 1년간은 자동차 사고, 자살 등의 사고 증가가 지적되었지만, 그 이후의 사망 패턴은 일반인과 다르지 않았다.

④ 油症환자의 노출

'68년 福岡縣, 長崎縣 등을 중심으로 발생한 油症의 원인이 되었던 쌀겨유 및 환자의 혈액 및 지방조직에서 PCB와 함께 극소량의 다이옥신류가 검출되었다.

油症에서는 毛孔의 확대, 眼脂의 증가, 피부의 색소침착, 손톱의 변형착색, chloroacne 등의 소견이 발견되었다.

또한 '68년부터 '90년까지의 조사에 따르면 남자에게 간암에 의한 사망률이 유의하게 증가하였지만, 이를 지견으로 확립하기 위해서는 앞으로 새로운 연구가 필요하다는 보고가 있다.

(2) 일반 수준의 노출

식사 등에 의한 일반 수준의 노출에 의해 명확히 건강에 명확히 영향을 미친다는 것은 보고된 바 없다.

일반 생활 노출중, 특히 모유경유 다이옥신 노출에 의한 유아의 건강에 미치는 영향 또는 태아기 태내노출에 의해 미치는 영향에 대해서는 몇몇 나라에서 면역계 및 갑상선 기능 등에 관한 연구가 진행되고 있다.

또 모유 보육에 대해서 유아의 신체적 발육 및 신경발달에 유익한 영향을 미치는 것이 알려져 있어, WHO의 이번 전문가회합에서도 모유중의 다이옥신 농도를 낮추기 위한 노력이 필요하다고 지적하였을 뿐 모유추진의 입장에는 변경이 없었다.

5. 실험동물에 미치는 영향

다이옥신류에는 많은 동족체가 존재하지만, 독성시험에는 주로 가장 독성이 강한 2,3,7,8-TCDD를 피검물질로 사용하고 있다.

(1) 발암성

실험동물의 발암성에 대해서는 Kociba 등이 rat에 2년간 2,3,7,8-TCDD를 100ng/㎏/day씩 연속투여한 시험에서 간세포암이 발생되었다고 보고하였다.(표 1의 번호 23) 그외 mouse나 rat에 2년간 2,3,7,8-TCDD를 71 ng/㎏/day(표 1의 번호 22)씩 연속투여한 시험에서 甲狀腺濾胞腫瘍, 口蓋·鼻甲介·舌 및 폐의 편평상피암, 임파종이 유발되었다.

또한 발암 mechanism에 대해서는 유전자 傷害性을 검출하기 위한 복수의 시험계에서 음성의 결과가 얻어졌고, mouse나 rat를 사용한 2단계 발암시험계에서 promotion작용이 증명되었다.

(2) 간독성

간독성으로는 glutamic-oxaloacetic transaminase (GOT), glutamic-pyruvic transaminase(GPT)의 상승이나 porphyrin증(porphyria), 고지혈증 등 생화학적 변화에 더하여 병리학적으로는 간세포의 비대 및 지질대사이상 등이 관찰되었다.

(3) 면역독성

면역독성에 관련된 시험에서 2,3,7,8-TCDD는 동물에 胸線萎縮이나 세포성 및 체액성 면역이상을 일으키고, virus 감염에 대한 숙주저항성이나 항체생산능을 억제한다는 것도 알려졌다(표 1의 번호 15). 또 어미 rat에 투여하면 어린 동물에 지연형 과민반응의 억제나 항체생산능의 억제가 나타났다(표 1의 번호 12).

이러한 영향은 단독 투여로 투여량 100ng/㎏ 이상에서 발현되고 있어 명확한 용량의존성이 인정되었다.

Mouse에 10ng/㎏을 단독 투여함으로써 virus감염성이 증대하였다는 보고가 있지만, 용량의존성은 나타나지 않았다(표 1의 번호 3).

표 1. 다이옥신에 관한 각종 독성시험 결과

번호	동물종	생물영향	LOAEL 또는 NOAEL		체내 부하량	사람 노출수준**	문헌	***
			ng/kg	투여조건*	ng/kg	pg/kg/day		
1	Rat	P450 효소유도	1	po, 1회투여	0.86	0.44	Van den Heuvel 등(1994)	1
2	Marmot	임파구 구성의 변화	0.3	sc, 1회/주, 24주 그후 1.5ng/kg/주, 12주	9	4.56	Neubert 등(1992)	1
3	Mouse	Virus 감염성 증대	10	po, 1회투여 → 7일후 감염처치	9	4.56	Burleson 등(1996)	1
4	Marmot	임파구 구성의 변화	10	sc, 1회투여	10	5.06	Neubert 등(1990)	1
5	Mouse	P450 효소유도	1.5	po, 5회/주, 13주	20	10.13	DeVoto 등(1994)	1
6	Rabbit	Chloroacne	4.0	피부도포, 5회/주, 4주	22	11.14	Schwetz 등(1973)	1
7	Rat	정소중 정자세포수 저하	25	어미에 sc, 1회투여후 sc, 5ng/kg/주, 離乳까지 투여 초회투여후 2주째 교배시작	27	13.67	Faqi 등(1998)	1
8	Monkey	학습행동 test성적 저하	0.151	어미에 混餌, 20, 2개월	29	14.69	Schantz&Bowman(1989)	1
9	Monkey	자궁내막증	0.15	混餌, 4년	40	20.26	Rier 등(1993)	1
10	Rat	항문생식돌기간 거리단축	12.5	옥수수유용해, 어미에 po, 1회투여	43	21.77	Ohsako 등(1999)	1
11	Rat	정소중 정자세포수 저하	64	옥수수유용해, 어미에 po, 1회투여	55	27.85	Mably 등(1992)	1
12	Rat	면역독성	100	옥수수유용해, 어미에 po, 1회투여	86	43.55	Gehrs 등(1997)	1
13	Rat	생식기 형태이상	200	옥수수유용해, 어미에 po, 1회투여	86	43.55	Gray 등(1997)	2
14	Rat	정소 상체정자수 저하	200	옥수수유용해, 어미에 po, 1회투여	86	43.55	Gray 등(1997)	2
15	Mouse	면역독성	100	옥수수유용해, ip, 1회투여	100	50.64	Narasimhans 등(1994)	1
16	Monkey	출생아 사망률 증가	0.76	混餌, 4년	202	102.3	Bowman 등(1989)	1
17	Rat	출생아 체중 저하	400	옥수수유용해-어미에 po, 1회투여	344	174.2	Mably 등(1992)	1
18	Monkey	Chloroacne	1,000	混餌, po, 9회(4마리), 1회투여(12마리)	500	253.2	McNulty (1985)	1
19	Rat	신장형성이상	500	sc, 1회투여	500	253.2	Courtney 등(1971)	1
20	Rat	출생아 사망률 증가	1,000	po, 1회투여	860	435.5	Gray 등(1997)	1
21	Rat	성장지연	1,000	옥수수유용해, 어미에 po, 1회투여	860	435.5	Bjerke&Peterson (1994)	1
22	Mouse	발암	71.4	po, 2회/주, 104주	979	495.7	NTP No. 209 (1982)	1
23	Rat	발암	100	混餌, 2년	1,710	865.8	Kociba 등(1978)	1
24	Hamster	출생아 체중 저하	2,000	어미에 po(미확인), 1회투여	1,720	870.8	Schueplein 등(1991)	1
25	Mouse	水腎症	3,000	옥수수유용해, ip, 30주	2,580	1,306	Couture 등(1990)	1
26	Rat	EGFR의 down regulation	125	옥수수유용해, ip, 30주	3,669	1,858	Sewall (1993)	1
27	Rat	발암 promotion	125	옥수수유용해, ip, 30주	3,669	1,858	Maronpot 등(1993)	1

* : po(경구투여), sc(피하투여), ip (복강내투여)

** : 사람의 반감기 7.5년, 흡수율 0.5로 정상상태시 1일 섭취량을 계산

사람 1일 섭취량 = (body burden×ln2)/(T1/2×흡수율)

*** 1 : 原著의 투여방법에 따라 체내부하량을 계산 (설치류에서는 混餌 흡수율을 50%, 옥수수유로 경구투여시 86%로 계산)

2 : 체내부하량은 임신 16일 및 21일째 측정치로 계산 (Hurst 등, personnal communication)

➡ 다음호에 계속