

# 작업장 공기 중 파라티온과 작업자 소변 중 p-니트로페놀의 시료채취 및 분석

한돈희

인제대학교 보건안전공학과

## Sampling and Analysis of Parathion in the Air and Urinary p-Nitrophenol for Parathion Manufacturing Workers

Don-Hee Han

Department of Occupational Health and Safety Engineering, Inje University

Although parathion is an organophosphate pesticide being legally applied for the purpose of agriculture and is being manufactured, parathion in the air and urinary p-nitrophenol, a metabolite of parathion, were not analysed in Korea. Air of the parathion manufacturing workplace was sampled by OVS-2 tubes using NIOSH 5600 and spot urine of workers was sampled at the end of shift. Parathion and urinary p-nitrophenol were analysed by GC/MS (5973 MSD connected with Agilent

6890 GC) and the protocol was included in this study. It was found that this protocol should be so sensitive that determining parathion in the air and urinary p-nitrophenol below level of ACGIH TLV and BEI be adequate. Another finding was that total sampling volume of air of NIOSH 5600 of 240 L should be adjusted to be less than 120 L due to breakthrough.

**Key Words** : parathion, urinary p-nitrophenol, GC/MS

## I. 서론

파라티온(parathion)은 대표적인 유기인계 농약으로서 몇몇 나라에서는 환경호르몬 문제로 사용이 금지되고 있으나 사과 잎말이 나방, 벼 벼잎벌레, 이화명충 나방, 마늘·양파 고자리파리, 땅콩 굼벡이(큰검정풍뎅이 유충) 등에 특효가 있기 때문에 국내에서는 여전히 사용되고 있다(한미합자 제일화학(주), 1993). 농약의 형태는 유제와 입제의 형태로 만들어지고 있다. 단시간 흡입시 최루, 구역, 구토, 설사, 위통 등의 증상이 있고 심하면 혼수 및 사망에 이른다(ACGIH, 2006;

NIOSH, 1976). 아직까지 발암성은 없는 것으로 알려져 있다. 파라티온은 환경보건적인 문제를 많이 안고 있기 때문에 우리나라의 먹는 물 분야의 평가항목으로 삽입되어 있다(환경부, 2002).

국내에서 파라티온은 그 잔류효과 때문에 환경생태 및 환경독성학적 연구(안용준 외, 1996; 김세경 외, 2004)와 임상적인 연구(최장하 외, 1976; 구본홍 외, 1976)로 크게 두 개 영역으로 나뉘어져 연구가 진행되어져 왔다. 따라서 시료의 채취와 분석은 주로 먹는 물과 농수산물을 대상으로 하고 있으며 지금도 이들 대상물과 관련된 분석은 각 시도 국립보건환경

본 연구는 2005년도 노동부의 화학물질 노출기준 제·개정연구과제에 대한 재정지원으로 연구되었음.

접수일 : 2007년 10월 10일, 채택일 : 2007년 12월 14일

✉ 교신저자 : 한돈희 (경남 김해시 어방동 인제대학교 보건안전공학과, Tel: 055-320-3285, E-mail: dhan@inje.ac.kr)

연구원에서 일상적으로 이루어지고 있다. 그러나 실제 제조업장에 근무하는 작업자들의 노출정도를 파악하기 위한 공기 중 파라티온과 생물학적인 모니터링을 위한 소변 중 p-니트로페놀(p-nitrophenol)에 대한 연구는 전무한 실정이다.

NIOSH 5600방법에 의한 공기 중 파라티온의 분석은 GC에 FPD 검출기를 부착하여 검출하도록 되어 있다(NIOSH, 2005). OSHA 62(2007)에 의하면 공기 중 파라티온은 XAD-2 흡착제를 충전하여 특별히 제작한 OVS-2 튜브를 이용하여 공기를 포집하고 분석은 FPD(flame photometric detector) 검출기를 부착한 GC를 이용하도록 하였다. 이 방법은 Burrigh(1986)가 개발한 것으로 검증을 받아 OSHA에서 채택한 것이다. 소변 중 p-니트로페놀의 분석은 과거에는 HPLC로 분석되었는데(Yamauchi 등, 1976) 최근에는 GC/MS를 이용하여 분석이 이루어지고 있다(Qiao 등, 2000; Hryhorczuk 등, 2002). 또 HPLC에 선택성을 높이기 위하여 tandem GC/MS를 사용하기도 한다(Hill 등, 1995; Barr 등, 2002).

현재 국내에서는 공기 중 파라티온에 대한 시료채취 및 분석에 대한 연구가 없고 또 작업자에 대한 생물학적 감시의 생물표식자(biomarker)인 p-니트로페놀에 대한 연구가 전혀 없었다. 본 연구에서는 국내에서는 아직까지 연구가 이루어지지 않은 공기 중 파라티온과 파라티온 제조 작업자의 소변 중 p-니트로페놀에 대한 시료채취 및 분석방법에 대해 연구하고 그 결과를 보고하는 바이다.

## II. 시료채취 및 분석

### 1. 공기 중 파라티온의 시료채취

파라티온을 생산하는 포장라인의 공기에 대해 시료를 채취하였다. 시료의 채취는 NIOSH 5600 방법에 따랐다(NIOSH, 2005). NIOSH에서는 유량의 속도를 0.2-1 L/min로 소변구하고 있다. 유량은 최소 18 L, 최대 240 L로 하도록 되어 있다. 그래서 입체라인은 0.3 L/min으로 약 400분 채취하여 유량을 약 120 L로 유지했으며 유체라인은 유속 0.2 L/min으로 약 360분 채취하여 유량을 약 72 L로 유지하였다. 나머지 개인시료 포집은 한국산업안전공단의 『작업환경측정·분석방법 지침』을 따랐다(한국산업안전공단, 2004). 샘플링 튜브로는 filter/solid sorbent tube (OVS-2 튜브: 13 mm quartz filter; XAD-2, 270 mg/140 mg)을 이용하였다. 시료채취가 끝난 튜브는 양끝은 캡으로 씌운 후 섭씨 약 4°C 이하에서 냉장 보관하였으며 분석은 채취일로부터 대략 10일 이내에 실시하였다.

### 2. 소변에 대한 시료 채취

소변 중 p-nitrophenol을 측정하기 위해서는 작업이 끝난 시간에 채뇨를 해야 함으로(ACGIH, 2005) 하루 8시간의 작업이 끝난 후 소변에 대한 시료채취를 실시하였다. 채취한 소변은 온도 4°C 이하로 유지한 상태에서 곧바로 운반되었으며 채뇨 후 적어도 p-니트로페놀은 10일 이내에 분석이 이루어졌다.

### 3. 파라티온의 분석

#### 1) 기기 및 장치

Agilent 6890 Gas Chromatography (GC)에 direct interface로 연결된 5973 MSD를 사용하였다. 모든 시료는 HP 7673A autosampler를 사용하여 GC에 주입하였으며 data system으로는 HP GG1701AA MSD Chemstation을 이용하였다.

#### 2) 표준액의 조제

파라티온 표준물질과 내부표준물질 (pyren-d10) 약 10 mg을 정확히 무게를 달아 (메탄올+물, 1/1, v/v) 10 mL에 녹여 1000 µg/mL이 되도록 조제하였으며, 경우에 따라 메탄올로 적절히 희석하여 혼합표준액을 만들어 사용하였다. 실험과정에서 사용한 모든 표준 원액 및 표준액과 혼합액은 밀봉하여 2°C의 암소에서 보관하여 사용하였다.

#### 3) 분석기기의 조건

이온화에 사용한 전자에너지는 70 eV이었고 electron multiplier는 autotune 값보다 200 V 더 증가시켜 사용하였으며 dwell time은 100 msec로 조절하고 전처리된 시료들을 분석하기 위하여 질량 스펙트럼상의 특성 이온 (characteristic ion)만을 선택하여 분석하는 selected ion-monitoring (SIM) 방법을 이용하였다. GC/MS의 분석 조건들은 Table 1과 같다.

#### 4) 시료의 추출

NIOSH 5600방법에 따라 수행하였다(NIOSH, 2005). 흡착튜브의 앞 층과 뒤 층의 XAD-2를 각각 다른 4 mL 바이알에 넣었다. 5 mL 시린지나 2 mL 피펫을 이용하여 각 바이알에 2 mL의 탈착액을 넣고 즉시 마개를 하였다. 가끔 흔들면서 30분간 방치한 후 초음파 세척기에 30분 동안 바이알을 대략 15 mm에 담가 놓았다. 각 4 mL 바이알에서 1-1.5 mL를 2 mL GC용 바이알로 옮기고 마개로 막아 두었다.

#### 5) 표준검정 곡선 작성 및 농도계산

검정 범위는 시료 내에 존재하는 대상 물질들의 농도에 따라 결정하여 농도가 0~100 ng/mL이 되도록 표준용액을 첨가하고 ISTD는 10 ng/mL의 농도로 첨가하여 추출 과정을 거친 뒤 농축 및 건조 후 methanol 100  $\mu$ L로 용해 GC-MS로 분석하여 검정곡선을 작성하였다. 처리에서 얻은 시험용액 1~2  $\mu$ L를 가스크로마토그래피에 주입하여 각 시료 별 크로마토그램으로부터 각 물질에 해당되는 피크의 면적을 측정 한 후 감응 인자로부터 다음의 식을 사용하여 농도를 계산하였다.

$$\text{농도}(\mu\text{g}) = \frac{[A(s)][C(is)]}{[A(is)][RF]}$$

여기에서: A(s) = 물질의 특성 이온 면적  
 A(is) = 내부표준물질의 특성이온 면적  
 C(is) = 내부표준물질의 농도,  $\mu\text{g/L}$

#### 4. P-니트로페놀의 분석

- 1) 기기 및 장치  
 공기 중 파라티온 분석과 동일한 장치를 사용하였다.
- 2) 표준액의 조제  
 표준물질만 다르고 내부표준물질을 비롯한 나머지 방법은 파라티온과 동일한 방법을 취하였다.
- 3) 분석기기의 조건  
 분석기기 조작 방법은 파라티온과 동일하며 GC/MS의 자세한 분석 조건들은 Table 2와 같다.
- 4) 시료의 추출  
 뇨 시료 약 3 mL를 정확히 15 mL 시험관으로 옮긴 후 KOH 용액으로 pH 12로 조절한다. Ethylether 5mL를 가한 후 약 10

Table 1. Analytical conditions of GC-MS for parathion

Parameter	Conditions		
Column	HP-5MS(Cross-linked 5%phenylmethylsilicon) 20m $\times$ 0.2mm I.D. $\times$ 0.25 $\mu$ m FT		
Carrier	He at 1.0 mL/min		
Oven Temp	20 $^{\circ}$ C/min post run 140 $^{\circ}$ C (1 min) $\rightarrow$ 260 $^{\circ}$ C 300 $^{\circ}$ C (5 min)		
Injector type	split mode (1:10)		
Injector Temp	280 $^{\circ}$ C		
Transfer line	280 $^{\circ}$ C		
Selected Ion	Group	Start time(min)	Selected Ions, m/z
Group	1	3.0	97, 109, 139, 188, 291

Table 2. Analytical conditions of GC-MS for p-Nitrophenol

Parameter	Conditions		
Column	HP-5MS(Cross-linked 5%phenylmethylsilicon), 20m $\times$ 0.2mm I.D. $\times$ 0.25 $\mu$ m FT		
Carrier	He at 1.0 mL/min		
Oven Temp	20 $^{\circ}$ C/min post run 130 $^{\circ}$ C (1 min) $\rightarrow$ 250 $^{\circ}$ C 300 $^{\circ}$ C (5 min)		
Injector type	split mode (1:10)		
Injector Temp	280 $^{\circ}$ C		
Transfer line	280 $^{\circ}$ C		
Selected Ion	Group	Start time(min)	Selected Ions, m/z
Group	1	2.5	65, 109, 139, 188

분간 진탕 후 원심분리 시킨 후 유기층을 버린다. 시료 용액을 HCl로 중화시킨 후 K2HPO4 약 100mg을 넣고 흔들어 주어 pH를 약 5.0으로 조절한다. Ethylether 5mL를 가한 후 약 10분간 진탕 후 원심분리 시킨 후 유기층을 옮기는 과정을 두 번 반복한 후 질소로 농축시킨다.

5) 표준검정 곡선 작성 및 농도 계산

파라티온과 동일한 방식으로 표준검정 곡선을 작성하고 농도를 계산하였다.

1. 정도관리

1) 공기 중 파라티온 검량선 작성

파라티온의 검정 범위는 표준용액 0~10 µg/mL, ISTD는 0.1 µg/mL이 되도록 첨가하였다. 추출 과정을 거친 뒤 GC-MS로 분석하여 검정곡선을 작성하였다. 그 결과 Figure 1과 같이 파라티온이  $y=0.4321x-0.0496$  ( $r^2=0.9991$ )의 좋은 직선성을 보였다.

2) 소변 중 p-니트로페놀 검량선 작성

p-니트로페놀은 시료 내에 0~100 µg/mL이 되도록 표준용액을 첨가하고 ISTD은 10 µg/mL이 되도록 첨가하였다. 추출 과정을 거친 뒤 GC-MS로 분석하여 검정곡선을 작성하였다

III. 결과 및 고찰

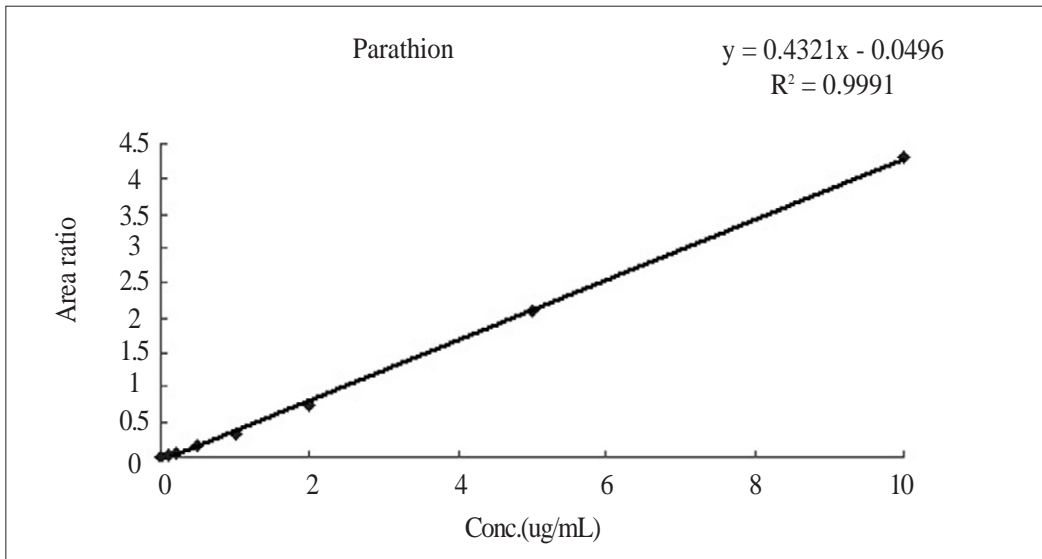


Figure 1. Standard curve of parathion

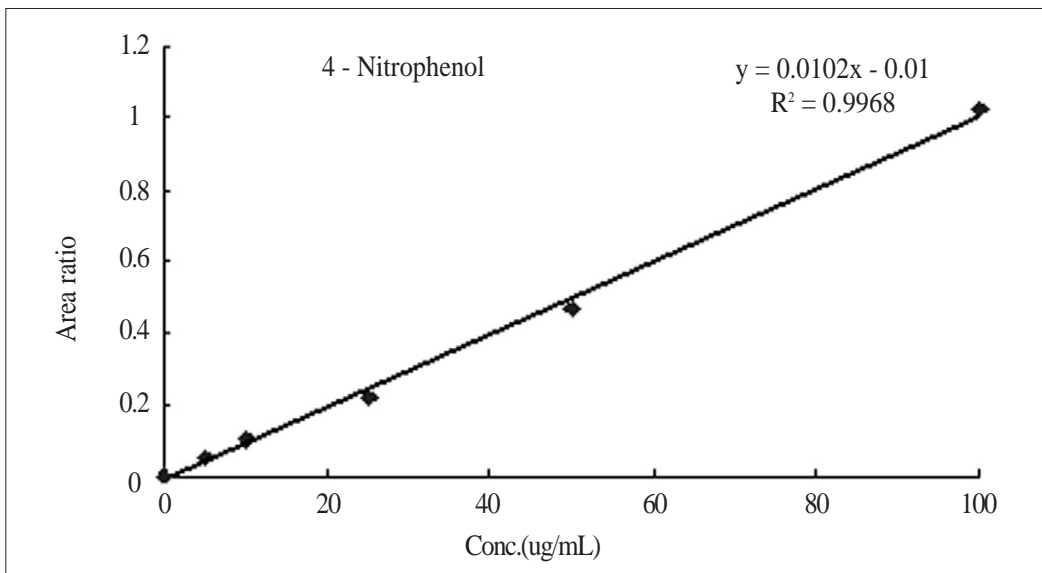
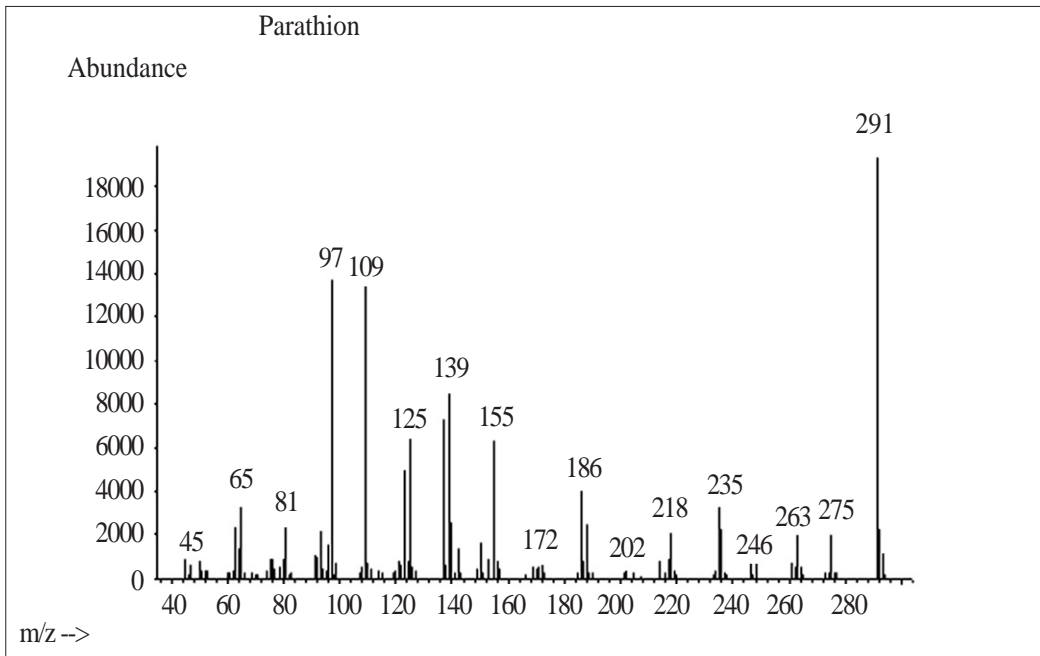


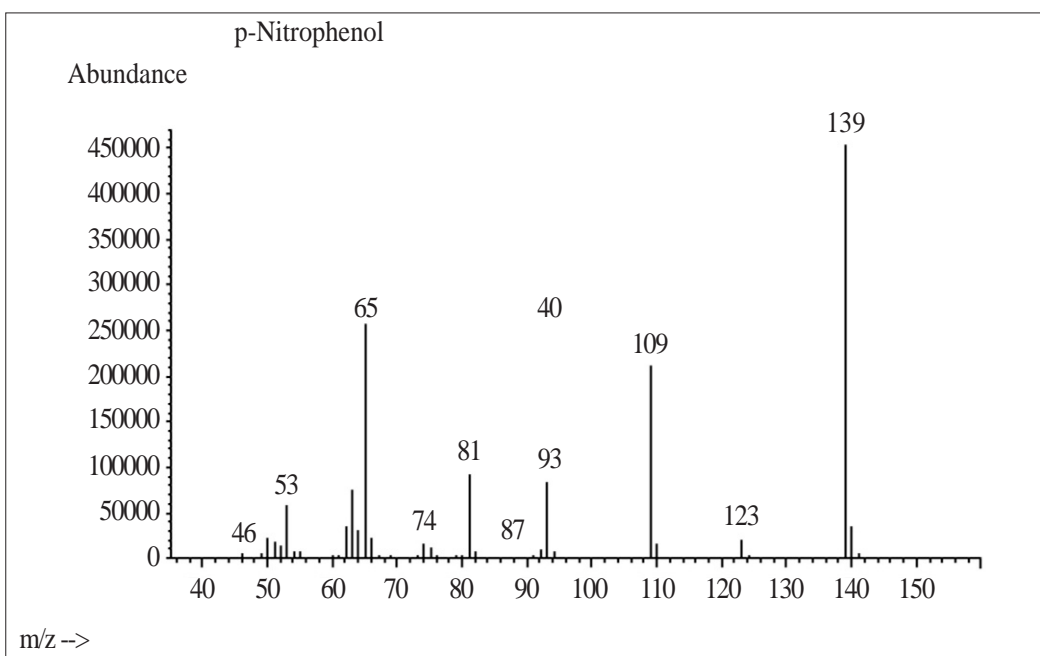
Figure 2. Standard curve of p-nitrophenol

**Table 3. Precision and validity using urinary p-nitrophenol (n=5)**

Material	Challenge volume ( $\mu\text{g/mL}$ )	Mean of detection volume ( $\mu\text{g/mL}$ )	Standard deviation (SD) (Coefficient of Variation (CV), %)
p-Nitrophenol	10.0	10.8	0.8 (7.8)



**Figure 3. Mass spectrum of parathion**



**Figure 4. Mass spectrum of p-nitrophenol**

(Figure 2 참조). p-니트로페놀은  $y=0.0102x-0.01$  ( $r^2=0.9968$ )의 좋은 직선성을 보였다.

3) 정밀 · 정확도

실험실에서 동일 농도를 5개의 뇨에 첨가하여 앞에서 설명한 방법대로 전처리하여 분석한 결과는 Table 3과 같다. 정밀도는 약 10%이었고 정확도는 2%로서 실험실 내에서 허용하는 정밀 · 정확도 값 20% 이내의 값을 보여 좋은 숙련도를 검증할 수 있었다.

2. Mass Spectrum 및 정성 조사

시료 중에서 검출된 파라티온과 p-니트로페놀의 확인은 mass spectrum을 사용하였다. 이때 Figure 3, 4와 같이 파라티온과 p-니트로페놀 표준품의 mass spectrum과 대조하여 일치되었음을 확인함으로써 정성 분석을 수행하였다.

3. 표준물질 및 공시료에 대한 분석

1) 파라티온

파라티온의 표준물질과 공시료에 대한 GC/MS의 그로마토그래프는 Figure 5와 같다.

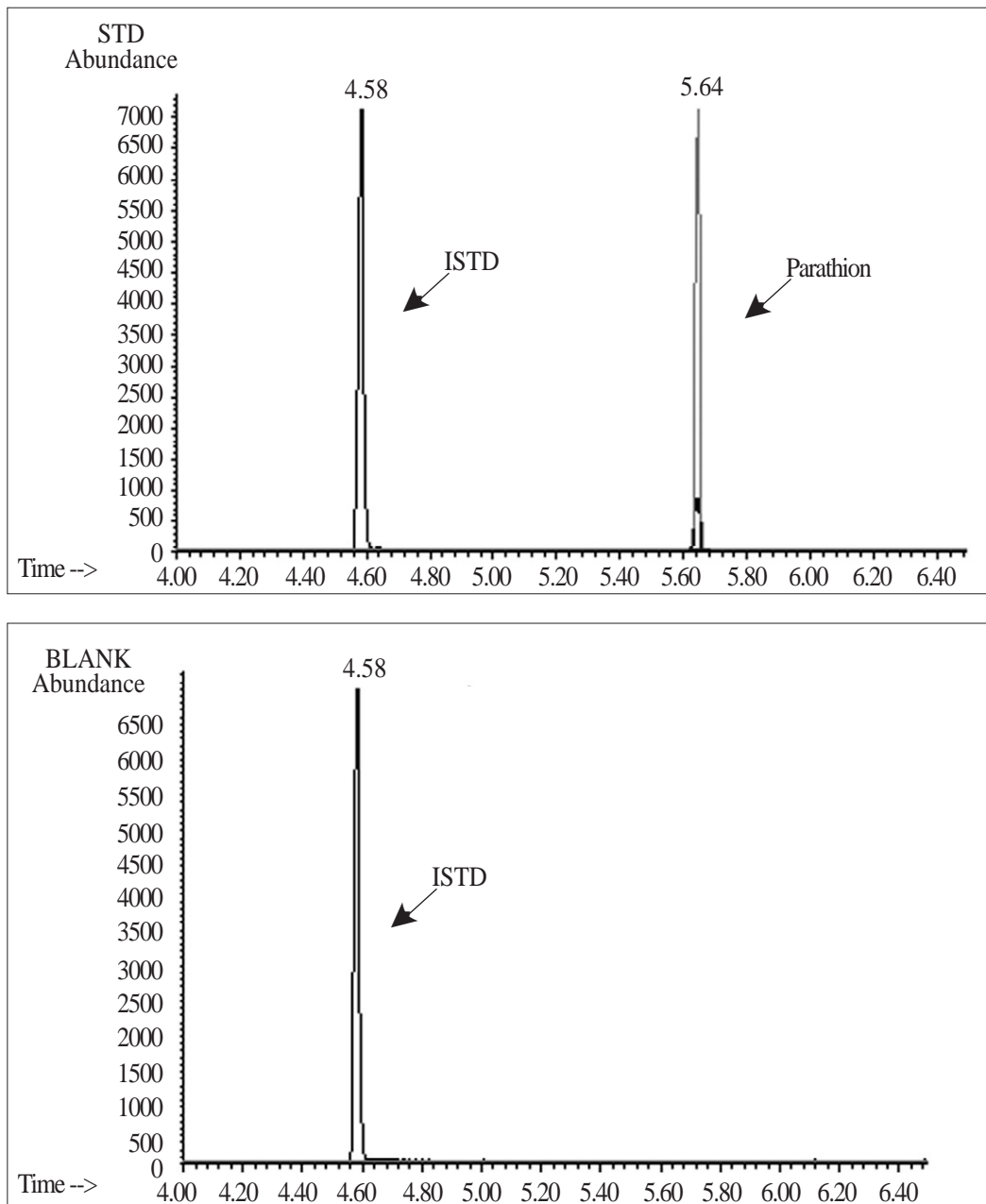


Figure 5. Chromatogram of standard and blank of parathion

2) p-니트로페놀

p-니트로페놀의 표준물질과 공시료에 대한 GCMS의 크로마토그램은 Figure 6과 같다.

4. 시료에 대한 분석

1) 공기 중 파라티온

Figure 7은 파라티온에 대한 공기 중 시료 중 샘플을 분석

한 것이다. Figure 5의 파라티온 표준물질 크로마토그램의 파라티온 검출 위치에 미량의 파라티온이 검출되었음을 관찰할 수 있었다. Sample 1의 크로마토그램 상 파라티온 농도는 0.288  $\mu\text{g}$ 이었다. 공기 중의 농도로 계산한 결과 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었다. NIOSH의 FPD 부착 GC방법(NIOSH, 1994)에 의한 검출한계(LOD)를 공기 중 파라티온의 농도로 계산한 추정 검출한계(estimated LOD)는 0.4  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타난 반면 검량선 방정식의 표준오차를 이용하여(백남원 등, 1997) 구한 금번의 추정 검출한계는 0.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 나타났다. 따라

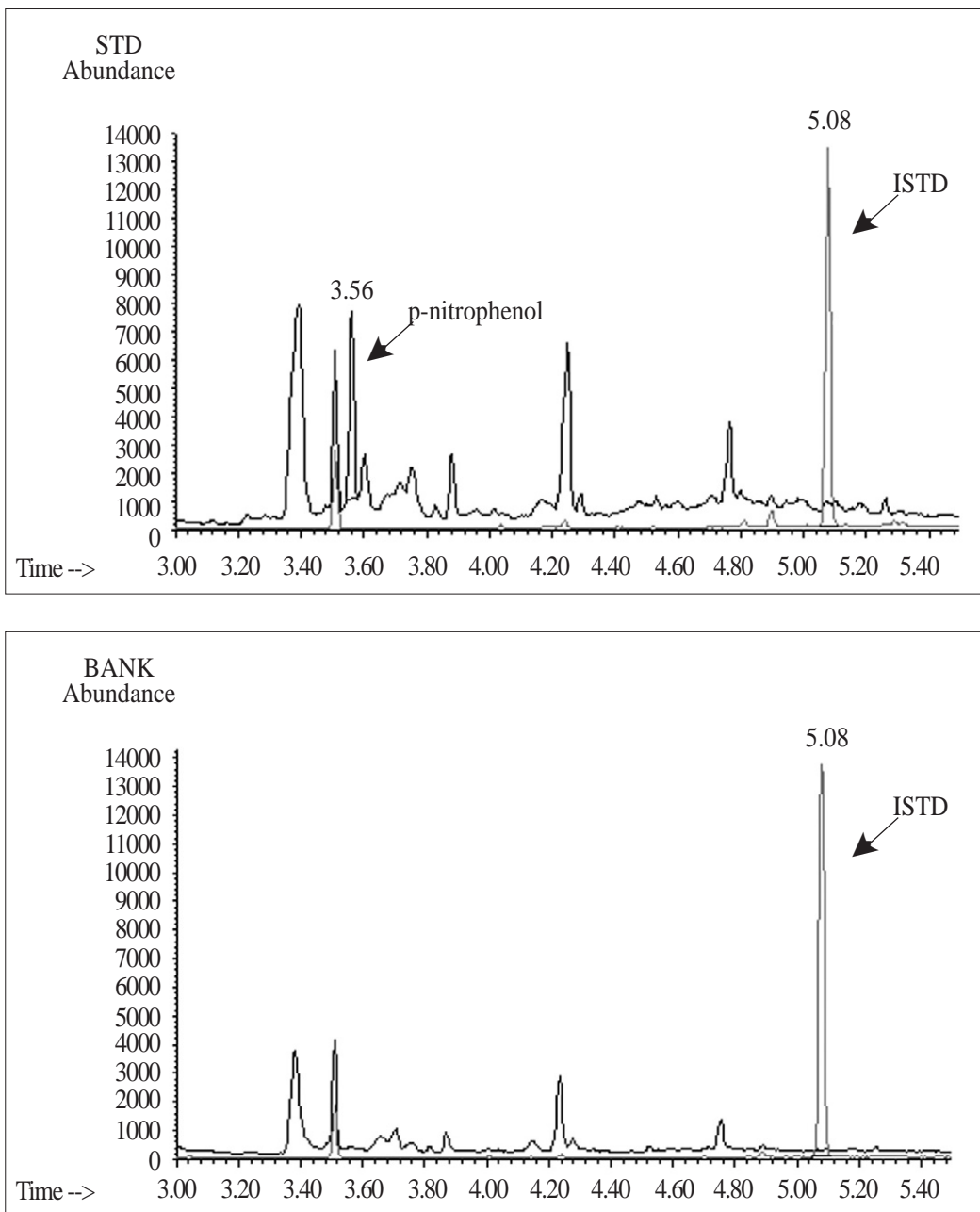


Figure 6. Chromatogram of standard and blank of p-nitrophenol



서 한국의 파라티온에 대한 공기 중 노출기준 0.05 mg/m<sup>3</sup>에(노동부, 2007) 비교해 볼 때 GC/MS로 분석한 공기 중 파라티온의 농도는 0.1 µg/m<sup>3</sup>까지 분석이 가능하므로 매우 민감한 방법이라고 할 수 있다. FPD를 부착한 GC 방법은 표준물질이 없는 경우 정성방법이 어려워 정확하게 분석하고자 하는 물질이 어떤 물질인지 알기 어려우나 GC/MS는 소수 4째 자리까지 분자량을 계산하여 정성적인 방법이 가능하고 정량적인 방법에서는 더 민감하다.

2) 소변 중 p-니트로페놀의 농도

Figure 8은 소변 중 p-니트로페놀에 대한 시료 중 Sample 1을 분석한 것이다. Figure 6의 p-니트로페놀의 표준물질 크로마토그램의 p-니트로페놀의 검출 위치에 미량의 p-니트로페놀이 검출되었음을 관찰할 수 있었다. Sample 1의 p-니트로페놀의 농도는 0.099 mg/L이었다. Barr 등(2002)에 의한 HPLC-MS/MS 방법에서는 LOD가 25 µg/L로 밝혀졌다. Hill 등(1995)의 동위원소를 이용하여 HPLC-MS/MS로 분석한 방법에서는 LOD가 소변 10 mL에서 1 µg/L까지 가능하기 때문에 매우 민감한 방법이라고 하였다. 금번 연구의 경우 검량선 방정식의 표준오차를 이용하여(백남원 등, 1997) 구한

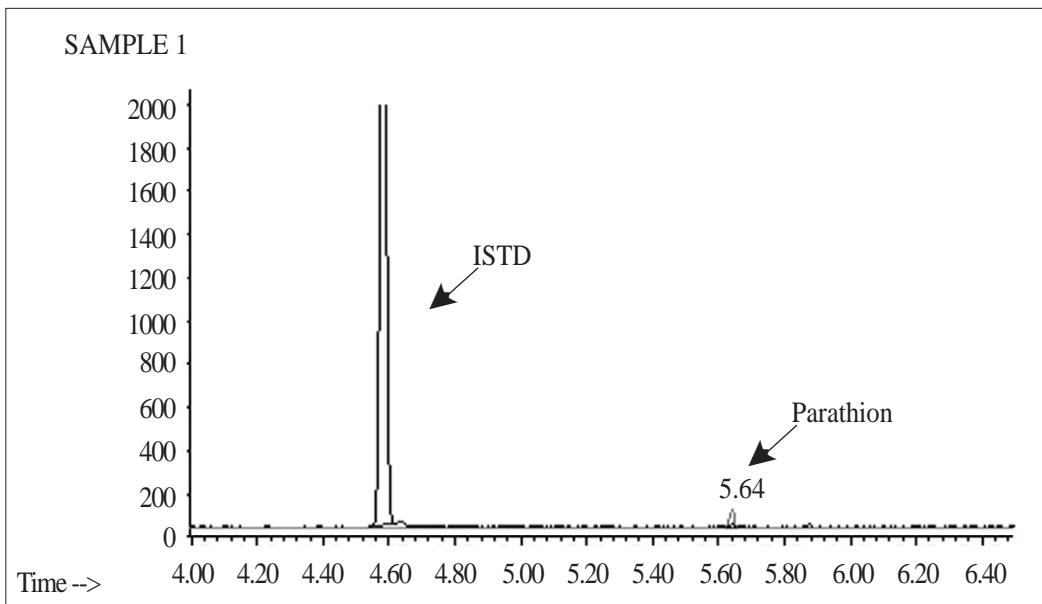


Figure 7. Example of chromatogram of sample1 of parathion in the air

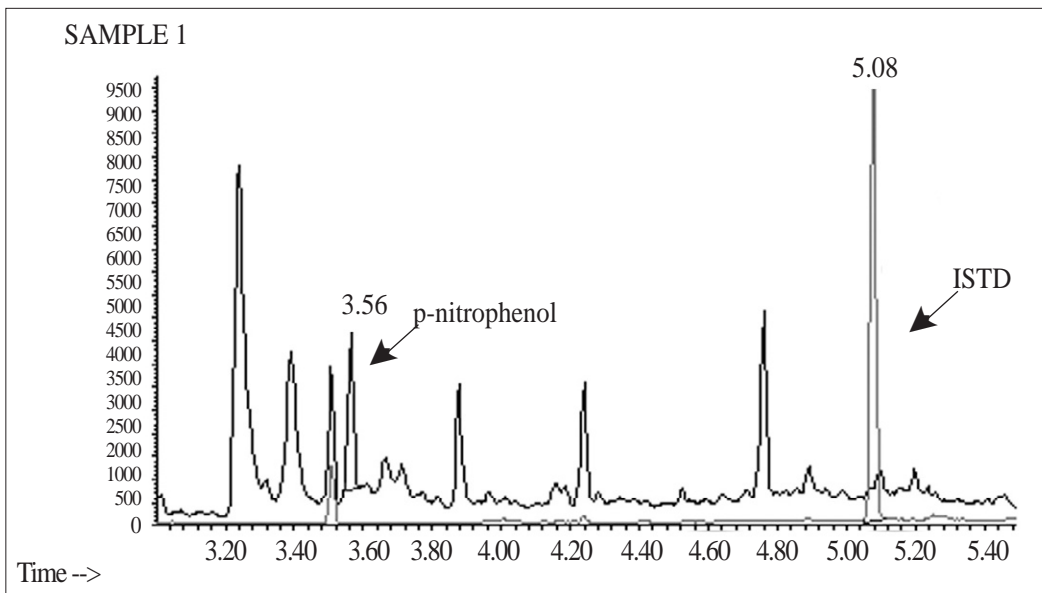


Figure 8. Example of chromatogram of sample1 of urinary p-nitrophenol



추정 검출한계는 1 µg/L로 나타나 Hill 등(1995)의 연구와 동일한 수준이었다. 소변 중 크레아티닌(creatinine)을 분석하여 크레아티닌 1 g 당 p-파라니트로페놀은 0.12 mg/g creatinine으로 검출되었다. ACGIH의 BEI는 0.5 mg/g creatinine이다 (ACGIH, 2006). 따라서 GC/MS로 분석한 소변 크레아티닌 당 p-니트로페놀의 농도는 ACGIH의 BEI 보다 낮은 농도까지 분석이 가능하였다.

## 5. 공기 중 파라티온 시료채취

총 분진시료채취에 개방필터카세트(open-face filter cassettes)는 큰 입자가 바람의 속도와 방향에 민감하기 때문에 수 µm보다 큰 입자를 모니터링하기에는 부적합하다고 하였다. 그래서 흡입성 입자상 물질(Inhalation Particulate Mass: IPM)의 시료채취는 궁극적으로 개방필터홀더(open-face filter holder)를 이용한 현재의 총 분진시료채취방법을 이용하는 것이 바람직하다고 하였다(ACGIH, 2001). 그러므로 이 같은 이유에서 입자상과 증기로 발생하는 유기인계농약의 시료채취방법은 유기인계농약 시료채취를 위해 특별히 주문 제작된 OVS-2 튜브 방법이 현재로는 최적의 방법이라고 할 수 있다.

NIOSH 5600(2005)에서는 유기인계농약의 공기 중 시료채취를 다음과 같이 권고하고 있다.

- 시료채취 유속: 0.2-1 L/min
- 채취부피(유량): 최소: 18 L  
최대: 240 L; 60 L(말라티온, 로벨)

그래서 입제라인에서는 시료채취 유속을 0.3 L/min로 약 400분(6시간 40분)을 채취하여 채취유량을 최고 권고치의 반인 약 120 L로 맞추었다. 그러나 분석 결과 샘플 12개 중 2개에서 흡착관의 뒤쪽 부분에 10%가 넘는 파과(breakthrough)가 일어났다. 이점을 감안하여 유제라인 부터는 유속을 0.2 L/min, 채취시간 약 360분으로 하여 유량을 약 72 L로 낮추었다. 그 결과 뒤쪽 부분에 파라티온이 검출된 시료는 18개 중 오직 하나에 불과하였으며 이것도 10%가 넘는 파과는 일어나지 않았다.

NIOSH의 측정법에 따르면 말라티온과 로벨을 제외한 유기인계농약을 채취할 때는 유량을 최소 18 L, 최대 240 L로 하도록 권고하고 있다. 그러나 금번 연구에서 최대 유량의 반인 유량 120 L에서도 파과가 많이 일어났고 72 L에서 비로소 파과가 일어나지 않았다. 따라서 앞으로 파라티온의 시료채취 시 이점을 고려하여 최대 유량을 72 L이하로 유지할 것을 권고한다.

## IV. 결론

파라티온은 음용수의 수질항목으로 지정되어 있기 때문에 각 시·도의 보건환경연구원에서는 음용수 및 농산물에 대한 잔류 파라티온 농도분석이 일상적으로 많이 이루어지고 있으나 공기 중 파라티온에 대한 분석은 국내에서는 전무한 상태이다. 또한 파라티온의 대사물질인 소변 중 p-니트로페놀의 경우도 국내에서 발표된 예가 없다.

본 연구에서는 이 점을 감안하여 공기 중 파라티온과 소변 중 p-니트로페놀을 시료채취단계에서부터 GC/MS를 이용하여 분석단계까지 연구한 결과 둘 다 국내 노출기준과 미국 ACGIH의 BEI에 비교 가능한 미량까지 분석이 가능한 것으로 밝혀졌다.

공기 중 파라티온의 시료채취방법에서는 NIOSH 5600에서 원하는 총 유량 240 L의 반인 120 L에서도 파과현상이 일어났으며 72 L에서 파과현상이 일어나지 않아 공기 중 시료를 채취할 때에는 이점을 고려해야 할 것이다.

## V. 감사의 글

본 연구에 분석을 담당해 주신 공주대학교의 신호상 교수 연구팀에게 심심한 감사를 드립니다.

## REFERENCES

- 구본홍, 송재수, 안창근, 주수자, 기정옥. 혈청 Cholinesterase 정상치와 Parathion 중독시 변화에 관한 고찰. 한국마취과학회지 1976;9(2):119-123
- 김세경, 최종규, 오세희, 강호정, 조경덕. Marsh와 Pond 형태의 인공 습지를 이용한 Parathion 농약의 처리에 관한 연구. 한국환경보건학회지 2004;30(3):214-220
- 노동부. 화학물질 및 물리적인자의 노출기준(개정 2007. 6. 8(노동부고시 제2007-25호)), 2007
- 백남원, 박동욱, 윤충식. 작업환경 측정 및 평가. 신광출판사; 1997 (49-50쪽)
- 안용준, 박정규, Toshio Shono. 페트로치온 도태 Yumenoshima 저항성 집파리에 있어서의 파라티온 저항성 메카니즘. 한국응용공중학회지 1996;35(3):254-259
- 최장하, 이상영, 정규섭. parathion 중독환자 치료의 임상적 고찰. 한국마취과학회지 1976;9(1):101-104
- 한국산업안전공단. 작업환경측정·분석방법 지침[KOSHA CODE A-1-2004]; 2004

- 한미합자 제일화학(주). '93년도 Parathion의 농약안전성 중 합평가 위해성 제출 자료; 1993.(4-7쪽)
- 환경부. 먹는 물 수질기준 및 검사 등에 관한규칙(2002. 6. 21 환경부령제122호); 2002
- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants, 9th ed. Cincinnati, OH; 2001.p121-122
- ACGIH. Documentation of Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, CD-ROM, Cincinnati, OH; 2005
- Barr DB, Turner WE, DiPietro E, McClure PC, Baker SE et al. Measurement of p-nitrophenol in the urine of residents whose homes were contaminated with methyl parathion. Environmental Health Perspective 2002;110(6):1085-1091
- Burright D. Method #62, "Clorpyrifos, DDVP, Diazinon, Malathion, and Parathion", OSHA Analytical Laboratory, unpublished; 1986.
- Hill RH, Shealy DB, Head SL, Williams CC, Bailey SL, Gregg M, et al. Determination of pesticide metabolites in human urine using isotope dilution technique and tandem mass spectrometry. J Anal Toxicol 1995;19:323-329
- Hill RH, Head Jr S, Barr DB, Rubin C, Esteban E, Baker SE, Bailey S, Needham LL. Public Health Decisions: The laboratory's role in the Lorain County, Ohio, Investigation. Environmental Health Perspectives Supplements 2002;110(6):1057-1059
- Hryhorczuk DO, Moomey M, Burton A, Runkle K, Chen E et al. Urinary p-nitrophenol as a biomarker of household exposure to methyl parathion. Environmental Health Perspective 2002;110(6):1041-1046
- NIOSH. Criteria for a Recommended Standard, Occupational Exposure to Parathion, HEW Publication No. NIOSH 76-190; 1976
- NIOSH. NIOSH 5600, NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM). [cited 2005 August 1]; Available from: URL:<http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/5600.pdf>
- OSHA(Occupational Safety & Health Administration). Sampling & Analytical Methods. [cited 2007 December 10]; Available from: URL: <http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/organic/org062/org062.html>
- Qiao GL, Chang SK, Brooks JD, Riviere JE. Dermatotoxicokinetic modeling of p-nitrophenol and its conjugation metabolite in swine following topical and intravenous administration. Toxicological Sciences 2000;54:284-294
- Yamauchi Y, Megumi Ido, Merime Ohta, Hatsuo Maeda. High performance liquid chromatography with an electrochemical zvon-biological monitoring in exposure to cholinesterase inhibitors. Int. Arch. Occup. Environ. Health 1976;37-67