

활성탄관에 포집된 2MEA와 2EEA의 에스테르화가 2MEA와 2EEA 분석에 미치는 영향

김현욱 · 김강윤^{1)‡} · 최호준¹⁾

가톨릭대학교 의과대학 예방의학교실 · 대한산업보건협회 산업보건연구소¹⁾

The Effect of Transesterification for Quantitative Analysis of 2MEA and 2EEA on Activated Charcoal Tube

Hyun-Wook Kim · Kang-Yoon Kim^{1)‡} · Ho-Chun Choi¹⁾

Department of Preventive Medicine, College of Medicine, The Catholic University of Korea,
Institute of Occupational Health, Korean Industrial Health Association, Seoul, Korea¹⁾

This study was performed to find an appropriate desorbing solution for 2MEA and 2EEA collected on activated charcoal. The desorbing solution should be transesterification-free and have reliable desorption efficiency. A number of desorbing solutions were tested against CS₂ and MeOH/ methylene chloride(5/95, v/v, 5MeOH) which were normally used as desorbing solutions. Transesterification of 2MEA and 2EEA on dry charcoal by 5MeOH was also verified.

A GC/MSD was used for verification of transesterification. Desorption efficiencies of several desorbing solutions were measured by GC/FID. As desorbing solutions, CS₂, 5MeOH, DMF/CS₂(1/99, v/v, 1DMF), and DMF/CS₂(3/97, v/v, 3DMF) were selected.

Desorption efficiencies of 2MEA and 2EEA were 97.3% and 99.2% by 5MeOH, respectively, and 100.8% and 101.4%

by 3DMF, respectively. No significant difference between 5MeOH and 3DMF was found for both 2MEA and 2EEA($p < 0.05$). Transesterification of 2MEA and 2EEA on dry charcoal at ≥ 10 ppm was confirmed when 5MeOH was used as the desorbing solution. However, when 3DMF was used, no transesterification of 2MEA and 2EEA on dry charcoal was found.

This study found that 3DMF(DMF/CS₂, 3/97, v/v) was the desorbing solvent of choice for 2MEA and 2EEA collected on coconut shell charcoal tube. With the solution, no transesterification was found with nearly 100% desorption efficiency.

Key Words: transesterification, desorbing solution, 2MEA, 2EEA, desorption efficiency

I. 서 론

Ethylene glycol ether류는 페인트와 코팅, D), commonly used in Korea were analyzed

and investigated 상업용 인쇄 잉크, 라커, 니스, 옷감염색 또는 세정제 등에 용제로 널리 이용되는 물질이다. 또한 살균제의 중간 생성물 또는 브레이크액이나 전자제

품의 제빙제로 사용된다. 고환에 대한 영향을 포함한 생식기에 독성을 나타내며, 태아사망, 기형, 성장지연 등을 보이기도 한다. 미국산업안전보건연구원(National Institute for Occupational Safety and Health, 이하 NIOSH, 1991)은 10시간 REL-TWA 기준으로 2-ethoxyethyl acetate (cellosolve acetate, 이하 2EEA) 0.5ppm, 2-metho-

접수일 : 2003년 1월 28일, 채택일 : 2003년 3월 24일

‡ 교신저자 : 김강윤(서울 금천구 가산동 60-4 대한산업보건협회 산업보건연구소

Tel : 02-863-9322, Fax : 02-863-9320, E-mail : kykim91@freechal.com)

xyethyl acetate(methyl cellosolve acetate, 이하 2MEA) 0.1ppm을 권고하였고, 미국 산업안전보건청(Occupational Safety and Health Administration, 이하 OSHA, 1990)은 8시간 TWA-PEL로 2EEA와 2MEA에 대하여 각각 100ppm, 25ppm을 권고하였다. 또 미국산업위생전문가 협의회(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 이하 ACGIH, 2002)는 8시간 TWA-TLV로 2EEA와 2MEA 모두 5ppm을 권고하였다. 우리나라 노동부(2002)도 각각 5ppm 씩을 권고하였다.

2EEA와 2MEA의 분석방법은 NIOSH에서 각각 NMAM #1450, #1451 방법으로, OSHA에서는 #53 방법으로 권고하여 오다가 #79 방법으로 수정·보완하였다.

NMAM #1450과 #1451 방법은 각각 2EEA를 포함한 에스테르류와 2MEA의 분석방법을 권고하였는데, 활성탄관(100 mg/50 mg)을 이용하여 0.01-0.2 Lpm으로 포집된 시료에 대하여 CS₂ 1 mL로 탈착하도록 권고하였다.

OSHA #53 방법과 #79 방법은 2-ethoxyethanol(이하 2EE), 2EEA, 2-methoxyethanol(이하 2ME)와 2MEA에 대한 측정 및 분석방법을 권고하고 있는데, 측정이나 분석방법에서 동일하나 OSHA 허용농도(permissible exposure limit, 이하 PEL)가 개정되면서 분석농도를 개정하였다. 두 방법 모두 활성탄관(100mg/50mg)을 이용하여 포집된 시료를 5% methanol이 포함된 methylene chloride(이하 5MeOH) 1 mL로 탈착하도록 하였다.

2EEA나 2MEA에 대한 NIOSH나 OSHA에서 권고한 시료 포집방법은 활성탄관을 이용하는 것은 동일하나, 시료를 탈착하는 방법에서 NMAM #1450과 #1451 방법은 탈착용매로 1 mL CS₂를, OSHA #53과 #79 방법에서는 1 mL 5MeOH를 사용하도록 권고하였다.

그러나 활성탄관에 포집된 2EEA와 2MEA를 CS₂로 탈착했을 때, 낮은 농도의 경우 탈착율이 <75 %-80 %로 NIOSH에서 권고한 75 % 이상의 탈착율을 얻지 못하는 경우가 있는 것으로 알려져 있다(김강운 등, 1996; 손연주와 김현욱, 1997; 김강

운 등, 2001). 활성탄관에 포집된 유기용제 중 비극성 유기용제는 일반적으로 CS₂를 탈착용매로 사용하면 100 %에 가까운 탈착율을 나타낸다. 그러나 극성 유기용제는 CS₂로 탈착되지 않는 경우가 많다. 특히 알콜류나 케톤류는 NIOSH에서 권고한 75 %에 미치지 못하는 경우가 많다. 이 때문에 극성 유기용제를 활성탄관에 포집한 경우 methanol, isopropyl alcohol, butyl carbitol, dimethylformamide(이하 DMF) 등을 탈착용매 또는 보조탈착용매로 사용하는 경우가 일반적이다(Fracchia 등, 1977; Johansen과 Wendelboe, 1981; Beck 등, 1990; NIOSH, 1994; 김경란과 백남원, 1995; 김강운 등, 1996). 특히 DMF는 일반적으로 극성 유기용제가 활성탄관에 포집된 경우 탈착용매로 이용되는데, OSHA #07방법에는 부틸 알콜류(butyl alcohols), 시클로 헥사놀(cyclohexanol), 디아세톤 알콜(diacetone alcohol), 에틸 2차아밀케톤(ethyl sec-amyl ketone), 에탄올(ethanol), 이소부틸알콜(isobutyl alcohol), 에틸부틸케톤(ethyl butyl ketone) 등을 분석할 때 보조탈착용매로 사용하도록 권고되어 있다. Johansen과 Wendelboe(1981)은 DMF를 탈착용매로 사용하여 알콜류, 에스테르류, 케톤류의 탈착율이 향상됨을 확인하였다. 그러나 비극성 유기용제인 탄화수소류(벤젠, 톨루엔 등), 염소계 또는 니트로계 탄화수소류의 탈착율은 저하된다고 보고하였다.

건조한 활성탄관(dry-charcoal)에서 2MEA와 2EEA를 5MeOH로 탈착할 경우 methanol과 반응하여 에스테르화(transesterification 또는 alcoholysis) 현상이 일어나는 것으로 알려져 있다(OSHA, 1990). 그러나 습한 활성탄에서는 에스테르화가 일어나지 않았으므로 탈착률 검정시 습한 활성탄관(wet-charcoal)에 일정농도의 2EE, 2EEA, 2ME와 2MEA를 주입하도록 권고하였다. 또 #79 방법에서는 2EE와 2ME의 탈착율이 수분에 의해 감소할 수 있으므로 mgSO₄와 같은 제습제를 사용하도록 하였다. 그러나 이는 탈착률 검정에 일반적으로 사용되는 건조한 활성탄관을 이용하지 않고, 일정 수분이 함유된 활성탄관

을 제조해야 하는 어려움이 있다. 또한 일정 수분의 양이 어느 정도인지 명확하지 않아 실험자가 혼란을 갖기 쉽다.

이에 본 연구에서는 일차적으로 건조한 활성탄관을 이용하여, NMAM #1450과 #1451 방법에서 권고한 CS₂를 이용한 탈착 방법과 OSHA #53과 #79 방법에서 권고한 5MeOH를 탈착용매로 탈착하는 방법을 이용하여 탈착율을 구하고, 에스테르화를 확인하고자 하였다.

또 에스테르화 현상을 방지하기 위한 분석 가능한 탈착용매를 개발, 개선하고자 하였다. 2MEA와 2EEA는 methanol과 같은 알콜류의 보조탈착용매로 인해 에스테르화가 일어난다고 알려져 있다. methylene chloride(이하 MC)에 methanol을 보조탈착용매로 사용한 기존방법의 문제점을 극복하기 위하여 알콜류에 속하지 않으면서 극성 유기용제의 탈착용매로 사용되는 DMF를 보조탈착용매로 선택하였다. 또 대부분의 작업장에서 노출되는 2MEA와 2EEA의 농도가 저농도 임을 고려하여 저농도에서도 안정한 탈착율을 유지할 수 있는 TLV의 1/10 수준인 저농도에서 탈착율을 측정하여 저농도 및 고농도 모두에서 안정된 탈착율을 얻을 수 있는 방법을 개발하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 에스테르화의 확인

건조한 활성탄관에 포집된 2MEA와 2EEA의 에스테르화를 확인하기 위하여 활성탄관(100mg/50mg 이하 CMS)에 2MEA와 2EEA를 주입한 뒤 GC/MSD (6890 series GC/5973N MSD, Agilent, U.S.A.)로 분석하였다. 에스테르화 확인을 위하여 주입된 농도는 2MEA 2.51 mg(10.83ppm, 48L 기준), 2EEA 2.44mg(9.39ppm, 48L 기준)로 하였다. 또한 2EEA(99.0%, Junsei, Japan)와 2MEA(99+%, Aldrich, U.S.A.) 시약의 오염여부도 GC/MSD를 이용하여 확인하였다.

2. 표준용액 농도 및 탈착율 검정용 시료의 농도범위

표준용액 및 탈착율 측정용 시료의 농도범위는 OSHA #79 방법(1990)에서 권고한 대상 농도(target concentration)에 대하여 48L 포집했을 때를 기준으로 산정하였다. 각 물질별 target 농도와 검량곡선 작성용 표준용액의 농도수준 및 활성탄관에 주입된 농도는 표 1과 같다.

3. 실험에 사용된 탈착용매

탈착율 검정을 위해 본 연구에서 사용된 탈착용매는 CS₂, 5MeOH, 1% DMF가 첨가된 CS₂(이하 1DMF), 3% DMF가 첨가된 CS₂(이하 3DMF)였다.

4. 분석조건

탈착율 검정용 시료는 농도별로 3 set 씩으로 하였으며, 각 시료마다 2회씩 반복 측정하였다. 사용된 GC/FID(HP 5890 series, U.S.A.)에서 시료의 분석조건은 표 2와 같다.

5. 통계분석

수집된 자료는 SAS 6.12 통계프로그램

을 이용하여 각 탈착용매별 평균, 표준편차를 구하였다. 또 탈착용매별 탈착효율에 대한 비교는 분산분석을 실시하였고, Duncan의 다중비교를 사용하였다($\alpha=0.05$).

III. 결 과

1. 2MEA와 2EEA의 에스테르화의 확인

OSHA #79 방법에서는 건조한 활성탄관

에 주입된 MEA나 EEA가 탈착용매인 methanol에 의해 에스테르화가 일어난다고 하였다.

이를 확인하기 위하여 각각 건조한 활성탄관에 2MEA와 2EEA를 주입한 후 GC/MSD에서 ME와 EE의 농도를 측정하였다. 탈착용매는 CS₂, MC, 5MeOH, 1DMF, 3DMF를 이용했다. 그 결과 탈착용매로 5MeOH를 이용했을 때, 건조한 활성탄관에서는 2ME, 2EE 피크가 확인되었다(그림 1).

탈착용매로 CS₂나 MC만을 사용했을

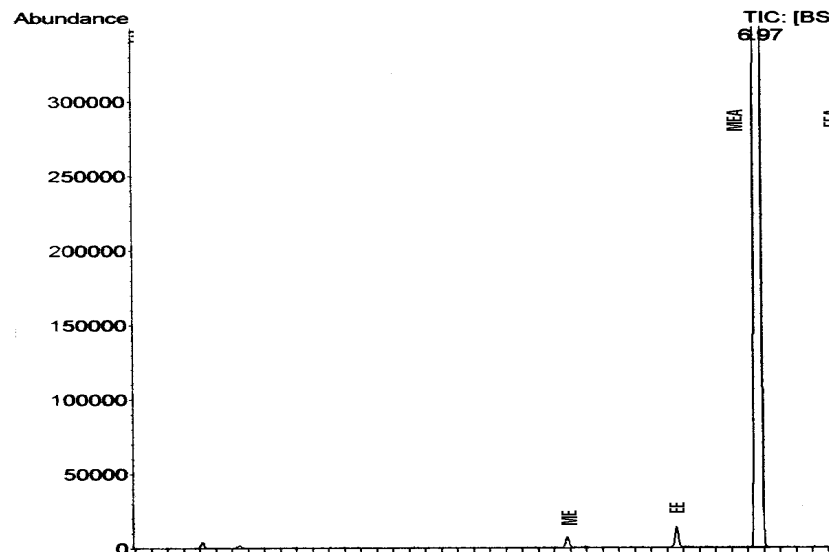


Figure 1. Verification of transesterification for 2MEA and 2EEA on coconut shell charcoal tube using 5MeOH.

Table 1. Target concentrations and concentration levels used for testing calibration and desorption efficiency of 2EEA and 2MEA

Materials	Unit	TLV-TWA (ppm)	Target concentration (ppm)	Level 1 (X0.5)	Level 2 (X1.0)	Level 3 (X2.0)
2EEA	mg ppm	5	0.5	0.0641 0.2471	0.1282 0.4941	0.2564 0.9883
2MEA	mg ppm	10	0.1	0.0124 0.0536	0.0249 0.1073	0.0498 0.2145

Table 2. Analytical conditions for 2EEA and 2MEA in gas chromatography

Parameters	Analytical condition
Detector	FID
Column	DB-WAX(30 m× 0.25 mm× 0.25 μm)
Injector temperature(°C)	230
Detector temperature(°C)	250
Column temperature(°C)	50 °C(1 min)→10 °C/min→100 °C→20 °C/min→180 °C
Column flow(ml/min)	1.0
Split ratio	50:1

때에도 2ME나 2EE가 소량 검출(trace)됨에 따라 2MEA와 2EEA 자체에 불순물로 존재하는 2ME와 2EE에 대한 확인을 위하여 원액을 GC/MSD로 확인한 결과, 2MEA 원액에서 2ME가 약 0.22%(그림 2), 2EEA 원액에서 2EE가 약 0.54%(그림 3) 포함되어 있는 것으로 확인되었다.

2MEA와 2EEA의 에스테르화가 건조한 활성탄관에서 확인되었으나, 2ME와 2EE로 에스테르화가 일어난 양이 매우 작아, 본 연구에서 수행된 농도인 2EEA 0.5ppm, 2MEA 0.1ppm 수준에서는 검출되지 않는 농도였다(그림 4).

그러므로 실제로 본 실험에서는 에스테르화에 의한 2ME와 2EE의 간섭현상은 없었다. 그러나 작업환경중 2MEA와 2EEA 농도가 높은 경우, 에스테르화로 인한 간섭현상을 방지하기 위하여 5MeOH처럼 methanol을 포함하는 탈착용매의 사용을 지양하고, 5MeOH를 탈착용매로 사용했을 때보다 안정된 탈착효율을 얻을 수 있는 방법을 찾고자 하였다.

2. 탈착용매별 탈착효율

본 연구에서는 건조한 활성탄관에 주입된 2MEA, 2EEA의 탈착용매로 각각 NMAM #1450, #1451방법과 OSHA #79방법에서 권고한 CS₂, 5MeOH뿐 아니라 1DMF, 3DMF를 추가로 이용하였다.

2MEA의 탈착용매별 탈착율은 표 3과 같다. 건조한 활성탄관에 주입된 2MEA의 탈착율은 탈착용매로 CS₂, 5MeOH, 1DMF, 3DMF를 이용했을 때 각각 81.8 ± 3.0%, 97.3 ± 2.5%, 95.3 ± 3.9%, 100.8 ± 1.6%였으며, CS₂를 제외하고는 모두 만족할 만한 탈착율을 보였다. 100%에 가장 가까운 탈착율을 보인 탈착용매는 3DMF였다.

2EEA의 탈착용매별 탈착율은 표 4와 같다. 건조한 활성탄관에 주입된 2EEA의 탈착율은 탈착용매로 CS₂, 5MeOH, 1DMF, 3DMF를 이용했을 때 각각 88.6 ± 2.5%, 99.2 ± 2.4%, 95.3 ± 1.7%, 101.4 ± 1.2%로 모든 탈착용매에서 대체로 만족할 만한 탈착율을 보였다. 100%에 가장 가까운 탈착율을 보인 탈착용매는 5MeOH와 3DMF였다.

IV. 고 찰

OSHA #79 방법에서는 2ME, 2EE, 2MEA, 2EEA의 탈착용매로 5MeOH를 사용하도록 권고하였다. 그러나 이 방법은 MC에 포함된 보조 탈착용매인 methanol의 영향에 의해 에스테르화 현상이 일어나 2MEA는 2ME와 methyl acetate, 2EEA는 2EE와 methyl acetate를 형성하게 된다

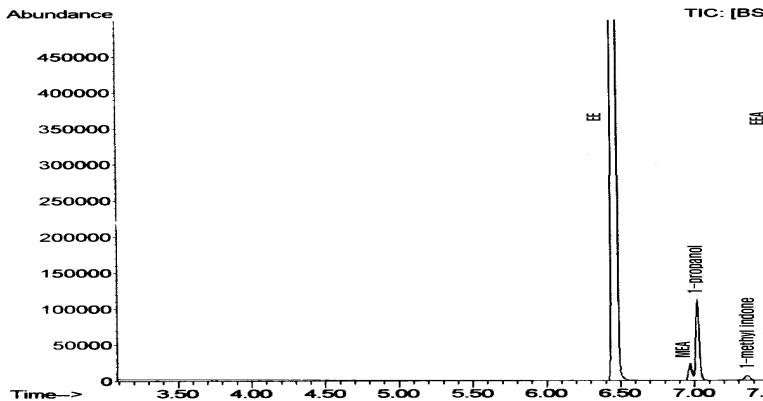


Figure 2. Chromatogram of standard material of 2EEA(Junsei, 99.0%, Japan).

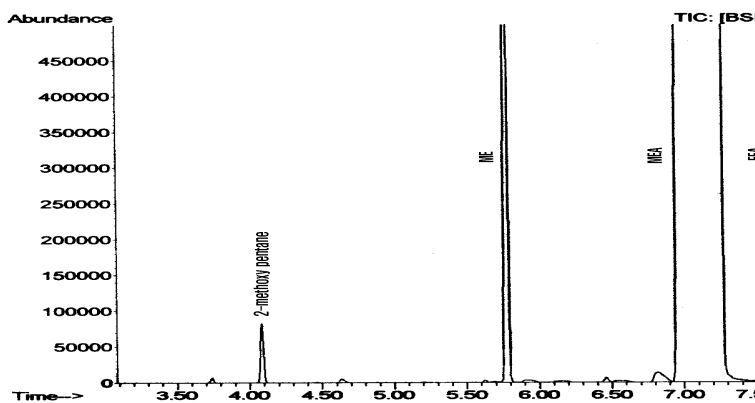


Figure 3. Chromatogram of standard material of 2MEA (Aldrich, 99+%, U.S.A.).

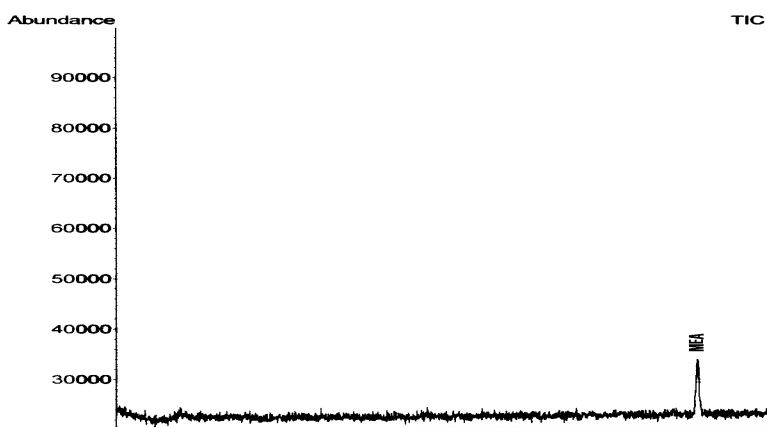


Figure 4. Chromatogram of 2MEA at 0.0249 mg/sample and 2EEA at 0.1282 mg/sample.

Table 3. Comparison of desorption efficiencies of 2MEA by desorbing solutions

(Unit : %)

Desorbing solvent	I	II	III	Total	Multiple comparison [†]
CS ₂	78.5±1.9	82.5±2.1	84.2±0.8	81.8±3.0	C
5MeOH	94.5±1.0	97.7±0.3	99.9±1.1	97.3±2.5	A, B
1DMF	93.6±5.6	94.5±2.6	97.9±1.6	95.3±3.9	B
3DMF	98.9±1.1	101.3±1.4	101.9±1.1	100.8±1.6	A

[†]A, B and C in multiple comparison means with the same letter(A through C) are not significantly different(p>0.05)

Table 4. Comparison of desorption efficiencies of 2EEA by desorbing solutions

(Unit : %)

Desorbing solution	I	II	III	Total	Multiple comparison [†]
CS ₂	85.8±1.2	89.5±1.8	90.5±0.8	88.6±2.5	C
5MeOH	96.4±1.1	99.6±1.1	101.5±1.1	99.2±2.4	A, B
1DMF	93.4±1.2	96.1±1.2	96.3±1.2	95.3±1.7	B
3DMF	100.5±1.3	102.0±1.5	101.6±0.6	101.4±1.2	A

[†]A, B and C in multiple comparison means with the same letter(A through C) are not significantly different(p>0.05)

고 하였다(OSHA, 1990). 2ME, 2EE, 2MEA와 2EEA가 동시에 포집될 경우 2ME 또는 2EE 농도를 과대평가할 가능성이 있고, 2MEA와 2EEA는 과소평가 될 가능성이 있다.

본 연구에서는 건조한 활성탄관에 일어나는 2MEA와 2EEA의 에스테르화를 확인하기 위하여 활성탄관에 2MEA와 2EEA만을 주입한 후 탈착용매로 CS₂, 5MeOH, 1DMF, 5DMF를 이용하여 GC/MSD로 확인하였다. 그 결과 활성탄관에서, 또 탈착용매로 사용된 CS₂, 1DMF, 5DMF에서 2EE가 매우 소량 확인되었으나, 이는 에스테르화에 의한 결과라기보다는 2MEA와 2EEA 시약에 각각 0.22%, 0.54% 존재하는 오염물질에 의한 영향으로 생각된다.

그러나 5MeOH를 탈착용매로 이용했을 때는 다른 탈착용매를 사용했을 때보다 상대적으로 많은 양의 2ME와 2EE가 확인되었다. 이는 건조한 활성탄관에서 확인된 결과이며, 에스테르화 현상으로 해석될 수 있다. 그러나 본 연구에서 탈착율 검정을 위해 수행된 저농도에서는 그 양이 적어 검출한계이하로 나타나 이에 대한 영향이 탈착율에 반영되지는 않은 것으로 생각된다.

활성탄은 흑연성 표면(graphite like

surface)과 표면 산화물(surface oxide)로 구성되어 있다. 지방족 탄화수소는 전자 공여체(electron donor)나 전자 수용체(electron acceptor)가 없으므로 흑연성 표면에 흡착되지만, 본 연구에서 사용된 셀로솔브류와 같이 전자교환이 가능한 물질은 흑연성 표면과 표면 산화물 양쪽에 흡착된다. 활성탄에 흡착된 물질은 CS₂나 MC와 같은 탈착용매에 의해 흡착표면으로부터 떨어져 나오게 되는데, CS₂나 MC와 같은 탈착용매는 표면 산화물과는 반응하지 않기 때문에 표면 산화물에 흡착된 셀로솔브류와 같은 극성 유기용제는 그대로 남아있게 된다(Rudling, 1986; Beck 등, 1990).

활성탄관에 포집된 유기용제의 탈착에는 주로 CS₂가 사용되어져 왔으나, 극성 유기용제의 탈착에는 적합하지 않아 보조 탈착용매를 사용하는 경우가 많다(Johansen과 Wendelboe, 1981; Posner와 Okenfuss, 1981; Beck 등, 1990; 김경란과 백남원, 1995; 김강운 등, 1996; 손연주 등, 1997).

본 연구에서 건조한 활성탄관에 포집된 2MEA와 2EEA는 탈착용매로 CS₂를 사용하도록 NIOSH에서 권고하고 있으나, 본 연구결과 2MEA 81.8%, 2EEA 90.5%로 약 80-90% 안팎의 탈착율을 보였으며,

이는 분석자에 따라, 또는 작업장에 본 연구에서 수행된 농도보다 저농도로 존재할 경우 NIOSH에서 권고한 75%이상의 탈착율을 만족시킬 수 없는 경우도 발생되므로 만족스러운 결과로 볼 수 없다.

본 연구에서는 5MeOH를 탈착용매로 사용하였을 때 2MEA, 2EEA 모두 만족할 만한 탈착율을 얻었다. 그러나 저농도의 시료로 연구를 실시하였으므로, 고농도(10ppm 이상, 48L 기준)로 존재하는 작업장의 시료에 대하여 5MeOH를 탈착용매로 사용할 경우는 에스테르화 현상이 발생될 수 있다. 실제 작업장에서 근로자들이 노출되고 있는 2EEA와 2MEA의 농도를 보면, 김광종과 김정철(1999)의 연구에서 작업환경 중 2EEA 농도는 0.01-18.9 ppm이었고, 이중 노출기준인 5ppm을 초과하는 근로자는 총 근로자 66명중 7명(10.6%)인 것으로 보고하였다. 반면 외국의 경우, 2EEA 0.06-151.8ppm, 2MEA 0.08-29.9ppm으로 높은 농도의 시료가 포함되어 있는 것으로 나타났다(NIOSH, 1991). 이와같이 작업장의 2EEA 및 2MEA 농도가 10ppm 이상일 경우 일어나는 에스테르화는 실제 작업장에 존재하는 2EEA와 2MEA 농도를 과소평가할 가능성이 있다. DMF와 알콜류(methanol, isopropyl alcohol, butyl carbitol)는 극성유기용제의

탈착효율을 개선하기 위하여 보조탈착용매로 널리 이용된다. 그러나 본 연구에서는 건조한 활성탄관에 포집된 2EEA와 2MEA에서 발생될 가능성이 있는 에스테르화 현상을 방지하기 위하여 알콜류가 포함된 탈착용매의 사용을 지양하였다.

국내에서 작업환경 측정시 활성탄관에 포집된 혼합유기용제에는 2EEA나 2MEA가 포함되어 있는 경우가 있으며, 이 때 분석에 사용되는 탈착용매는 일률적으로 CS₂만을 사용하는 경우가 대부분이다. 일률적인 CS₂에 의한 혼합유기용제의 탈착은 2EEA나 2MEA가 포함되어 있을 경우 75%이하의 탈착율로 인해 과소평가될 가능성이 있다. 활성탄관에 포집되는 혼합유기용제를 정확히 분석하기 위해서는 유기용제의 성질을 정확히 파악하고, 극성 유기용제가 존재할 때는 적절한 보조탈착용매를 선택하거나, 보조탈착용매의 사용으로도 탈착율을 개선할 수 없는 경우에는 고체흡착제의 종류를 바꾸거나, 극성과 비극성 유기용제를 분리하여 포집하는 등의 대책이 필요할 것으로 생각된다. 본 연구에서 수행된 저농도의 2MEA와 2EEA에서는 에스테르화를 확인할 수 없었다. 또한 에스테르화 현상이 일어날 가능성이 있는 고농도에서는 본 연구에서 시도한 DMF가 포함된 CS₂는 에스테르화로 인한 2EE와 2ME를 확인할 수 없어 좋은 방법으로 추천될 수 있다. 1%, 3% DMF가 포함된 CS₂를 탈착용매로 사용한 결과, 3DMF가 가장 만족할 만한 결과를 내었다. 만약 포집된 혼합 유기용제에 2MEA나 2EEA가 포함되어 있다면, 3DMF를 탈착용매로 사용할 경우 정확한 분석결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 일차적으로 건조한 활성탄관을 이용하여, NMAM #1450과 #1451 방법에서 권고한 CS₂를 이용한 탈착 효율 검정과 OSHA #53과 #79 방법에서 권고

한 5MeOH를 탈착용매로 탈착하는 방법에서 나타나는 에스테르화 정도를 확인하고자 하였다. 2MEA와 2EEA를 분석하고자 할 경우, 건조한 활성탄관의 사용가능성과 에스테르화 현상이 없는 적절한 탈착용매를 개발하고자 하였다.

건조한 활성탄관에서 일어나는 탈착용매별 에스테르화를 확인하고, 각 탈착용매별 탈착율을 측정하기 위하여 각각 GC/MSD와 GC/FID를 이용하였다.

5MeOH를 탈착용매로 사용했을 때 에스테르화 현상이 일어났으나, 본 연구에서 수행된 낮은 농도에서는 확인되지 않았으며, 본 연구에서 실시한 탈착율 검정에서는 에스테르화에 의한 간섭현상은 없었다. 그러나 고농도의 2MEA와 2EEA가 존재하는 작업장에서는 에스테르화에 의한 과소평가의 가능성이 있으므로 이를 개선하기 위하여 methanol이 포함되지 않은 DMF를 보조탈착용매로 사용하여 탈착해 보았다. 그 결과 3DMF를 탈착용매로 사용하는 것(2MEA 100.8%, 2EEA 101.4%)이 가장 적합한 것으로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 활성탄관에 포집된 2MEA와 2EEA를 위한 탈착용매로 3DMF(DMF/CS₂, 3/97, v/v)가 적절한 것으로 나타났다. 3DMF는 2MEA와 2EEA의 탈착효율을 개선할 뿐 아니라, 건조한 활성탄관에서 반응을 일으키지 않아 에스테르화 현상도 발견할 수 없었다.

REFERENCES

김강윤, 노인봉, 김현욱. 활성탄관에 포집된 혼합 유기용제의 보조 탈착용매변화에 따른 탈착률 비교. 한국산업위생학회지 1996; 6(2): 209-221

김강윤, 김은선, 최호준. 활성탄관내 EGEE, EGBE, EGEEA, EGMEA의 동시분석에서 탈착률 및 저장안정성 및 EGMEA의 실험실간 정밀도 비교. 산업보건(대한산업보건협회); 2001(10월호). (34-44쪽)

김경란, 백남원. 활성탄관에 포집된 극성

유기용제의 탈착효율에 관한 연구. 한국산업위생학회지 1995; 5(1): 104-118

김광중, 김정철. 산업공정별 사용되는 신나중 Ethylene Glycol Ethers의 구성성분 및 노출평가. 한국산업위생학회지 1999; 9(1): 112-124

손연주, 김현욱. 활성탄관에 포집된 극성 및 비극성 유기용제 분석시 탈착용매 종류에 따른 탈착효율 비교. 한국산업위생학회지 1997; 7(1): 3-18

노동부. 화학물질 및 물리적 인자의 노출기준(고시 제 2002-8호). 노동부, 2002

Beck SW, Stock TH, Whitehead LW. Improved efficiency of desorption of oxygenated solvents from activated charcoal using a new polar additive to carbon disulfide. Appl Occup Environ Hyg 1990; 5(3): 171-177

Fracchia ML, Pierce L, Graul R, Stanly R. Desorption of solvents from charcoal collection tubes. Am Ind Hyg Assoc J 1977; 38: 144-146

Johansen I, Wendelboe JF. Dimethylformamide and carbon disulfide desorption efficiencies for organic vapors on gas-sampling charcoal tube and analyses with a gas chromatographic backflush technique. J Chromatogr 1981; 217: 317-326

NIOSH Criteria for a Recommended Standard: Occupational Exposure to Ethylene Glycol Monomethyl Ether, Ethylene Glycol Monoethyl Ether, and Their Acetates, September 1991, DHHS (NIOSH) Publication No. 91-119

NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) Manual of Analytical Methods(NMAM). 4th ed Method No. 1450 NIOSH. Cincinnati, OH, 1994a

NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health(NIOSH) Manual of Analytical Methods(NMAM). 4th ed Method No. 1451 NIOSH. Cincinnati,

- OH, 1994b
- OSHA. Occupational Safety and Health Administration(OSHA) Analytical Methods Manual #53, 1985
- OSHA. Occupational Safety and Health Administration(OSHA) Analytical Methods Manual #07, 1989
- OSHA. Occupational Safety and Health Administration(OSHA) Analytical Methods Manual #79, 1990
- Posner JC, Okenfuss JR. Desorption of organic analytes from activated carbon. I. Factors affecting the process. Am Ind Hyg Assoc J 1981; 42(9): 643-646
- Rudling J. Simple model based on solubility parameters for liquid desorption of organic solvents adsorbed on activated carbon. J Chromatogr 1986; 362: 175-185