

GC-MS 法による魚体中の化学物質の分析¹⁾

Identification of chemical by GC-MS analysis in fish collected in both Tokyo and Sendai Bay

河 辺 安 男²⁾ 仲 山 伸 次³⁾ 石 黒 智 彦³⁾
高 橋 誠 二⁴⁾ 坂 田 衛⁴⁾

Yasuo Kawabe, Shinji Nakayama, Tomohiko Ishiguro,
Seiji Takahashi and Mamoru Sakata

1 緒 言

化学物質による環境汚染の調査は工場排水、河川水、海水、底質および土壌等^{1,2,3,4,5)}を中心に実施されており多くのデータが集積されつつある。

魚介類については加藤ら⁶⁾や船坂ら⁷⁾は異臭魚を GC, GC-MS 法によって分析し、芳香族炭化水素類、塩素系化合物等の異臭物質の同定を行った例はあるが、工場排水、河川水等の実施例に比べてはるかにその報告例は少ない。

仲山ら⁸⁾は東京湾、相模湾で採取したセイゴ、ボラ、イシモチ、フグを GC, GC-MS 分析した結果、生体外物質と魚体由来物質を含め約70成分が同定されたが魚種によって検出される成分についてはあまり相違はみられなかった。

そこで、本報では汚染が少ないと思われる地域（仙台湾）と、汚染が進んでいると思われる地域（東京湾）で採取した魚体中の化学物質を GC, GC-MS 法により分析し、質的、量的相違を検討するとともに魚体由来物質と生体外物質とを分類した。

魚体中の化学物質の分析方法は、揮発性成分については、ヘッドスペース法、難揮発性成分についてはクロロホルム+メタノール溶媒抽出法、そして、そのクリーン

アップ方法としてはプレカラム方式を用いた。また溶媒抽出した際のメタノール+水層中には酸、塩基性物質およびフェノール等が移行しているものと考えられるので、酸処理、アルカリ処理により酸性物質および塩基性物質を GC, GC-MS 法により分析を行った。

2 魚体中の揮発性成分の分析

2-1 分析方法

分析は仲山ら⁸⁾と同様のヘッドスペース法を用いた。

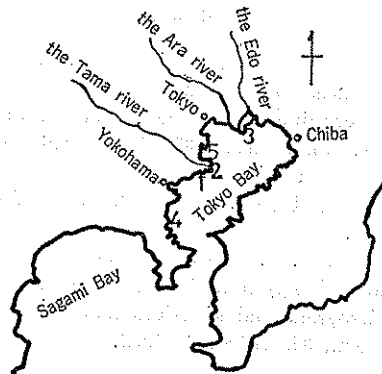


Fig. 1 Sampling point in Tokyo Bay

1. Kawasaki harbor
2. Daishi
3. Urayasu
4. Kanazawa Hakkei
5. Morigasaki

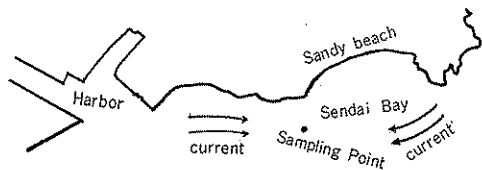


Fig. 2 Sampling point in Sendai Bay

- 1) 本調査は昭和52年度環境庁委託業務“難分解性化学物質検索調査”によって実施された
- 2) 日本環境衛生センター技監室
Research & Technology Section, Japan Environmental Sanitation Center
- 3) 日本環境衛生センター公害部特殊公害課
Odor Laboratory, Department of Environmental Pollution, Japan Environmental Sanitation Center
- 4) (株)島津製作所
Shimadzu Seisakusho Ltd.

温
に

3
無
1)
500
3-

3
pH
間
抽
てい

2-2 分析条件

(1) GC 分析条件

(i) 低温濃縮

カラム: PEG 1000 25%+SE 30 10%(2.5 m+0.5m)

担体: chromosorb W AW DMCS
60~80 メッシュ 3m, 3mmφ ガラスカラム

カラム温度: 30°C→100°C, 5°C/min 昇温

キャリアガス: N₂, 50ml/min

検出器温度: 200°C

検出器: 水素炎イオン化検出器 (FID)

(ii) 常温吸着

カラム: OV-17 15%, 担体 chromosorb W AW 60~80 メッシュ, 3m, 3mmφ ガラスカラム

カラム温度: 20°C→260°C, 10°C/min 昇温

キャリアガス: N₂, 50ml/min

検出器温度: 250°C

検出器: FID

(2) GC-MS 分析条件

低温濃縮試料については仲山ら⁸⁾と同じであるが, 常温吸着試料についてはカラム条件が相違している。以下にカラム条件を示す。

カラム: OV-17 15%, 担体 chromosorb W AW 60~80 メッシュ, 3m, 3mmφ ガラスカラム

カラム温度: 20°C→220°C, 10°C/min 昇温

3 魚体中の難揮発性成分の分析

3-1 分析方法

分析方法は仲山ら⁸⁾と同様のクロロホルム+メタノール溶媒抽出法を用いた。

3-2 試薬

クロロホルム, メタノール: 仲山ら⁸⁾と同様

無水硫酸ナトリウム: クロロホルム+メタノール (1:1) を用い, ソックスレー抽出器で24時間洗浄した後, 500°C で2時間乾燥する。

3-3 GC, GC-MS 分析条件

仲山ら⁸⁾と同様である。

4 魚体中の水溶性成分の分析

3の残液メタノール+水層に濃塩酸 0.5ml を加えて pH 2~3 に調整し, クロロホルム50ml を加えて30分間抽出を行った。クロロホルム層はエマルジョンになっているため, 5分間, 3,000rpm で遠心分離を行って消去

した後, 無水硫酸ナトリウムで脱水し, KD 濃縮器で 3ml まで濃縮し, GC-MS 分析を行った。また, 水層はさらに 1N 水酸化カリウム 15ml を加えて pH 12~13 に調整し, 前述と同様の方法で分析を行った。

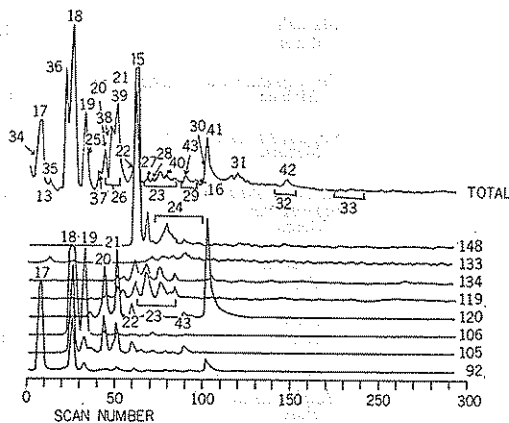


Fig. 3 Typical masschromatogram of volatile organic chemicals by tenax sampling tube

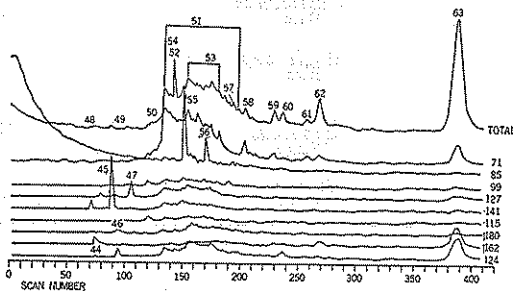


Fig. 4 Typical masschromatogram of high boiling organic chemicals

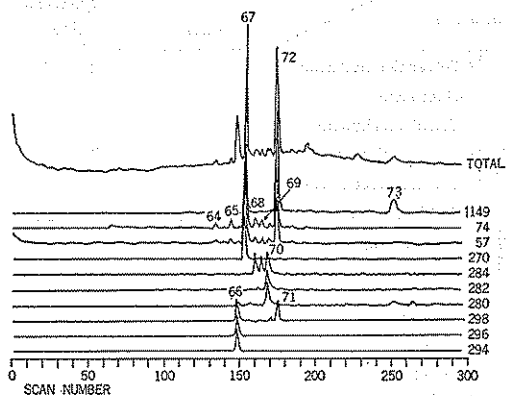


Fig. 5 Typical masschromatogram of high boiling organic chemicals by chloroform-acid

Table 1 Fishes and localities collected

Fishes	Localities collected	Body length (cm)	Body weight (g)
<i>Sciaena schlegelii</i> Ishimochi	Sendai	16	80
Flatfish Karei	Sendai	18 17.5	153 131
<i>Hexagrammos otakii</i> Ainame	Kanazawa Hakkei	18.5	150
<i>Sebastes inermis</i> Mebaru	Kanazawa Hakkei	12.5 11	70 45
<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo	Kanazawa Hakkei	23	210
Globefish Fugu	Kanazawa Hakkei	7	70
Flatfish Karei	Kanazawa Hakkei	8.5	86
<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	Daishi	6.5 - 10.3	4 - 16
<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	Kawasaki harbor	5 - 10	9 - 15
<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	Kawasaki harbor	5 - 7	3 - 11.5
<i>Mugil cephalus</i> Bora	Morigasaki	31.5	440
<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo	Morigasaki	27	260
Flatfish Karei	Urayasu	8.5 - 10.5	12 - 40

Table 2 Chemicals detected from fishes by head-space method of GC-MS analysis

Fishes	Sendai Bay		Tokyo Bay				
	Flatfish		<i>Lateolabrax japonicus</i>	Globefish	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	<i>Lateolabrax japonicus</i>	<i>Mugil cephalus</i>
	Karei		Seigo	Fugu	Haze	Seigo	Bora
chloric compounds	* Tetrachloromethane		○ △	○ △	○ △	○ △	○ △
	* Chloroform	○	○ △	△	○ △	△	△
	* Trichloroethylene		△	△	△	△	△
	* 1, 1, 1-trichloroethane		○		○ △	○ △	○ △
	* Tetrachloroethylene	○		△	△	△	△
	* Dichlorobenzene	△	△	△	△		△
	* Dichloroethylene			△			
	* Monochlorobenzene					△	
$C_n H_{2n-4}$							
* $C_8 H_{12}$					△		
$C_n H_{2n-2}$							
* $C_8 H_{14}$			△	△	△		△
$C_{11} H_{20}$			△	△			△
$C_{12} H_{22}$			△	△	△		△

Fishes		Sendai Bay	Tokyo Bay				
		Flat.fish Karei	<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo	Globefish Fugu	<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo	<i>Mugil cephalus</i> Bora
hydrocarbon	C ₁₃ H ₂₄		△		△	△	
	C ₁₄ H ₂₆					△	
	C _n H _{2n}						
	C ₅ H ₁₀			△	△		
	* Cyclohexane		○		○		○
	* Methylcyclopentane		○				
	* C ₆ H ₁₂	○		○	○		○
	* C ₇ H ₁₄		△	△	○		
	* C ₈ H ₁₆	△		△		△	△
	* C ₉ H ₁₈					△	△
	C ₁₀ H ₂₀	△	△	△		△	△
	C ₁₁ H ₂₂		△	△		△	△
	C ₁₂ H ₂₄	△	△	△		△	△
	C ₁₃ H ₂₆	△		△		△	△
	C ₁₄ H ₂₈	△				△	△
	C ₁₅ H ₃₀						△
	C _n H _{2n+2}						
	* n- Pentane		△	△		△	△
	* n- Hexane		○		○	○	
	2- Methylpentane	○	○	○	○	○	○
	3- Methylpentane	○	○	○	○	○	○
	* n- Heptane		△	△		△	△
	* C ₆ H ₁₄			△			
	* n- C ₇ H ₁₆		○	○	○		
	* C ₇ H ₁₆		○	△	○	△	○
	* C ₁₀ H ₂₂			△		△	
	C ₁₁ H ₂₄			△		△	
	C ₁₂ H ₂₆		△				
Aromatic compounds							
* Benzene	○	△	△	○	△	○	
* Toluene	○ △	△	△		△	△	
* Xylene	○	△	△		△	△	
* Napthalene			△		△		
compounds including oxygen	Ethylalcohol	△			○		
	Ethylether		△		○		
	Acetone		○	○	○	△	
	Cresol	○ △	△		○	△	
	Acetaldehyde				○		
	Formic acid		△(?)				
others	Silicone compounds	○ △	○ △	○ △		○ △	
	Dichloroethylene			○	○	○	
	Fluoro compounds					△(?)	

○ : positive by GC sampling tube △ : positive by Tenax sampling tube

* : chemicals assumed not to be component of fishes

Table 3 Chemicals detected from fishes by chloroform-methanol

Fishes		Sendai Bay		Tokyo Bay	
		<i>Sciaenops ocellatus</i> Ishimochi	Flatfish Karei	Flatfish Karei	<i>Sebastes inermis</i> Mebaru
hydrocarbon	C_nH_{2n-2}				
	$C_{12}H_{22}$		○	○	
	$C_{13}H_{24}$				
	$C_{14}H_{26}$				
	$C_{15}H_{28}$				○
	$C_{16}H_{30}$				○
	C_nH_{2n}				
	$C_{14}H_{28}$				
	C_nH_{2n+2}				
	$C_{15}H_{32}$	○			
Aromatic compounds					
Naphthalene					
compound including oxygen	Cresol	○		○	○
	* DBP	○	○	○	○
	* DOP	○	○	○	○
	Methyl Palmitate	○	○	○	○
	CH_2OH				○
	OC_3H_7	○			○
	OC_3H_{11}		○		○
others	Silicon compounds	○		○	

*:chemicals assumed not to be component of fishes

ただし、クロロホルム層はエマルジョンとならないので、遠心分離は行わなかった。

4-1 試薬

塩酸、水酸化カリウム：試薬特級

クロロホルム、無水硫酸ナトリウム：3-2と同様

4-2 分析条件

(1) GC 分析条件（酸、塩基性物質共通）

カラム：OV-17 2% 担体 chromosorb W AW

DMCS 60~80メッシュ、2m, 3mmφ

ガラスカラム

カラム温度：50°C~250°C, 10°C/min 昇温

キャリアガス：N₂, 60ml/min

検出器温度：270°C

検出器：FID

(2) GC-MS 分析条件

3-3と同様

5 結果と考察

5-1 試料採取状況

東京湾および仙台湾で採取した魚の名称、採取場所を表1、図1、2に示す。

5-2 魚体中に含まれる生体外物質と生体関連物質

東京湾で採取したセイゴ、フグ、ボラ、カレイ、メバル、アイナメ、ウミタナゴと、仙台湾で採取したカレイ、イシモチをGC、GC-MS法、金沢八景で採取したカレイをGC-MS-CPUにより化学物質を検索した結果、表2~5に示すように約100成分が検出された。また、マスクロマトグラムを図3~5に示す。仲山ら⁹⁾の同定した物質と比較して本報で新たに同定された物質はトリクロロベンゼン、p-ジメトキシジプロモベンゼン、スクワレン、アントラキノン等27物質であった。同定された約100成分のうち、魚種に関係なく検出される物質は魚体中に含まれる生体関連物質か、または、その海域に存在する物質で、生体内蓄積性の比較的高いものである可能性が大きい。

このような観点から、東京湾と仙台湾（対照地域）で

extraction method of GC-MS analysis

<i>Diterma temmincki</i> Umitanago	Tokyo		Bay		<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo
	Flatfish Karei	<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	<i>Mugil cephalus</i> Bora	
				○	
	○			○	
○	○	○	○	○	○
○		○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○

採取した魚体中に含まれる生体外物質と生体関連物質とを分類した。

まず、有機塩素系化合物は天然には少ない物質であり、石油化学の発展によって環境中に多く存在するようになった物質である。すなわちテトラクロロエタン、モノクロロベンゼン等は生体外物質と考えられ、仙台湾に比べ東京湾での検出数が多かった。

次に、オレフィン系、パラフィン系、シクロパラフィン系炭化水素、芳香族炭化水素については自然界に存在する物質であるが、化石燃料の発掘精製等によって増加したものである。したがって、これらの物質の環境汚染を論じる場合には、それらの量と値が汚染状態を把握するうえで最も重要である。このようなことから、石油由来物質のシクロヘキサン、トルエン等は生体外物質と考えられ、仙台湾の魚に比べ東京湾のそれに検出数が多かった。しかし、パラフィン系炭化水素および不飽和炭化水素のうち比較的炭素数の多い物質は魚油中にも含まれているので、環境汚染との関連は魚油中の炭化水素とパターンが相違するか量的に多くないかぎり判断はできない。

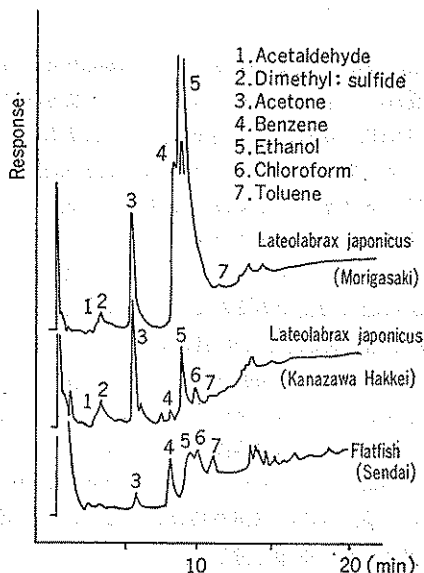


Fig. 6 Typical gaschromatogram of volatile organic chemicals by GC sampling tube

Table 4 Chemicals detected from fishes by chloroform-acid method of GC-MS analysis

Fishes Chemicals	Sendai Bay		Tokyo Bay			
	<i>Sciaena schlegelii</i> Ishimochi	Flatfish Karei	Globefish Fugu	<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze
Aromatic compounds						
* C ₈ H ₁₈	○					
* Toluene		○				
Fatty acid methylester						
Methylmilstiate			○	○	○	
C ₁₅			○	○	○	
Methylpalmitate	○		○	○	○	
C ₁₇				○	○	
C ₁₇				○	○	
Methylstearate			○	○	○	○
Phthalic acid ester						
* DBP	○	○	○	○	○	○
* DOP					○	
Others						
Benzaldehyde		○			○	
Cresol	○	○	○	○	○	○
Di-iso-propylketone			○			
* Antraquinone				○		
Low fatty acid						
Acetic acid				○		
Propionic acid				○		
Butylic acid				○		

*: chemicals assumed not to be component of fishes

含酸素、窒素、硫黄化合物のうちで環境汚染と関係のある物質は、可塑剤に使用されるフタル酸エステル類 (DBP, DHP, DEHP), 防腐剤に用いられる2,6-ジターシャリーブチルフェノール, そして、染料中間体に用いられるアントラキノン等であると考えられる。しかしながら、メタノール、エタノール、アセトン、アセトアルデヒド、ジメチルサルファイドについては魚体内でも十分生成が可能な物質であるので、とくに濃度が高くないかぎり環境汚染問題と切り離して考えた方が妥当である。また、脂肪酸、脂肪酸メチルエステルは魚肉中にも多量に存在し、コレステロールも魚肉、血液に存在するので、これらの物質は魚体由来物質であると思われる。また、C₂₇H₄₄はコレステロールから分解した物質であると思われる。なお、生体外物質と考えられる物質については表2~5に*印を付した。

5-3 魚体中に含まれる物質の量的相違

東京湾および仙台湾で採取した魚体中に含まれる物質をGC-MS法で同定した成分の一部を定量した。この

結果を表6, 7に、代表的なガスクロマトグラムを図6に示す。



生体外物質と考えられるトリクロロメタン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、キシレン、エチルベンゼン等はいずれも仙台湾に比べ東京湾のほうが濃度は高い。その中でも、o, m, p-キシレン、エチルベンゼンは仙台湾の魚からは検出されなかった。DBPは最高濃度が3.43mg/100gで、両地域の魚から検出されており、汚染が広範囲に及んでいると考えられる。このようなことから、両地域をマクロ的に量的な比較を行うと、全体的に東京湾のほうが濃度が高い傾向を示していた。

以上のことは、東京湾と仙台湾の汚染状態を判断するうえで一つの参考データとなるであろう。

6 まとめ

① 東京湾と仙台湾で採取した9種の魚について、GC, GC-MSおよびGC-MS-コンピューターにより魚体中の化学物質を検索した結果、メタノール、クレゾール

Table 5 Chemicals identified by GC-MS-CPU from fishes collected at Kanazawa Hakkei

No	chemicals	No	chemicals	No	chemicals	No	chemicals	No	chemicals
1	* Trifluorotri-chloroethane	18	* Xylene (m, p)	33	* Trimethylnaphthalene	48	2, 6- ditiary-butyl- 4- methylphenol	63	Coresterol
2	* Pentachloromethane	19	* Xylene(o)	34	* Ethylcyclohexane	49	Cresol	64	Methylmilstiate
3	* Monochloromethane	20	* Trimethylbenzene	35	n- Nonane	50	Methylpalmitate	65	Methylpentadecylate
4	Chloroform	21	* Trimethylbenzene	36	* Ethylenecyclohexane	51	Palmitic acid	66	p- Dimethoxydibromobenzene
5	Acetaldehyde	22	* Trimethylbenzene	37	1- Nonene	52	Methylstearate	67	Methylpalmitate
6	Dimethylaldehyde	23	* Tetramethylbenzene	38	1- Octene-3-o1	53	Stearic acid	68	Methylisoheptadecylate
7	Aceton	24	* Pentamethylbenzene	39	Amilpropionate	54	* DBP	69	Methylheptadecylate
8	Methanol	25	* Styrene	40	Cresol	55	N- 2- hydroxyethyloctamide	70	3- Methylidibromophenol
9	Ethanol	26	* Methylstyrene	41	Methylsulfate	56	N- 2- hydroxyethyldecamide	71	Methylstearate
10	* Benzene	27	* Dihydroindene	42	* 1, 3, 5- Trimethylphenol	57	* DHP	72	* DBP
11	* Toluene	28	* Dimethylstyrene	43	* Acetophenone	58	* DEHP	73	* DEHP
12	* Xylene	29	Methylidihydroindene	44	Nicotine	59	C ₂₇ H ₄₄	74	Methylpalmitate
13	* Tetrachloroethylene	30	* Napthalene	45		60	Squalene	75	Methylstearate
14	* Chlorobenzene	31	* Methylnaphthalene	46	3- methyl- 1- 3- methyl- 1- thiabutylbenzene	61	C ₂₇ H ₄₄	76	* DBP
15	* Dichlorobenzene	32	* Dimethylnaphthalene	47		62	C ₂₇ H ₄₄	77	* DEHP
16	* Trichlorobenzene								
17	* Toluene								

No1- 12: chemicals detected by GC sampling tube method

No13- 43: chemicals detected by Tenax sampling tube method

No44- 63: chemicals detected by chloroform-methanol extraction method

No64- 73: chemicals detected by chloroform-acid extraction method

No74- 77: chemicals detected by chloroform-basic extraction method

*: chemicals assumed not to be component of fish

Table 6 Quantitative analysis of volatile organic chemicals in fishes by gaschromatography unit: μg/100g

Fishes		Sendai Bay	Tokyo Bay			
		Flatfish Karei	<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo	<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo	<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo	<i>Mugil cephalus</i> Bora
GC sampling tube method	Dimethylsulfide		0.56	1.55	0.46	1.55
	Acetaldehyde		0.54	1.39	0.54	0.77
	Acetone	0.33	1.21	1.97	1.35	0.05
	Benzene	6.38	0.03	0.53	0.50	0.60
	Ethanol	1.12	0.44	6.99	2.36	3.31
	Trichloromethane	0.30	0.93			
	Toluene	0.05	0.01			
Tenax sampling tube method	n- Pentane		0.16	0.46	0.53	0.27
	n- Hexane	0.34	0.60	14.2	24.9	12.9
	Trichloromethane	0.99	0.52	7.95	3.94	4.47
	Benzene	0.22	4.13	21.6	9.08	9.74
	Toluene	0.18	0.97	7.75	0.99	2.72
	Tetrachloroethylene	0.06	0.36	4.75	2.64	1.48
	Ethylbenzene+ m, p- Xylene		0.67	9.33	1.91	2.31
	o- Xylene		0.29	0.15	1.31	0.89
	Trichloroethylene	0.17	0.88	0.40	0.46	
Acetone	0.61	0.50			0.33	

Table 7 Quantitative analysis of high boiling organic chemicals in fishes by gaschromatography

Fishes		DBP	DEHP
Sendai Bay	Flatfish Karei	1.83	1.29
	<i>Sciaena schlegelii</i> Ishimochi	0.39	Tr
Tokyo Bay	Flatfish Karei	0.38	0.06
	<i>Sebastes inermis</i> Mebaru	0.09	0.06
	<i>Hexagrammos otakii</i> Ainame	0.21	Tr
	<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	0.20	Tr
	<i>Acanthogobius flavimanus</i> Haze	2.56	Tr
	<i>Lateolabrax japonicus</i> Seigo	0.22	0.24
	<i>Mugil cephalus</i> Bora	3.43	Tr
	Flatfish Karei	0.22	Tr

unit: mg/100 g
Tr: 0.02mg/100g

ル、モノクロロベンゼン、ペンタクロロメタン、n-ペンタン、n-ヘキサン、ベンゼン、キシレン、ステレン、アセトン、ジメチルサルファイド、DBP、DHP等約100物質が検出された。このうち、仲山ら²⁾の同定した物質と比べ、新たに同定された物質は1,1,1-トリクロロエタン、p-ジメトキシ-ジプロモベンゼン、ナフタレン、アントラキノン、ニコチン、スクワレン、パルミチン酸等27物質であった。また、検出された約100物質の中で生体外物質と考えられるものは、モノクロロベンゼン、トルエン、ナフタレン、アントラキノン、ステレン、DBP、DHP、DEHP等約50物質であった。

② 東京湾と仙台湾（対照地域）における化学物質の質的、量的相違を検討した結果、東京湾のほうが検出成分数は多く、かつ、濃度も高い傾向を示していた。

本調査にあたり、種々の御協力を賜った宮城県公害技術センター佐藤春雄部長、幕田二郎部長、塩釜保健所星二郎所長、日本環境衛生センター永田好男氏、そして

種々の御指導をいただいた日本環境衛生センター公害部次長重田芳廣氏、および環境庁企画調整局保健調査室の担当官各位に深く感謝の意を表する次第である。

引用文献

- 1) 日本環境衛生センター、環境庁企画調整局：化学物質判定基準設定調査報告書、1975。
- 2) 同上、1976。
- 3) 日本環境衛生センター、環境庁企画調整局：公害防止等調査研究報告書、化学物質の分解蓄積に関する研究、1975。
- 4) 加藤龍夫、仲山伸次：揮発性有機汚染質のGC法による水質定量分析、横浜国立大学環境科学研究センター紀要、2(1)：13~19、1976。
- 5) May, W. E., S. N. Chesler, S. P. Cram, B. H. Gump, H. S. Hertz, D. P. Enagonio and S. M. Dyszel: Chromatographic analysis of hydrocarbons in marine sediments and Seawater. J. Chromato. Sci., 13(11) : 535~540, 1975.
- 6) 加藤龍夫、田中晋：水質および魚介類汚染に対するガスクロマトグラフ分析技術、安全工学、10(4)：206~211、1971。
- 7) 船坂録三、田中一夫、板垣又丕、小瀬洋喜、佐藤孝彦：高分解能ガスクロマトグラフィー質量分析計による異臭原因物質の同定、衛生化学、21(6)：341~347、1975。
- 8) 仲山伸次、河辺安男、石黒智彦、滝本まゆみ、高橋誠二：GS-MS法による魚体中の化学物質の分析方法の検討、日環セ所報、No. 4：106~115、1977。

Summary

In order to clarify the impact of environmental pollutants on fish, organic chemicals in fish collected in Tokyo and Sendai Bay were analysed by the gas chromatography-mass spectrometry method (GC-MS).

As the results, approximately one hundred organic chemicals were detected including natural-born components of fish and others. Organic chemicals assumed not to be natural-born components of fish were about fifty, such as, tetrachloroethane, 1,1,1-trichloroethane, cyclohexane, methylcyclopentane, xylene, naphthalene, styrene, DBP, DHP, DEHP, anthraquinone and 1,3,5-trimethylphenol.