

우리나라에서 불법 유통되는 메스암페타민의 불순물 프로파일분석

유영찬 · 정희선* · 김은미 · 김선춘 · 김승환*

국립과학수사연구소, *인하대학교 통계학과

(Received August 10, 1998)

Impurity Profiling Analysis of Illicit Methamphetamine Seized in Korea

Young Chan Yoo, Hee Sun Chung*, Eun Mi Kim,
Sun Cheun Kim and Seung Whan Kim*

National Institute of Scientific Investigation, Seoul 158-097

*Department of Statistics, Inha University, Incheon 402-751

Abstract—Impurity profiling analysis of methamphetamine seized in Korea was investigated for the evidential and intelligent purpose. Samples were extracted with ethylacetate which contains internal standard of dioctylsebacate under basic condition and extracts were analyzed by GC-FID. Ephedrine, chloroephedrine & 1,2-dimethyl-3-phenylaziridine were identified impurities in illicit methamphetamine by GC-MS. These impurities revealed that most of abused methamphetamine in Korea were synthesized from ephedrine as a starting material. For the classification of samples, firstly, 24 impurity peaks were selected after inspection of every peak in 50 samples as the specific markers of impurities. Secondly, corresponding peak retention time and area ratio to the internal standard were calculated and database was created with values of 24 peaks by in-house program. Finally, cluster analysis was attempted with the resultant profiles using the STAR plot, which was based on the Euclidian distance for evaluating similarity among samples. A total of 76 samples were divided into 8 different groups within 90% statistical similarity and inter-batch samples showed similar impurity patterns by this procedure. In conclusion, the analysis of impurities is a suitable index for estimation the common or different origin of methamphetamine sample.

Keywords □ Methamphetamine, impurity profiling, gas chromatographic analysis, cluster analysis, STAR plot.

사회적으로 커다란 문제를 야기 시키는 남용약물에 대하여 그들이 불법으로 만들어지고 있는 제조원을 추적에 대한 가능성을 제시하기 때문에 법과학분야에서 관심이 증대되고 있다.

즉, 메스암페타민과 같은 불법약물중에서 불순물을 검출하는 것은 남용자에게 부가적으로 미칠 유해성을 파악하여 대처할 수 있을 뿐만 아니라, 불법제조와 관련된 합성방법과 여기에 사용된 화공약품, 원료, 장비 등

에 관한 정보를 제공할 수 있어 마약사범 수사에서 이들 불법약물의 판매유통을 모니터링할 수 있으며 특히, 불순물의 프로파일은 생산지의 추적이 가능하여 불법약물의 생산을 근절시킬 수 있게 된다.^{1,7)} 대부분의 불법약물은 정상적으로 제조되지 않고 주로 밀실에서 제조되기 때문에 합성과정의 불완전한 반응 조건이나 원료물질의 차이, 반응조건의 차이, 중간생성물질 등의 부적절한 정제 등에 의하여 최종산물에 불순물의 종류 또는 불순물의 양이 다르게 된다.¹⁻⁶⁾

불법약물인 메스암페타민의 경우에는 원료물질 및 반응조건 등에 따라 생성되는 미반응물, 반응부산물, 반응

* 본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로

(전화) 02-260-2320 (팩스) 02-600-2333

중간체 등을 함유하며 사용 시약 등에서 유래되는 불순물이 혼재하게 되므로 메스암페타민중 불순물의 연구는 주로 제조방법을 중심으로 이루어진다. Perkel 등⁸⁾은 메스암페타민은 pseudoephedrine을 환원시키는 방법, Leuckart 반응 및 phenyl-2-propanone와 환원아민화 반응에 의한 3가지의 제조 방법에 따라 주로 합성된다고 하였으며, Inoue 등⁹⁾은 유럽과 미국에서 통용되는 메스암페타민은 Leuckart반응에 의하여 제조되는 반면 일본에서는 ephedrine을 원료물질로하여 제조된다고 하였다. Barron 등¹¹⁾은 Leuckart반응에 의하여 합성된 메스암페타민에서 N-formylmethamphetamine과 2, N, α , α' -trimethyldiphenethyl amine 및 α -benzyl-N-methylphenethylamine을 불순물로서 확인하였고, Allen 등¹⁰⁾은 ephedrine에서 합성된 메스암페타민에서 chloroephedrine과 1,2-dimethyl-3-phenylaziridine을 불순물로서 확인한 바 있다.

한편, 우리나라에서 메스암페타민 불순물의 연구는 1985년 유 등¹¹⁾이 압수된 메스암페타민 시료에서 그의 함량과 불순물을 분석하여 우리나라에서 통용되고 있는 메스암페타민은 대부분이 ephedrine을 원료로 하는 Emde법에 의하여 제조되며, 여기서 유래되는 chloroephedrine을 불순물로서 확인하여 보고한 바 있고, 1996년에는 우리나라에서 압수된 10개의 메스암페타민 시료에 대하여 불순물로서 ephedrine, chloroephedrine, methamphetamine dimer 및 1,2-dimethyl-3-phenylaziridine을 확인하였으며, SAS에 의한 군집분석을 시도하여 다른 나라에서 제조된 메스암페타민과의 구별이 가능함을 보고하였다.¹²⁾

본 실험에서는 우리나라에서 남용되는 메스암페타민에 대한 특징을 군집화하기 위해 시료의 추출방법, 분석조건 등을 개선하였으며, 기존의 SAS에 의한 군집분석 방식으로는 본 메스암페타민중의 불순물의 군집화에 어려운 점이 많아 새로운 군집방법을 확립한 다음 우리나라에서 불법으로 유통되는 메스암페타민 분말 총 76개의 시료를 분석하여 군집화를 시도하여 다음과 같은 소정의 결과를 얻었다.

실험방법

시료 - 당 연구소에 의뢰되었던 압수 메스암페타민 분말 53개와 서울시로부터 분양받은 압수 메스암페타민 분말 23개(총 76개)의 시료를 분석시료로 하였다.

시약 - 0.1 M 인산완충액(pH 7), 10% 탄산수소나트륨용액과 내부표준물질 dioctylsebacate(동경화성) 0.005% 함유하고 있는 초산에칠을 추출용매로 사용하였으며, 기타 시약은 특급을 사용하였다.

추출방법 - 시료의 추출은 메스암페타민 분말 100 mg을 마개가 있는 pyrex 시험관에 취하여 0.1 M 인산완충액(pH 7) 2 ml를 가하고 1~2분간 초음파 진탕하여 녹인 후 여기에 10% 탄산나트륨용액 200 μ l를 가하여 알칼리성으로 하였다. 여기에 내부표준물질이 함유된 초산에칠 200 μ l를 넣고 마개를 하여 10분간 vortex한 후 3000 rpm에서 10분간 원심분리하여 상층의 유기용매를 반응바이알(Wheaton Micro Product V Vials)에 옮긴 것을 GC분석용 시료로 하였다.

기기 및 분석조건 - 가스크로마토그래프는 FID가 장착된 도남시스템의 DS-6200을 사용하였으며 칼럼은 DB-1(15 m \times 0.53 mm i.d. film thickness 1.5 μ m, J & W)을 이용하였고, 오븐온도는 100°C에서 1분간 머무르고 8°C/min로 300°C까지 올린후 10분간 머물렀다. 시료용액중 2 μ l를 GC에 주입하였으며 splitless mode로 30초간 purge시켰다.

GC-MS는 Finigan Mat GCQ를 사용하였고 칼럼은 DB-5(15 m \times 0.32 mm i.d.)를 사용하였으며 EI mode로 70 eV에서 이온화시켰다. 오븐온도는 80°C에서 1분간 머무르고 20°C/min로 270°C까지 올렸다.

불순물 프로파일 작성 및 군집분석

지표 물질 선별 - 불순물 프로파일을 작성하기 위하여 우선 50개의 시료를 분석하였다. 각 시료의 가스 크로마토그램을 비교하여 시료마다 공통적 또는 특징적으로 나타내는 24개의 피크를 선별하여 지표 물질로 정하였다.

군집분석을 위한 데이터화일 프로그램 작성 - 각각의 지표 물질 피크는 내부표준물질에 대한 상대머무름 시간(relative retention time)을 기준으로 하여 표준머무름 시간의 범위를 설정하고 그 범위에 들어가는 피크가 나타나면 인식할 수 있도록 프로그램을 작성하여 지표 물질 피크의 머무름 시간과 내부표준물질에 대한 면적비(area ratio)를 군집분석용 데이터화일로 하였다.

STAR-Ray plot(별그림)에 의한 군집분석 - 전통적으로 각 시료간의 유사도와 비유사도는 유클리디안 거리(Euclidian distance)를 사용하여 분석에 이용하게 되는데 즉, 시료 a와 b간의 거리($d_{a,b}$)는 다음과 같은

수식으로 표현할 수 있다.

$$d_{a,b} = [\sum(x_{a,j} - x_{b,j})^2]^{1/2}$$

여기서 $x_{a,j}$ 는 시료 a의 j피크의 내부표준물질에 대한 면적비이고, $x_{b,j}$ 는 시료 b의 j피크의 내부표준물질에 대한 면적비이다.

본 연구에서는 지표 물질로 선정한 24개 피크 값이 시료마다 서로 평균과 분산이 다르므로 일단, 피크값을 표준화한 후 유클리디언 거리를 계산하는 방법을 취하였다. 총 76개의 시료를 각 시료마다 불순물 피크의 통계적 거리(표준화된 유클리디언 거리)를 구하고 이를 군집화하였다. 군집내 개체 연결방법(linkage method)으로는 single, average, centroid, complete 등의 여러 연결방법을 사용하였고, 군집 분석의 결과는 STAR-Ray plot으로 나타내어 이들의 패턴 유사도(pattern similarity)에 따라 군집 형성의 성공 여부를 판정하였다.

결과 및 고찰

메스암페타민의 가스 크로마토그래피(GC) 및 질량분석법(GC-MS)에 의한 분석 - 메스암페타민 분말을 본 방법에 따라 추출하고 GC로 분리하여 얻은 크로마토그램중 11개의 크로마토그램을 무작위로 뽑아 겹쳐보았을 때 Fig. 1과 같이 비교적 유사한 패턴이 보여졌으며,

불순물 피크는 머무름시간(retention time)에 따라 크로마토그램 전반부, 중반부 및 후반부(region I, II, III)의 3부분에서 주로 검출되는 특징을 보여 이들을 패턴분석에 의해 분류할 수 있음을 알 수 있었다. 크로마토그램중 region I에서 나타나는 피크들은 불순물인 1, 2-dimethyl-3-phenylaziridine, ephedrine 및 chloroephedrine으로 GC-MS에 의하여 확인되었다.

지표 물질의 선별 - 패턴인식(pattern recognition)에 의한 군집분석을 위하여는 우선 크로마토그램에서 지표가 되는 물질의 피크를 선별하는 작업이 우선되어야 한다. 개개 시료의 패턴을 특징 짓는 지표 물질의 수가 많을수록 패턴유사도에 따른 군집분석에 정확한 자료를 제공할 수 있을 것이므로 본 실험에서는 전보¹²⁾에서 선별하였던 9개의 지표 물질 피크보다 많은 물질을 얻기 위하여, 전보에서의 추출방법을 개선하고, 기기의 분석감도를 향상시켜 각 시료별로 30개 정도의 불순물 피크가 검출되도록 하였다. 지표 물질의 선별은 우선 50개의 메스암페타민 시료의 분석결과를 갖고 수작업으로 시행하였으며, 각 시료마다 검출되는 피크를 비교하여 공통적 또는 특징적으로 나타내는 피크 24개를 지표 물질로 선별할 수 있었다.

Fig. 2는 50개의 시료중에 검출되는 24개의 지표 물질의 분포도를 그림으로 나타낸 것이다. 이들 24개의 지표 물질의 피크중 대부분의 시료에서 검출되었던 피

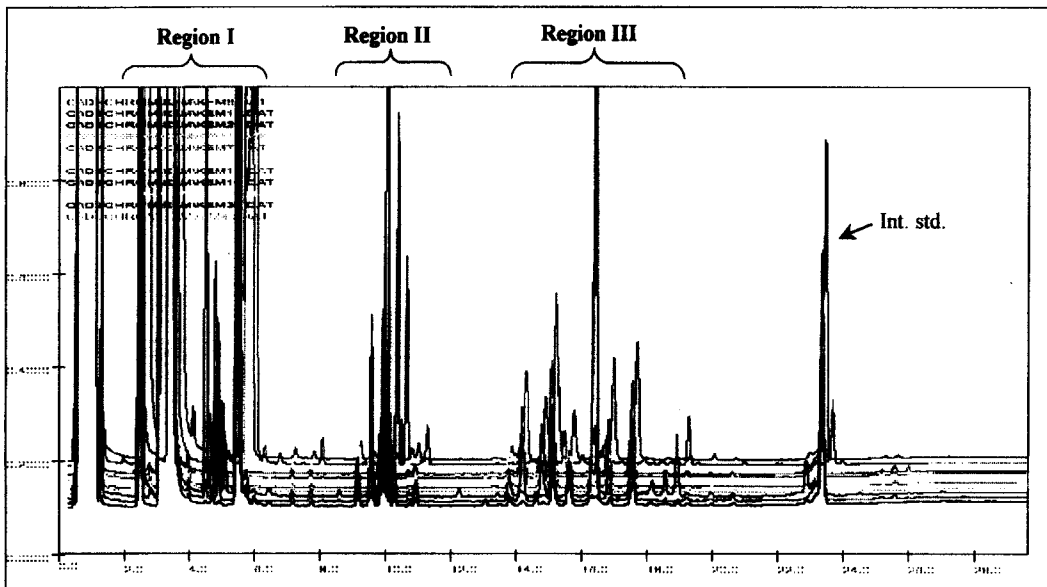


Fig. 1 - Gas chromatograms of 11 randomly selected methamphetamine samples.

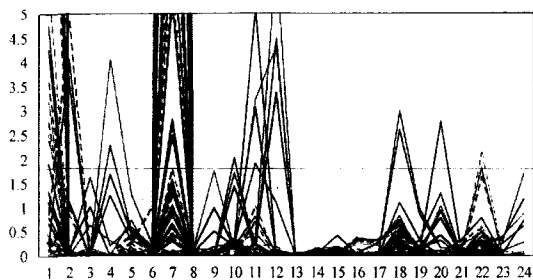


Fig. 2— The distribution of 24 selected peaks in 50 samples.

크 1과 피크 7은 1,2-dimethyl-3-phenylaziridine과 ephedrine으로 확인되었다.

군집분석을 위한 프로파일데이터베이스 자동화 프로그램

그림 - 내부표준물질에 대한 24개의 지표 물질 피크의 상대머무름시간(relative retention time; RRT)을 기준으로하여 50개의 메스암페타민 시료에 실제 적용시켜 얻어지는 상대머무름시간으로부터 표준상대머무름시간(standard relative retention time; Std. RRT)과 표준편차인 Δ RRT를 설정하였다(Table I). 피크의 인식은 분석하고자 하는 시료의 피크가 표준상대머무름시간 범위에서 나타나면 해당 피크를 내부표준물질에 대한 피크면적비(peak area ratio)로서 인식하게 하고 피크가 나타나지 않는 경우에는 "0"으로 인식하도록 프로그램을 작성하여 군집분석을 위한 프로파일 데이터베이스가 되도록 하였다(Table II).

STAR-Ray plot에 의한 군집분석 - 총 76개의 메스암페타민 시료에서 각 관찰치에 대해 24개 변수의 통계적거리(표준화된 유클리디언 거리)를 사용하여 군집분

Table I— List of Std. RRT & margin of RRT of 24 selected peaks from 50 samples

Peak No.	Std. RRT	Margin of RRT	Peak No.	Std. RRT	Margin of RRT
1	0.100	0.008	13	0.453	0.002
2	0.160	0.002	14	0.46	0.003
3	0.184	0.002	15	0.588	0.004
4	0.192	0.002	16	0.604	0.005
5	0.200	0.002	17	0.631	0.004
6	0.211	0.004	18	0.645	0.004
7	0.230	0.007	19	0.667	0.005
8	0.386	0.002	20	0.702	0.003
9	0.403	0.002	21	0.718	0.001
10	0.415	0.003	22	0.752	0.003
11	0.423	0.003	23	0.794	0.002
12	0.433	0.002	24	0.808	0.003

*RRT: Relative retention time.

석을 수행하고 그 결과를 STAR plot으로 나타내었다. 이를 이용하여 군집형성 성공 여부를 판정하였을 때 유사도 90%에서 가장 군집형성이 잘 되는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 3은 유사도 90%일때의 군집형성 결과로서 이들은 8개의 그룹으로 나뉘어 졌는데, 그룹별 시료 수를 살펴보면 2개(I), 3개(II), 3개(III), 5개(IV), 4개(V), 6개(VI), 22개(VII) 및 19개(VIII)이고, 이들을 제외한 나머지 시료 17개는 군집형성에 실패하였다. 그러나, 군집형성을 이루지 못한 시료도 앞으로 많은 시료를 분석하여 이에 따른 분석정보가 축적된다면 군집을 형성할 것으로 사료된다.

GC에 의한 배치(batch)별 시료의 동일성 판별 - 한 배치 내에 들어있어 동일한 곳에서 제조되어 소분되었을 것으로 사료되는 시료들을 24개 지표 물질을 이용하여 패턴유사도에 따라 군집화하였다. Fig. 4는 수원지

Table II— Impurity profiles of Methamphetamine for Cluser analysis

No.	Sample/ Peak	1	2	3	4	5	6	7	.	.	.	.	24
1	kem1	1.311	0.023	0.02	0.034	0	0	9.361	.	.	.	.	0.52
2	kem2	0.008	0	0	0	0	0	0.033	.	.	.	.	0
3	kem3	1.102	0.051	0	0	0	0	0.641	.	.	.	.	0.009
4	kim43	0.659	0	0	0	0	0	0.115	.	.	.	.	0
5	kim47	0.057	0	0	0	0	0	0.081	.	.	.	.	0
6	kim48	5.647	0	0.074	0	0.267	0	0.031	.	.	.	.	0
7	kem7	0.795	0.059	0.077	0	0.132	0	0.019	.	.	.	.	0
8	kem8	1.906	0.021	0.012	0.051	0.01	0	0.077	.	.	.	.	0.02
9	kem9	17.783	0.023	0.105	0	0.742	0.008	0.34	.	.	.	.	0
10	kem10	1.355	0.019	0	0	0	0	0.021	.	.	.	.	0
.
.
.
.
76	kim60	10.977	0.013	0.163	0	0.415	0.007	0.905	0.016	0	0	0	0

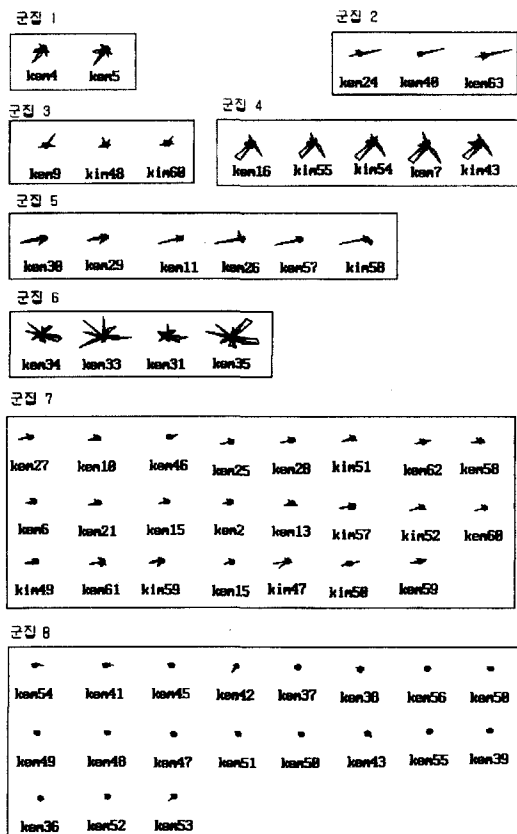


Fig. 3—STAR-Ray plots of 76 samples based on 90% pattern similarity.

역에서 의뢰된 메스암페타민으로서 한 배치 내 시료 4개와 몇 개월 후에 단독으로 의뢰된 시료 1개를 비교 하였을 때 24개 지표 물질을 기준으로 이들의 면적비로서 표현한(A)와 GC로 분석한 크로마토그램(B)에서 동일한 패턴을 보여 이 시료가 먼저 의뢰되었던 시료들과 동일한 곳에서 유래되었음을 추정할 수 있었다. Star Plot에 의한 군집분석결과(Fig. 3)에서도 이들 시료는 군집 4에 모두 군집화 되었는데 바 90% 유사도 범위 내에서 동일한 배치에서 유래되었음을 확인할 수 있었다. Fig. 5는 부평지역에서 의뢰된 한 배치내 시료 4개로 역시 시료끼리의 동일성을 보였으나, 다른 시료에 비하여 불순물이 많이 함유되어 있고, 특히 불순물로서 1,2-dimethyl-3-phenylaziridine의 피크가 특징적으로 크게 나타나 다른 시료들과는 구별이 가능하였다. 이들 시료 역시 Fig. 3에서 보는 바와 같이 군집 6에 군집화 되어 같은 제조원임을 알 수 있었다.

일반적으로 메스암페타민의 제조는 원료물질에 따라

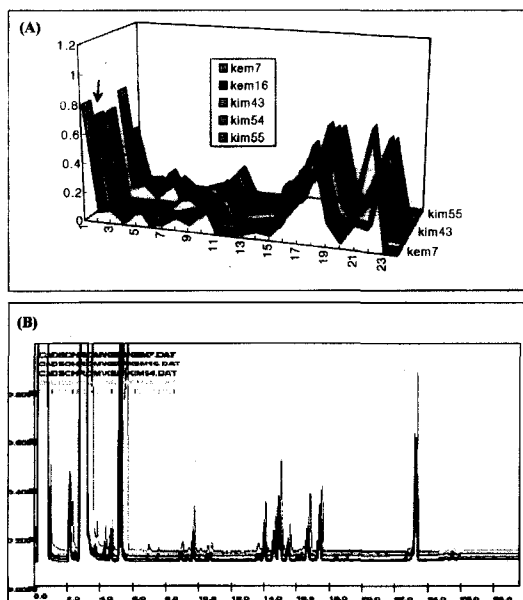


Fig. 4—Comparison of 5 different samples seized at Suwon area. (A) Comparison of area ratio to 24 impurity peaks, (B) Overlapping chromatograms of 5 samples

* Arrowed sample was submitted few months later from same area, but well matched with others.

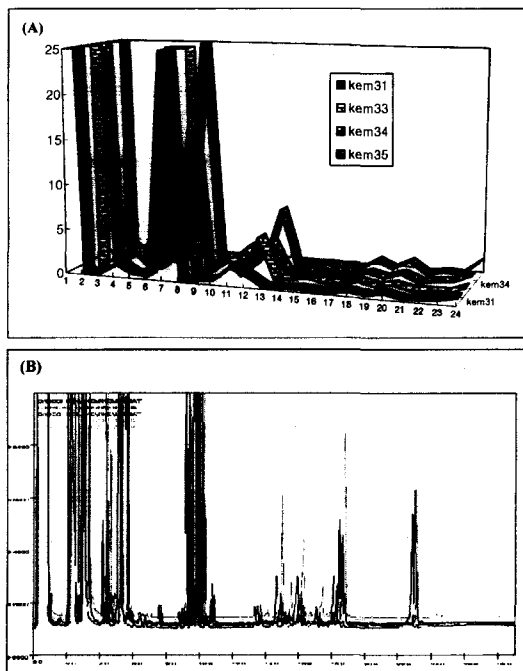


Fig. 5—Comparison of 4 different samples seized at Bupyeong area. (A) Comparison of area ratio to 24 impurity peaks, (B) Overlapping chromatograms of 4 samples.

크게 두가지로 나눌 수 있는데 서양에서는 phenyl-2-propanone, P2P)을 원료로 한 Leuckart반응에 의하여 제조하는 반면, 동양권에서는 ephedrine을 원료로 하여 메스암페타민을 만드는 방법이 주로 쓰이며, ephedrine의 경우도 HI와 적린에 의해 제조하는 Nagai방법보다는 thionyl chloride를 사용하여 chloroephedrine을 만들어서 메스암페타민을 합성하는 Emde방법이 많이 쓰이는 것으로 알려져 있다.¹³⁻¹⁷⁾ 본 실험에서도 Fig. 2에서와 같이 대부분의 시료에서 불순물로서 ephedrine과 1,2-dimethyl-3-phenylaziridine이 검출되어 우리나라에서 남용되는 메스암페타민은 주로 Emde법으로 제조되고 있는 것을 재확인 할 수 있었다.

본 연구에서는 메스암페타민에 미량 함유된 불순물을 GC에 의하여 분석하고 이들 프로파일을 데이터베이스화시키는 프로그램을 개발하여 자동화시켰으며, 총 76개의 시료에 대하여 군집분석을 시행하여 패턴유사도에 따라 시료들이 군집화가 됨을 확인할 수 있었다. 또한 본 방법에 의거하여 동일 배치내에 들어있는 시료들끼리 비교하였을 때 서로 동일함을 확인하였으므로 시료간의 동일성 판별에 의하여 같은 제조원에서 유래되었을 것이라는 판정이 가능하였다. 그러나 제조원 추적을 위하여는 제조국 등 출처가 확실한 메스암페타민 시료의 확보가 우선되어야 할 것이고, 정확한 군집분석을 위하여 더욱 많은 시료를 분석하고 이들 데이터를 축적해야 할 것이다. 또한 지표 물질 피크 각각에 대한 화학구조를 규명하여 성분을 밝혀나가는 과정도 함께 수행되어야 할 것이다. 더욱이 여기에서 얻어지는 이들 정보를 국내에만 국한하지 말고 분석방법을 규격화시켜 나라간의 정보를 교환할수 있는 네트워크 시스템을 구축하여 국제적으로 정보를 교환하고 메스암페타민 불순물 데이터를 서로 공유할 수 있게된다면 국제마약사범 근절에 기여할 수 있어 더욱 효율적인 것이므로 앞으로 이 분야의 계속적인 연구가 필요할 것이다.

결 론

1. 우리나라에서 남용되는 메스암페타민 시료들은 가스크로마토그래피에서 대부분 유사한 패턴을 보이며, 주된 불순물 피크들이 retention time에 따라 크로마토그램의 세부분(region I, II, III)에 걸쳐서 분포되므로 이를 토대로 분류가 가능함이 보여졌다.

2. 질량분석법을 통하여 확인된 주된 불순물은 1,2-dimethyl-3-phenylaziridine, ephedrine 및 chloroephedrine으로서 우리나라에서 통용되는 대부분의 메스암페타민은 ephedrine을 원료로 합성되는 것을 확인할 수 있었다.

3. 총 76개의 메스암페타민 시료를 표준화된 유클리디언 거리를 사용하여 군집분석을 수행하고 그 결과를 STAR plot으로 나타내었을 때 유사도 90%에서 8개의 그룹으로 군집화되었으며, 동일배치내에 들어있는 시료들끼리 비교하였을 때 서로 동일한 군집으로 분류되었으므로, 본 방법에 의거하여 시료간의 동일성 판별이나 출처의 추적 등이 가능함을 확인하였다.

감사의 말씀

본 연구에 사용한 프로그램 제작에 많은 도움을 주신 이 현주 선생께 깊은 감사를 드립니다.

문 헌

- 1) Barron, R. P., Kruegel, A. V., Moore, J. M. & Kram T. C. : Identification of impurities in illicit methamphetamine samples. *Journal of the AOAC* **57**(5), 1147 (1974).
- 2) Kram, T. C. & Kruegel, A. V. : The identification of impurities in illicit methamphetamine exhibits by gas chromatography/mass spectrometry and nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Forensic Sciences* **22**, 40 (1977).
- 3) Sanger, D. G., Humphreys, I. J., Patel, A. C., Japp, M. & Osborne, R. G. L. : The significance of gas chromatographic impurity patterns obtained from illicitly produced amphetamine. *Forensic Science International* **28**, 7 (1985).
- 4) Tanaka, K., Ohmori, T. & Inoue, T. : Analysis of impurities in illicit methamphetamine. *Forensic Science International* **56**, 157 (1992).
- 5) Tanaka, K., Ohmori, T., Inoue, T. & Seta, S. : Impurity profiling analysis of illicit methamphetamine by capillary gas chromatography. *Journal of Forensic Sciences* **39**, 300 (1994).
- 6) Marumo, Y., Inoue, T. & Seta, S. : Analysis of inorganic impurities in seized methamphetamine samples. *Forensic Science International* **69**, 89 (1994).

- 7) Noggle, F. T., Clark, Jr C. R., Davenport, T. W. & Coker, S. T. : Synthesis, identification, and acute toxicity of α -benzyl-N-methylphenethylamine. Contaminants in clandestine preparation of amphetamine and methamphetamine. *Journal of the AOAC* **68**(6), 1213 (1985).
- 8) Perkal, M. & Pearson, Y. L. Ng. : Impurity profiling of methylamphetamine in Australia and the development of a national drugs database. *Forensic Science International* **69**, 77 (1994).
- 9) Inoue, T., Tanaka, K., Ohmori, T., Togawa, Y. & Seta, S. : Impurity profiling analysis of methamphetamine seized in Japan. *Forensic Science International* **69**, 97 (1994).
- 10) Allen, A. C. & Kiser, W. O. : Methamphetamine from ephedrine: I. Chloroephedrines and aziridines. *Journal of Forensic Sciences* **32**(4), 953 (1987).
- 11) Yoo, Y. C., Lee, W. K., Chung, H. S., Lim, M. A. & Park, Y. S. : Identification and determination of impurities in illegal drugs. *Annual Report of N.I.S.I.* **17**, 184 (1985).
- 12) Yoo, Y. C., Chung, H. S., Choi, H. K. & Kim, T. H. : Identification and profiles of impurities in illicit methamphetamines. *Annual Report of N. I.S.I.* **28**, 348 (1996).
- 13) Kishi, T., Inoue, T., Suzuki, S., Yasuda, T., Oikawa, T. & Niwakuchi, T. : Analysis of impurities in methamphetamine. *EISEI KAGAKU* **29**(6), 400 (1983).
- 14) Emde, H. : Uber diastereomeric I. Konfiguration des ephedrines. *Helv. Chim. Acta.* **12**, 365 (1929).
- 15) Kuniyosi, T. : Studies on the steric inversion of alkamines III. On the reciprocal inversion between optical active ephedrines & pseudoephedrines. *科學警察研究所報告* **70**, 220 (1950).
- 16) Cantrell, T. S., John, B., Johnson, L. & Allen, A. C. : A study of impurities found in methamphetamine synthesized from ephedrine. *Forensic Science International* **39**, 39 (1988).
- 17) Skinner, H. F. : Methamphetamine synthesis via hydriodic acid/red phosphorus reduction of ephedrine. *Forensic Science International* **48**, 123 (1990).