

イオンクロマトグラフィーによる大気中のギ酸，酢酸，ホルムアルデヒド，アセトアルデヒドの測定

田 中 茂[®]，井 口 勝，山 中 一夫，
山 田 知行，中 尾 直人，橋 本 芳一*

(1986 年 7 月 18 日受理)

大気中のギ酸，酢酸，ホルムアルデヒド，アセトアルデヒドのイオンクロマトグラフによる定量法を検討した。吸収液として 50 ml の蒸留水を用い，直列に接続した吸収瓶で捕集した。捕集効率は，通気流量 5 l/min，4 時間の野外での測定においてほぼ 100% であった。ギ酸及び酢酸イオンのイオンクロマトグラフィーには，0.005 M 四ホウ酸ナトリウムの溶離液が最適であり，1 試料当たりの分析時間は 8 分以内であった。ホルムアルデヒド，アセトアルデヒドは，過酸化水素水とアンモニア水を添加し，それぞれギ酸及び酢酸に酸化後，定量した。低濃度レベルの試料の分析には濃縮カラムを使用した。試料注入量 5 ml の場合，ギ酸，酢酸イオン濃度 0.5 ppm における相対標準偏差は 3~5%，又，定量限界は $S/N=3$ とした場合，溶液濃度で，ギ酸イオン 0.005 ppm，酢酸イオン 0.01 ppm であった。本法により，横浜市港北区日吉及び東京都港区白金台の 2 地点で 1985 年 4 月から 12 月の期間測定した結果，大気中の濃度範囲は，ギ酸が 1.5~7.5，酢酸が 18.8~35.3，ホルムアルデヒドが 2.9~18.0，アセトアルデヒドが 5.3~18.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。又，大気採取量 1.2 m^3 の場合，本法による定量限界は，大気濃度で，ギ酸，ホルムアルデヒドは 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ，酢酸，アセトアルデヒドは 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

1 緒 言

光化学スモッグの発生以来，窒素酸化物，硫黄酸化物，炭化水素，アルデヒド及び低級カルボン酸などが大気汚染物質として注目されてきた。炭化水素やアルデヒドの酸化によって生ずる低級カルボン酸は，悪臭の原因となるばかりでなく，他の無機酸と同様に金属を腐食し，目やのどに対して刺激性を有する。大気中のカルボン酸の分析は GC によるものが多く報告されているが^{1)~3)}，水素フ列ームイオン化検出器のギ酸に対する検出感度が低いため，あまり適切な方法とは言えない。イオンクロマトグラフの電気伝導度検出器は，低級カルボン酸の検出感度が高く，ギ酸をはじめとする低級カルボン酸の定量に有用であることが報告されている⁴⁾。一方，大気中のアルデヒドを分析する方法としては，クロモトロブ酸法⁵⁾⁷⁾，アセチルアセトン法⁸⁾が一般的であるが，前処理操作が煩雑であり，最近では，2,4-ジニトロフェニルヒドラゾン試薬とアルデヒドとの誘導体をつくり LC で分

析する方法が用いられるようになった^{9)~12)}。

本研究は，ホウ酸系溶離液を用いたイオンクロマトグラフィーによりカルボン酸を直接定量し，アルデヒドは，アンモニア，アルカリ性域で過酸化水素によりカルボン酸に酸化後，定量する方法の諸条件について検討を行った。又，ギ酸，酢酸，ホルムアルデヒド，アセトアルデヒドを蒸留水を吸収液とした吸収瓶により同時捕集する方法についても検討を行った。

2 実 験

2.1 装置・器具

イオンクロマトグラフは，Dionex 製 Model 14 を使用した。分析条件を以下に示す。

分離カラム：陰イオン分離カラム HPIC AS-I，4 mm ϕ ×250 mm

除去カラム：陰イオン除去カラム ASC-2，9 mm ϕ ×100 mm

プレカラム/濃縮カラム：陰イオン分離カラム HPIC AG-1，4 mm ϕ ×50 mm

溶離液：0.0024 M 炭酸ナトリウム-0.003 M 炭酸水素ナトリウム，0.0025 M，0.005 M 四ホウ酸ナトリウム
溶離液流量：184 ml/h

* 慶應義塾大学理工学部応用化学科：223 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1

ロータリーバキュームエバポレーター: 東京理化製
TYPE V

1 ml シリンジ: ハミルトン製 Gastight #1001

5 ml シリンジ: テルモ製 Terumo Microsyping GAN
5.0

2.2 試 薬

ギ酸及び酢酸: 和光純薬工業製の特級品を蒸留水で必要濃度に希釈して標準溶液を調製した。

ホルムアルデヒド: 和光純薬工業製特級品を 20 倍に蒸留水で希釈した後, 亜硫酸ナトリウム法で標定し¹³⁾, 蒸留水で希釈し標準溶液を調製した。

アセトアルデヒド: 和光純薬工業製一級品を 20 倍に蒸留水で希釈した後, Siggia-Maxcy 法により標定し¹³⁾, 蒸留水で希釈し標準溶液を調製した。

標準溶液の調製に用いた蒸留水は, イオン交換水を蒸留したものを使用した。

その他の試薬は, すべて国産試薬の特級品を用いた。

3 結果及び考察

3.1 ギ酸及び酢酸イオンの分離のための溶離液の選択

イオンクロマトグラフィー (以下 IC と略記) の陰イオン分析に一般的に用いられる炭酸系溶離液 (0.0024 M 炭酸ナトリウム-0.003 M 炭酸水素ナトリウム) では, ギ酸及び酢酸イオンは, フッ化物イオンのピークと重なるため分離定量は不可能であった。又, 炭酸系溶離液を希釈して用いた場合, 溶離時間が長くなり, 又, 分離が不十分となるなど, あまり実用的ではなかった。

そこで, 一般的に用いられている炭酸系溶離液よりも溶離力の弱いホウ酸系溶離液を使用し, フッ化物, ギ酸及び酢酸の各イオンの分離について検討した。0.0025 M 及び 0.005 M 四ホウ酸ナトリウムを溶離液とした場合のフッ化物, ギ酸, 酢酸イオンのクロマトグラムを Fig. 1 に示す。0.0025 M 及び 0.005 M 四ホウ酸ナトリウムのいずれの場合もフッ化物, ギ酸, 酢酸の各イオンの分離は良好であった。0.0025 M 四ホウ酸ナトリウムの場合, 1 試料当たりの分析に 12 分かかったが, 0.005 M 四ホウ酸ナトリウムの場合, 8 分以内で分離定量できた。

3.2 濃縮カラム使用によるギ酸, 酢酸イオンの定量精度及び定量限界

100 μ l の試料ループを使用した場合のギ酸及び酢酸イオンの定量限界は, それぞれ 0.25 ppm, 0.5 ppm である。しかし, 大気中のギ酸, 酢酸を捕集した試料溶液を分析するには感度が不足し, 試料ループの拡大又は濃縮

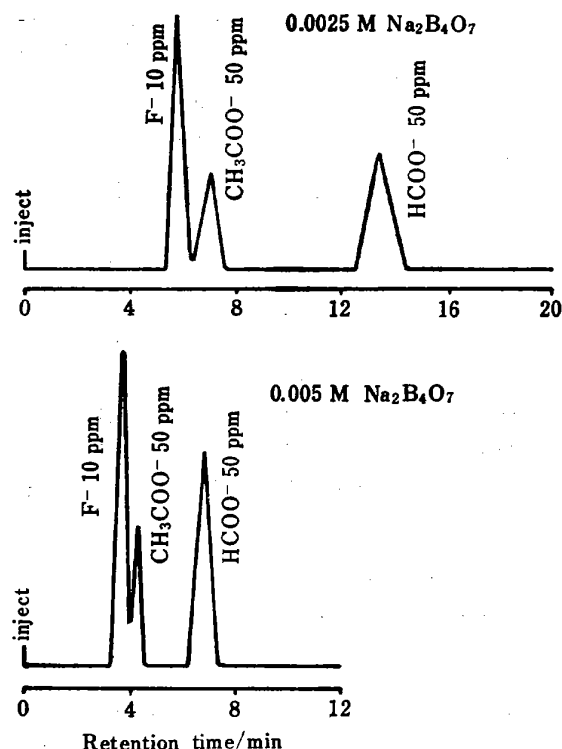


Fig. 1 Ion chromatogram of F^- , CH_3COO^- and $HCOO^-$ by anion separator column

Eluent flow rate: 184 ml/h; Full scale: 30 μ mho; Sample volume: 100 μ l

カラムを使用するなど, 試料注入量を増加する必要がある。そこで, ギ酸, 酢酸イオンの 0.5 ppm の標準溶液を用いて 1 ml 試料ループ, 濃縮カラム (1 ml 5 ml 注入) の場合についてギ酸及び酢酸イオンを定量し, 繰り返し精度を求めた。その結果を Table 1 に示す。ピーク高さによる相対標準偏差は 1 ml 試料ループの場合, ギ酸, 酢酸イオンともに 4% 以下であった。又, 濃縮カラムを使用し, 1 ml 試料注入の場合, 相対標準偏差は 5~7% であり, 5 ml 試料注入の場合は 3~5% であった。

又, サンプルループを使用した場合, 各イオンのピークは広がり, 濃縮カラムを使用した場合に比べ, ピーク高さが若干低くなる傾向が認められた。

以上の結果から, 1 ml 試料ループ又は濃縮カラムを使用し, 注入試料液量を増加しても 0.5 ppm といった低濃度のギ酸, 酢酸イオンを相対標準偏差 5% 程度で十分精度良く分析できることが分かった。濃縮カラムを使用し, 試料注入液量を 5 ml にした場合, ギ酸, 酢酸イオンの定量限界は $S/N=3$ とした場合, それぞれ 0.005 ppm, 0.01 ppm となった。

Table 1 Repeatability of peak height (mm) of acetic acid and formic acid by ion chromatographic analysis

No.	Loop		Concentration column			
	1 ml ^{a)}		1 ml ^{a)}		5 ml ^{b)}	
	CH ₃ COOH (0.5 ppm)	HCOOH (0.5 ppm)	CH ₃ COOH (0.5 ppm)	HCOOH (0.5 ppm)	CH ₃ COOH (0.5 ppm)	HCOOH (0.5 ppm)
1	24.0	37.7	30.9	41.2	46.1	—
2	24.6	38.1	31.6	40.5	45.9	56.9
3	25.6	39.6	32.9	41.1	47.3	61.4
4	25.2	38.8	35.2	44.9	49.0	61.2
5	26.8	38.7	36.8	46.0	50.4	64.7
Av.	25.2	38.6	33.5	42.7	47.7	61.0
R.S.D., %	3.6	1.6	6.6	5.3	3.6	4.6

a) Full scale : 3 μ mho; b) Full scale : 10 μ mho; Eluent : 0.005 M Na₂B₄O₇; Eluent flow rate : 184 ml/h

3.3 アンモニアアルカリ性域での過酸化水素によるアルデヒドの酸化及び試料溶液の濃縮

ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドは電離せず、電気伝導度検出器による IC では直接定量することはできない。従って、これらアルデヒドを IC で定量するには、それぞれをギ酸、酢酸に酸化する必要がある。アルデヒドはアルカリ性域で過酸化水素により容易にカルボン酸に酸化されることが報告されており⁶⁾、本研究においては、アンモニアアルカリ性域での過酸化水素による酸化について検討した。

ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの 0.5 ppm 標準溶液 40 ml に 1 M のアンモニア水 5 ml と過酸化水素水 (0.1~1.0%) 5 ml をそれぞれ加え、50 ml とした。この溶液を 1 日室温で放置しアルデヒドの酸化を行った。しかし、アルデヒドの酸化後試料溶液はアルカリ性であり、酸化し、生成した試料溶液中のギ酸、酢酸イオンは濃縮カラムに保持されない。そこで試料溶液中のアンモニアを追い出し、更に試料の濃縮を同時に行う目的で、80°C の水浴でロータリーバキュームエバポレーターを使用して 0.1 ppm ギ酸、酢酸イオンの標準溶液 50 ml を 5 ml まで 10 倍に濃縮した。ギ酸及び酢酸イオンの回収率は Table 2 に示すようにともに約 100% であった。又、同時にアンモニアも除去され、濃縮後の試料溶液の pH は 7 以下であり、濃縮カラム使用による IC が可能となった。

次に、0.5 ppm ギ酸、酢酸イオン標準溶液に添加するアンモニア濃度を 1 M とし、過酸化水素の濃度を 0.1~1.0% の範囲で変え、アルデヒドの酸化に対する過酸化水素の最適濃度を検討した結果を Table 3 に示す。その結果、1 M アンモニア水と 1.0% 過酸化水素水を用い、ホルムアルデヒド及びアセトアルデヒドをほぼ

Table 2 Recovery of acetic acid and formic acid in the concentration process by evaporator

No.	Recovery ^{a)} , %	
	CH ₃ COOH ^{b)}	HCOOH ^{b)}
1	100.0	107.8
2	112.5	107.8
3	92.2	90.4
4	110.6	94.9
Av.	103.8	100.2
R. S. D., %	8.1	7.8

a) Concentration ratio was 10 fold. b) 0.1 ppm standard solution was used.

Table 3 Effect of concentration of hydroxyperoxide on oxidation[†] of acetaldehyde and formaldehyde

H ₂ O ₂ conc., %	Oxidation rate, %		Decomposition rate, %	
	CH ₃ CHO	HCHO	CH ₃ COOH	HCOOH
1.0	100.2	96.2	0	0
0.5	83.0	86.7	0	0
0.2	56.7	73.9	0	0
0.1	57.1	71.4	0	0

† 5 ml of H₂O₂ and 5 ml of 1 M NH₄OH added to 40 ml of 0.5 ppm standard solution.

100% ギ酸及び酢酸に酸化できることが分かった。一方、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドに代えて、0.5 ppm ギ酸、酢酸イオンの標準溶液に 1 M アンモニア水、1% 過酸化水素水を加え、同様に酸化・濃縮の操作を行った結果、Table 3 に示すようにこの操作過程におけるカルボン酸の分解などによる損失がないことが確認された。

3.4 標準分析操作

3.2, 3.3 の結果から, 本法によるギ酸, 酢酸, ホルムアルデヒド, アセトアルデヒドの分析操作の流れ図を Fig. 2 に示す。

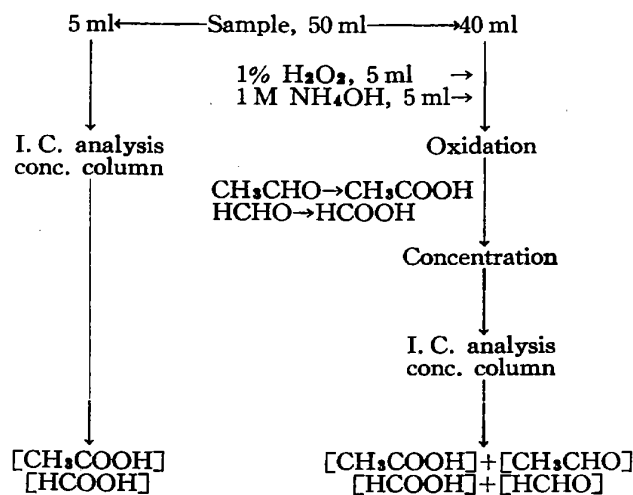


Fig. 2 Analytical procedure adopted for the measurement of acetic acid, formic acid, acetaldehyde and formaldehyde by ion chromatography

まず, ギ酸及び酢酸は, 試料溶液 50 ml のうち 5 ml をシリンジで分取し, 濃縮カラムを使用して定量する。次に, ホルムアルデヒド, アセトアルデヒドの分析は, 試料溶液 40 ml に 1% 過酸化水素水 5 ml 及び 1 M アンモニア水 5 ml を加えて 1 日室温で放置し, アルデヒドをカルボン酸に酸化する。酸化後, エバポレーターにより蒸発濃縮し, アンモニアを除去し, カルボン酸の定量を行う。ここで, 得られたギ酸, 酢酸イオンの濃度は, ギ酸イオンと酸化したホルムアルデヒド, 酢酸イオンと酸化したアセトアルデヒドの和であるから, 先に求めたギ酸, 酢酸イオンの値を差し引きホルムアルデヒド, アセトアルデヒドのそれぞれの濃度を求める。

本法では, 溶離力の弱い 0.005 M 四ホウ酸ナトリウムを溶離液として用いるために, 塩化物, 硝酸及び硫酸イオンの分離カラムからの溶出は長時間を要し, これらのイオンが共存する実際の試料の場合, 後続の分析において問題となる。Haynes¹⁴⁾ は, ギ酸, 酢酸イオンを検出した後, 0.1 M 四ホウ酸ナトリウム溶離液を除去カラムに流れないようにして 2 分間分離カラムに流し, 塩化物, 硝酸及び硫酸イオンを洗い流し, 分離カラム洗浄後再び 0.005 M 四ホウ酸ナトリウム溶離液を流し, 定常状態になった後, 次の試料溶液を注入した。この方法により, 1 試料当たりの分析時間は, 約 15 分程度となった。しかし, 0.1 M 四ホウ酸ナトリウムのような高濃

度の溶離液を分離カラムに流すことは, 分離カラムの寿命を短くする。そこで, 本研究においては, 試料溶液を濃縮カラムに注入し, 0.005 M 四ホウ酸ナトリウム溶離液を流してギ酸, 酢酸イオンを溶出させ検出後, 次の試料溶液を注入する前に濃縮カラムに 0.003 M 炭酸水素ナトリウム-0.0024 M 炭酸ナトリウム溶離液をシリンジで注入し, 溶出せずに濃縮カラムに残存している塩化物, 硝酸, 硫酸イオンなどを洗い出し, 更に蒸留水をシリンジで注入し, 濃縮カラムを洗浄した後に次の試料溶液を注入する方法を用いた。

3.5 大気中のギ酸, 酢酸, ホルムアルデヒド, アセトアルデヒドの捕集及び野外での測定結果

大気中のギ酸, 酢酸, ホルムアルデヒド, アセトアルデヒドの捕集には, 蒸留水 50 ml を吸収液として吸収瓶によって行った。Fig. 3 に捕集装置の概略図を示す。テフロンフィルター (ミリポアメンブランフィルター Type FALP, 47 mm φ) をプレフィルターとして吸収瓶の前に置きエアロゾル粒子を除去した。2 本の吸収瓶は直列に接続し, 大気を吸引した。試料採取後, 試料溶液は Fig. 2 の分析操作に従って分析した。

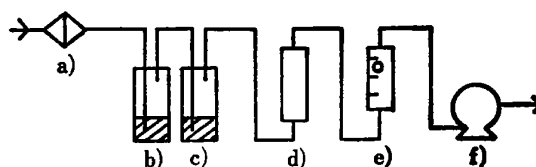


Fig. 3 Schematic diagram of the acetic acid, formic acid, acetaldehyde and formaldehyde sampling system

a) pre-filter; b), c) bubbler (H₂O 50 ml); d) silica gel; e) flow meter; f) pump

梅田⁶⁾ は, ギ酸の捕集に際し, アルカリ沍紙法には問題があり, 蒸留水を吸収液とすることで良好な結果を得ている。安岡ら⁴⁾ は, 大気中の酢酸をはじめとする低級カルボン酸は蒸留水により 95% 以上捕集されると報告している。又, ホルムアルデヒドの場合, 1% 亜硫酸水素ナトリウム溶液を吸収液とするのが最適との報告⁷⁾ もある。そこで, Fig. 3 の捕集装置を用いて, 蒸留水を吸収液とした場合の実際の大气中のギ酸, 酢酸, ホルムアルデヒド, アセトアルデヒドの捕集効率について検討をした。通気流量を 2.5 l/min から 10 l/min まで変化させ, それぞれの場合について, 各物質の捕集効率を次式によって求めた。大気採取時間は 4 時間とした。ただし, C_1 は吸収瓶 1 本目の捕集量, C_2 は吸収瓶 2 本目の

捕集量である。

$$\text{捕集効率 (\%)} = \left(1 - \frac{C_2}{C_1}\right) \times 100$$

Table 4 に、その結果を示す。捕集効率は、ギ酸はいずれの通気流量でも 100% であったが、酢酸、ホルムアルデヒドについては流量が大きくなると捕集効率が低下する傾向を示した。Table 4 の結果から通気流量 5.0 l/min が最適であった。

Table 4 Collection efficiencies of acetic acid, formic acid, acetaldehyde and formaldehyde in the atmosphere

Flow rate/ l min ⁻¹	Collection efficiency, %			
	CH ₃ COOH	HCOOH	CH ₃ CHO	HCHO
2.5	97	100	—	79
5.0	97	100	88	77
7.5	68	100	80	68
10.0	70	100	89	61

以上の結果、蒸留水を吸収液とした本法の捕集の場合、吸収瓶 1 本ではアルデヒドの捕集効率は十分ではないが、吸収瓶を 2 本使用することにより、ホルムアルデヒド 94.7%、アセトアルデヒド 98.6% を捕集でき、本法により、カルボン酸ばかりでなくアルデヒドも十分捕集できた。

本法により、横浜市港北区日吉(慶大理工学部)及び東京都港区白金台(国立科学博物館付属自然教育園)の 2 地点で、1985 年 4 月から 12 月の 5 回にわたり、大気を捕集しギ酸、酢酸、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの

Table 5 Concentrations of acetic acid, formic acid, acetaldehyde and formaldehyde in the urban atmosphere, 1985

Date	Concentration/ $\mu\text{g m}^{-3}$			
	CH ₃ COOH	HCOOH	CH ₃ CHO	HCHO
Hiyoshi ^{a)}				
Apr.	35.3 (6)	2.0 (6)	18.8 (4)	2.9 (6)
May	32.4 (7)	7.5 (2)	13.1 (5)	4.6 (7)
Shiroganedai ^{b)} (Inside)				
Jun.	18.8 (5)	1.5 (5)	5.3 (6)	13.9 (6)
(Outside)				
Jun.	30.6 (5)	2.3 (3)	16.4 (6)	15.7 (6)
Hiyoshi ^{a)}				
Dec.	26.6(12)	3.2(12)	10.5(10)	18.0(12)

a) Faculty of Science and Technology, Keio University; b) Institute for Nature Study, National Science Museum; Figures in parentheses show the number of measurement.

定量を行った。結果を Table 5 に示す。通気流量は、5 l/min、大気採取時間は 4 時間、大気採取量は 1.2 m³ であった。その結果、ギ酸、酢酸、ホルムアルデヒド、アセトアルデヒドの大気濃度は、5 回の測定 of 各平均値でそれぞれ 1.5~7.5, 18.8~35.3, 2.9~18.0, 5.3~18.8 $\mu\text{g/m}^3$ となった。又、大気採取量 1.2 m³ の場合、本法による定量限界は、ギ酸、ホルムアルデヒドは 0.2 $\mu\text{g/m}^3$ 、酢酸、アセトアルデヒドは 0.4 $\mu\text{g/m}^3$ であった。

文 献

- 1) 岡林南洋, 石黒智彦, 長谷川 隆, 重田芳弘: 分化, **25**, 436 (1976).
- 2) 齊藤 貴, 高品 徹, 柳沢三郎, 白井恒雄: 分化, **30**, 790 (1981).
- 3) 西川治光, 高原康光, 森 仁, 早川友邦: 第 25 回大気汚染学会講演要旨集, p. 460 (1984).
- 4) 安岡高志, 高野二郎, 光沢舜明, 斎藤浩子, 及川紀久雄: 分化, **32**, 580 (1983).
- 5) 梅田弘志: 大気汚染学会誌, **15**, 3 (1980).
- 6) W. S. Kim, C. L. Geraci, Jr., R. E. Kupel: "Ion Chromatographic Analysis of Environmental Pollutants", Vol. 2, Edited by J. D. Mulik, E. Sauicki, (1979), (Ann Arbor Science, Ann Arbor).
- 7) D. A. Levaggi, M. Feldstein: *J. Air Pollut. Contr. Assoc.*, **20**, 312 (1970).
- 8) 大気汚染研究全国協議会編: "大気汚染ハンドブック (1) 測定編", p. 320 (1975), (コロナ社).
- 9) R. Kuntz, W. Lonneman, G. Namie, L. A. Hull: *Anal. Lett.*, **13**, 1409 (1980).
- 10) D. Grosjean: *Environ. Sci. Technol.*, **16**, 254 (1982).
- 11) 松本光弘, 西川喜孝: 第 26 回大気汚染学会講演要旨集, p. 326 (1985).
- 12) K. Kuwata, M. Uebori, Y. Yamasaki: *J. Chromatogr. Sci.*, **17**, 264 (1979).
- 13) 日本分析化学会編: "分析化学便覧 改訂二版", p. 956 (1971), (丸善).
- 14) D. L. Haynes: "Ion Chromatographic Analysis of Environmental Pollutants", Vol. 2, Edited by J. D. Mulik, E. Sawicki, (1979), (Ann Arbor Science, Ann Arbor).

☆

Measurement of formic acid, acetic acid, formaldehyde and acetaldehyde in the atmosphere by ion chromatography. Shigeru TANAKA, Masaru IGUCHI, Kazuo YAMANAKA, Tomoyuki YAMADA, Naoto NAKAO and Yoshikazu HASHIMOTO (Department of Applied Chemistry, Faculty of Science and Technology, Keio University, 3-14-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa 223)

A method for the determination of formic acid, acetic acid, formaldehyde and acetaldehyde in the atmosphere by ion chromatography was investigated. These gases were collected by using two bubblers in series filled with 50 ml distilled water as a trapping solution. The collection efficiencies of the gases by this sampling system were almost 100% at an air flow rate 5 l/min for 4 h in the field measurement. Formic acid

and acetic acid collected with distilled water were directly analyzed by ion chromatography. 0.005 M $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ was suitable eluent for the ion chromatographic analysis of formate and acetate ions. It was possible to obtain good separation of formate and acetate ions and complete the analysis within 8 min by using 0.005 M $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ eluent. Formaldehyde and acetaldehyde collected with distilled water could not be directly determined by ion chromatography with a conductimetric detector. It is therefore necessary to oxidize these aldehydes in the sample solution to formate and acetate for ion chromatographic analysis. The complete oxidation of formaldehyde and acetaldehyde to formate and acetate could be achieved by adding 5 ml of 1% H_2O_2 and 5 ml of 1 M NH_4OH to a 40 ml sample solution, no loss of formate and acetate by the addition was observed. The concentration column was used for the analysis of samples at lower concentration levels. The relative standard deviations of 0.5 ppm formate and acetate determinations by the concentration column were 3~5%, and the detection limits were 0.005 ppm for formate and 0.01 ppm for acetate for a 5 ml injection volume.

The measurements of the above gases in the atmosphere were done at two locations (Hiyoshi, Yokohama and Shiroganedai, Tokyo, from April to December, 1985) by using this method. The concentration range was 1.5~7.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for formic acid, 18.8~35.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for acetic acid, 2.9~18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for formaldehyde and 5.3~18.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for acetaldehyde, respectively. For a 1.2 m^3 air sampling volume, the detection limits of this method were 0.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for formic acid and formaldehyde and 0.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ for acetic acid and acetaldehyde.

(Received July 18, 1986)

Keyword phrases

measurement of formic acid, acetic acid, formaldehyde and acetaldehyde in the atmosphere; collection by two bubblers in series contained with distilled water; ion chromatographic analysis of formate and acetate ions; oxidation of aldehyde to carbonic acid by hydrogen peroxide.