

글래스 파이버 필터를 이용한 가스상 황화합물들의 여과제거특성 비교연구

김기현* · 최여진

세종대학교 지구환경과학과

(2005. 10. 12. 접수, 2006. 2. 2. 승인)

A test of the filtering efficiency of glass fiber filter against atmospheric sulfur gases

K. H. Kim* and Y. J. Choi

Dept. of Earth & Environmental Sciences, Sejong University, Seoul, Korea.

(Received October 12, 2005, Accepted February 2, 2006)

요약 : 본 연구에서는 필터를 이용하여 가스상 황화합물들을 필터 방식으로 제거하는 특성을 비교·분석하고자 하였다. 이를 위해, 이산화황으로 대표되는 산화황화합물과 황화수소를 위시한 5가지 환원황화합물 (H_2S , CH_3SH , DMS , CS_2 , 와 $DMDS$)을 동시에 함유한 표준가스를 준비하였다. 그리고 이 가스를 연구대상으로 정한 글래스파이버 필터에 흘려주면서, 필터 통과 유무에 따른 농도차를 분석하였다. 이러한 자료를 토대로 황성분들의 제거특성을 각각의 황성분에 대비하여 해석하였다. 그 결과에 의하면, 이산화황은 필터에 의해 거의 완전하게 제거되지만, 환원황성분들은 각자의 반응성에 따라 상당히 차별화된 결과를 보였다. 반응성이 가장 강한 황화수소는 60% 가까이 제거되었다. 그러나 이에 반해, 분자량이 큰 성분들(DMS , CS_2 , $DMDS$)은 필터에 제거되지 않고 거의 통과하는 것으로 나타났다.

Abstract : In this study, the filtering characteristics of sulfur gases were investigated from a number of respects. For the purpose of this study, a standard gas containing a single oxidized S (SO_2) and five reduced S compounds (RSCs) including H_2S , CH_3SH , DMS , CS_2 , and $DMDS$ was prepared. After flowing this standard gas through a glass fiber filter, its removal efficiencies were examined by comparing the concentrations between prior to and after its passage. The results indicated that almost complete removal of SO_2 was achieved by this filtering, while the patterns for RSCs were distinguished by such factors as molecular weight or reactivity. It was found that about 60% of the most reactive RSC, H_2S was removed by filter, while the heavy RSC generally showed removal rate of about 5% or less.

Key words : sulfur dioxide, reduced sulfur compounds (RSC), H_2S , removal, glass fiber filter

★ Corresponding author

Phone : +82-02-499-9151 Fax : +82-02-499-2354

E-mail: khkim@sejong.ac.kr

1. 서 론

황화합물은 여러 가지 배출원을 통해 대기환경으로 배출되는 중요한 대기오염물질으로 간주할 수 있다. 연료의 연소와 같이 인위적인 활동을 통해 이산화황과 같은 산화황 화합물이 대량으로 배출되고, 이는 대기질 저하에 일조한다.¹ 산화된 황화합물들과 유사하게 여러 가지 산업시설물들 또는 생산활동의 부산물로서(악취민원의 중요한 대상으로 간주되는) 황화수소를 위시한 환원황 계열의 화합물들이 대량으로 배출된다.² 대기로 배출된 황성분이 어떤 수준의 산화도를 띠거나 또는 어떤 화합물의 형태를 유지하는가에 상관없이, 이들 황계열 물질들이 대기 중에서 고농도로 존재하는 상황은 대기질이 상당히 나쁘다는 것을 의미한다. 따라서, 이들을 적절한 수준 이하로 제어 또는 제거할 수 있는 기술을 확보하는 것은 청정대기를 구현하기 위한 가장 기본적인 전제 조건으로 간주되기도 하였다. 이러한 화합물들의 대기 배출을 억제하기 위한 가장 보편적인 수단은 대체로 이러한 화합물들을 과량으로 함유하는 연료들을 사용전에 미리 제거해 주는 방식으로 접근하였다. 실제로 그러한 개념을 이용하여, 청정 연료의 생산에 필요한 여러 가지 청정기술이 개발되거나 발전하였다.

환경시료의 분석에서 황계열 성분들을 취급하는 작업은 여러 가지 세심한 주의를 요구하는 것으로 잘 알려져 있다. 특히 반응성이 강한 황성분들의 특성으로 인해 이들을 안정적으로 채취하거나 분석하는 작업은 대단히 높은 수준의 분석기술을 요구한다.³ 이러한 취급상의 기술적인 어려움으로 인해, 황성분의 채취와 분석에 관련된 주제는 다수의 분석 전문가들에게 상당히 중요한 연구주제로 다루어져 왔다.^{4,5} 본문에서는 본 연구진이 장기간 축적한 황계열 화합물들에 대한 분석기술을 이용하여, 이들 성분의 제어특성을 보다 상세하게 정의할 수 있는 기초자료의 확보를 꾀하였다. 이러한 연구목적을 달성하기 위하여, 여러 가지 가스상 황성분들을 대상으로 정하여 동시에 필터링 기법을 적용하고, 이를 바탕으로 개별 황화합물들의 상대적 및 절대적 필터링 특성을 평가해 보고자 하였다. 이러한 정보는 향후 황성분들에 대한 채취/분석은 물론이고 이들의 제어기술에 보다 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

2. 연구방법

2.1. 분석시스템의 구성

본 연구진은 다양한 농도대에 존재하는 황성분들을 분석하기 위해, GC/PFPD 방식에 다음과 같이 두 가지 응용분석기법 중의 하나를 활용하였다. 배출원과 같은 고농도 시료의 분석은 루프에 직접 주입하는 고농도 모드 방식을 이용하고, 환경대기로부터 확보한 저농도 시료의 분석은 저온농축과 열탈착을 조합한 분석기법을 활용하였다. 본 연구에서는 필터링 효과를 면밀하게 분석하기 위하여, 다음과 같은 분석장비들을 연계하여 활용하였다. 가장 먼저, 우수한 감도로 황성분을 검출하는데 적합한 것으로 알려진 PFPD(O.I. Co., Model 5380) 방식의 검출기를 장착한 GC 시스템(Donam Instruments, Model DS 6200)이 있다. 저농도 황시료의 분석을 위해, 영국 마커스 사(Markes, LTD, UK)의 시료분배 시스템인(air server: AS)와 저온농축(Cryofocusing: CF)을 유도할 수 있는 열탈착 시스템(thermal desorption: TD)을 결합한 AS/TD 시스템을 활용하였다.⁶ 본 연구의 경우, 석영관 내부에서 탈착된 황성분의 저온농축을 위해, Carbopack B와 Silicagel를 흡착제로 충전한 콜드트랩(cold trap)을 사용하였다.⁶ 이 콜드트랩은 액체질소 대신 -15°C 수준에서 전기냉각(Peltier cooling: PC) 방식으로 황성분의 저온농축을 유도한다. 저농도 모드에서는 석영관으로부터 탈착된 시료를 TD에 유입시킨 상태에서, 황성분의 분석을 유도하였다. 검량방식 등에 대한 세부적인 정보는 아래에 제시하였다.

2.2. 시스템의 운용 및 표준/작업용 시료의 준비

본 연구에서는 연구목적에 맞게 가급적 많은 비교대상을 활용하기 위하여, 이산화황(SO_2)를 포함한 산화황 계열 화합물 및 5가지 환원황(H_2S , CH_3SH , DMS , CS_2 , DMDs)을 포함하는 총 6가지의 황 화합물들을 동시에 비교 대상으로 설정하였다. 본 연구는 일반적으로 많은 실험실에서 여러 가지 고체물질들을 걸러내기 위해 사용하는 글래스 파이버 필터(47 mm, Type A/E, Pall Corp., US)를 이용하여, 이들 6가지 가스상 황성분들이 필터링되는 특성을 상대적 및 절대적 관점에서 비교하고자 하였다.

본 연구의 목적상 가스상 성분에 대한 필터링 효과를 비교하기 위해, 글래스 파이버 필터를 주 분석대상으로 설정하였다. 필터링 실험을 위한 표준가스는 다

음과 같이 준비하고 실험에 이용하였다. SO₂는 18.4 ppm의 원농도를 가진 표준시료를 준비하였다. 그리고 다섯 가지 환원황성분들은 모두 10 ppm 대의 등농도를 가진 표준시료를 이용하였다. 이들 시료를 각각 1000배 수준으로 희석한, 작업용 표준시료를 준비한 후, 개별 성분들의 검량선을 작성하는 데 직접 활용하였다. 필터링의 효과를 분석하기 위해, 위의 작업용 표준시료를 이용하여 다음과 같이 두 가지 방식으로 개별 성분들에 대한 검량선 자료를 확보하였다. 우선 필터를 장착하지 않은 상태에서 모든 개별 성분들에 대한 검량을 시도하였다. 그리고 곧 바로 시료를 적절한 수준으로 공급하는데 사용하는 AS라인 상에 글래스 파이버 필터를 장착한 필터팩을 연결한 후, 앞의 실험과 동일한 수준의 표준시료를 통과시켜 주는 방식으로 검량 자료를 확보하였다. 결과적으로 이렇게 두 가지 방식으로 구한 검량자료는 AS 라인상에 필터팩의 존재 유무에 의한 효과를 직접적으로 비교하는데 활용할 수 있다. 이와 같은 구성에서는 극저농도의 황성분들이 함유된 시료를 분석에 적절한 용량만큼 AS를 통과시키고, 또한 cold trap에 유입시켜 주므로서, 효과적인 저온 농축을 유도할 수 있다. Cold trap에 시료를 유입시켜 주면, -15°C에서 저온농축을 유도하고, 그 다음 단계에서는 cold trap을 350°C 수준으로 5분간 열탈착시켜 주었다. 이를 다시 GC의 칼럼으로 이송시키고 PFPD검출기로 황 성분을 분석을 하였다. 이 때 GC분석은 100°C에서 5분 유지한 다음 분당 6°C씩 상승시켜서 200°C로 올려 주는 방식으로 20분 동안 순환하여 진행하였다.

분석에 활용한 PFPD검출기는 황 화합물의 연소를 pulse 형태로 전환하기 때문에, 연소를 통해 발생하는 불꽃의 체류시간(lifetime)을 연장시키는 것이 가능하다. 이때, 황화물의 고유 파장영역에서 빛의 검출 및 증폭을 통해 신호를 얻고, 이를 데이터 수집 프로그램에 전달하므로써 크로마토그램을 생성한다. Pulse를 이용한 PFPD는 기기의 감도 측면에서 일반 FPD보다 대략 10~100배 이상 더 뛰어난 감도를 보이는 것으로 알려져 있다. 분석대상 시료의 성분 분리를 위해 BP-1칼럼(60 m×0.32 mm, 1.8 μm)을 사용하였다

필터링의 효과에 대한 수준을 비교하는 실험은 저농도 황성분의 선농축 방식의 분석에 활용하는 열탈착 기기와 연계된 시스템을 활용하였다. Markes 열탈착기의 Air Server(AS) 유닛과 연결하였다. 그리고 AS에 석영관을 연결시킨 후, 석영관 뒤에는 다시 초순수 질소로 충전한 테들러 백을 연결해 주었다. As

Table 1. Preparation of working standards and selection of calibration points.

[1] Preparation of working standards for GC/PFPD analysis

Chemical	Primary STD	Dilution Factor	Working STD	
	(ppm)		(ppb)	mol m ⁻³
SO ₂	18.4	1000	18.4	0.765
RSC	10.3	1000	10.3	0.428

[2] Calibration points and absolute quantities of compounds to be analyzed*

Calibration Points ¹	Time (min)	Total volume (ml)	Quantity supplied (pmol)	
			RSC	SO ₂
1	1	50	21.4	38.3
2	2	100	42.8	76.5
3	5	200	85.7	191
4	10	400	171	383
5	15	600	257	574

*All flow rates for delivering working standards are maintained at 50 ml min⁻¹.

¹Calibration of 1st to 5th points are made after passing working standards into a glassfiber filter

**RSC: Reduced sulfur compounds (H₂S, CH₃SH, DMS, CS₂, and DMDS)

에 내장된 MFC를 Table 1에 제시한 것과 같이 다양한 유량과 시간대로 조절해 주므로서, 튜빙에 흡착된 황성분의 탈착을 유도하였다. 이러한 방식으로 에어서버 유닛을 가동할 경우, 튜빙 속의 섬유에 흡착된 황성분을 자연스럽게 물리적인 탈착을 유도할 수 있다. 또한 AS에 의해 물리적으로 탈착이 이루어진 황성분들은 다시 열탈착 시스템 내부로 유입됨으로써, 펠티어 콜러에 의한 저온농축 단계를 거친 후 GC/PFPD에 의해 검출이 이루어진다.

본 검출방식의 성능을 평가하기 위한 가장 기본적인 척도로 검출한계를 우선적으로 추정하였다. 시료 분석시 noise로부터 구분이 가능한 최소의 signal을 확보한 후, 이 수치를 검량선에 대입하여 산출된 농도로부터 계산하였다. 연구기간 동안 발견한 기기의 검출한계는 절대 질량단위로 5가지 성분의 검출한계를 비교해 보면, H₂S 1 pg, CH₃SH 14 pg, DMS 11 pg, CS₂ 5 pg, DMDS 10 pg대의 검출한계를 보이는 것으로 나타났다. 이것을 800 ml 시료량의 기준으로 삼을 경우, H₂S 17 ppt, CH₃SH 8 ppt, DMS 5 ppt, CS₂ 2 ppt,

Table 2. Comparison of the actual calibration data sets obtained with and without filtering.

[1] Normal calibration

A. SO ₂			B. RSC					
Calibration Point	pmol	Peak area SO ₂	pmol	Peak area				
				H ₂ S	CH ₃ SH	DMS	CS ₂	DMDS
1	38.3	334,429	21	84,748	121,012	101,347	334,815	218,862
2	76.5	672,314	43	212,108	327,804	317,823	839,363	569,470
3	191	1,835,806	107	602,489	1,021,800	1,069,150	2,273,690	1,820,290
4	383	2,738,066*	214	1,142,620	2,193,660	2,471,030	4,486,770	4,081,470
5	574	3,271,326*	321	883,508*	3,191,840	4,030,700	4,914,260	6,468,020

*Calibration data obtained after inflection occurred.

[2] Calibration via glassfiber filter

A. SO ₂			B. RSC					
Calibration Point	pmol	Peak area SO ₂	pmol	Peak area				
				H ₂ S	CH ₃ SH	DMS	CS ₂	DMDS
1	38	6,002	21	36,750	101,003	107,584	319,390	186,281
2	77	4,257 *	43	85,263 *	256,036	293,058	764,213	488,963
3	191	7,498 *	86	289,263 *	908,583	1,021,340	2,401,390	1,887,660
4	383	6,268	171	416,380 *	2,042,510	2,550,470	4,413,730	4,237,380
5	574	10,949	257	373,682 *	2,524,550	3,702,490	4,584,150	5,935,990

DMDS 4 ppt에 가깝다. 또한 표준 시료를 최소량으로 주입하여 7회 반복 분석하여, RSD(Relative standard deviation, %)값을 이용하여 정밀도를 산출하였다. 그 결과, 5가지 성분들은 각각 5.2, 4.5, 3.7, 1.6, 9.3% 내외의 정밀도를 취하는 것으로 나타났다(Table 1).

2.3. 비교실험의 방법

앞서 언급한 바와 같이 총 6가지 황화합물이 필터에 의해 얼마만큼 또는 어떠한 수준으로 걸리지는가를 비교하기 위한 연구를 다음과 같은 방법으로 진행하였다. Table 1에 제시한 것과 같이 최초로 10-20 ppm 수준의 두 가지 원표준시료를 희석하여, 각각 성분들의 농도를 1000배 희석한 작업용 표준시료를 준비하였다. 이들 시료는 모두 AS에 장착된 MFC의 유속을 50 ml min⁻¹으로 고정해 주었다. 그리고 1, 2, 5, 10, 15분 동안 TD로 흘려 주는 방식으로 5개의 비교 검량점을 확보하였다. RSC의 경우, 5가지 성분 모두가 10.3 ppm의 등농도인 상태이다. 따라서 위와 같이 5 단계로 시료의 주입시간을 조절할 경우, 표의 하단부에 제시한 것과 같이 21.4, 42.8, ..., 257 pmol에 해당

하는 양을 주입한 것을 의미한다. 반면 개별적인 농도를 유지한 SO₂의 경우, 38.3에서 574 pmol에 해당하는 양을 주입한 것에 해당한다. 그리고 이 시료를 이용하여, Table 2에 제시한 바와 같이 필터의 장착 유무에 상관없이 모두 동일하게 5점 검량을 시도하였다.

3. 결과 및 토론

Table 2에는 글래스 파이버 필터의 장착 유무를 기준으로 총 6가지의 비교 대상 성분들에 대한 검량특성을 비교하였다. 표의 상단에는 필터를 거치지 않은 정상적인 조건에서 확보한 검량선의 피크면적 값들을 나열하였다. 이 결과로부터 확보한 검량선들은 Fig. 1에 제시하였다. 특히 5가지의 RSC 성분들에 대한 결과는 Fig. 1의 상단에 제시하였다. 그리고 이산화황의 결과는 황화수소와 함께 별개의 그림으로 Fig. 2에 분리하여 제시하였다. 환원황화합물들의 경우, 일반적으로 볼 수 있듯이, 이들 성분의 반응성 또는 분자량과 같은 인자의 변화를 잘 반영하는 방향으로 기울기의

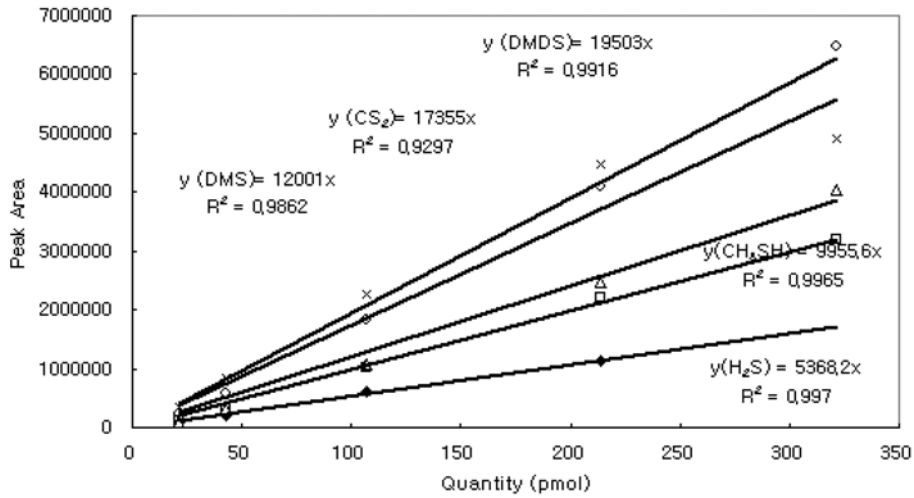


Fig. 1. Relative sensitivity of different reduced sulfur compounds (RSCs) is compared by calibration curves obtained using a standard gas containing 5 RSCs at equimolar concentrations.

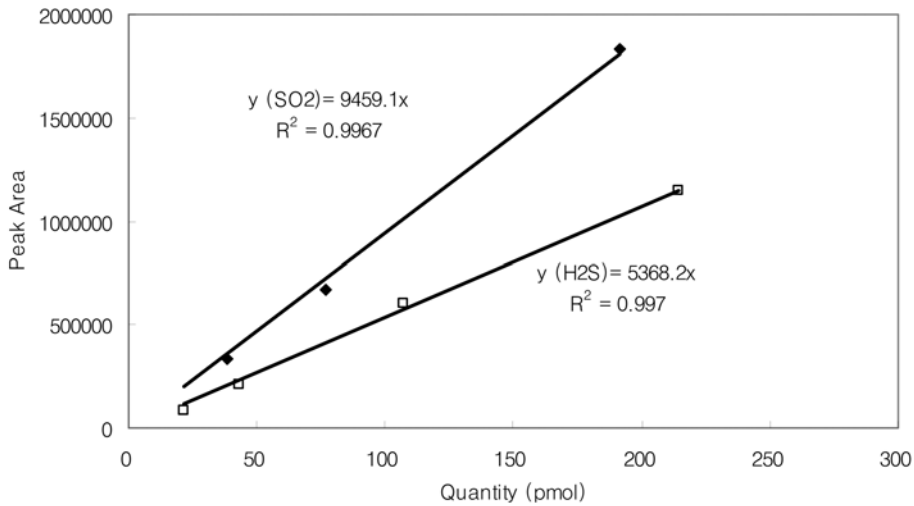


Fig. 2. Comparison of relative sensitivity between H₂S and SO₂ by their respective calibration curves.

크기가 증감하는 경향을 확인할 수 있다. 예를 들어, 분자량이 작은 황화수소는 비교대상이 되는 여타 황계열 성분들에 비해 상대적으로 가장 반응성이 크기 때문에 열탈착 시스템 또는 루프와 같은 분석시스템 내부에서 쉽게 손실이 일어난다. 반면 분자량이 크고 반응성이 낮은 DMDS는 쉽게 손실이 일어나지 않는다. 따라서 감도의 경향을 반영하는 기율기 값의 크기 만으로도 비교 대상이 되는 여러 가지 황성분들이 시료의 채취단계나 시스템 내부의 반응 등에 의해 손실이 일어나는 가의 유무를 간접적으로 평가할 수 있다. 실제로 다수의 선행연구에서 일관적으로 확인한 바와

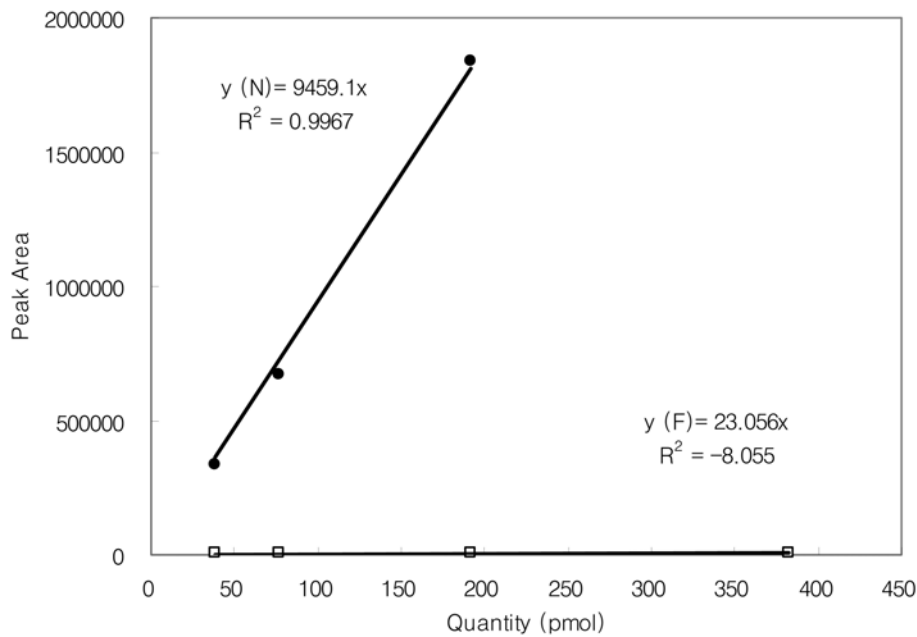
같이 다음과 같이 차별화된 경향을 볼 수 있다.³ 가장 반응성이 강한 황화수소가 5368의 기율기 값을 보인데 반해, 두 개의 황분자를 가지며 상대적으로 반응성이 낮은 CS₂와 DMDS가 각각 17,355와 19,503으로 가장 큰 기율기 값을 기록하였다. Fig. 2에 제시한 SO₂의 결과를 보면, H₂S보다 기율기가 크고, CH₃SH의 기율기 값에 가까운 9459를 기록한 것을 알 수 있다. 결과적으로 단순히 기율기값을 대조할 경우, 이산화황의 결과는 멀캅턴 류에 가까운 반응성을 유지할 것이라는 점을 파악할 수 있다.

Table 2의 하단에는 필터를 장착한 상태에서 앞서

Table 3. Percent differences in calibration slope values obtained between prior to and after filtering.

Slope	SO ₂	H ₂ S	CH ₃ SH	DMS	CS ₂	DMDS
Normal	9,459	5,368	9,956	12,001	17,355	19,503
Filtering	23	2,089	8,344	11,421	16,670	18,677
PD	99.8	61.1	16.18	4.83	3.95	4.24

*PD=percent difference

Fig. 3. Comparison of SO₂ calibration curves: one drawn under normal (N) condition vs the other after passing glass fiber filter (F).

일반적인 조건에서의 실험과 마찬가지로 동일한 포인트에서 검량선을 구하기 위한 분석을 반복하였다. 일부 성분들의 경우, 검량 자료의 경향이 현저하게 다르게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이들 결과는 Fig. 3과 Fig. 4에 성분별로 분리하여 제시하였다. 우선 Fig. 3에는 SO₂를 대상으로 필터를 장착하지 않은 정상적인 상태 (normal: N)과 장착한 상태 (filtered: F)를 구분하였다. 그리고 Fig. 4에는 모든 RSC 성분들의 결과를 이와 같은 방법으로 비교할 수 있게 제시하였다. 이 결과에 의하면, 산화황 성분과 환원황 성분의 필터링 효율에는 상당히 큰 차이가 존재한다는 것을 시사한다. SO₂의 경우, 필터를 통해 cold trap으로 유입된 거의 모든 부분들이 이미 필터에 의해 걸러졌다는 것을 볼 수 있다. 반면 RSC의 경우, 성분별로 큰 차이가 존재한다는 것을 알 수 있다.

Table 3에는 필터의 통과 전후 시점에 각각으로 구한 검량선 기울기를 이용하여, 다음과 같이 제어효율을 산출하였다.

$$\text{Filtering Efficiency} = \frac{\{\text{slope (before filtering)} - \text{slope (after filtering)}\}}{\text{slope (before filtering)}}$$

이처럼 간단한 수식을 이용하여 제어효율로 산출하면, SO₂가 99.8% 수준으로 거의 완전하게 필터에 의해 걸러진다는 것을 알 수 있다. 반면 환원황 계열 화합물들은 반응성에 따라서 큰 차이를 보이는 것으로 나타난다. 가장 반응성이 큰 것으로 알려진 H₂S는 61%, 그 다음으로는 CH₃SH가 16% 가까이 필터에 의해 제거되는 것으로 나타났다. 반면 반응성이 낮고 무거운 성분들로 볼 수 있는 DMS, CS₂, DMDS와 같은 성분들은 필터에 의한 제거율이 5% 이내인 것으로

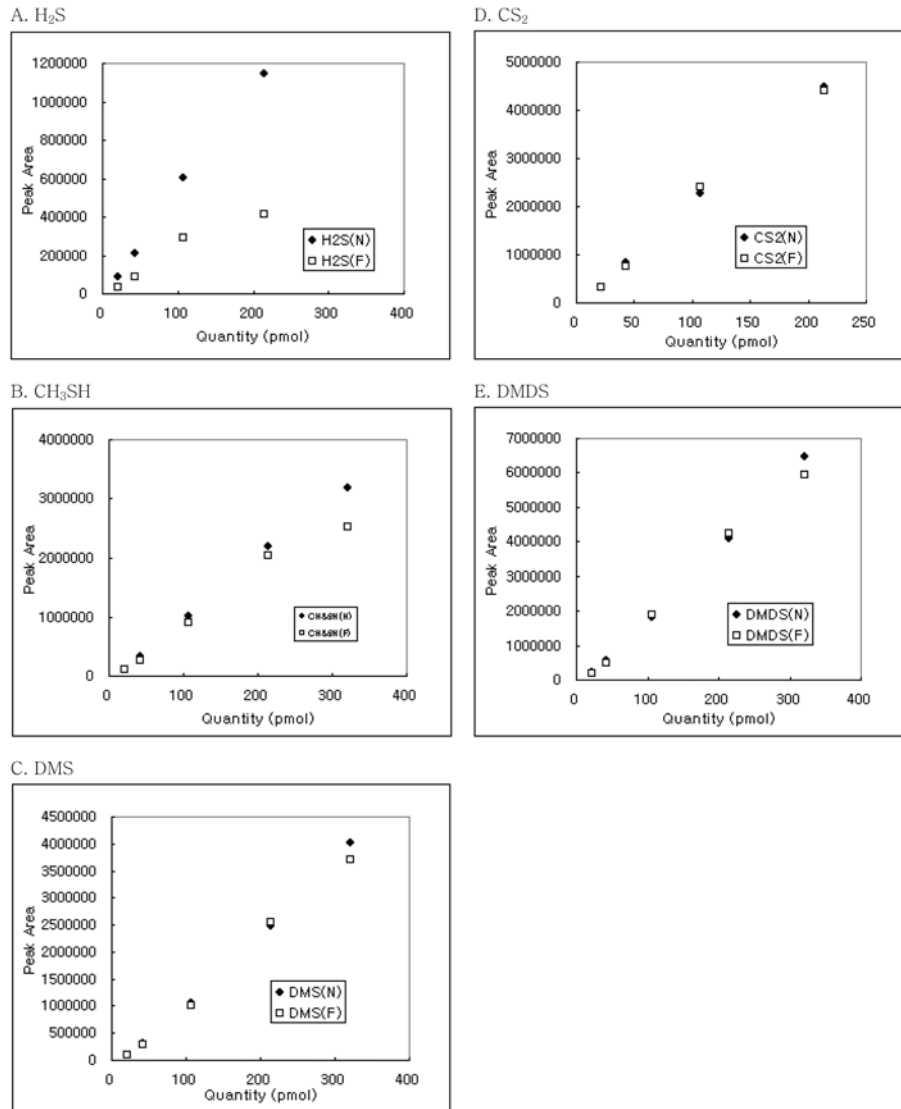


Fig. 4. The effects of glass fiber filtration on RSC calibrations. Results are compared with and without filtration step.

나타났다. 실제로 Fig. 3과 4에 나타난 이들의 제거경향은 수치적으로 계산한 제거율과 어느 정도 유사한 경향성을 보이는 것을 알 수 있다. Fig. 3의 결과를 보면, AS로 통과시켜준 거의 대부분의 SO₂가 필터에 의해 걸러지는 것을 확인하게 볼 수 있다. 그러나 Fig. 4에 나타난 것과 같이 RSC 들의 결과를 보면, 확연하게 고농도대에서 이러한 제거반응이 시작되는 것을 알 수 있다. 물론 저분자의 황성분들의 경우, 그러한 반응이 더 빨리 시작되고, 또한 더 효율적으로 일어나게 하는 것을 알 수 있다. H₂S의 결과에서 확인

할 수 있듯이 필터에 접촉하는 이들 성분의 농도대가 증가할수록, 제거효율이 지수함수의 형태로 증가하는 경향을 볼 수 있다. Fig. 4의 결과를 자세히 보면, 이러한 반응의 정도 차이는 성분들의 분자량에 적정 수준 비례하는 것과 같은 경향을 볼 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 여러 가지 황성분을 함유한 작업용 표준가스를 필터에 통과시켜 주는 방법으로 이들 황

성분들이 필터에 의해 제거되는 특징을 비교하고자 하였다. 글래스 파이버 필터를 황성분의 제거성능을 검정할 수 있는 기준 필터로 설정한 후, 5가지 환원황 성분들(H_2S , CH_3SH , DMS , CS_2 , $DMDS$)과 산화황 성분인 SO_2 를 동시에 필터에 접촉시키는 방식으로 비교하였다. 개별 성분에 대해 필터가 없는 조건에서 분석 시스템을 가동하여 검량자료를 확보하고, 다시 분석 시스템에 필터를 장착한 조건에서 비교목적의 검량분석을 시도하였다. 이렇게 구한 두 가지 조건의 검량자료를 이용하여, 개별 황성분들이 필터에 어떻게 제거되는가를 정량적으로 비교분석해 보았다. 본 연구의 실험조건에서 SO_2 는 거의 전량(99.8%)이 필터에 의해 제거되는 것으로 나타났다. 반면, 환원황 성분들은 그 정도로 크게 제거되지는 않았지만, 대개 반응성에 따라 제거되는 정도가 차별화되었다. 가장 반응성이 강한 황화수소가 60% 이상 제거되고, 그 다음에 메틸메르캡틴이 16% 가까이 제거되었다. 그러나 나머지 고분자량을 지닌 성분들은 5% 이상 제거되지 않았다.

이러한 연구의 결과는 두가지 관점에서 유용한 정보를 제공하고 있다. 먼저, 채취 및 분석의 관점에서 보면, 산화방식의 대기배출제어시설의 경우 SO_2 와 같은 산화물질들이 대량으로 배출된다. 이러한 배출가스 시료에 함유되어 있는 다량의 SO_2 성분은 이보다 훨씬 낮은 수준의 농도로 존재하는 환원 황화합물들의 검출에 큰 방해요인으로 작용하게 된다. 따라서, 본 연구를 통해 확인한 여과방식을 활용하면, 이들 성분의 분리 및 분석에 곧바로 적용하는 것이 가능하다. 그러므로, 시료채취시스템의 전단이나 분석기기의 전단에 글래스 파이버 필터를 사용하여 SO_2 를 쉽게 제거시켜 준 상태에서의 나머지 황화합물의 분석을 시도하는

것이 가능할 것이다. 제어기술의 관점에서 보면, 대기 배출시설의 후단에 본 연구에서 사용한 필터와 같은 재질들로 구성된 여과방식을 적용한다면 SO_2 의 효과적인 선별에 큰 효과를 줄 것이라 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구의 일부는 학술진흥재단의 선도과학자 연구사업(KRF 2005-201-C00045)의 지원으로 이루어졌습니다.

참고문헌

1. H. T. Nguyen and K.H. Kim, Changes in SO_2 Concentration from major Cities and Provinces in Korea: A Case Study from 1998 to 2003. *J. Korean Atmospheric Environment*, In Press.
2. 최여진, 전의찬, 김기현, 반월공단의 대기배출시설을 대상으로 한 악취성 황화합물의 측정과 배출특성에 대한 연구. 한국대기환경학회, 게재예정.
3. K.-H. Kim, *Atmospheric Environment* 39(12). 2235 (2005a).
4. M. Sulyok, C. Haberhauer-Troyer, E. Rosenberg and M. Grasserbauer, *Journal of chromatography A*, 917, 367 (2001).
5. M. Sulyok, C. Haberhauer-Troyer and E. Rosenberg, *Journal of chromatography A* 946, 301 (2002).
6. K.-H. Kim, *Environmental Science and Technol.* 39(17). 6715 (2005b).