

대기중 Benzo(a) pyrene의 외삽방법에 따른 위해도 추계치의 비교 연구

A Study for Comparison of Risk Estimates According to Extrapolating Methods of Benzo(a) Pyrene in the Ambient Air

김 종 만 · 정 용

연세대학교 환경공해연구소
(원고접수 1992. 1. 27)

Jong-Man Kim, Yong Chung

The Institute for Environmental Research, Yonsei University
(Received : 27 January 1992)

Abstract

The risk of benzo(a)pyrene for cancer in the ambient air of Seoul was assessed by using the extrapolation methods.

The average daily lifetime exposure of benzo(a)pyrene in the ambient air of Seoul was calculated at 6.97-24.30ng/m²/day, which was based on the occurrence analysis of benzo(a)pyrene in the residential(Bull Kwang Dong) and traffic areas(Shin Chon) of Seoul.

Using the dose scaling based on body surface area in comparisons of toxicity for extrapolation from animal to human and mathematical models from the high dose region, the low-dose risk was estimated. The response probabilities were estimated by the tolerance distribution models; Probit, Logit and Weibull model. They were consistent with the observed ones at experimental dose region. The unit risk estimates of these models were too low to be used. One-hit and multistage model to prove more conservative risk was selected.

As a result, the lifetime unit risk of benzo(a)pyrene for cancer and virtually safe dose were calculated; One-hit model provided the risk 2.8×10^{-7} and 3.4ng/m³, respectively and multistage model provided 5.2×10^{-7} and 1.9ng/m³ as the more conservatives.

The lifetime excess risk estimates of benzo(a)pyrene for cancer were calculated at 0.37-1.30 persons/million persons by one-hit model and 0.69-2.41 persons/million persons by multistage model, which was considered in without virtual risk.

1. 서 론

대기중 부유분진 중에는 다수의 발암물질 또는 돌연변이원성 물질이 존재하는 것으로 알려져 있다. 그 중 미량유기오염물질이 많은 관심의 대상이 되어져 왔는데 이러한 물질은 환경중에 저농도로 존재하면서

만성적으로 노출되었을 경우 심각한 건강장해를 유발시킬 수 있기 때문이다. 특히 미량유기오염물질 중 다환방향족탄화수소(이하 PAHs라고 칭함)에 대한 연구가 우리 나라뿐만 아니라 외국의 대도시를 대상으로 진행되어져 왔다(Demaio and Corn et al., 1966; Kerlesz et al., 1971; Mignel et al., 1978; Nagao et al.,

1978; Van et al., 1980; Chung et al., 1990). PAHs 중 발암성 물질로 알려진 Benzo(a)Pyrene(이하 BaP이라 칭함)은 미량 유기오염물질에 대한 위해성을 평가하는데 지표적인 역할을 해왔다. 우리나라에서도 서울시 일부 지역을 대상으로 BaP에 대한 환경오염도 자료가 보고되어져 왔다(신동천, 1989; 손동헌, 1990).

서구 선진국에서는 BaP를 비롯한 일부 PAHs에 대한 환경기준을 설정해 놓고 이들을 관리하고 있으나 우리나라는 관리대책이 전혀 없는 상태이다. 따라서 본 연구 목적은 BaP의 현 오염도 수준에서 노출량을 파악하고 노출에 따른 위해도는 과연 얼마인가를 알아보기 위해 위해성 평가를 실시하였다. 또한 다양한 수학적 모델을 적용하였을 경우 산출되는 위해도 추계치를 비교 연구하는 것이며 궁극적으로 이들 연구결과를 토대로 BaP를 관리하고 기준을 설정하는 근거자료를 제시하고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

그림 1과 같이 BaP의 위해성을 평가하는 데는 주요 4단계인 위험성확인, 노출평가, 용량-반응 평가, 그리고 위해도 결정을 통해 수행된다(Munro and Krewski, 1981; Paul, 1987).

이미 probable human carcinogen으로 위험성이 확인된 BaP의 노출평가를 위해서는 BaP의 측정자료가 필요하며 이를 이용하여 평생동안의 일일 평균

노출량을 산출할 수 있다.

용량-반응 평가에서는 우선 신중한 동물자료의 선택이 필요하다. 그리고 실제 환경중에서는 오염물질이 저농도로 존재하기 때문에 동물실험에 이용된 고용량에서 저용량으로의 외삽이 필요하게 되고 동물에서 사람으로의 외삽이 필요하게 된다. 이러한 절차를 통해 단위 위해도 추계치를 산출할 수 있다. 여기서 단위 위해도 추계치란 70kg의 건강한 성인이 70년간을 대상오염 물질의 단위농도로 오염된 공기를 마시며 살 때 암으로 초과 사망할 확률을 말하는 것이다.

위해도 결정은 BaP의 오염도와 단위 위해도 추계치를 이용하여 대상지역의 인구중 암으로 사망할 확률을 산출하게 된다.

2.1. 노출량 계산

일일 평균 노출(average daily lifetime exposure) 노출량은 아래와 같이 산출하였다.

$$\text{총 용량}(\text{total dose ; mg}) = \text{체중}(\text{body weight ; kg}) \times \text{수명}(\text{lifetime ; days})$$

$$\text{총용량}(\text{total dose}) = \text{오염물질 농도}(\text{contaminant concentration}) \times \text{접촉률}(\text{contact rate}) \times \text{노출 시간}(\text{exposure duration}) \times \text{흡수분율}(\text{absorption fraction})$$

이때 계산에 필요한 자료는 대기중 BaP의 오염도, BaP의 체내 침략량 그리고 성인의 일일 호흡량

<연구의 틀>

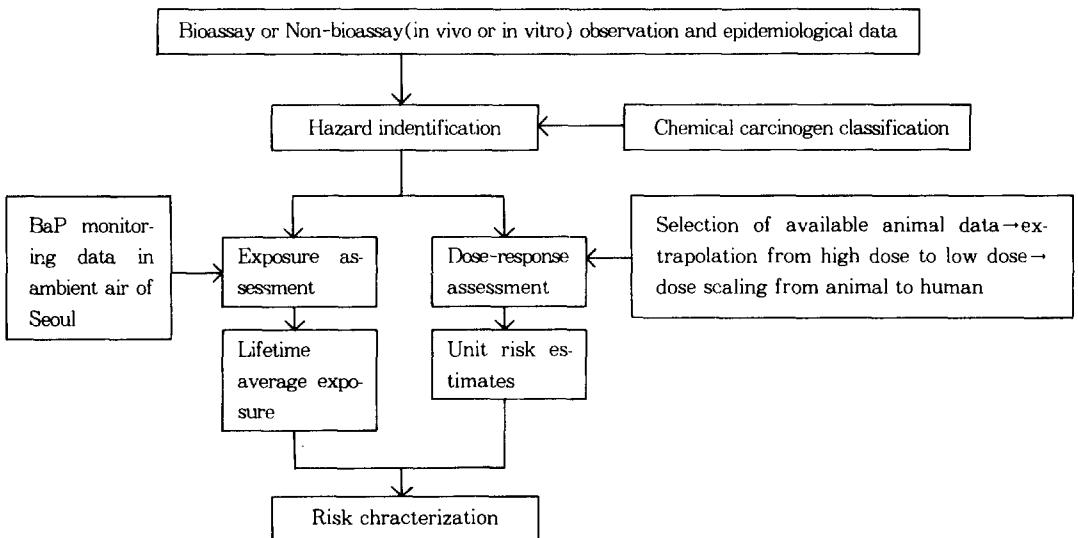


Fig. 1. Procedure for health risk assessment of benzo(a) pyrene in ambient air.

Table 1. The concentration of benzo(a)pyrene in ambient air of Seoul.

sampling period	area	BaP(ng/m ³)	Reference
1983. 2~1985. 1	Heukseok	4.64	Shon et al, 1987
1985. 3~1986. 2	Heukseok	1.44	Shon et al. 1990
1986. 1~1986.12	Shinchon	1.33*	Jang, 1988
1986. 3~1986. 9	Heukseok	1.91	Shon et al, 1990
1987. 3~1988. 2	Heukseok	3.29	Shon et al, 1990
1987. 7~1988. 5	Shinchon	2.27	Chung, 1990
	Bulkwang	2.83	
1987. 9~1988. 7	Shinchon	3.46	Shin, 1989
	Bulkwang	2.50	
1988. 3~1989. 2	Heukseok	2.03	Shon et al, 1990

*concentration of BaP in fine (<2.5μm) particle

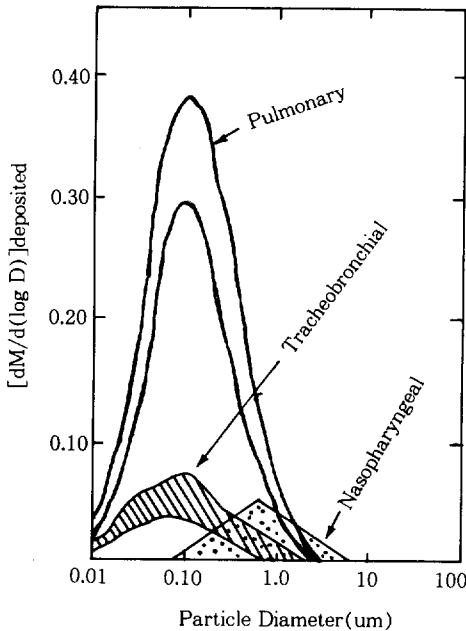


Fig. 2. Respiratory deposition profile of benzo(a)pyrene in an urban aerosol.

이 요구된다(Druid, 1974; Ruckelshaus, 1984).

노출량 계산에 필요한 대기중 BaP의 농도는 표 1에 나타난 오염도 자료를 이용하였으며 BaP의 호흡기계 침착량은 그림 2를 통해 약 60%로 결정하였다. 또한 일반적인 생리학적 모수인 성인의 일일 호흡량은 19m³/day로 가정하였다(David et al., 1974).

2.2. 용량반응 평가

용량-반응평가의 절차는 그림 3과 같다.

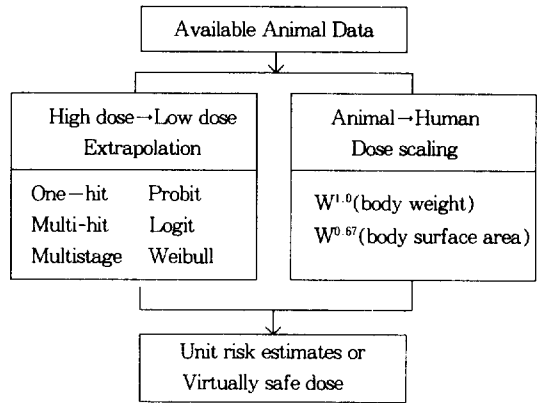


Fig. 3. Procedure for dose-response assessment.

이러한 절차들이 완결되면 궁극적으로 단위 위해도 추계치와 실제적인 안전용량이 산출된다. 여기서 단위위해도 추계치란 앞에서 언급하였고, 실제적인 안전용량이란 10⁻⁶(백만명당 1명의 발암확률)의 위해도에 해당하는 대상물질의 농도로서 이 정도의 수준에서는 노출에 따른 위해도를 무시할 수 있으므로 실제적으로 안전한 농도를 일컫는다(Feron et al., 1973).

용량-반응평가(그림 3)에서는 우선 유용한 동물 자료의 신중한 선택이 필요하다. 본 연구에서 선택한 자료(Feron et al., 1973)는 표 2로서 동물자료의 노출경로가 사람과 동일하다는 점, 단일용량에 대해 약 30마리를 실험했다는 점, 실험기간이 52주로 다른 연구에 비해 길다는 점, 용량-반응 상관성이 좋다는 점 등을 근거로 선택하였다(Kobayash, 1977; Albert et al., 1978).

이때 사용된 동물종은 Syrian golden hamster이고, 1주간격으로 52주동안 0.9% NaCl 용액내에 부유된 BaP을 기관내 점적주입 (intratracheal instillation)

Table 2. Incidence of respiratory tract tumor in Syrian golden hamster by intratracheal instillation of benzo(a)pyrene.

Number of animal	Total dose, mg	Respiratory tumor incidence, %
30	3.25	10
30	6.50	13
30	13.0	30
29	26.0	86
28	52.0	93

하여 호흡기계 종양발생을 관찰한 결과이다.

이들 자료를 이용한 고용량에서 저용량으로 외삽이 필요하다. 이때 이용된 수학적 모델의 mathematical function 즉 용량 d에서 반응확률 P(d) 및 저용량에서 행위는 표 3과 같다.

이때 동물자료를 이용한 모수 추정에는 GLIM package와 SPSS/PC+의 다중회귀분석기법을 이용하였다. 여기서 추정된 모수를 적용한 방정식을 이용하여 저용량으로의 외삽을 실시하였다.

Table 3. Mathematical models and their low-dose behaviour in the case of zero background.

model	probability p(d) of a response at dose, d	low-dose behaviour		
		linear	sublinear	supralinear
one-hit	$1 - \exp(-\lambda d), (\lambda > 0)$	$\lambda > 0$	-	-
multihit	$[\Gamma(k)]^{-1} \int_0^d \lambda^k t^{k-1} \exp(-\lambda t) dt, (k > 0)$	$k = 1$	$k > 1$	$k < 1$
multistage	$1 - \exp(-\sum_{i=0}^k B_i d^i), (B_i \geq 0)$	$B_i > 0$	$B_i = 0$	-
probit	$\int_{-\infty}^{a+B \log(d)} f(x) dx, (B > 0)$	-	$B > 0$	-
logit	$[1 + \exp(-a - B \log d)]^{-1}, (B > 0)$	$B = 1$	$B > 0$	$B < 0$
Weibull	$1 - \exp(-Bd^m), (m > 0)$	$m = 1$	$m > 0$	$m < 0$

Source : Munro and Krewski, 1981

본 연구에서는 동물에서 사람으로의 용량 스케일링을 위한 근거로서 체표면적($W^{0.67}$)을 근거로 하였다. 이때 스케일링방법은 다음과 같다.

$$\left[\begin{array}{l} \text{사람에 있어} \\ \text{평생동안의} \\ \text{평균 노출량} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{l} \text{동물에 있어} \\ \text{평생동안의} \\ \text{평균노출량} \end{array} \right] \times \frac{\text{동물의 체중}^{0.67}}{\text{사람의 체중}}$$

2.3. 위험도 결정

노출평가 및 용량반응평가를 통해 얻어진 결과들을 조합하여 서울시 일부 지역의 대기중 BaP의 오염도에 따른 초과 발암확률을 계산하였다.

3. 결 과

3.1. 노출량계산

BaP의 서울시 일부지역에서 대기중 농도는 1.33~4.64ng/m³으로서 평생동안의 일일평균 노출량은 6.97~24.30ng/m²/day로 산출되었다.(표 4)

3.2. 용량 반응 평가

고용량에서 저용량으로의 외삽에 필요한 수학적

Table 4. The average daily lifetime exposure of benzo(a)pyrene in ambient air of Seoul.

area	concentration (ng/m ³)	average daily (ng/kg/day)	lifetime exposure (ng/m ² /day)
Heuksok	4.64	0.642	24.30
	1.44	0.199	7.54
	1.91	0.264	10.00
	3.29	0.455	17.23
	2.03	0.281	10.63
Shinchon	1.33	0.184	6.97
	3.46	0.479	18.12
	2.72	0.377	14.25
Bulkwang	2.50	0.346	13.09
	2.83	0.392	14.82

모델의 통계 패키지로서의 글림 패키지(GLIM package)를 이용하였다. 그림을 이용하여 용량-반응자료가 Probit, Weibull, Logit모델에 적합한지를 검증하고 모수를 추정하였다(표 5). 그리고 일점모델 및 다단계모델에 대해서는 자료변환을 통해 비선형모델을 선형화한 후, SPSS/PC+의 multiple regression

Table 5. Chisquare-test for goodness of fit and estimation of parameter using GLIM package.

Model	X ² (d.f.)	Function, Probability(dose); P(d)
Probit	7.2594(3)	$\int_{-\infty}^{-3.104+0.829 \log d} \phi dx$ $1 - \exp[-\exp(-4.252 + 0.9569 \log d)]$ $\exp(-5.589 + 1.435 \log d)$ $1 + \exp(-5.589 + 1.435 \log d)$
Weibull	5.7008(3)	
Logit	5.9741(3)	

p=0.05 ⇒ X²=7.815(d.f. 3)

Table 6. Data transformation for linearization from nonlinear regression curve and mathematical model applied to the estimated parameter.

Model	Nonlinear regression	Linearized function
One-hit	P(d)=1-exp(-λd)	log[1-p(d)]=-λd
Multistage	P(d)=1-exp(-∑ _{i=1} ^k B _i d ⁱ)	log[1-P(d)]=b ₁ d-b ₂ d ² -...-b _k d ^k

Model	Fuction	Coefficient of determination(R ²)
One-hit	P(d)=1-exp(-4.45 × 10 ⁻³ d)	0.91
Multistage	P(d)=1-exp(-8.098 × 10 ⁻³ d + 5.061 × 10 ⁻⁶ d ²)	0.95

Table 7. The comparison between the expected probability for each mathematical model and the observed probability.

Dose	Probability; P(d)					
	Observed	One-hit	Multistage	Probit	Weibull	Logit
3.25	0.1	0.17	0.28	0.04	0.07	0.04
6.50	0.13	0.31	0.47	0.15	0.17	0.17
13.0	0.30	0.52	0.70	0.43	0.39	0.45
26.0	0.86	0.77	0.88	0.76	0.72	0.75
52.0	0.93	0.95	0.96	0.93	0.96	0.93

을 이용하여 각 모델의 모수(parameter)를 추정하였다(표 6).

X² 검정을 한 결과 유의수준 0.05에서 3가지 모델이 모두 적합하였고, 그 중 Weibull이 가장 적합한 모델이었다.

표 7은 관찰된 발생확률과 외삽모델로부터 추정된 발생확률을 비교한 것이다. 관찰 용량(고용량)에서는 대체적으로 내성분포모델들(Probit, Weibull, Logit)이 관찰치와 비교적 유사한 확률을 예측하였다.

반응이 관찰된 용량범위에서 각각의 모델에 의해

형성되는 용량-반응 곡선을 관찰된 용량-반응 곡선과 비교하면 그림 4와 같다.

다음 그림 5는 환경 중에서 실제로 존재할 수 있는 저용량에서 각 모델의 행위를 나타낸 것으로 multistage 모델이 가장 높은 위해도 추계치를 나타내었고 그 다음은 one-hit 모델이었다.

일반적으로 위해성 평가에 따르는 일련의 불확실성을 감안하여 실제로 발생할 수 있는 위해도보다 높게 산출될 수 있는 모델을 선택하게 되며 본 연구에서는 다른 모델에 비해 높은 위해도치를 제공하는 multistage 모델과 one-hit 모델을 선택하였다.

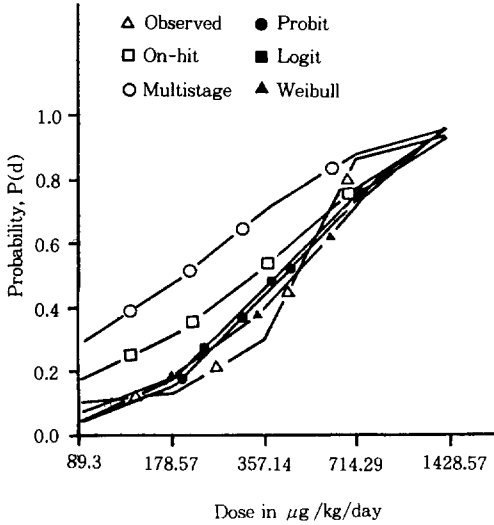


Fig. 4. Incidence of respiratory tract tumor in Syrian golden hamster exposed to benzo(a)pyrene in high-dose region.

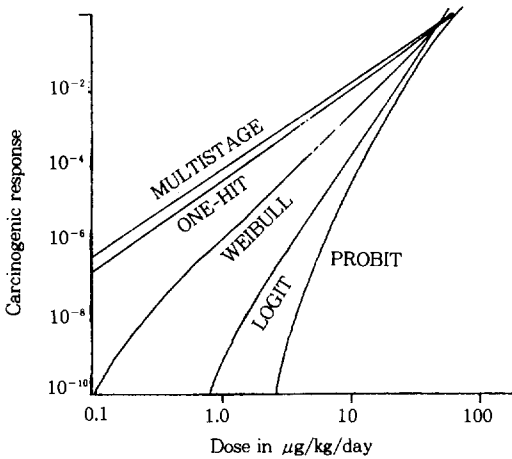


Fig. 5. A comparison of the results of various dose-response model for the low-dose region.

표 8에 제시된 용량은 실험기간동안 적용된 총용량으로서 평생동안의 평균일일 노출량(average daily lifetime exposure : LAE)으로 환산하였다.

70kg의 건강한 성인이 70년 평생동안 BaP 1ng/m³로 오염된 공기를 호흡할 경우 호흡기계 암이 발생할 수 있는 확률에 대한 단위 위해도 추계치(unit risk estimates)를 산출하였다. 또한 위해도 10⁻⁶에 해당하는 실제적인 안전용량(Virtually Safe Dose; 이하, VSD라 칭함)을 산출하였다(표 9).

Table 8. Dose scaling for hamster and human.

Probability; P(d)	Hamster ^a	Human ^b
	based on W ^{0.67} (µg/m ² /day)	based on W ^{0.67} (mg/m ² /day)
0.10	41.76	3.366
0.13	83.52	6.732
0.30	167.05	13.464
0.86	334.10	26.928
0.93	668.19	53.856

^a LAE_{hamster} = total dose/W^{0.67}/52 weeks(x 7day/week)
Here, W_{hamster} is the time-weighted average value during experimental

^b LAE_{human} = LAE_{hamster} × (W_{human}/W_{hamster})^{0.67}
Here, human is standard young adult man with 70kg(weight), 175cm(height) and 1.85m²(surface area).

Table 9. The lifetime unit risk estimates and virtually safe dose for one-hit and multistage model.

Model	Unit risk estimates	Virtually safe dose(10 ⁻⁶)
One-hit	2.8 × 10 ⁻⁷	3.4ng/m ³
Multistage	5.2 × 10 ⁻⁷	1.9ng/m ³

reference : unit risk estimate [Weibull; 6.9 × 10⁻¹⁰
Logit ; 4.1 × 10⁻¹⁴

이때 가장 보수적인 (conservative) 위해도치를 제공하는 multistage 모델의 경우는 단위위해도 추계치는 5.2 × 10⁻⁷으로, 70kg의 건강한 성인이 70년동안 BaP 1ng/m³으로 오염된 공기를 마시고 살 때 발생할 수 있는 초과 발암확률이 10⁷명당 5.2명을 의미한다. 그리고 1.9ng/m³오염정도면 실제적인 안전수준으로 간주할 수 있음을 나타낸다.

3. 3. 위해도 결정

노출 평가와 용량-반응 평가를 조합한 결과 서울시 일부 지역의 현 오염도 수준에서, 일점모델의 경우 백만명당 0.37~1.30명, 다단계 모델에서는 0.69~2.41명의 발암 확률을 나타내었다(표 10).

4. 고 찰

WHO working group(1987)에서는 이미 BaP에 대한 단위 위해도 추계치를 9 × 10⁻⁵으로 보고 한 바 있다. 이를 본 연구에서 이용된 BaP의 오염도

Table 10. The lifetime excess risk estimates due to benzo(a)pyrene in ambient air of Seoul.

Area	Concentration (ng/m ³)	Excess risk estimates(per 10 ⁶)	
		One-hit	Multistage
Heukseok	4.64	1.30	2.41
	1.44	0.40	0.75
	1.91	0.53	0.99
	3.29	0.92	1.71
	2.03	0.57	1.06
Shinchon	1.33	0.37	0.69
	3.46	0.97	1.80
	2.72	0.76	1.41
Bulkwang	2.50	0.70	1.30
	2.83	0.79	1.47

자료에 적용하였을 때 발생할 수 있는 초과사망률은 십만 명당 10~40명 수준으로 본 연구결과 백만 명당 1명 수준과는 커다란 차이를 나타냈다.

본 연구에서의 단위 위험도 추계치는 동물자료를 이용한 단독효과를 나타내는 반면 WHO의 단위 위험도 추계치는 역학자료를 토대로 한 연구이기 때문에 BaP의 단독효과보다는 BaP을 지표로 한 다환 방향족 탄화수소류의 발암성 분획에 대한 복합효과를 나타낸 것이므로 이러한 결과의 차이

가 나타난 것 같다. 따라서 본 연구 결과 BaP의 단독물질에 대한 발암효과(백만명당 1명의 수준)를 고려해 볼 때는 실질적인 위험도는 없을 것으로 간주되나 대기중에는 실제적으로 BaP을 포함하는 다환 방향족탄화수소류(발암 분획)가 동시에 공존하기 때문에 그 영향을 고려하여 WHO의 결과(십만명당 10명이상)를 수용할 때는 서울시 일부지역의 대기오염도는 심각한 것으로 해석된다.

표 11은 본 연구결과와 외국에서 산출한 BaP의 단위 위험도 추계치를 비교한 것으로 동물실험 자료를 이용하여 추계한 것은 본 연구결과와 유사하였다. 직접적인 비교는 불가능하지만 역학자료를 이용하여 산출한 단위 위험도 추계치는 10배에서 1000배정도의 차이를 나타내고 있는데, 이는 앞에서 언급한 바와 같이 동물자료를 이용한 것은 BaP의 단독물질에 대한 효과를 추정한 것이고, 역학자료를 이용한 것은 BaP 1ng/m³을 포함하는 여러 물질의 복합효과를 나타낸 것이기 때문에 높은 결과를 나타낸 것으로 사려된다.

따라서 대기중 미량유기오염물질에 대한 총체적인 위해성 평가를 위해서는 개개 오염물질에 대한 위해성 뿐만 아니라 BaP를 지표로 한 복합물질에 대한 부분도 함께 고려되어야만 하겠다.

Table 11. Unit risk estimates obtained from statistical package using various data sets.

Unit risk estimates	Route	Model	Approach	Data set	Reference
1.7 × 10 ⁻⁶	A	Inha	MS	95% UCL Thyssen et al.(1981)	Collin, 1991
1.1 × 10 ⁻⁶	A	Inha	MS	95% UCL Thyssen et al.(1981)	Collin, 1991
3.7 × 10 ⁻⁷	A	Inha	MS	95% UCL Thyssen et al.(1981)	Collin, 1991
4.5 × 10 ⁻⁶ ~4.8 × 10 ⁻⁶	A	Intra	MS	95% UCL Saffiotti et al.(1972)	Collin, 1991
4.4 × 10 ⁻⁶	A	Intra	MS	95% UCL Feron et al.(1973)	Collin, 1991
2.0 × 10 ⁻⁴ ~6.0 × 10 ⁻⁴	H	Inha	MS	95% UCL	NRC, 1983 ¹⁾
9.0 × 10 ⁻⁵	H	Inha	RR	95% UCL	NRC, 1983 ²⁾
2.8 × 10 ⁻⁷	A	Intra	OH Best	Feron et al.(1973)	this study
5.2 × 10 ⁻⁷	A	Intra	MS Best	Feron et al.(1973)	this study

A : using experimental animal data

H : using epidemiological data

Inha : inhalation

Intra : intratracheal instillation

MS : multistage model

OH : one-hit model

RR : relative risk model

95% UCL : 95% upper confidence limits

Best : best estimates(No upper or lower approach)

1) The values estimated from epidemiologic studies of lung cancer in workers exposed to complex BaP-containing atmosphere.

2) Based on benzo(a)pyrene of 1ng/m³ in air as a component of benzene-soluble coke-oven emissions.

5. 결 론

대기중 BaP에 대한 위해성 평가를 실시한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 서울시 일부지역에서 BaP의 대기중 농도는 1.33~4.64ng/m³로서 평생동안의 일일 노출량은 6.97~24.30ng/m²/day로 산출되었다.

2. 저용량에서 위해도를 예측하기 위해 체표면적을 근거로 한 용량전환 및 수학적 모델을 적용한 결과, 실험 용량 부위에서는 대체적으로 내성분포모델(Probit, Logit, Weibull)이 관찰된 반응확률과 잘 일치하였으나 저용량에서는 예측이 불가능하였다. 따라서 저용량 부위에서 보수적인 위해도를 나타내는 일점 모델 및 다단계 모델을 채택하여 단위 위해도 추계치 및 실제적인 안전 용량을 예측한 결과, 일점모델에서는 각각 2.8×10^{-7} , 3.4ng/m³으로, 다단계 모델에서는 각각 5.2×10^{-7} , 1.9ng/m³으로서 다단계 모델이 더 보수적인(conservative) 위해도 추계치를 제공하였다.

3. 일점 및 다단계 모델에서 얻어진 단위 위해도 추계치를 서울시 일부지역의 BaP 오염도 자료에 적용한 결과, 대기중 BaP에 기인한 초과 발암 확률은 약 100만 명당 1명 수준으로 나타났다.

궁극적으로 서울시 일부지역의 현 오염도 수준에서는 BaP의 단독물질에 대한 위해도는 사실상 안전하다고 간주할 수 있다. 그러나 직접적인 비교는 어려우나 BaP를 포함한 복합물질에 대한 복합적인 영향을 고려한 WHO의 단위 위해도 추계치를 적용하였을 때는 십만 명당 10명에서 40명 수준으로 아주 심각함을 알 수 있었다.

따라서 대기중에는 BaP을 포함한 복합물질이 동시에 존재할 수 있으므로 이들에 대한 복합적인 영향에 대한 위해성 평가가 차후의 연구과제로 제시될 수 있다. 또한 환경기준 설정의 근거로서 위해성 평가의 방법론을 적용하여 BaP를 비롯한 미량유기오염물질에 대한 관리대책이 수립되어야 하겠다.

참 고 문 헌

손동현 외 4인 (1990) 대기부유분진중 미량 유해 물질들의 통계적오염해석. 한국대기보전학회지, 6(2), 155~160.
 신동천 (1989) 도시대기중 유기오염물질 농도와 돌연변이 원성에 대한 연구, 연세대학교 대

학원 박사학위 논문.

Albert, R. E. et al. (1978) Temporal aspects of tumorigenic response to individual and mixed carcinogens. Institute of Environ Med, New York.
 Chung, Y. et al.(1990) Vergleichende schwebstaubmessungen zwischen Seoul(Korea) und Berlin(West) physikalische. chemische and biologische. analyse., 41, 85~94.
 David, F. S. et al. (1974) Urban aerosol toxicity : the influence of particle size. Science, 186, 695~699.
 Davidson, I. W. F. et al. (1986) Biological Basis for extrapolation across mammalian species. Regul. Toxicol. Pharmacol., 6, 211~237.
 Demaio, L., M. Corn (1966) Polynuclear aromatic hydrocarbons associated with particulates in Pittsborough air. JAPCA, 16, 67~71.
 Feron, V. J. et al. (1973) Dose-response correlation for the induction of respiratory-tract tumors in syrian golden hamsters by intratracheal installation of benzo(a) pyrene, Europ. J. cancer., 9, 387~390.
 Kertesz-Saringer, M. (1971) On the size distribution of benzo(a) pyrene containing particles in urban air. Atmos Environ, 5, 429~431.
 Kobayash, N. (1977) Production of respiratory tract tumors in hamsters by beuzo(a) pyrene. Gann, 66, 311~315.
 Mignel, A. H., S. K. Friedlander (1978) Distribution of benzo(a) pyrene and coronene with respect to particle size in Pasadena aerosols in the submicron range. Atmos Environ, 12, 2407-2413.
 Munro, I. C., D. R. Krewski (1981) Risk assessment and regulatory decision-making. Food. Cosmet. Toxicol., 19, 549-560.
 NagaO, M. T. Sugimura (1978) polycyclic Hydrocarbons and Cancer, New York. Academic Press.
 Paul, J. L.(1987) In-depth exposure assessment. JAPCA, 37, 7, 791~795.
 Ruckelshaus, W. D. (1984) Science, Risk and Public policy. Science, 221, 1026-1031.
 Van, Vaeck L. et al. (1980) On the relevance of air

pollution measurements of aliphatic and polyaromatic hydrocarbons in ambient particulates matter. Biomed. Mass. Spectrom., 7, 473~483.

Vocci. F., T. Farber (1988) Extrapolation of ani-

mal toxicity data to man. Regul toxicol phamacol, 8, 389~398.

WHO (1987) Air quality guidences for Europe, WHO Regional Publications, European Series No 23.