

대기중의 암모니아 및 암모늄염의 필터포집법에 관한 연구

金熙江[†] · 橋本芳一 · 李龍根*

日本 慶應義塾大學 理工學部 應用化學科

*延世大學校 理科學 化學科

(1981. 11. 9 접수)

Study on the Filter Collection Methods of Ammonia and Ammonium Salts in the Atmosphere

Hui Kang Kim[†], Y. Hashimoto and Yong Kuen Lee*

Department of Applied Chemistry, Keio University, Yokohama 223, Japan

*Department of Chemistry, Yonsei University, Seoul 120, Korea

(Received, Nov. 9, 1981)

요약. 대기중의 암모니아가스와 암모늄염의 필터포집법에 관하여 연구하였다. 표준가스 발생장치로 발생시킨 암모니아가스를 3% 붕산-25% 글리세린 혼합액이 스며든 유리섬유 필터에 포집하였다. pH 조절법으로 발생시킨 암모니아가스와 대기중의 암모니아를 5회씩 포집하여 측정된 결과 포집효율은 각각 $96.4 \pm 2.15\%$ 와 $97.4 \pm 1.06\%$ 였다. 시판되는 유리섬유 필터 및 Polycarbonate 필터에 대하여 암모니아가스의 흡착 및 탈리현상을 검토한 결과 유리섬유 및 석영 섬유 필터에서는 암모니아가스의 흡착과 약간의 암모늄염이 탈리되었으나, Polycarbonate 필터는 대기중의 암모늄염을 포집하는데 적합한 것으로 판단되었다. 지름 47 mm의 필터에 20 l/min의 유량으로 60분동안 대기를 포집하여 인도페놀법에 의한 분광광도법으로 측정 할 경우, 측정가능한 암모니아가스의 최저농도는 0.83 ppb(약 $0.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$)이다. 이 방법은 종래의 용액포집법에 의한 분광광도 측정법에 비하여 감도가 20배나 높으므로 대기중의 암모니아 농도의 변화를 단시간(약 60분)내에 측정할 수 있다.

ABSTRACT. Filters were evaluated to use in the collection of ammonia and ammonium salts in the atmosphere. Ammonia from standard gas generator was collected on a glass fiber filter impregnated with a mixture of 3% boric acid and 25% glycerin. The collection efficiency by the impregnated filter was $96.4 \pm 2.15\%$ in pH control method and $97.4 \pm 1.06\%$ in the atmosphere for five measurements, respectively. Adsorption and desorption of gaseous ammonia were compared using three commercially available filters; glass fiber, quartz fiber and polycarbonate filters. Both glass and quartz fiber filters indicated some loss of ammonium salts and adsorption of ammonia, respectively. However, polycarbonate filter was found to be satisfactory for the collection of ammonium salts in the atmosphere. The minimum measurable concentration of ammonia was 0.83 ppb (ca. $0.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$) by spectrophotometry of the indophenol method for the sample collected by 47mm ϕ filter (20 l/min, 60 min). The sensitivity of the present method is about 20 folds higher than that of conventional method of bubbler collection followed by spectrophotometry, so that this method makes it possible to measure the variation of ammoniacal concentrations in the atmosphere for a short time period of about 60 min.

1. 서 론

환경대기중의 암모니아는 매우 낮은농도(약 6 ppb)로 존재한다. 종래의 impinger를 사용한 용액흡수법은 공기의 흡입유량이 1~2 l/min이므로 인도폐놀법으로 분석하려면 장시간(7~8 시간)의 샘플링을 필요로 하기 때문에 포집용액이 거품이 일어, 비산하므로써 포집량에 오차를 일으킨다. 또한 산성 오염물질인 이산화황(SO₂)과 산화질소(NO_x)들과의 비교점토등의 어려운 문제점이 있다. 최근 Okita 등이 개발한 황산으로 처리한 필터(황산필터)를 사용하는 암모니아 포집방법²은 짧은 시간에 다량의 공기(20~30 l/min)를 흡입하므로써 환경대기중의 저농도 암모니아를 측정할 수 있었다. 그러나 고농도(20%)의 황산을 사용하기 때문에 황산필터를 만들 때 실내 공기중의 암모니아에 오염되기 쉽고 또한 상대습도가 높은 대기를 흡입할 경우에는 유량을 일정량으로 유지하기가 어렵게 된다.

한편, 환경대기중의 가스상 암모니아만을 포집하려던 입자상 암모늄염을 포집, 제거할 필요가 있다. 여기에 사용되는 프리필터(prefilter)는 가스상 암모니아가 흡착되지 않는것이 이상적이지만 이와같은 프리필터는 아직 개발되어 있지 않다. 따라서 대기중의 입자상 물질의 포집은 지금까지 널리 이용되어 온 유리섬유 필터 및 석영섬유 필터를 일반적으로 사용하고 있다. 그러나 최근 대기중의 2차 생성물질인 황산염 및 질산염을 포집할때 필터의 pH와 재질에 따라 그 포집량에 차가 생기며 이것은 유리섬유 필터와 같은 알칼리성(pH≒9)⁷의 필터에는 SO₂ 및 NO_x와 같은 산성가스가 흡착, 반응하여 황산염 및 질산염을 생성하기 때문인 것으로 알려져 있다³⁻⁶. 저자들은 입자상 암모늄염의 포집에 있어서도 필터의 종류에 따라 포집량에 차가 생기는 것을 알게 되었으며, 이 원인은 필터의 pH에 의하여 암모니아 가스 및 암모늄염이 흡착 또는 탈리되기 때문인 것으로 추정하였다.

본 연구는 대기중의 미량 암모니아 가스의 포집에 사용되어 온 용액흡수법과 황산필터가 갖는 문제점을 해결하기 위하여 약산인 붕산 및

옥살산과 글리세린 혼합액으로 처리한 필터에 대하여 포집효율등을 조사한 것이다. 또한 입자상 암모늄염의 포집에 적절한 프리필터를 선정하기 위하여 야외 및 실내실험을 통하여 유리섬유필터(pH≒9)⁷, 석영섬유 필터(pH≒8)⁷ 및 불활성인 Polycarbonate 필터에의 암모니아와 암모늄염의 흡착과 탈리현상을 고찰하였다.

2. 실험

2.1 장치 및 시약

필터홀더(filter holder): Satorius Co., SM-16598(유효 여과직경 43mm).

유량측정 기구: Kusano Co., flow meter FT-1/8-4-150 및 FT-3/8-4-150형.

분광 광도계: Tokyo Photoelectric Co., ANA-72형.

암모니아 표준가스: Permeation Tube 법⁸(Gastec Co., Permical Permeator PD-형)과 저자들이 개발한 pH 조절법⁹의 2가지 방법으로 만들었다.

암모니아 표준용액(0.2 μl NH₃/ml, 0°C, 760 mmHg): 황산암모늄(Wako Chem. Co.,)을 약 130°C에서 1시간 정도 달린다음 0.2950 g을 정확하게 달아 증류수에 녹여서 1 l 되게 묽히고 이용액을 0.5% 붕산-2.5% 글리세린 혼합액으로 다시 500배로 묽힌다.

3% 붕산-25% 글리세린 혼합액: 붕산 3g과 글리세린 25g을 증류수에 녹여 100 ml 되게 묽힌다.

페놀-니트로프루시드나트륨 용액: 페놀 5g과 니트로프루시드나트륨 25 mg을 물에 녹여 500 ml 되게 한다.

하이포아염소산나트륨 용액: 100/C(C는 유효염소%) ml와 수산화나트륨 15 g을 물에 녹여 1 l 되게 만든다.

모든 시약은 분석용 시약을 사용하였다.

2.2 포집용 필터

암모니아 포집용 필터의 조제¹⁰: 필터(Toyo GB-100R)를 붕산-글리세린 혼합액으로 처리하기전에 다음과 같은 전처리를하여 필터에 함유된 암모니아의 바탕시험값을 제거하였다. 유리

섬유 필터(47 mm ϕ)를 증류수에 담구어 1시간 방치한후 증류수로 충분히 씻고 전기건조기(120~130°C)에서 1시간 건조하였다. 이 필터 한장에 3% 붕산-25% 글리세린 혼합액을 1ml씩 적하하여 적신다음 매시케이더속에서 약 15시간 건조시켰다. 건조한 필터는 1장씩 비닐봉투에 넣고 사용할 때까지 완전히 밀봉하여 보관하였다. (이하 붕산 필터로 약기함).

암모늄염을 포집하기 위하여 암모니아 가스의 흡착실험에 사용한 필터는 유리섬유 필터인 Toyo GB-100R(이하 GB), 적영섬유 필터인 Pallflex Tissue Quartz 2500 QAST(이하 TQ) 및 Polycarbonate 필터인 Nuclepore (0.6 μ m pore, 이하 NP)의 3종류이며 필터의 직경은 47 mm이다.

2.3 실험조작

표준가스 발생장치로 발생시킨 암모니아 가스의 포집은 종래 사용되어온 다음의 2가지 포집법으로 비교하였다.

용액흡수법: 0.5% 붕산용액을 넣은 흡수병(inpinger) 2개를 직렬로 연결하여 암모니아 가스를 포집하였다(통기유량 매분 1L, 포집시간 30분).

필터포집법: 붕산필터를 장착한 필터홀더 2개를 직렬로 연결하여 암모니아 가스를 포집하였다(통기유량 매분 20L, 통기시간 30분).

프리필터에 대한 암모니아 가스와 흡착을 조사하기 위하여 표준가스 발생장치에서 발생된 암모니아 가스를 필터홀더에 장착한 각종필터에 통과시켰다. 각종 필터의 암모니아의 흡착에 대한 산성가스의 영향을 조사하기 위하여 SO₂ 및 NO₂ 가스를 표준가스 발생장치로 발생시킨 후 암모니아 가스와 혼합하여 각종 필터에 통과시켰다. 또한, 각종 필터에 20 ppm의 암모니아 표준용액을 적하하고 5분과 16시간후에 각각 0.5% 붕산용액으로 추출하여 각 필터의 pH에 따른 회수율의 차를 비교하였다. 그리고 야외실험에 있어서는 필터홀더 3대에 각각 NP, TQ 및 GB를 장착하여 20l/min의 유량으로 1시간씩 동시에 샘플링하고 암모늄염을 포집하여 각 필터에 대한 포집량을 비교하였다.

통기한 암모니아 농도는 pH 조절법이 0.12

ppm, permeation tube 법이 0.15ppm, 또한 SO₂는 0.47 ppm, NO₂는 0.04 ppm 이었으며, 실온(20~25°C) 및 상대습도 5~10%에서 통기실험을 하였다. 이들실험의 습도조건은 실제 대기의 상대습도보다 매우 낮으나 60~70%의 높은 상대습도하에서는 실험용기의 내벽에 실험가스가 흡착하는 등의 이유로 실험값의 오차가 컸기 때문에 여기에서는 낮은 상대습도하에서의 실험값만을 정리하였다.

암모니아 가스를 포집한 붕산필터는 0.2% 붕산용액으로 추출하고 암모늄염을 포집한 GB, TQ 및 NP 필터는 0.5% 붕산용액으로 추출하여 시료용액¹⁰⁾으로 만든다음 시료용액중의 암모니아 및 암모늄염은 인도페놀법¹¹⁾으로 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 포집시약의 인도페놀 반응에 미치는 영향

Fig. 1은 글리세린 농도가 암모니아 정색반응에 미치는 영향을 나타낸 것이다. 암모니아 농도를 1.0 μ g/ml, 붕산농도를 0.5%로 조제한후, 글리세린 농도를 0~5%까지 변화시킨 각 용액에 인도페놀시약을 가하여 발생시킨후 흡광도를 측정할 결과 글리세린 농도가 5%까지는 거의 흡광도의 변화가 없었다.

시료용액중의 암모니아 농도를 1.0 μ g/ml, 글

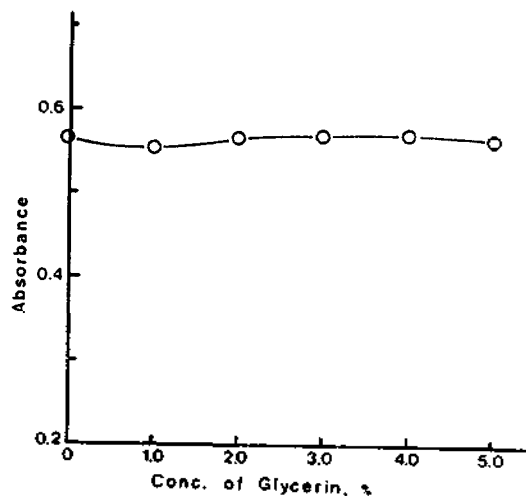


Fig. 1. Effect of conc. of glycerin on absorbance. 1.0 μ g/ml NH₃, 0.5% boric acid.

리세린농도를 2.5%로 조제한후 붕산농도를 0~0.6%까지 변화시키고 흡광도를 측정한 결과 Fig. 2에서와 같이 붕산농도가 0.4~0.6%사이에서 최고의 발색강도를 나타내었으며 또한 일정한 흡광도를 유지하였다.

Fig. 3에 옥살산농도가 암모니아의 정색반응에 미치는 영향을 나타내었다. 시료용액중의 암

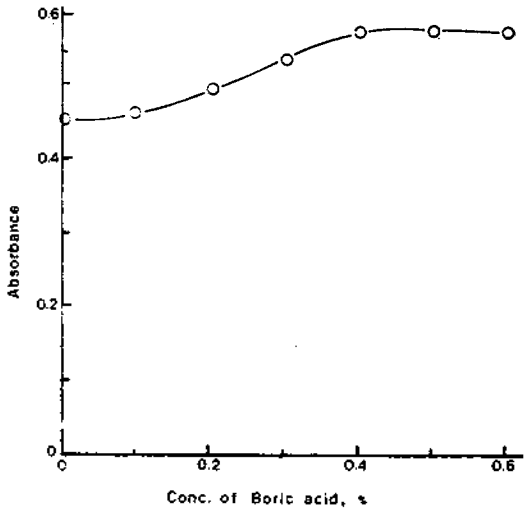


Fig. 2. Effect of boric acid on absorbance. 1.0 $\mu\text{g/ml}$ NH_3 , 2.5% glycerin.

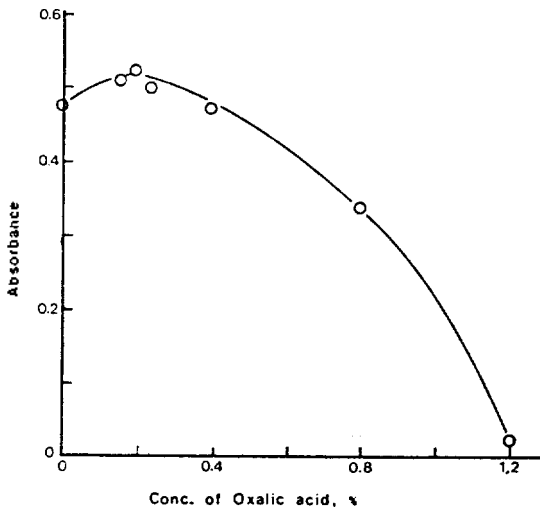


Fig. 3. Effect of conc. of oxalic acid on absorbance. 1.0 $\mu\text{g/ml}$ NH_3 , 5.0% glycerin.

모니아 농도를 1.0 $\mu\text{g/ml}$, 글리세린 농도를 5.0%로 고정시키고 옥살산농도를 각각 0~1.2%까지 변화시킨 결과 흡광도는 옥살산농도가 0.2%일 때 최고값을 나타내었으며 옥살산농도의 증가에 따라 흡광도는 급격히 감소하였다.

3.2 포집효율

Fig. 4와 같이 꾸민 실험장치를 사용하여 통기실험을 하고 포집효율(C. E. %)을 측정하여 다음식에 따라 계산하였다.

$$\text{C. E. \%} = (n_1 - n_2) / n_1 \times 100$$

여기서 n_1, n_2 는 각각 첫번째와 두번째의 필터 홀더에 장착한 필터에 포집된 암모니아의 양이다.

용액흡수법과 필터포집법에 의한 포집효율을 각각 Table 1에 나타내었다. Permeation tube 법과 pH조절법으로 발생시킨 암모니아가스의 포집효율은 용액흡수법에서 99.3 \pm 11.9%와 99.3 \pm 0.74%였고, 필터포집법에서는 각각 92.4 \pm 2.45%와 96.4 \pm 2.15%를 나타내었다. 용액흡수법이 필터포집법보다 약간 높은 포집효율을 나타낸 것은 고농도(0.15 ppm)의 암모니아가스를 환경대기중에서의 포집시간(6시간 이상) 보다 훨씬 짧은 30분간에 포집하였기 때문에 포집용액의 비산등의 실험오차가 없었던 까닭으로 생각

Table 1. Collection efficiency of NH_3 gas with bubbler and filter method.

	Permeation tube C. E. %	pH control C. E. %	Atmosphere C. E. %
Bubbler method	100	100	
	97.5	99.2	
	100	98.2	
	99.5	99.2	
	—	100	
Average	99.3 \pm 1.19	99.3 \pm 0.74	
Filter method	90.6	96.2	97.6
	92.4	99.1	97.1
	95.8	96.9	95.8
	90.6	96.6	98.2
	—	93.1	98.5
Average	92.4 \pm 2.45	96.4 \pm 2.15	97.4 \pm 1.06

$$\text{C. E. \%} = (n_1 - n_2) / n_1 \times 100$$

된다. 또한 필터포집법에서 pH 조절법이 Permeation tube 법보다 높은 값을 나타낸 것은 통기류(通氣流)중의 상대습도가 각각 20~23%와 5~10%인것으로 미루어보아 상대습도의 영향에 기인된 것으로 생각된다. 그러나 이러한 상대습도는 대기보다 매우 낮은 값이며 상대습도 50~55%인 대기에서는 97.4±1.06%의 높은 포집효율을 나타내었다. 따라서 봉산필터에 의한 암모니아가스의 포집법은 환경대기중의 암모니아 가스의 포집에 응용될수 있음을 알았다. 한편 실내의 통기실험에 있어서 3% 옥살산-25% 글리세린 혼합액으로 처리한 필터에 의한 포집효율은 93±2.02%로서 봉산필터보다 낮은 값을 나타내었다.

3.3 프리필터에 의한 암모니아 가스의 흡착

대기중의 암모늄염의 포집에 있어서 각종 필터의 pH 및 재질에 대한 차이를 알기위하여 프리필터에 3종류의 필터를 각각 장착하여 야외에서 동시에 포집한 암모늄 농도의 평균치를 Table 2에 나타내었다. 암모늄염 포집시의 유량은 20 l/min 이었다. NP에 의한 포집량은 평균 2.20 µg/m³, TQ에서는 0.66 µg/m³ 또한 GB에서는 0.19 µg/m³로서, NP>TQ>GB의 순으로 NP에서의 포집량이 제일 많았으며 필터의 종류에 따라서 포집량에 상당한 차이가 있음을 알수 있다. 이와같은 야외에서의 암모늄염 포집량의 차이는 필터의 pH 및 재질에 기인되는 것으로 추정된다.

각 필터에 암모니아 표준용액(NH₄⁺ 10 µg)을 적하하고 5분과 16시간후에 5%의 봉산용액 10ml로 암모니아를 추출하여 그 회수율을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다. 암모니아 표준용액을 적하한 5분후의 회수율은 GB에서는 5.3%였으나 TQ에서 28.7%이고, NP에서는 96.2%의 높은 값을 나타내었다. 이것은 GB(pH≅9)와 TQ(pH≅8)는 각각 알칼리성 필터이기 때문에 암모늄이온이 손실된 것으로 추정되었다. Table 4는 Fig. 4의 장치틀 이용하여 각

Table 2. Atmospheric ammonium ion concentrations collected with various filters* (µg/m³).

Run No.	NP	TQ	GB
1	6.08	1.70	0.29
2	1.94	0.70	0.30
3	1.31	0.35	0.17
4	0.98	0.35	0.17
5	0.69	0.19	0.04
Average	2.20	0.66	0.19

*47mm in diameter.

Table 3. Recovery of ammonium ion from various filters.

Filters	Recovery (%)	
	After 5 min	After 16 hrs
GB	62.7	5.3
TQ	100.0	28.7
NP	100.0	96.2

Added 10µg NH₄⁺ to each filters (47mmφ).

Table 4. Adsorption of ammonia gas on various filters (µg/47mmφ).

Filters	Materials	Amount of adsorption
TQ	Quartz	0.7±0.07
GB	Glass	0.1±0.03
NP	Polycarbonate	0.2±0.01

n=3, Flow rate: 20l/min, NH₃: 0.15 ppm.

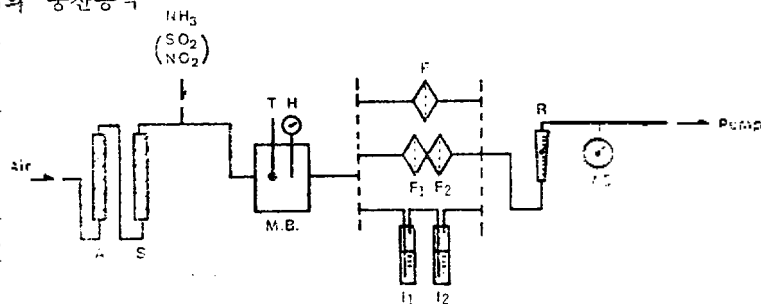


Fig. 4. Experimental apparatus. A: Active carbon; S: Silica gel; T: Temperature; H: Hygrometer; M. B.: Mixing bottle; F, F₁, F₂: Filter; I₁, I₂: Impinger; R: Rotameter; V. G.: Vacuum gauge.

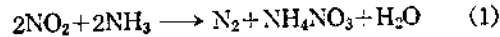
필터에 암모니아 가스만을 통기하였을때의 암모니아의 흡착량을 나타낸 것이다. 통기한 암모니아 가스는 permeation tube 법에 의하여 발생시켰으며 암모니아 가스의 농도는 0.15 ppm, 상대습도는 5~10%였다. 암모니아의 흡착량은 TQ에서는 NP 및 GB에서보다 약 4배 내지 6배 많았다. 이것은 GB가 알칼리성이며 또한 NP는 비활성의 재질로된 필터이므로 이들 필터에는 암모니아가 흡착되기 어려우나, TQ는 약 알칼티성이기 때문에 암모니아 가스의 흡착량이 많았던 것으로 생각된다.

암모니아 가스의 필터에의 흡착에 미치는 SO₂와 NO₂의 영향을 각각 Table 5에 나타내었다. SO₂가 공존할 때 암모니아 가스의 흡착량은 TQ 및 GB에서는 크게 증가하였으나 NP에서는 큰 영향을 나타내지 않았다. 암모니아 가스의 흡착량은 암모니아 가스만을 통기하였을 때보다 GB에서 약 10배, TQ에서는 약 2배로 증가하였으나 NP에서는 약간의 증가에 그쳤다.

SO₂는 GB 및 TQ 중의 알칼리 성분을 중화하는데 크게 작용하였으며 TQ는 GB보다 알칼리 성분이 약하기 때문에 제일 많은 흡착량을 나타낸 것으로 추정되었다. 반면, NP에서는 SO₂의 영향을 거의 받지 않았다.

한편, NO₂가 공존할때 암모니아 가스의 흡착량은 TQ에서는 GB나 NP보다 약 3배 많으나 암모니아 가스만을 통기 하였을 때보다는 약 1/2로 감소하였다. 반면에 NP 및 GB에서는 NO₂에 의한 영향을 거의 받지 않았음을 알 수 있다. 이와같이 TQ에서 암모니아 가스의 흡착량이 감소한 것은 Appel⁶들이 NO₂의 필터에

의 흡착실험에서 암모니아 가스가 공존하던 NO₂의 흡착량이 감소되는 실험결과와 같은 경향을 나타낸 것이다. 또한 Falk¹²들은 실온에서 NO₂와 암모니아의 반응에 의하여 질소와 질산암모늄을 생성한다고 보고하였다[식(1)].



즉, 암모니아가 산화되어 암모늄염을 생성하므로써 암모니아 가스의 흡착량이 감소되는 것으로 생각되었다. 그러나 NP 및 GB에서 NO₂의 영향이 관찰되지 않은 원인은 명백하지 않다.

4. 야외실험에의 응용

지금까지의 실내 및 야외실험을 통하여 암모니아 가스의 포집에는 봉산 필터가, 암모늄염의 포집에는 비활성인 NP가 적당한 것으로 생각된다. 따라서 2단의 필터홀더를 사용하여 1단에 암모늄염 포집용으로 NP를, 그리고 2단에는 암모니아 가스 포집용으로 봉산필터를 각각 장착하고 20l/min의 유량으로 대기를 흡인하였다. 필터홀더의 조립을 Fig. 5에, 측정 예를 Fig. 6에 각각 나타내었다.

Fig. 5의 필터홀더를 이용하여 20l/min의 유량으로 1시간동안 대기를 흡인하여 환경대기중의 암모니아 가스 및 암모늄염을 뜨집하고 필터를 20 ml의 봉산추출용액으로 추출한후, 그중 10 ml을 분취하여 인도페놀법으로 분석한 결과, 검출한지는 0.38 µg/ml이며, 따라서 정량한 농도는 0.83 ppb(약 0.63 µg/m³)가 된다. 이같은 종래의 용액 포집법에 비하여 정량한 값이 20배나 낮으며 따라서 환경대기중의 암모니아의 단시간내 측정이 가능함을 알 수 있다.

Fig. 6은 1980년 11월 4일과 5일의 2일간에 걸쳐 일본의 요코하마시의 교외에서 2시간 단위로 측정된 암모니아 가스 및 암모늄염의 농도를 나타낸 것이다. 암모늄염의 평균농도는 2.5 µg/m³, 암모니아 가스는 7.1 µg/m³를 나타냈으며 상대습도는 52%였다. 측정지점은 공업지대에 인접해 있기 때문에 비오염지대에서와 같은 일정한 경시변화(經時變化)는 나타내지 않았으며 암모늄염과 상대습도와의 사이에는 상관관계가 관찰되지 않았다.

Table 5. Effects of SO₂ and NO₂ on adsorption of NH₃ to various filters(µg/47mmφ).

Filters	Amount of adsorption	
	Effect of SO ₂	Effect of NO ₂
TQ	1.5±0.14	0.3±0.05
GB	1.2±0.07	0.1±0.02
NP	0.3±0.03	0.1±0.03

n=3, NH₃: 0.15ppm, of SO₂: 0.47 ppm, NO₂: 0.04 ppm.

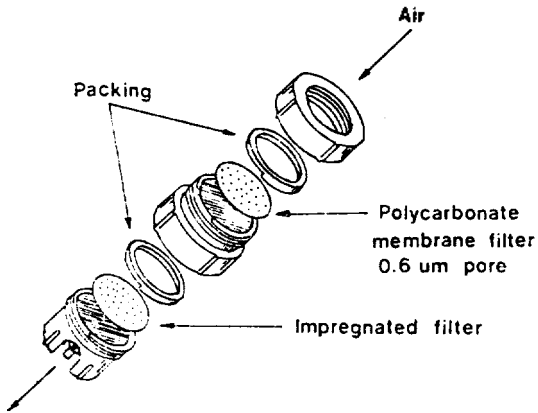
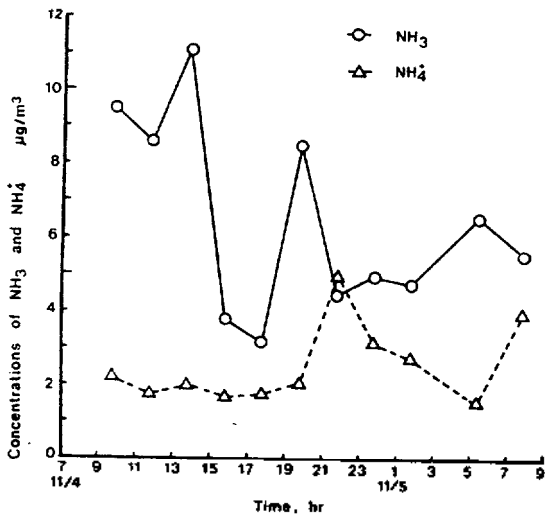


Fig. 5. Multiple filter holder.

Fig. 6. Concentrations of NH₃ and NH₄⁺ in the atmosphere.

5. 결 론

환경대기중의 암모니아를 단시간내에 필터에 포집하는 방법과 암모니아의 포집에 있어서 암모늄염 제거용의 적절한 프리필터를 선정하기 위한 실험을 하였다. 암모니아 포집용필터는 3%붕산 및 25% 글리세린으로 처리하였을 때 평균 96.4±2.2%의 높은 포집효율을 나타내었다. 또한 이들 시약들의 농도는 암모니아의 정색반응에 영향을 미치지 않았다.

암모늄염을 제거하기 위하여 유리섬유 필터, 석영섬유 필터 및 Polycarbonate 필터에 암모니

아 가스를 통기시켜 암모니아의 흡착과 탈리현상을 야외 및 실내실험을 통하여 검토한 결과 중성에 가까운 석영섬유 필터에는 암모니아가 흡착되며 알칼리성의 유리섬유 필터로부터는 암모니아가 탈리할 가능성이 관찰되었으나, 비활성인 Polycarbonate 필터에서는 이와같은 흡착과 탈리현상이 관찰되지 않았다.

이상의 실험결과에 따라 2단 필터홀더의 1단에 암모늄염 포집용으로 Polycarbonate 필터를 장착하고 2단에는 암모니아 가스 포집용으로 3%붕산-25%글리세린으로 처리한 필터를 장착하여 20 l/min의 유량으로 60분 동안 흡인하고 인도페놀법에 의한 흡광광도법으로 대기중의 암모니아 가스를 측정된 결과 종래의 용액포집법에 비하여 20배나 낮은 정량한계 값을 나타내기 때문에 환경대기중의 암모니아농도의 변화량을 단시간내 측정할 수 있었다.

인 용 문 헌

1. E. Robinson and R. C. Robbins, *J. Air Pollut. Contr. Assoc.*, **20**, 303 (1970).
2. T. Okita and Kifune, *J. Japan Soc. Air Pollut.*, **10**, 1 (1975).
3. W. P. Pierson, R. H. Hammerle and W. W. Brackaczek, *Anal. Chem.*, **48**, 1808 (1976).
4. T. Yamashita, T. Sasaki, M. Fujimura and Y. Hashimoto, *Bunseki Kagaku*, **27**, T1 (1978).
5. C. W. Spicer and P. M. Schumacher, *Atmos. Environ.*, **11**, 873 (1977).
6. B. R. Appel, S. M. Wall, Y. Tokina and M. Haik, *Atmos. Environ.*, **13**, 319 (1979).
7. R. W. Coutan, *Environ. Sci. Technol.*, **11**, 873 (1977).
8. F. P. Scaringelli, A. W. O'Keeffe, E. Rosenberg and J. P. Bell, *Anal. Chem.*, **42**, 871 (1970).
9. M. Fujii, H. K. Kim and Y. Hashimoto, *Jap. J. Pub. Health*, **24**, 543 (1977).
10. K. H. Kim, M. Fujimura and Y. Hashimoto, *J. Japan Soc. Air Pollut.*, **14**, 430 (1979).
11. M. W. Weatherburn, *Anal. Chem.*, **39**, 971, (1967).
12. F. Falk and R. N. Pease, *J. Amer. Chem. Soc.*, **76**, 4746 (1954).