

Ion Chromatography를 이용한 排出 Gas중 窒素酸化合物과 黃酸化合物의 定量에 관한 研究

大氣部 大氣保全科

許恒祿 · 全在植 · 趙基燦 · 尹重燮 · 趙錫柱
林栽榮 · 申道澈 · 鄭好珍 · 申正植 · 李圭南

Study on Determination of NO_x and SO_x in Exhaust Gas by Ion Chromatography

Air Preservation Division

Hang-Rok Heo, Jae-Sik Jeon, Gi-Chan Cho, Joong-Sup Yun
Seog-Ju Cho, Jae-Young Lim, Do-Chul Shin, Ho-Jin Jeong
Jung-Sik Shin and Kyu-Nam Lee

= Abstract =

In order to investigate the effect of detector on determination of NO_x and SO_x in exhaust gases by ion Chromatography, it was examined as absorption (deionized water) and detection effect of 210nm UV detector and conductivity.

The results were as follows;

1. The analytical data of NO_x and SO_x in municipal refuse incineration exhaust gases by the present method were in fair agreement with those heained by Zn-reduction method and Acid-basic titration method, respectively.
2. When the absorption solution is the deionized water, the determination of nitrogen oxides and sulfur oxides by both detector was resulted good resolution without any inhibition.

序 論

大氣를 汚染시키는 物質을 形態의으로 粒子狀物質과 가스狀物質로 區分할 수 있으며, 氣體狀物質은 그 自體가 汚染物質이 됨과 同時 粒子狀物質이나 다른 가스狀物質을 運搬하기 때문에 더욱 重要한 意味를 갖는다고 볼 수 있다^{1,2)}.

가스狀 汚染物質은 黃酸化合物(SO_x), 一酸化炭素

(CO), 窒素酸化合物(NO_x), Ammonia(NH₃) 및 Methane(CH₄) 등과 같이 人爲的發生源에서 또는 自然發生的으로 生成되는 物質의 경우도 있다. 이들 중 黃酸化合物과 窒素酸化合物에 대한 人體, 生態系被害程度 및 物性에 관한 研究는 比較的 활발히 進行되어 왔다고 할 수 있다³⁻⁶⁾.

黃酸化合物은 주로 燃料 중의 硫黃含有物質이 燃燒過程에서 酸化되어 大氣中으로 排出되어 大氣를 汚染시키고 있으며 窒素酸化合物은 주로 都市地域에서 自動車 및

Boiler 等에서도 많이 排出되고, 燃燒操作이 高溫일수록 增加되며 炭化水素等과 反應하여 光化學스모그 發生의 原因이 되는 것으로 알려져 있다⁷⁻⁹. 특히 淸淨燃料로 알려진 天然가스 使用時에도 窒素酸化물이 問題가 되고 있다¹⁰.

여러 大氣汚染物質 中 그 影響이 크고 比較的 汚染源이 많은 이 두 汚染物質系列의 管理를 위해서는 正確한 濃度測定이 重要하며 現在 排氣가스 中 黃酸化물의 測定方法으로는 沈澱適定法(Arsenazo III Method), 中和適定法(Acid-basic titration Method)이, 窒素酸化물의 測定方法으로는 亞鉛還元나프틸에틸렌디아민法(Zinc reduction naphthyl ethylene diamine Method)과 페놀디설피산法(phenol disulfonic acid Method)이 大氣汚染公定試驗法¹¹으로 規定되어 施行되고 있다. 그러나 黃酸化물의 實驗方法에서는 實際로 分析時間의 소요가 比較的 많으며, 窒素酸化물에 대한 實驗方法에서도 實務에서 分析時間이 많이 소요되고 試驗操作이 複雜하며 亞鉛粉末의 種類 및 添加量이 分析值에 影響을 많이 주므로 亞鉛粉末의 添加量과 混合條件을 항상 一定하게 해주어야 하는 번거로움이 따른다¹².

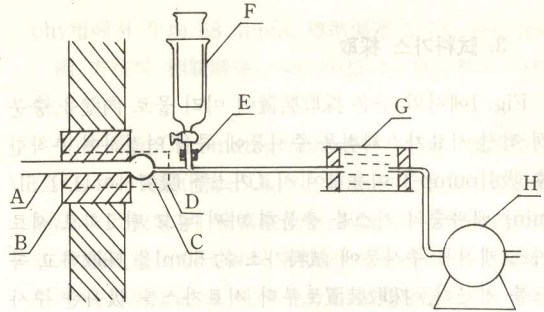
이에 本 研究에서는 降水物, 河川水中 이온成分의 定量-定性分析에 既存 및 水質汚染公定試驗法¹³에서도 Ion Chromatography (I.C)法이 採擇되고 있으며, 排氣가스 中 黃酸化물과 窒素酸化물의 경우에도 완벽하게 吸收할 수 있다면 Ion Chromatography法을 導入 前處理 없이도 簡便하고 迅速하게 試料中에 含有된 여러 이온을 同時에 ppb水準까지도 正確히 測定할 수 있다는 점에 着眼하여 Ion Chromatography法을 導入 比較分析한 結果를 제시하여 배출가스 中 窒素酸化물 및 黃酸化물의 分析에 Ion Chromatography法을 導入할 수 있는지의 與否를 調査하였다.

實驗 方法

1. 器具 및 裝置

試料採取器具는 Fig. 1에서와 같이 吸引pump, 保溫材, 容量 20ml 및 100ml 注射筒을 使用했다.

Ion Chromatography 裝置는 Ion Chromatography (Module (LCM3) USA Dionex사)를 使用했으며 이때 檢出器는 conductivity detector와 variable wavelength detector를 直列로 連結했으며 각각에 spectra physics data jet integrator와 varian 4270 integrator



A: Sampling tube B: Supporter
C: Filter D: Heater
E: Silicon rubber F: Glass syringe
G: Moisture trap H: Pump

Fig. 1. Schematic diagram of sampling apparatus.

를 附着했고 음이온분석 Column Ion Pac AS9 (4mm), 保護Column AG9 (4mm), 化學的 suppressor (AMMS) 및 50 μ l sample loop 및 spectrophotometer (DU spectrophotometer BECKMAN 사제)를 使用했다¹⁴.

2. 試藥 및 製造

大氣汚染公定試驗方法에 의한 窒素酸化물 및 黃酸化물測定을 위한 試藥은 各各 亞鉛還元나프틸에틸렌디아민法(Zinc reduction naphthyl ethylene diamine Method)에서와 같이 證류수를 使用하였고, 中和適定法(Acid-basic titration Method)에서와 같이 산화수소수(1+9) 용액을 使用하였다.

Ion Chromatography에 쓰이는 溶離液이나 standard solution, regenerant solution을 만드는데 使用되는 물은 반드시 17.8M Ω 이상의 Type I Reagent grade 脫이온수^{15,16}를 使用했으며 NO₃⁻ 및 SO₄²⁻ 이온의 1000mg/l 標準溶液은 105 $^{\circ}$ C에서 30분간 乾燥한 特級 試藥 질산나트륨(NaNO₃) 1.3710g, 황산나트륨(Na₂SO₄) 1.479g을 물에 녹여 각각 1l로 하였으며 아질산이온(NO₂⁻)의 1000mg/l 標準溶液은 황산데시케타에서 恒量한 아질산나트륨(NaNO₂) 1.4900g을 물에 녹여 1l로 하였다.

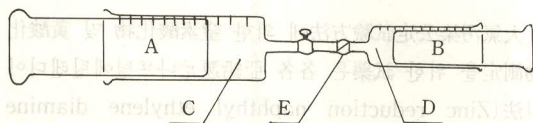
溶離液은 200mM NaHCO₃ 및 250mM Na₂CO₃을 調製하기 위하여 NaHCO₃ 16.8g과 Na₂CO₃ 26.5g을 물에 녹여 1l로 하였으며 사용시 100배 稀釋하여 0.22 μ m membrane filter로 濾過하여 使用하였다.

再生試液은 진한 황산 2.8ml를 물로 混合 4l로 하여 0.025N H₂SO₄을 만들어 使用하였다.

3. 試料가스 採取

Fig. 1에서와 같은 採取裝置에 미리 물로 內壁을 충분히 적신 시료가스채취용 주사통에 콕을 연결하여 부착한 후 吸引pump를 이용하여 시료가스를 吸引하여 (1-1.5l/min) 배관중의 가스를 충분히 바꿔 넣고 단 1회로 시료 가스 채취용 주사통에 試料가스 約 50ml를 採取하고 콕크를 잠근다. 採取裝置로부터 시료가스를 吸引한 주사통을 떼어내고 放冷한다. 주위 溫度까지 放冷된 試料가스 容量(Vml)를 읽고 동시에 주위의 온도(t°C), 大氣壓(mmHg)을 測定한다.

다음에 酸素 30ml를 吸引하고 콕크를 잠근다. 이것에 吸收液이 들어있는 주사통(容量 20ml)을 Fig. 2와 같이 連結해서 吸收液 20ml를 注入한 다음 콕크를 잠근 후 주사통을 떼어낸다. 이것을 약 1분 以上 しっかり 흔들어 섞고 黃酸化物和 窒素酸化物を 酸化吸收시킨 다음 25ml mess flask에 옮기고 주사통 內壁을 본래의 吸收液으로 씻어 옮겨 標線까지 채워 分析用 試料溶液으로 한다.



A: Sampling syringe, B: Syringe for absorption solution
C: Sample gas, D: Absorption solution
E: Silicon rubber tube

Fig. 2. Diagram of sampling absorption syringe.

4. 分析方法

Pump, 각 檢出器에 電源을 넣고 傳導度檢出器 cell을 켜고, UV檢出器의 電源을 넣은 다음 檢出器의 full scale을 傳導度檢出器는 10 μ S, UV檢出器는 0.1AUFs로 調整하고 20여분간 平衡을 시킨 후 檢出器의 offset을 zero로 하였다.

한편 suppressor의 再生試液流速은 2.5~3.0ml/min, 溶離液의 流速은 2.0ml/min로 維持되도록 하였다.

檢量線 作成은 標準 陰이온을 注入하고 나서 Column에서 分離溶出되는 이온의 正確한 retention time을 測定하고 傳導度檢出器에 連結된 Integrator는 Table 2와 같이 NO₂⁻, NO₃⁻ 및 SO₄²⁻, UV檢出器에 連結된

Integrator에는 Table 3과 같이 NO₂⁻와 NO₃⁻의 濃度를 0.25~8.0ml/l를 段階的으로 入力시키고 順序에 따라 入力된 濃度の 標準溶液을 50 μ l의 試料量을 Injector를 통하여 注入하였다.

試料의 分析은 試料를 0.22 μ m membrane filter로 濾過한 다음 10ml syringe를 사용하여 50 μ l의 sample loop가 완전히 씻기도록 0.5ml 이상의 試料를 注入하였다. load에서 injection mode로 switching한 다음 마지막 SO₄²⁻의 peak가 나온 다음 檢出器의 signal이 base line으로 떨어져 安定된 후에 다음 試料를 注入하였다. 또한 대기오염 公定시험법에 따라 황산화물과 질소산화물의 시험방법을 병행하여 비교하였다.

5. 定量

試料가스의 採取量은 다음 式에 의하여 標準狀態(0°C, 760mmHg)로 환산한다.

$$V_s = V_a \times \frac{273}{273 + t_f} \times \frac{P_a + P_{nf}}{760}$$

여기에서 V_s는 건조시료가스채취량(l), V_a는 시료채취량(l), t_f는 P_f를 측정하였을 때의 온도(°C), P_{nf}는 t_f에 있어서의 포화수증기압(mmHg), P_a는 대기압(mmHg)이다.

窒素酸化物和 黃酸化물은 Integrator로부터 구한 아질산이온, 질산이온 및 황산이온의 농도(mg/l)를 다음과 같이 공기에 대한 백만분율(PPMV)로 환산하여 계산한다.

* NO_x(NO₂로서)

$$\begin{aligned} \text{ppmV} = & \left(\text{NO}_2^- (\text{mg/l}) \times \frac{22.4 \text{ ml}}{46 \text{ mg}} \right) \\ & + \left(\text{NO}_3^- (\text{mg/l}) \times \frac{46 (\text{NO}_2)}{64 (\text{NO}_3)} \times \frac{22.4 \text{ ml}}{64 \text{ mg}} \right) \\ & \times 0.025 \times \frac{1}{V_s} \times 10^3 \end{aligned}$$

* SO_x(SO₂로서)

$$\begin{aligned} \text{ppmV} = & \text{SO}_4^{2-} (\text{mg/l}) \times \frac{64 (\text{SO}_2)}{96 (\text{SO}_4)} \times \frac{22.4 \text{ ml}}{64 \text{ mg}} \\ & \times 0.0251 \times \frac{1}{V_s} \times 10^3 \end{aligned}$$

結果 및 考察

우리나라 大氣汚染公定試驗方法에서 窒素酸化物 測定

方法 중 主試驗法인 亞鉛還元나프틸에틸렌디아민법에서 試料가스의 吸收液은 물을 使用하고 있다. 이 방법은 一酸化窒素가스를 二酸化窒素로 酸化시키고 이것은 $2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ 혹은 $\text{NO}_2 \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}_2} \text{NO}_3$ 와 같이 窒酸과 亞窒酸으로 물에 吸收되는 것으로 알려져 있다¹⁷⁾. 黃酸化물은 물과 反應하여 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_3$, $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 와 같이 反應하며 과산화수소가 있는 경우 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ 로 쉽게 反應하는 것으로 알려져 있다¹⁸⁾.

배출가스 중 窒素酸化물과 黃酸化물 測定結果 Table 1에서 나타난 바와 같이 Ion Chromatography에 의한 窒素酸化물이 平均 161.6ppm으로 이것은 아질산이온으로 計算된 結果值가 115.6ppm이고 질산이온으로 計算된 結果值 45.4ppm의 合算值이다.

Table 1. Comparison of methods for NO_x and SO_x in municipal refuse incineration exhaust gas. (unit : ppm)

Replicate Analysis	Zn-NEDA Methods	Acid-basic titration M.	Ion Chromatography Methods			
	NO_x	SO_x	NO_x	NO_2	NO_3	SO_x
1	161	71	159	111	48	69
2	165	70	163	120	43	70
3	160	68	161	117	44	65
4	159	69	160	109	51	71
5	163	73	162	121	41	72
mean	161.6	70.2	161.0	115.8	45.4	69.4
	$r=0.7878$	$r=0.7023$				
Standard Deviation	2.40	1.92	1.58	5.36	4.00	2.70

窒素酸化물이 물에 녹으면 아질산이온과 질산이온으로 되는 것으로 알려져 있으며 Saltzman은 이산화질소가 아질산이온으로의 ($\text{NO}_2 \rightarrow \text{NO}_2^-$) 轉換率은 0.72로 報告¹⁹⁾한 바 있으며 本 實驗에서 蒸溜수를 吸收液으로 했을 경우 약 71%가 아질산이온으로 檢出되었음을 보여주고 있는 것과 거의 一致하고 있다.

이러한 結果는 藤村一郎等²⁰⁾과도 거의 一致한 結果를 보였다.

Ion Chromatography法과 亞鉛還元나프틸에틸렌디아민法과의 相關關係($r=0.7878$)로 良好하게 나타났다. 黃酸化물은 中和適定法으로 測定한 結果 平均 70.2 ppm, 標準偏差 1.92로 나타났다, Ion Chromatogra-

phy법에서 平均 68.4ppm, 標準偏差 3.7로 나타났다.

兩 方法의 相關關係($r=0.7023$)는 良好하게 나타났다.

이에 Ion Chromatography法에 의한 窒素酸化물(NO_x)과 黃酸化물(SO_x)의 定量法이 大氣污染公定試驗法과 比較할 때 窒素酸化물(NO_x)과 黃酸化물(SO_x)을 同時定量하면서 보다 簡便하고 迅速하게 定量할 수 있기에 차후 本法에 대한 充分한 研究 檢討를 거쳐 大氣污染公定試驗法에 채택이 考慮되어야 할 것으로 생각한다.

結 論

Ion Chromatography를 이용하여 排出가스중 窒素酸化물과 黃酸化물의 定量에서 吸收液으로 蒸溜수를 사용하여 檢出器로 210nm 紫外線 檢出器와 전기전도도 檢出기를 直列로 연결하여 定量分析한 結果는 다음과 같았다.

1. 排出가스 중 窒素酸化물을 물에 吸收液으로 하여 Ion Chromatography法과 亞鉛還元나프틸에틸렌디아민法과 比較한 結果 相關關係가 0.7878로 나타났다 黃酸化물을 中和適定法과 比較한 結果 相關關係가 0.7023으로 거의 一致함을 보여주었다.

2. 吸收液으로 蒸溜수만을 使用하였을 때에는 兩 檢出器에서 妨害因子없이 同等한 吸收效果를 얻을 수 있었다.

參 考 文 獻

- 趙光明. “大氣污染”, 清門閣, Seoul, 7-1(1992).
- 童宗仁 大氣污染과 防止技術, 新光出版社, Seoul, 223(1987).
- Shy, C.M., J.P. Creason, M.E. Pearlman, K.E. McClain, F.B. Benson and M.M. Young, “The chattanooga school study: Effect of community Exposure to Nitrogen Dioxide”, J. Air pollution control Assoc., 20 : 539 (1972).
- Stanley E. Manahan, “Environmental Chemistry”, Boston: Willard Grant Press, (1979).
- Eugene P. Odum “Ecology and endangered Life-Support systems” U.S.A (1989).
- Paolo Zannetti “Air Pollution Modeling” CA. 6 (1990).
- Robinson, E. and C.E. Moser, “Global Gaseous Pol-

lutant Emission and Removal Mechanisms Proc.", Second International Clean Air Congress Washington, D.C. (1970).

8. JEROME GREYSON, "Carbon, Nitrogen and Sulfur pollutants and their Determination in Air and Water", New York: M. Dekker, 102 (1990).

9. Jozef M. Pacyna, Steinar Larssen and Arne Semb, "European SURVEY FOR NOX Emissions with EMPHASIS ON EASTERN EUROPE", Atmospheric Environment, 25A (2) : 425 (1991).

10. 金潤信 "室內空氣污染(二酸化窒素를 中心으로)" 環境管理人聯合會報, 5(51) : 6(1991).

11. 環境處 "大氣污染公定試驗法" 環境處 告示 第91-73, 74號, p. 172(1991).

12. 李敏熙, "環境污染公定試驗法解說(大氣分野)", 新光出版社, p. 247(1985).

13. 環境處, "水質污染公定試驗法", 環境處 告示 第91-85 號, p. 102(1991).

14. 嚴石源, 朴聖培, "Ion Chromatography에 의한 地表水中的 亞窒酸性 및 窒酸性窒素의 定量分析", 大韓環境工學會誌, 10(3) : 81(1988).

15. 藤井敏昭, イオンクロマトグラフィによる排ガス中窒素酸化物, 硫黄酸化物及び鹽化水素の迅速定量法, 分析化學, 31 : 677(1982).

16. "ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS", 11(1) : 1193 (1992).

17. "Standard Method" For the Examination of water and wastewater 17th 1080A 1-56, American Public Health Association, Washington (1989).

18. 荒木 峻外 2人 編輯, "環境科學辭典", 大日本印刷(株), p. 35(1985).

19. 朴勝祚, "大氣汚染物調査方法", 東和技術, Seoul, p. 91 (1989).

20. 藤村一郎, 澤田嗣郎, 窒素酸化物 定量, 分析化學, 39 : 415(1990).

藝 文 著 作

1. 趙光明, "大氣污染", 專門叢書, Seoul, 1982.

2. 嚴石源, "大氣污染", 專門叢書, Seoul, 1987.

3. Shei, C.M., P.P. Ericson, M.E. Peartman, K.E. Stohain, F.B. Benson and M.M. Young, "The chromatographic study: Effect of community exposure to nitrogen dioxide", J. Air Pollution Control Assoc., 20 : 1029 (1972).

4. Stanley E. Manahan, "Environmental Chemistry", Boston: Wadsworth, 1973.

5. Eugene P. Odum, "Ecology and endangered life support systems", E.S.A. (1989).

6. Photo X-ray, "Air Pollution Monitoring", CA 6 (1990).

7. Robinson E. and C.E. Moser, "Global Gaseous Pol-

Table 1. Comparison of methods for NO_x and SO₂ in municipal refuse incineration exhaust gas.

Method	NO _x (%)	SO ₂ (%)
Ion Chromatography	101	105
Ion Chromatography	102	106
Ion Chromatography	103	107
Ion Chromatography	104	108
Ion Chromatography	105	109
Ion Chromatography	106	110
Ion Chromatography	107	111
Ion Chromatography	108	112
Ion Chromatography	109	113
Ion Chromatography	110	114
Ion Chromatography	111	115
Ion Chromatography	112	116
Ion Chromatography	113	117
Ion Chromatography	114	118
Ion Chromatography	115	119
Ion Chromatography	116	120
Ion Chromatography	117	121
Ion Chromatography	118	122
Ion Chromatography	119	123
Ion Chromatography	120	124
Ion Chromatography	121	125
Ion Chromatography	122	126
Ion Chromatography	123	127
Ion Chromatography	124	128
Ion Chromatography	125	129
Ion Chromatography	126	130
Ion Chromatography	127	131
Ion Chromatography	128	132
Ion Chromatography	129	133
Ion Chromatography	130	134
Ion Chromatography	131	135
Ion Chromatography	132	136
Ion Chromatography	133	137
Ion Chromatography	134	138
Ion Chromatography	135	139
Ion Chromatography	136	140
Ion Chromatography	137	141
Ion Chromatography	138	142
Ion Chromatography	139	143
Ion Chromatography	140	144
Ion Chromatography	141	145
Ion Chromatography	142	146
Ion Chromatography	143	147
Ion Chromatography	144	148
Ion Chromatography	145	149
Ion Chromatography	146	150
Ion Chromatography	147	151
Ion Chromatography	148	152
Ion Chromatography	149	153
Ion Chromatography	150	154
Ion Chromatography	151	155
Ion Chromatography	152	156
Ion Chromatography	153	157
Ion Chromatography	154	158
Ion Chromatography	155	159
Ion Chromatography	156	160
Ion Chromatography	157	161
Ion Chromatography	158	162
Ion Chromatography	159	163
Ion Chromatography	160	164
Ion Chromatography	161	165
Ion Chromatography	162	166
Ion Chromatography	163	167
Ion Chromatography	164	168
Ion Chromatography	165	169
Ion Chromatography	166	170
Ion Chromatography	167	171
Ion Chromatography	168	172
Ion Chromatography	169	173
Ion Chromatography	170	174
Ion Chromatography	171	175
Ion Chromatography	172	176
Ion Chromatography	173	177
Ion Chromatography	174	178
Ion Chromatography	175	179
Ion Chromatography	176	180
Ion Chromatography	177	181
Ion Chromatography	178	182
Ion Chromatography	179	183
Ion Chromatography	180	184
Ion Chromatography	181	185
Ion Chromatography	182	186
Ion Chromatography	183	187
Ion Chromatography	184	188
Ion Chromatography	185	189
Ion Chromatography	186	190
Ion Chromatography	187	191
Ion Chromatography	188	192
Ion Chromatography	189	193
Ion Chromatography	190	194
Ion Chromatography	191	195
Ion Chromatography	192	196
Ion Chromatography	193	197
Ion Chromatography	194	198
Ion Chromatography	195	199
Ion Chromatography	196	200
Ion Chromatography	197	201
Ion Chromatography	198	202
Ion Chromatography	199	203
Ion Chromatography	200	204
Ion Chromatography	201	205
Ion Chromatography	202	206
Ion Chromatography	203	207
Ion Chromatography	204	208
Ion Chromatography	205	209
Ion Chromatography	206	210
Ion Chromatography	207	211
Ion Chromatography	208	212
Ion Chromatography	209	213
Ion Chromatography	210	214
Ion Chromatography	211	215
Ion Chromatography	212	216
Ion Chromatography	213	217
Ion Chromatography	214	218
Ion Chromatography	215	219
Ion Chromatography	216	220
Ion Chromatography	217	221
Ion Chromatography	218	222
Ion Chromatography	219	223
Ion Chromatography	220	224
Ion Chromatography	221	225
Ion Chromatography	222	226
Ion Chromatography	223	227
Ion Chromatography	224	228
Ion Chromatography	225	229
Ion Chromatography	226	230
Ion Chromatography	227	231
Ion Chromatography	228	232
Ion Chromatography	229	233
Ion Chromatography	230	234
Ion Chromatography	231	235
Ion Chromatography	232	236
Ion Chromatography	233	237
Ion Chromatography	234	238
Ion Chromatography	235	239
Ion Chromatography	236	240
Ion Chromatography	237	241
Ion Chromatography	238	242
Ion Chromatography	239	243
Ion Chromatography	240	244
Ion Chromatography	241	245
Ion Chromatography	242	246
Ion Chromatography	243	247
Ion Chromatography	244	248
Ion Chromatography	245	249
Ion Chromatography	246	250
Ion Chromatography	247	251
Ion Chromatography	248	252
Ion Chromatography	249	253
Ion Chromatography	250	254
Ion Chromatography	251	255
Ion Chromatography	252	256
Ion Chromatography	253	257
Ion Chromatography	254	258
Ion Chromatography	255	259
Ion Chromatography	256	260
Ion Chromatography	257	261
Ion Chromatography	258	262
Ion Chromatography	259	263
Ion Chromatography	260	264
Ion Chromatography	261	265
Ion Chromatography	262	266
Ion Chromatography	263	267
Ion Chromatography	264	268
Ion Chromatography	265	269
Ion Chromatography	266	270
Ion Chromatography	267	271
Ion Chromatography	268	272
Ion Chromatography	269	273
Ion Chromatography	270	274
Ion Chromatography	271	275
Ion Chromatography	272	276
Ion Chromatography	273	277
Ion Chromatography	274	278
Ion Chromatography	275	279
Ion Chromatography	276	280
Ion Chromatography	277	281
Ion Chromatography	278	282
Ion Chromatography	279	283
Ion Chromatography	280	284
Ion Chromatography	281	285
Ion Chromatography	282	286
Ion Chromatography	283	287
Ion Chromatography	284	288
Ion Chromatography	285	289
Ion Chromatography	286	290
Ion Chromatography	287	291
Ion Chromatography	288	292
Ion Chromatography	289	293
Ion Chromatography	290	294
Ion Chromatography	291	295
Ion Chromatography	292	296
Ion Chromatography	293	297
Ion Chromatography	294	298
Ion Chromatography	295	299
Ion Chromatography	296	300
Ion Chromatography	297	301
Ion Chromatography	298	302
Ion Chromatography	299	303
Ion Chromatography	300	304
Ion Chromatography	301	305
Ion Chromatography	302	306
Ion Chromatography	303	307
Ion Chromatography	304	308
Ion Chromatography	305	309
Ion Chromatography	306	310
Ion Chromatography	307	311
Ion Chromatography	308	312
Ion Chromatography	309	313
Ion Chromatography	310	314
Ion Chromatography	311	315
Ion Chromatography	312	316
Ion Chromatography	313	317
Ion Chromatography	314	318
Ion Chromatography	315	319
Ion Chromatography	316	320
Ion Chromatography	317	321
Ion Chromatography	318	322
Ion Chromatography	319	323
Ion Chromatography	320	324
Ion Chromatography	321	325
Ion Chromatography	322	326
Ion Chromatography	323	327
Ion Chromatography	324	328
Ion Chromatography	325	329
Ion Chromatography	326	330
Ion Chromatography	327	331
Ion Chromatography	328	332
Ion Chromatography	329	333
Ion Chromatography	330	334
Ion Chromatography	331	335
Ion Chromatography	332	336
Ion Chromatography	333	337
Ion Chromatography	334	338
Ion Chromatography	335	339
Ion Chromatography	336	340
Ion Chromatography	337	341
Ion Chromatography	338	342
Ion Chromatography	339	343
Ion Chromatography	340	344
Ion Chromatography	341	345
Ion Chromatography	342	346
Ion Chromatography	343	347
Ion Chromatography	344	348
Ion Chromatography	345	349
Ion Chromatography	346	350
Ion Chromatography	347	351
Ion Chromatography	348	352
Ion Chromatography	349	353
Ion Chromatography	350	354
Ion Chromatography	351	355
Ion Chromatography	352	356
Ion Chromatography	353	357
Ion Chromatography	354	358
Ion Chromatography	355	359
Ion Chromatography	356	360
Ion Chromatography	357	361
Ion Chromatography	358	362
Ion Chromatography	359	363
Ion Chromatography	360	364
Ion Chromatography	361	365
Ion Chromatography	362	366
Ion Chromatography	363	367
Ion Chromatography	364	368
Ion Chromatography	365	369
Ion Chromatography	366	370
Ion Chromatography	367	371
Ion Chromatography	368	372
Ion Chromatography	369	373
Ion Chromatography	370	374
Ion Chromatography	371	375
Ion Chromatography	372	376
Ion Chromatography	373	377
Ion Chromatography	374	378
Ion Chromatography	375	379
Ion Chromatography	376	380
Ion Chromatography	377	381
Ion Chromatography	378	382
Ion Chromatography	379	383
Ion Chromatography	380	384
Ion Chromatography	381	385
Ion Chromatography	382	386
Ion Chromatography	383	387
Ion Chromatography	384	388
Ion Chromatography	385	389
Ion Chromatography	386	390
Ion Chromatography	387	391
Ion Chromatography	388	392
Ion Chromatography	389	393
Ion Chromatography	390	394
Ion Chromatography	391	395
Ion Chromatography	392	396
Ion Chromatography	393	397
Ion Chromatography	394	398
Ion Chromatography	395	399
Ion Chromatography	396	400
Ion Chromatography	397	401
Ion Chromatography	398	402
Ion Chromatography	399	403
Ion Chromatography	400	404
Ion Chromatography	401	405
Ion Chromatography	402	406
Ion Chromatography	403	407
Ion Chromatography	404	408
Ion Chromatography	405	409
Ion Chromatography	406	410
Ion Chromatography	407	411
Ion Chromatography	408	412
Ion Chromatography	409	413
Ion Chromatography	410	414
Ion Chromatography	411	415
Ion Chromatography	412	416
Ion Chromatography	413	417
Ion Chromatography	414	418
Ion Chromatography	415	419
Ion Chromatography	416	420
Ion Chromatography	417	421
Ion Chromatography	418	422
Ion Chromatography	419	423
Ion Chromatography	420	