

水中フェノール及び塩素化フェノールの GC/MS を用いた
多成分同時分析法に関する研究

川元 達彦*, 巻幡 希子, 谷本 高敏

Studies on Multi-Component Simultaneous Analysis
of Phenol and Chlorinated Phenols in Water by GC/MS

Tatsuhiko Kawamoto, Nobuko Makihata, and Takatoshi Tanimoto

Water Environment Division, Hyogo Prefectural Institute of Public Health
and Environmental Sciences, 2-1-29, Arata-cho, Hyogo-ku, Kobe 652-0032, Japan

SUMMARY

Phenol is broadly used as materials, such as a synthetic resin and a surface-active agent. For this reason, outflow accident of phenol may pollute the source for drinking water. Moreover, phenol produces chlorinated phenols which possess the offensive taste and odor, or which is possibly carcinogenic to human by the reaction with chlorine used in water treatment.

The multi-component simultaneous analysis of phenol and chlorinated phenols in water by GC/MS was established for safety reservation of tap water and monitoring at leakage of phenol.

I はじめに

フェノール類は合成樹脂や界面活性剤などの原料として大量に使用されているため、化学工業排水等に含まれる可能性がある。また、水道においては、送水管等の内面塗料としてタールエポキシ樹脂塗料が以前に使用されており、これを塗布した鋼管の乾燥や洗管不足によりフェノール類が溶出した事例がある。

フェノール類の水道水における水質基準は、 $5\mu\text{g/L}$ 以下と定められている¹⁾。フェノールは $1,000\mu\text{g/L}$ 以下の濃度では臭気を感じないが、フェノールを含む原水を

浄水処理過程で塩素処理すると塩素化フェノール（消毒副生成物）が生成し、これが水道水に異臭味を与える原因物質となっている。このような塩素化フェノール類は、水中でフェノールと塩素が反応して 2-クロロフェノールおよび 4-クロロフェノールを経て 2,4-ジクロロフェノールや 2,6-ジクロロフェノールとなり、さらに塩素化されて発ガン性の疑われている 2,4,6-トリクロロフェノールが生成することが知られている²⁾。これらのうち異臭味に関して、2-クロロフェノール、2,4-ジクロロフェノール、2,6-ジクロロフェノールの閾値はフェノールの約 1000 分の 1 以下とされている²⁾。

WHO が 1984 年に勧告した飲料水水質ガイドラインでは健康影響の立場から、2,4,6-トリクロロフェノールとペンタクロロフェノールのガイドライン値は、いずれも $10\mu\text{g/L}$ と定められていた。また、1993 年に改正されたガイドラインでは、健康影響の立場から、2,4,6-トリ

水質環境部

* 別刷請求先：〒652-0032 神戸市兵庫区荒田町 2-1-29
兵庫県立健康環境科学研究所センター
水質環境部 川元 達彦

クロロフェノールのガイドライン値が 200 µg/L となり、さらに利用障害の観点から、2-クロロフェノール、2,4-ジクロロフェノールおよび 2,4,6-トリクロロフェノールのガイドライン値はそれぞれ 0.1~10 µg/L、0.3~40 µg/L および 2~300 µg/L と非常に低い濃度レベルが設定された³⁾。水道水の安全性確保のためには、水道法に定めるフェノール類（基準値 5 µg/L）を分析するだけでなく、低濃度の塩素化フェノールを個別に分析・定量することが必要であると考えられる。そのため水道水源への流入事故等（飲料水健康危機管理）にそなえた、迅速、正確かつ高感度なフェノールおよび塩素化フェノールの多成分同時分析法を確立することが重要である。

本研究ではフェノールおよび塩素化フェノールについて、低濃度領域においても迅速かつ精度の保証できる分析法の確立を目指して、煩雑な誘導体化を必要としない最適な GC/MS の分析条件に関する検討や添加回収実験による定量性の確認を行ったので報告する。

II 材料および方法

1. 試薬および試料等

- フェノール類の標準溶液：フェノールについてはフェノール標準品（関東化学社製、水質試験用 1,000mg/L 標準溶液）を用いた。他のフェノール類（塩素化フェノール類：2-,3-,4-クロロフェノール、2,3-, 2,4-, 2,5-, 2,6-, 3,4-, 3,5-ジクロロフェノール、2,3,6-, 2,4,5-, 2,4,6-トリクロロフェノール、2,3,4,6-テトラクロロフェノール、ペンタクロロフェノール、クレゾール：*o*-,*m*-,*p*-クレゾール）については、粉末品または液体（純純度 99%

以上）をアセトンで溶解して、1000mg/L 溶液を調製した。次いで、これらの各標準原液を混和し、*n*-ヘキサンにて 10mg/L の標準混合原液を調製した。この標準混合原液を *n*-ヘキサンで適宜希釈し、各種実験に必要な標準溶液を調製した。分析に供した 18 種類のフェノール類の分子式、分子量、CAS-No は Table 1 に示す。

- 精製水：Milli Q SP.TOC（ミリポア社製）で製造した精製水を用いた。
- 水道水：添加回収実験に用いた水道水は県立健康環境科学研究センターの 3 階給水栓より採取し、アスコルビン酸ナトリウム（1L の水道水に 10mg 添加）で脱塩素したものを実験に供した。
- 水道原水：添加回収実験に用いた水道原水としての河川水は K 市 A 区の河川より採取した。
- アスコルビン酸ナトリウム（和光純薬社製特級）
- 硫酸（1+1）：水銀分析用（関東化学社製）。
- 無水硫酸ナトリウム：残留農薬用の無水硫酸ナトリウム（和光純薬社製）は電気炉で 500°C、5 時間乾燥した後、使用時までデシケターにて保存した。
- 有機溶媒：ジクロロメタン、アセトンおよび *n*-ヘキサンは残留農薬試験用 2000（和光純薬社製）を用いた。その他の試薬はすべて市販の特級品を用いた。
- 精製水、水道水および水道原水（河川水）の pH、浮遊物質（SS）および残留塩素については上水試験方法⁴⁾に準拠して分析した。

2. 装置：溶媒の濃縮装置はターボバップ Turbo Vap 500（Zymark 社製）を用いた。ガスクロマトグラフ（GC）は Hewlett Packard (HP) 社製 HP5890 シリーズ II を、質量分析計（MS）は HP5971A を用いた。

Table 1 Target compounds used in this study

Compounds	Molecular Formula	Molecular Weight	CAS-No
Phenol	C ₆ H ₆ O	94.1	108-95-2
<i>o</i> -cresol	C ₇ H ₈ O	108.1	95-48-7
<i>m</i> -cresol	C ₇ H ₈ O	108.1	108-39-4
<i>p</i> -cresol	C ₇ H ₈ O	108.1	106-44-5
2-chlorophenol	C ₆ H ₅ ClO	128.5	95-57-8
3-chlorophenol	C ₆ H ₅ ClO	128.5	108-43-0
4-chlorophenol	C ₆ H ₅ ClO	128.5	106-48-9
2,3-dichlorophenol	C ₆ H ₄ Cl ₂ O	163.0	576-24-9
2,4-dichlorophenol	C ₆ H ₄ Cl ₂ O	163.0	120-83-2
2,5-dichlorophenol	C ₆ H ₄ Cl ₂ O	163.0	583-78-8
2,6-dichlorophenol	C ₆ H ₄ Cl ₂ O	163.0	87-65-0
3,4-dichlorophenol	C ₆ H ₄ Cl ₂ O	163.0	95-77-2
3,5-dichlorophenol	C ₆ H ₄ Cl ₂ O	163.0	591-35-5
2,3,6-trichlorophenol	C ₆ H ₃ Cl ₃ O	197.4	933-75-5
2,4,5-trichlorophenol	C ₆ H ₃ Cl ₃ O	197.4	95-95-4
2,4,6-trichlorophenol	C ₆ H ₃ Cl ₃ O	197.4	88-06-2
2,3,4,6-tetrachlorophenol	C ₆ H ₂ Cl ₄ O	231.9	58-90-2
Pentachlorophenol	C ₆ HCl ₅ O	266.3	87-86-5

Table 2 GC/MS Operation Conditions

[GC]
Splitless Injection, Injection Volume: 2 µl
Injection Temp.: 200°C
Oven Temp.: 50°C(3min)→10°C/min→220°C
Carrier Gas: Helium, 8psi
Column: DB- 1 (Film thickness; 0.1 µm, L; 30m, I.D.; 0.25mm)
Column: DB- 5 (Film thickness; 0.1 µm, L; 30m, I.D.; 0.25mm)
Column: DB-17 (Film thickness; 0.15 µm, L; 30m, I.D.; 0.25mm)
[MS]
Mode: EI
Ion Source Temp.: 180°C
Transferline Temp.: 280°C
Ionization Volt: 70eV
Mass Range: 50-450(m/z)

3. GC/MS 分析におけるキャピラリーカラムの最適条件の検討

GC/MS の測定条件は Table 2 に示す。なお、18 種類のフェノール類の分離条件は、無極性カラム（液相の組成：100%ジメチルポリシロキサン、DB-1、J&W 社製）、微極性カラム（液相：5%フェニル-メチルポリシロキサン、DB-5、同）および中極性カラム（液相：50%フェニル-メチルポリシロキサン DB-17、同）の3種類のキャピラリーカラムを用いて検討した。

4. 水中フェノール類の溶媒抽出-GC/MS による分析

水中フェノール類の溶媒抽出法は上水試験方法⁴⁾および既報⁵⁾に従って行った。溶媒抽出法の概略を Fig.1 に示し、その概要を以下に示した。

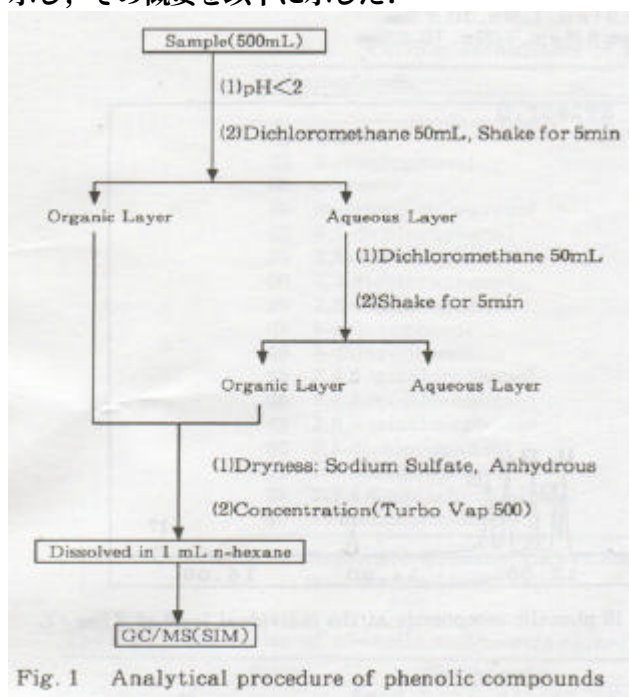


Fig. 1 Analytical procedure of phenolic compounds

試料水 500ml（フェノール類として 0, 0.5, 5 $\mu\text{g/L}$ を含むように精製水、水道水、河川水に標準混合溶液を添加）を分液ロート 1L に採り、硫酸（1+1）を用いて pH2 以下として、ジクロロメタン 50ml を加えて混和し、5 分間激しく振とうした。5 分間静置後、ジクロロメタン層を分取し、残りの水層にジクロロメタン 50ml を混和し、同様の抽出操作を行った。2 回の抽出液を合わせて、無水硫酸ナトリウムにより脱水後、ターボバップ（水浴温度 30°C、ファンスピード A）で 1ml まで濃縮した。その後、n-ヘキサンに転溶後、窒素気流下で 1ml まで濃縮したものを検液とした。

フェノール類の分析のための検量線作成（濃度範囲：1 ~ 100 $\mu\text{g/L}$ ）および定量は SIM（selected ion monitoring）法により行った。

なお、添加回収に用いた精製水、水道水および河川水にはフェノールおよび塩素化フェノールが含まれていないことを確認して実験に供した。これら試料を用いた添加回収実験の平均回収率と変動係数は、3 回の繰り返し実験により求めた。

III 結果および考察

1. GC/MS によるフェノール類の個別分析について

1-1) 最適なキャピラリーカラムの選択と GC/MS クロマトグラム

フェノール類の分析法のひとつとして、ペンタフルオロベンジル誘導体化後の GC/MS 分析を行う手法が示されている⁶⁾。水質事故時には緊急性が求められていることから、煩雑な操作を伴う誘導体化を行わない、キャピラリーカラムの選択による最適な分離条件およびピークの形状（定量性に影響）に関する検討を行い、分析の迅速化を図ることとした。

フェノール類の個別分析のために、検討を行ったキャピラリーカラムは DB-1、DB-5 および DB-17 の液相の異なるカラムであり、2.5mg/L の標準混合溶液を用いて実施した。これらの 3 種類のカラムを用いた場合の保持時間および測定質量数を Table 3 に示す。

m- および p-クレゾールは、いずれのカラムでも保持時間は同じでピークは重なるものの、他のフェノール類の分離は、DB-1 で最も良好であった。DB-5 あるいは DB-17 のカラムではカラムの液相成分の極性が増すに従い、m-, p-クレゾール以外に同じ保持時間をもつ化合物が認められ、ガスクロマトグラフの昇温条件の検討でも分離できなかった。

分離の最適な DB-1 カラムでの SIM クロマトグラムを Fig.2 に示す。これらの結果から、測定対象物質のピーク形状は全体的に良好であることが分かった。また、フェノールの半値幅を検討した結果、DB-1 では 2.17sec、DB-5 では 3.05sec、DB-17 では 6.91sec であり、最も DB-1 の半値幅が、小さく鋭いピークであることが分かった。また、他のフェノール類についても同様の傾向が認められた。

フェノール類は極性のある水酸基を有するために、定量に影響を与えるピーク形状の改善や検出感度を高めるために誘導体化を行い、GC/MS で分析する手法が提唱されている。しかしながら無極性カラ

Table 3 Variation of retention time of phenolic compounds on three type columns

No	Compounds	Mass(m/z)	DB- 1	DB- 5	DB-17
1	Phenol	94	5.65	5.72	7.84
2	2-chlorophenol	128, 130, 100	5.68	5.82	7.75
3	<i>o</i> -cresol	108, 107, 79	7.02	7.12	9.18
4	<i>m</i> - or <i>p</i> -cresol	107, 108	7.42	7.55	9.52
5	2,4-dichlorophenol	162, 164, 63	8.90	9.10	11.24
6	2,5-dichlorophenol	162, 164, 63	8.96	9.16	11.18
7	2,3-dichlorophenol	162, 164, 126	9.03	9.27	11.46
8	2,6-dichlorophenol	162, 164, 63	9.42	9.68	11.96
9	4-chlorophenol	128, 65, 130	9.51	9.68	12.03
10	3-chlorophenol	128, 65, 130	9.54	9.68	11.83
11	2,4,6-trichlorophenol	198, 196, 97	11.75	12.02	14.07
12	2,4,5-trichlorophenol	196, 198, 97	11.85	12.08	14.40
13	2,3,6-trichlorophenol	198, 196, 97	12.16	12.44	14.82
14	3,5-dichlorophenol	162, 164, 99	12.46	12.63	14.59
15	3,4-dichlorophenol	162, 164, 99	12.71	12.94	15.42
16	2,3,4,6-tetrachlorophenol	230, 232, 234	14.41	14.69	17.11
17	Pentachlorophenol	264, 266, 268	16.78	17.06	19.72

DB-1: 100%Dimethylpolysiloxane, Film thickness; 0.1 μ m, L;30m, I.D.; 0.25mm

DB-5: (5%-Phenyl)-methylpolysiloxane, Film thickness; 0.1 μ m, L;30m, I.D.; 0.25mm

DB-17: (50%-Phenyl)-methylpolysiloxane, Film thickness; 0.15 μ m, L;30m, I.D.; 0.25mm

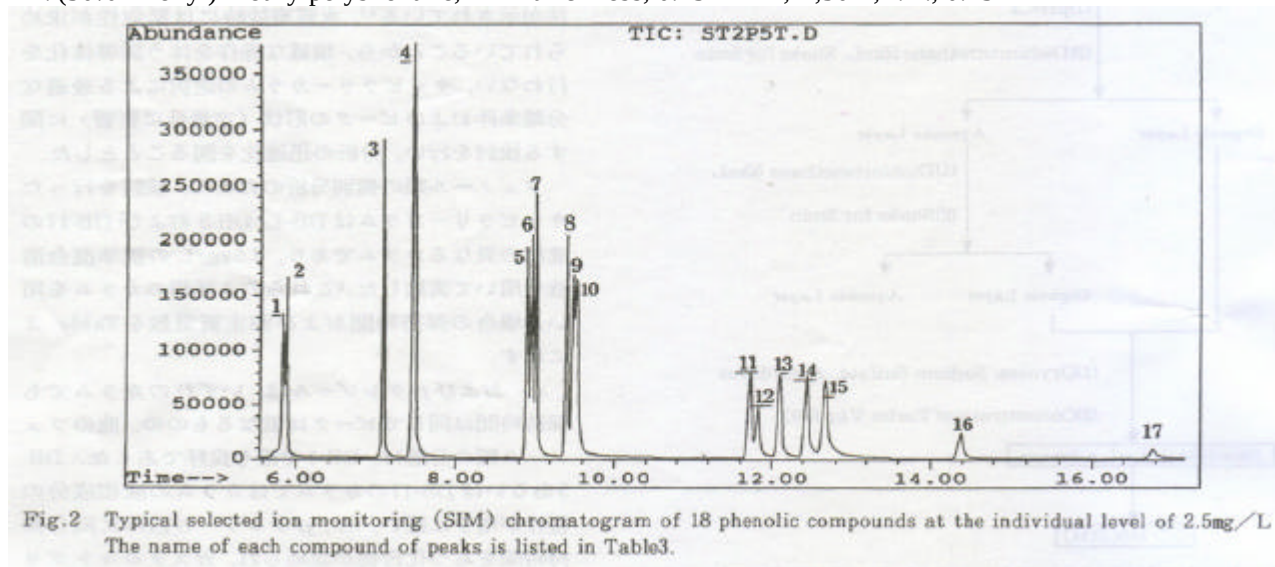


Fig.2 Typical selected ion monitoring (SIM) chromatogram of 18 phenolic compounds at the individual level of 2.5mg/L. The name of each compound of peaks is listed in Table3.

ムを使用すれば、目的とするフェノール類が短時間（20分以内）に、半値幅の小さい鋭いピークとして検出しうることが明らかとなった。

また、塩素化フェノールでは塩素の位置によって、クレゾールではメチル基の位置によって、それぞれ異性体があり、検出される強いイオン（質量数）は共通しているものの、DB-1カラムによる分離では保持時間で区別されることから個別定量が可能であることが明らかとなった。

1-2) 検量線

フェノール類の検量線の回帰式および相関係数を Table 4 に示す。フェノール類濃度とピーク面積の

相関係数は Table 4 に示す定量範囲において 0.993～1.000 と高い値を示し、濃度応答性が極めて良好であった。このことから、本分析条件が 18 種類のフェノール類の多成分同時分析に対して有効であることが示された。

1-3) 定量下限値

フェノール類の各物質について、精製水 500ml に各 0.001 μ g/L～0.1 μ g/L となるように添加し、II 材料および方法の 4. に示した方法で分析した。Signal/Noise(S/N)比が 10 のピークを示す濃度を定量下限値とし、それらの結果を Table 4 に示す。いずれの化合物の定量下限値も異臭味の閾値および毒

性レベル^{2, 3)} からみて十分に低い濃度レベル (0.01~0.17 µg/L) まで、定量が可能であることが分かった。

今回検討した塩素化フェノールのうち、2,4-ジクロロフェノールおよびペンタクロロフェノールは、内分泌攪乱作用が疑われており⁷⁾、低濃度分析が必要とされているために、トリメチルシリル (TMS) 誘導体化による GC/MS 分析が推奨されているが、ペンタクロロフェノールの TMS 誘導体が不安定であることも指摘されている⁸⁾。本分析法による 2,4-ジクロロフェノールの検出下限値は 0.003 µg/L であり、TMS 誘導体化 GC/MS 分析による検出下限値 (0.01 µg/L)⁸⁾ と比べて非常に高感度であった。一方、ペンタクロロフェノールの検出下限値は 0.05 µg/L で

あり、濃縮倍率を上げることによって 0.01 µg/L の検出⁸⁾が可能となる。従って、本分析法はこれらの内分泌攪乱作用が疑われている、この 2 物質に対しても対応可能であることが考えられた。

2. 水中フェノール類の溶媒抽出-GC/MS 分析

2-1) 抽出および濃縮条件の検討

抽出方法はフェノール類を含む検水を pH2 以下とし、これをジクロロメタンで抽出する方法である。

上水試験方法⁴⁾では、KD 濃縮器を用いる場合、減圧濃縮法では回収率の低下をきたすこと、脱水が不十分な場合突沸が起こりやすく、十分な脱水のためには 2 時間以上必要なこともあることが指摘されている。そのため、常圧下で低温制御可能な濃縮器

Table 4 Various parameters of phenolic compounds

Compounds	R.E.	C.C.	D.R. (µg/L)	Q.L. (µg/L)
(1) phenol	y=641x-4037	0.999	5-100	0.01
(2) 2-chlorophenol	y=661x-3646	0.999	5-100	0.01
(3) <i>o</i> -cresol	y=1004x-5262	0.999	5-100	0.01
(4) <i>m</i> -cresol + <i>p</i> -cresol	y=2142x-9854	0.997	1-100	0.01
(5) 2,4-dichlorophenol	y=541x-3319	0.998	5-100	0.01
(6) 2,5-dichlorophenol	y=59.6x ^{1.567}	0.996	5-100	0.01
(7) 2,3-dichlorophenol	y=886x-5307	0.999	5-100	0.01
(8) 2,6-dichlorophenol	y=853x-6486	0.995	5-100	0.08
(9) 4-chlorophenol	y=602x-1205	0.996	1-50	0.02
(10) 3-chlorophenol	y=757x-3417	0.994	1-100	0.02
(11) 2,4,6-trichlorophenol	y=375x-4569	0.994	10-100	0.02
(12) 2,4,5-trichlorophenol	y=39.1x ^{1.4808}	0.999	10-100	0.03
(13) 2,3,6-trichlorophenol	y=830x-4678	0.999	10-100	0.02
(14) 3,5-dichlorophenol	y=294x-286	1.000	10-100	0.03
(15) 3,4-dichlorophenol	y=243x ^{1.2093}	0.996	10-100	0.03
(16) 2,3,4,6-tetrachlorophenol	y=69x ^{1.2404}	0.997	10-100	0.04
(17) pentachlorophenol	y=9.80x ^{1.4304}	0.993	10-100	0.17

R.E.: Regression Equation, C.C.: Correlation Coefficient, D.R.: Determination Range, Q.L.: Quantitation Limits

Table 5 Recoveries of phenolic compounds spiked to three types of water at two concentration levels

Compounds	Sample		Distilled water		Tap water		Raw water	
			5 µg/L(R,CV)	0.5 µg/L(R,CV)	5 µg/L(R,CV)	0.5 µg/L(R,CV)	5 µg/L(R,CV)	0.5 µg/L(R,CV)
Phenol			97.7, 3.2	88.4, 5.3	87.7, 6.1	86.4, 5.5	88.2, 4.1	83.7, 3.6
2-chlorophenol			100.1, 1.5	93.3, 4.4	94.1, 6.2	87.5, 7.5	93.7, 2.2	86.9, 1.0
<i>o</i> -cresol			78.3, 2.3	71.9, 2.3	76.0, 2.2	74.5, 7.0	70.4, 9.0	65.7, 5.0
<i>m</i> -cresol + <i>p</i> -cresol			72.6, 3.0	69.2, 2.3	75.3, 6.7	76.1, 6.7	67.5, 10.5	61.4, 4.0
2,4-dichlorophenol			95.9, 7.3	78.8, 5.0	97.7, 4.6	87.9, 6.3	95.4, 8.2	105.9, 3.8
2,5-dichlorophenol			106.5, 4.5	87.4, 5.0	100.4, 5.9	103.1, 7.4	72.5, 7.9	103.5, 6.8
2,3-dichlorophenol			97.8, 2.4	88.2, 1.9	94.2, 3.1	101.5, 9.2	86.8, 3.8	96.1, 8.2
2,6-dichlorophenol			94.8, 2.2	84.9, 2.2	97.5, 4.9	104.8, 7.6	91.7, 10.0	89.5, 7.0
4-chlorophenol			100.7, 6.1	72.9, 6.7	85.1, 1.6	79.9, 7.1	81.5, 4.9	74.0, 4.4
3-chlorophenol			72.0, 3.3	76.1, 7.8	80.8, 8.2	73.9, 12.9	75.9, 2.9	74.5, 4.0
2,4,6-trichlorophenol			102.6, 5.0	91.6, 1.1	109.4, 2.9	105.8, 2.3	84.0, 5.5	111.9, 8.7
2,4,5-trichlorophenol			100.4, 3.1	97.2, 3.4	102.1, 1.1	98.4, 6.7	86.1, 5.3	100.2, 4.8
2,3,6-trichlorophenol			99.1, 2.3	98.7, 2.4	99.9, 1.9	103.5, 5.8	84.0, 5.9	103.2, 8.5
3,5-dichlorophenol			102.9, 5.9	98.1, 3.3	103.1, 2.4	104.9, 6.9	84.9, 4.0	104.8, 2.0
3,4-dichlorophenol			103.9, 6.3	66.7, 3.8	90.0, 5.0	79.0, 11.0	84.4, 3.9	97.4, 9.7
2,3,4,6-tetrachlorophenol			105.8, 1.9	112.8, 1.3	115.2, 1.7	104.3, 3.8	90.6, 9.6	105.9, 4.3
Pentachlorophenol			100.1, 4.8	104.4, 7.4	110.9, 4.7	109.6, 1.2	104.0, 3.9	107.5, 3.2

R.: recovery(%), CV.: coefficient of variation(%), n=3

D.W.: pH7.0, SS<1mg/L, T.W.: pH6.9, SS<1mg/L, R.W.: pH7.1, SS1.3mg/L

を用い、水浴温度を 30℃に、揮散した溶媒の除去を行うファンのスピードを最も低速に設定し検討した結果、25 分の短時間で濃縮が完了し、概ね良好な回収率が得られることが分かった (Table 5) .

2-2) 添加回収実験

18 種類のフェノール類の添加回収実験において用いた濃度はフェノール類の基準値 5 µg/L とその 1/10 濃度の 0.5 µg/L とした。精製水、水道水、河川水などの試料水の回収率と変動係数を Table 5 に示す。

精製水、水道水、河川水に 18 種類のフェノール類をそれぞれ 5 µg/L 添加した時の回収率の範囲は、それぞれ 72.0~106.5%, 75.3~115.2%, 67.5~104.0%であり、変動係数の範囲はそれぞれ 1.5~7.3%, 1.1~8.2%, 2.2~10.5%であった。

また、精製水、水道水、河川水に 18 種類のフェノール類をそれぞれ 0.5 µg/L 添加した時の回収率の範囲は、それぞれ 66.7~112.8%, 73.9~109.6%, 61.4~111.9%であり、変動係数の範囲はそれぞれ 1.1~7.8%, 1.2~12.9%, 1.0~9.7%であった。

化合物ごとにとみると、o-, m-, p-クレゾールおよび 3,4-ジクロロフェノールの一部の添加試料水は 61.4~69.2%の回収率であったが、これら以外の化合物では 70%以上の回収率であった。また、変動係数の範囲は 1.0~12.9%であり、良好な再現性を示した。

以上の結果から、本法は 18 種類のフェノール類 (特にフェノール、塩素化フェノール) の一斉分析に適用できる分析法であると考えられた。

IV 結 論

水中フェノールおよび塩素化フェノールの分析法として、誘導体化を必要としない最適なカラム条件と溶媒抽出-GC/MS 法の測定条件の検討を行った結果、以下の知見が得られた。

1. 水中フェノールおよび塩素化フェノールの分離には、今回検討した 3 種のカラムのうち、無極性キャピラリーカラムが最も適していることが分かった。また、本

カラムで検出されるピークの半値幅は極性カラムと比べて小さいことから、検出が鋭敏であることも分かった。

2. 各測定対象物質の定量下限値は、0.01~0.17 µg/L であり、低濃度レベルまでの測定が可能となった。
3. 低温制御型濃縮器を用いて、常圧で濃縮を行った結果、短時間で濃縮操作は完了し、迅速な濃縮法であることを認めた。
4. 精製水、水道水、水道原水としての河川水を試料水として添加回収実験を行い、回収率が良好でしかも変動係数が小さいことから一斉分析法として適用できる方法であることが分かった。このように、水質事故発生時をも想定した迅速、高感度かつ精度 (再現性) の良い多成分同時分析法が確立されたものと考えている。

文 献

- 1) 厚生省生活衛生局水道環境部長通知:「水道水質に関する基準制定について」, 1992 年 12 月 21 日, 衛水第 264 号
- 2) 佐谷戸安好, 真柄泰基, 茂庭竹生: WHO 飲料水ガイドライン (II). 水道協会雑誌, 56(6), 132-135 (1987)
- 3) Mintz, B.: Guideline for Drinking-water Quality, 2nd edition, 2, p.828-837, World Health Organization, Geneva (1996)
- 4) 上水試験方法 2001 年版, p.107-477, 日本水道協会出版, 東京 (2001)
- 5) 川元達彦, 巻幡 希子, 寺西 清: 水道原水中における新規規制農薬カルボフランの年間濃度変動. 兵庫衛研報, 35, 127-134 (2000)
- 6) 環境庁環境保健部環境安全課: 平成 7 年度化学物質分析法開発調査報告書, 1996 年 6 月
- 7) 環境庁:「外因性内分泌攪乱化学物質問題への環境庁への対応方針について」- 環境ホルモン戦略計画 SPEED '98-, 1998 年 5 月
- 8) 森田昌敏監修: 環境ホルモンのモニタリング技術- 分析・測定法の実践-, p.100-114, シーエムシー出版, 東京 (1999)

(受理 2002 年 12 月 5 日)