

水道におけるダイオキシン類の 除去機構等に関する調査

平成 11 年度厚生科学研究費補助金
(生活安全総合研究事業) 報告書

平成 12 年 3 月

水道におけるダイオキシン類の 除去機構等に関する調査

平成 11 年度厚生科学研究費補助金
(生活安全総合研究事業) 報告書

平成 12 年 3 月

水道におけるダイオキシン類の除去機構などに関する調査
研究者名簿

- 眞柄 泰基 北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻教授
(総括)
- 国包 章一 国立公衆衛生院水道工学部水道工学部長
- 相澤 貴子 国立公衆衛生院水道工学部水質管理室長
- 安藤 正典 国立医薬品食品衛生研究所環境衛生化学部長

目次

I 研究成果の概要

II 研究報告

1. はじめに
2. ダイオキシン類の性状
3. 水道におけるダイオキシン類の存在状況調査
4. 塩素処理による副生成物にかんする生成機構
5. 水道におけるダイオキシン類の特性および除去機構
6. おわりに

III 別表

I 研究成果の概要

水道におけるダイオキシン類の除去機構等に関する調査

眞柄 泰基 北海道大学大学院工学研究科 教授
国包 章一 国立公衆衛生院 水道工学部長
相澤 貴子 国立公衆衛生院 水道工学部水質管理室長
安藤 正典 国立医薬品食品衛生研究所 環境衛生化学部部長

1. はじめに

環境中には種々の化学物質が存在する。それらの中にはダイオキシン等非意図的に存在する物質や、ヒトや環境生物に与える影響を積極的に評価してこなかったために微量ではあるが広範に存在するに至った外因性内分泌攪乱物質から、意図的に民生・産業用に利用され環境中に排出されている化学物質まで存在している。環境中の化学物質の制御と管理は、化学物質の審査に関する法律や農薬取締法等の上市前審査、環境基準や水道水質基準等における動物やヒトへの影響が明らかにされたものを対象として行われてきている。しかし、ダイオキシン等のように非意図的に存在するようになった化学物質やリスク評価の対象となっていない内分泌攪乱性を有する化学物質についての制御と管理は十分ではなかった。

厚生省生活環境審議会・食品衛生調査会、環境庁中央環境審議会はダイオキシンの耐容一日摂取量を4 pg/Kg/日とすることを報告し、政府としてその値を達成すべく種々の対応策を策定するとともに、国会ではダイオキシン法が制定された。このようなダイオキシン対策が実施されることになったが、それらはこれまでとは異なる新しい考えに基づいている。ダイオキシンには多数の異性体が存在しているが、それぞれの毒性は異なるものと考えられる。そこで、環境中に多数の同族体の混合物として存在するダイオキシンの毒性の強さを、最も毒性の強い2,3,7,8TCDDを1として表した毒性等価係数(TEF)をそれぞれの同族体について求め、環境中のそれぞれの同族体の量にTEFを乗じて得られる毒性等量(TEQ)として制御と管理の指標としている。一日耐容摂取量もこのTEQを用いているが、TEFが与えられたのは17種のダイオキシン類と12種のダイオキシン類似化学物質であるコプラナーPCBについてである。

ダイオキシン類によるヒトへの健康影響は、イタリアのセブソにある化学工場の爆発事故による工場周辺住民や化学工場内での職業暴露による高用量暴露集団でのがん死亡率の上昇やクロルアクネの発生等で認められているが、通常レベルでの暴露による影響は認められていない。一方、動物実験では発ガン性、肝毒性や生殖毒性等種々の毒性が認められている。しかし、ダイオキシンの毒性は細胞内のAhレセプターという蛋白との結合を解して発現するとされており、そのためヒトはダイオキシンの毒性に対して感受性の低い種とみなされているし、発ガン性についても遺伝障害性はなく、プロモーターであるとされている。また、ダイオキシン類は非極性の化学物質であることから体内で蓄積する性質が強いことから、体内に蓄積したダイオキシンの量(Body burden)が毒性の発現に関係すると考えられている。このようなことから、ダイオキシンのヒトへの健康影響は毒性発現機構と体内動態とあわせて評価して耐容一日摂取量を求めている。

ヒトへの健康影響を毒性発現機構と体内動態とを考慮して耐容一日摂取量を定める方式はWHO/UNEPのEHCですでに明らかにされているものであるが、具体的にこの方式が適用された最初の例としてもよいであろう。この方式によって、すでに耐容一日摂取量が定められている化学物

質群を見直すことになれば、その耐容一日摂取量が変わるものが少なくないことを認識しなければならぬ。

耐容一日摂取量の見直しの検討に伴い、耐容一日摂取量と水道の寄与の関係が変わりうること、コプラナPCBsも毒性等価換算に含めることとなる可能性があること、コプラナPCBsのTEQの寄与はダイオキシン類のそれより10倍以上となっているデータがあることから、水道水に関するダイオキシン類及びコプラナPCBsについてのデータの把握の必要性が生じている。その際、ダイオキシンについては浄水処理過程での除去についての知見も少なく、塩素消毒によるダイオキシン類の副成する可能性もあり、浄水処理過程での除去機構及び動態を明らかにしていくことが求められている。

このようなことから、平成11年度には全国の代表的な水道水におけるダイオキシン類及びコプラナPCBについて測定を行い、浄水処理過程における除去機構及び動態の概要の把握を行った。

2 ダイオキシン類の一般性状等

2.1 CASとIUPAC No.

表 2.1 ダイオキシンと Co-PCB の CAS と IUPAC No.

	化合物の名称等	CAS Registry Number	IUPAC Number
PCDDs	1, 3, 6, 8-TeCDD	33423-92-6	-
	1, 3, 7, 9-TeCDD	62470-53-5	-
	2, 3, 7, 8-TeCDD	1746-01-6	-
	TeCDDs	41903-57-5	-
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	40321-76-4	-
	PeCDDs	36088-22-9	-
	1, 2, 3, 4, 7, 8, -HxCDD	39227-28-6	-
	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	57653-85-7	-
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	19408-74-3	-
	HxCDDs	34465-46-8	-
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	35822 39-4	-
	HpCDDs	37871-00-4	-
	OCDD	3268-87-9	-
PCDFs	1, 2, 7, 8-TeCDF	58802-20-3	-
	2, 3, 7, 8-TeCDF	51207-31-9	-
	TeCDFs	55722-27-5	-
	1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	57117-41-6	-
	2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	57117-31-4	-
	PeCDFs	30402-15-4	-
	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDF	70648-26-9	-

	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDF	57117-44-9	-
	1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDF	72918-21-9	-
	2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDF	60851-34-5	-
	HxCDFs	55684-94-1	-
	1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF	67562-39-4	-
	1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF	55673-89-7	-
	HpCDFs	38998-75-3	-
	OCDF	39001-02-0	-
Co-PCBs non-ortho	3, 3', 4, 4' -TeCB	32598-13-3	# 77
	3, 4, 4', 5-TeCB	70362-50-4	# 81
	3, 3', 4, 4', 5-PeCB	57465-28-8	# 126
	3, 3', 4, 4', 5, 5' -HxCB	32774-16-6	# 169
mono-ortho	2, 3, 3', 4, 4' PeCB	32598-14-4	# 105
	2, 3, 4, 4', 5-PeCB	74472-37-0	# 114
	2, 3', 4, 4', 5-PeCB	31508-00-6	# 118
	2', 3, 4, 4', 5-PeCB	65510-44-3	# 123
	2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB	38380-08-4	# 156
	2, 3, 3', 4, 4', 5' -HxCB	69782-90-7	# 157
	2, 3', 4, 4', 5, 5' -HxCB	52663-72-6	# 167
	2, 3, 3', 4, 4', 5, 5' -HpCB	39635-31-9	# 189

2.2 基準値等

- WHO : 1~4pg-TEQ/kg/day(1998年)
- 日本(1999年12月)
 - ・水質基準 : 1pg-TEQ/L以下
 - ・大気基準 : 0.64pg-TEQ/M3以下
 - ・土壌基準 : 1,000pg-TEQ/g以下

2.3 物理化学的性質

2.3.1 分子量

ダイオキシンの分子量はそれぞれの分子式における原子量C, H, O, Br, Clによって決定できる(表2.2)。

表 2.2 PXDD/PXDF の公称整数分子量

モル質量 PXDD (amu)	公称分子量									
	Brx →	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Cly ↓										
0		—	262	340	418	496	574	652	730	808
1		218	296	374	452	530	608	686	764	
2		252	330	408	486	564	642	720		
3		286	364	442	520	598	676			
4		320	398	476	554	632				
5		354	432	510	588					
6		388	466	544						
7		422	500							
8		456								
モル質量 PXDF (amu)	公称分子量									
	Brx →	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Cly ↓										
0		—	246	324	402	480	558	636	714	792
1		202	280	358	436	514	592	670	748	
2		236	314	392	470	548	626	704		
3		270	348	426	504	582	660			
4		304	382	460	538	616				
5		338	416	494	572					
6		372	450	528						
7		406	484							
8		440								

2.3.2 融点と沸点

ダイオキシンは純粋な形態で 25℃の状態の場合、無色の結晶状固体として存在する。主なPXDDの融点と沸点はそれぞれ105~376℃、315~510℃で、PXDFはそれぞれ103~307℃、220~507℃である。

2.3.3 水溶解度

ダイオキシンの水溶解度は、1Lに対してマイクログラムからナノグラムまでというレ

ベルである。それと比較すると、非常に溶けにくいことで知られている硫酸バリウムの水溶解度でさえ、25℃で約 2.5mg/L もある。また塩素数が少ない異性体ほど溶解度は高い。

表 2.3 水中の溶解度

	水への溶解度 (相対比)	オクサール/水系の 分配係数
M1CDD	100	$9.8 \cdot 10^3$
D2CDD	30	$5.6 \cdot 10^4$
T3CDD	5	$2.8 \cdot 10^5$
T4CDD	1	$1.4 \cdot 10^6$
P5CDD	0.2	$7.0 \cdot 10^6$
H6CDD	0.04	$4.2 \cdot 10^7$
H7CDD	0.007	$1.4 \cdot 10^8$
O8CDD	0.001	$9.8 \cdot 10^8$

2.3.4 有機溶媒溶解度

ダイオキシンの有機溶媒溶解度は溶媒によって表 2.3 のように大きな差が現れている。

表 2.4 有機溶媒中の溶解度

2, 3, 7, 8-TCDD		OCDD	
溶媒	溶解度 (mg/L)	溶媒	溶解度 (mg/L)
ベンゼン	570	キシレン	3, 575
クロロホルム	370	クロロホルム	562
アセトン	110	アニソール	1, 730
n-オクタノール	50	ジオキサン	384
メタノール	10	ピリジン	400

2.4 水環境内の存在

水系のダイオキシンは農業、排ガスから排出されたガス態及び粒子態、2次発生源で汚染された汚染サイト、コンポスト、スラッジ、排水等によるものである。水系に流入されたダイオキシン類は液相、固相及び溶存有機物に結合しているものに分類される。固相は底質に沈着されたり、魚介類に生物濃縮される。液相は飲料水及び魚の汚染源及び残留性有機物と結合性が高いので水環境内の主な汚染源である。

2.5 毒性評価

ダイオキシン類の毒性はによって違いがあり、2, 3, 7, 8-TCDD の毒性がもっと強いことがモルモットとマウスの実験で明らかとなっている(表 2.4)。塩素の位置や数などの構造の違いによってその毒性が異なる。このため評価しにくい毒性を各異性体ごとに毒性等価係数(TEF)に換算し、実測濃度に積算することにより毒性等量(TEQ)として求めることができる。

表 2.5 は 2, 3, 7, 8-TCDD の毒性を 1 としている。PCDDs と PCDFs、PCBs の毒性等価係数は WHO で等で定められている。

表 2.5 塩化ダイベンゾ-p-ダイオキシン異性体の経口 LD50~30 推定値

塩素化位置	モルモット		マウス	
	ug/kg	umole/kg	ug/kg	umole/kg
2, 8	>300,000	>1,180	—	—
2, 3, 7	29,444	120.41	>3,000	>10
2, 3, 7, 8	2	0.006	283.7	0.88
1, 2, 3, 7, 8	3.1	0.009	337.5	0.94
1, 2, 4, 7, 8	1,125	3.15	>5,000	>14
1, 2, 3, 4, 7, 8	72.5	0.185	825	2.11
1, 2, 3, 6, 7, 8	70~100	0.178~0.255	1,250	3.19
1, 2, 3, 7, 8, 9	60~100	0.153~0.255	>1,250	>3.67
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8	>600	>1.400	—	—

表 2.6 PCDDs, PCDFs, Co-PCBs の毒性等価係数

PCDDs	TEF	PCDFs	TEF	Co-PCBs	TEF
2, 3, 7, 8-TeCDD	1	2, 3, 7, 8-TeCDF	0.1	3, 3', 4, 4' -TeCB	0.0005
1, 2, 3, 7, 8-PeCDD	0.5	1, 2, 3, 7, 8-PeCDF	0.05	3, 3', 4, 4', 5-Pe	0.1
1, 2, 3, 4, 7, 8, -HxCDD	0.1	2, 3, 4, 7, 8-PeCDF	0.5	CB	0.01
D	0.1	1, 2, 3, 4, 7, 8-HxCDD	0.1	3, 3', 4, 4', 5, 5	0.0001
1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.1	F	0.1	' -HxCB	0.0005
1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.01	1, 2, 3, 6, 7, 8-HxCDD	0.1	2, 3, 3', 4, 4' PeC	0.0001
1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDD	0.001	F	0.1	B	0.0001
DD		1, 2, 3, 7, 8, 9-HxCDD	0.01	2, 3, 4, 4', 5-PeCB	0.0005
OCDD		F	0.01	2, 3, 4, 4', 5-PeCB	0.0005
		2, 3, 4, 6, 7, 8-HxCDD	0.001	2', 3, 4, 4', 5-Pe	0.0000
		F		CB	1
		1, 2, 3, 4, 6, 7, 8-HpCDF		2, 3, 3', 4, 4', 5-HxCB	0.0001
		1, 2, 3, 4, 7, 8, 9-HpCDF		2, 3, 3', 4, 4', 5'	
		OCDF		' -HxCB	
				2, 3', 4, 4', 5, 5'	
				' -HxCB	
				2, 3, 3', 4, 4', 5, 5'	
				' -HpCB	

3. 水道水におけるダイオキシン類とその除去

3.1 原水

原水でのダイオキシン濃度は平均で PCDDs が約 40pg/L、PCDFs が約 4pg/L、Co-PCBs が約 13pg/L である。また、全平均濃度(PCDDs +PCDFs +Co-PCBs)は約 57 pg/L であり、そのうち PCDDs の濃度が約 71%と高い割合で存在している。また、表流水と地下水の濃度差は、表 3.1 より地下水の平均濃度(総量)は 3.5pg/l であるのに対し、表流水は 63.1pg/l と 20 分の 1 であった。実測濃度の検出状況(45 地点 90 サンプル)は図 3.1 のようになる。

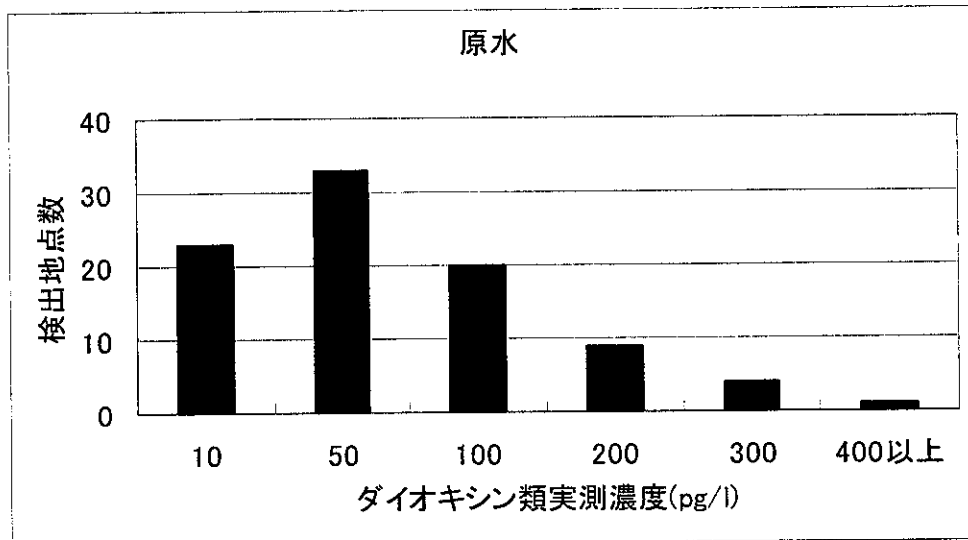


図-3.1 濃度別検出状況(原水—実測)

毒性等量 (TEQ) 値としては PCDDs が約 0.075pg-TEQ/L、PCDFs が約 0.063pg-TEQ /L、Co-PCBs が約 0.009pg-TEQ /L であり、全濃度(PCDDs +PCDFs +Co-PCBs)は約 0.148pg-TEQ/L である。同様に実測濃度の検出状況(45 地点 90 サンプル)は図 3.2 のようになる。

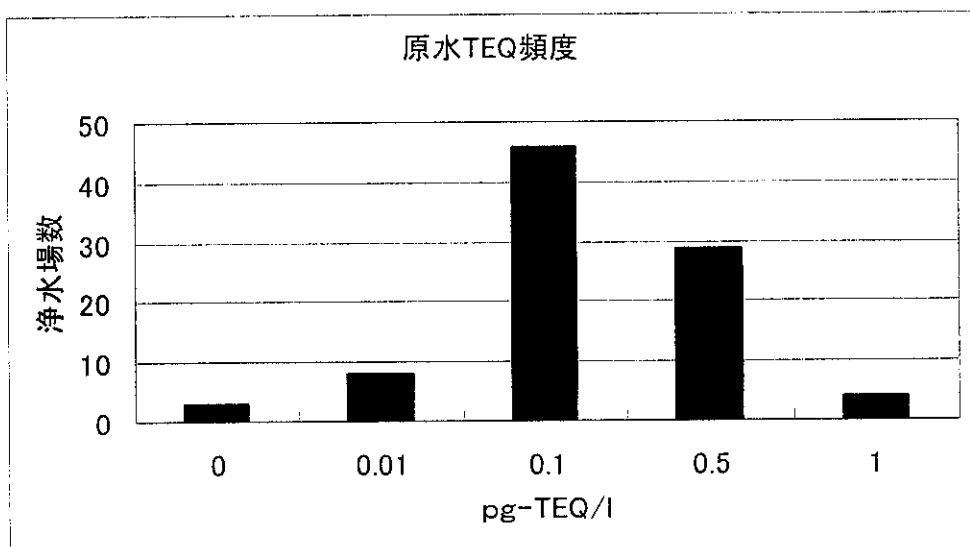


図 3. 2 濃度別検出状況(原水—TEQ)

図 3.3 から今回の測定結果から実測濃度では PCDDs が 7 割近くを占めていた。一方、毒性値で

は TCDDs が 5 割, PCDFs が 4 割を占め Co-PCBs の占める割合は 1 割未満となった。

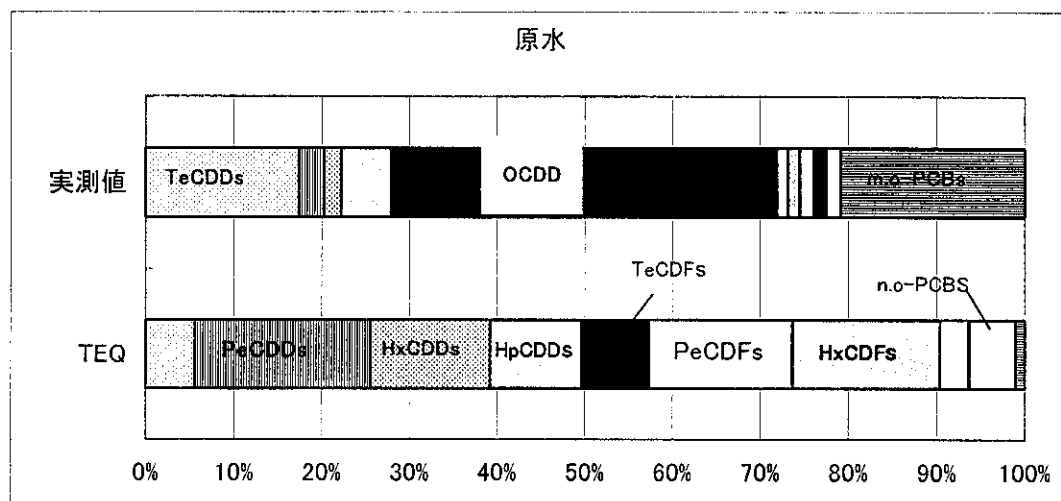


図 3.3 ダイオキシン類存在割合

表 3.1 原水中でのダイオキシン同族体の分布

化合物(同族体)	平均 (pg/l)		割合 (%)	平均 (pg-TEQ/l)	割合 (%)
	表流水	地下水			
TeCDDs	10.97	0.663	17.41	0.008266	5.61
PeCDDs	1.81	0.137	2.88	0.029418	19.94
HxCDDs	1.20	0.053	1.90	0.020149	13.66
HpCDDs	3.64	0.034	5.73	0.015317	10.38
OCDD	26.71	0.112	42.07	0.002375	1.61
TeCDFs	1.23	0.125	1.96	0.009008	6.11
PeCDFs	0.77	0.066	1.22	0.024046	16.3
HxCDFs	0.86	0.036	1.37	0.024671	16.72
HpCDFs	0.99	0.013	1.56	0.004768	3.23
OCDF	0.88	0.001	1.39	8.96E-05	0.06
Non-ortho PCBs	1.04	0.095	1.65	0.007838	5.31
Mono-ortho PCBs	12.98	2.147	20.86	0.001572	1.07
	63.073	3.481	100	0.147518	100

表 3. 2 水中におけるダイオキシン類の存在形態 (pg-TEQ/L)

水道事業者	試料	PCDDs+PCDFs	Co-PCBs	Total
A 企業局	懸濁態	0.604(0.604)	0.0192	0.62(0.62)
A 浄水場	溶存態	0.00865(<0.0112)	0.0179(<0.0204)	0.020(<0.023)
B 水道局	懸濁態	0.264(<0.264)	0.0166	0.28(<0.28)
B 浄水場	溶存態	0.0232(<0.0232)	0.00310(0.00311)	0.026(<0.026)

2 水道事業者の試料について、水中のダイオキシン類の存在形態を知るため、懸濁態と容存態に分別して測定した結果を表 5. 2 に示す。その結果、水中に存在するダイオキシン類はその殆どが懸濁態として存在していることが明らかとなった。そのため、水道原水中のダイオキシン類は水道原水の濁度と相関があるものと考えられるので、原水濁度とダイオキシン類との関係を求めた。その結果、原水濁度とダイオキシン濃度の関係は図 3.4 のように濁度濃度が高いほど一般的にダイオキシン濃度も高い傾向が見られたことから、原水中のダイオキシンの多くは濁質に付着して存在しているものと考えられる。従って、ダイオキシン濃度を低減化するためには浄水処理過程で濁度を十分に低くするような浄水管理が必要となる。

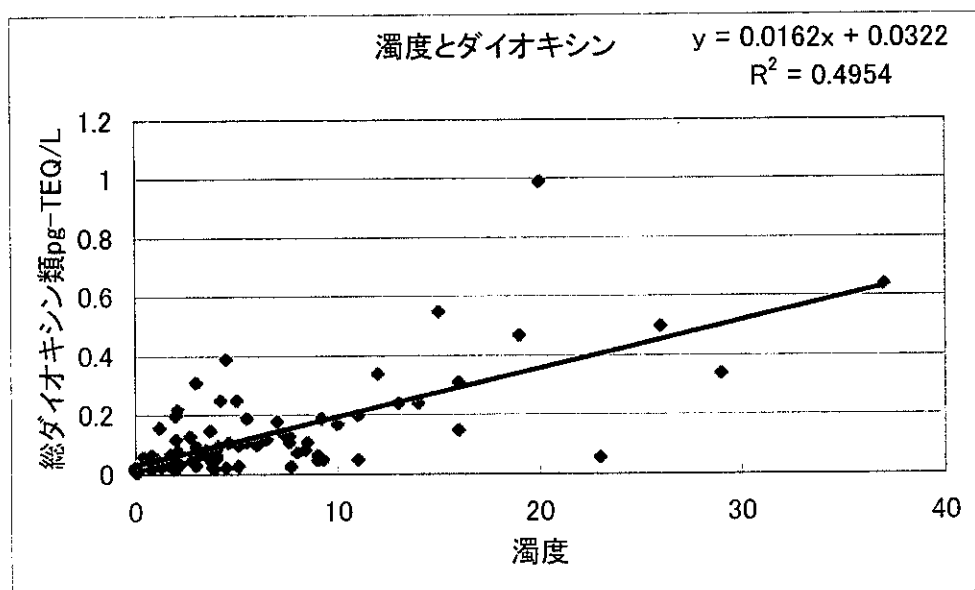


図 3.4 濁度とダイオキシン濃度の関係

3. 2 浄水

浄水中でのダイオキシン類の平均濃度は PCDDs が約 1.6pg/L、PCDFs が約 0.6pg/L、Co-PCBs が約 2.1pg/L である。また、全濃度(PCDDs + PCDFs + Co-PCBs)は約 4.3pg/L である。また、表流水と地下水の濃度差は、表 5.2 より地下水の平均濃度(総量)は 0.4pg/l であるのに対し、表流水は 4.8pg/l と 10 分の 1 と原水同様小さい値となった。実測濃度の検出状況(42 地点 84 サンプル)は図 3.4 のようになる。

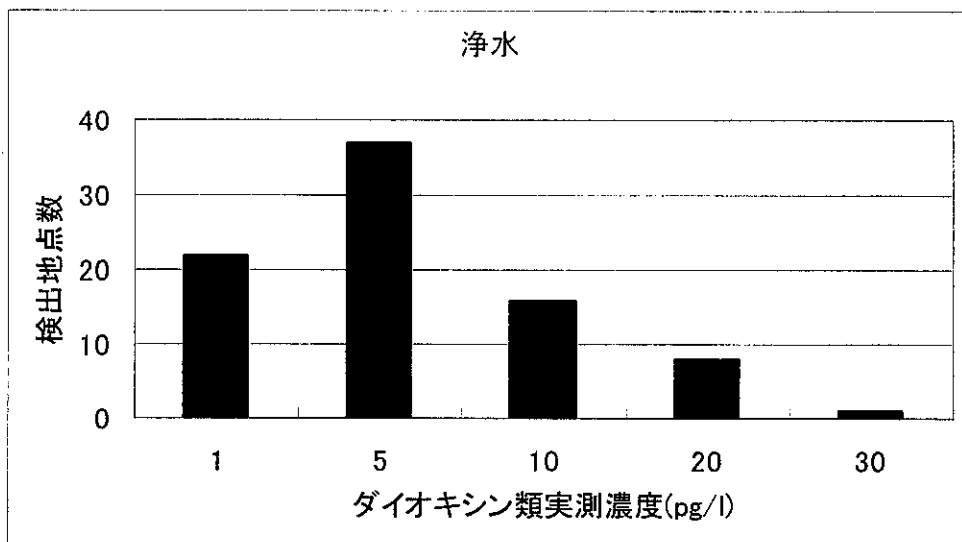


図 3.4 濃度別検出状況 (浄水-実測値)

毒性等量 (TEQ) 値としては PCDDs が約 0.002pg-TEQ/L、PCDFs が約 0.016pg-TEQ /L、Co-PCBs が約 0.001pg-TEQ /L であり、全濃度 (PCDDs + PCDFs + Co-PCBs) は約 0.019pg-TEQ/L である。同様に実測濃度の TEQ 換算値の検出状況 (42 地点 84 サンプル) は図 3.5 のようになる。また、図 3.6 からわかるように今回の測定結果から実測濃度では Co-PCBs が大半を占めるものの、毒性値では TCDFs が 8 割以上を占めることが明らかとなった。

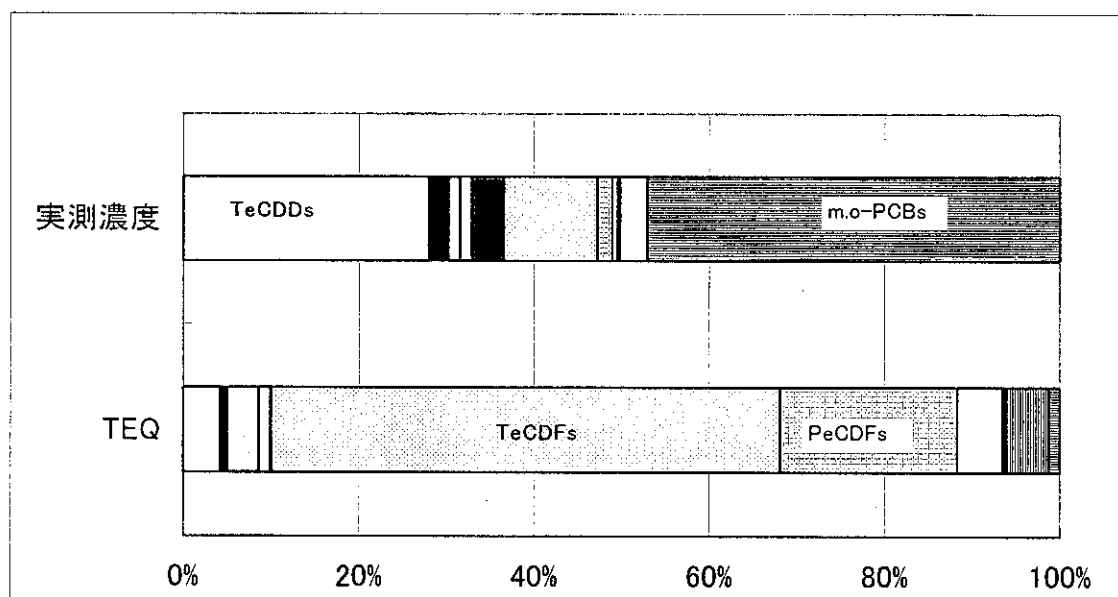


図 3.5 濃度別検出状況 (浄水-TEQ 換算値)

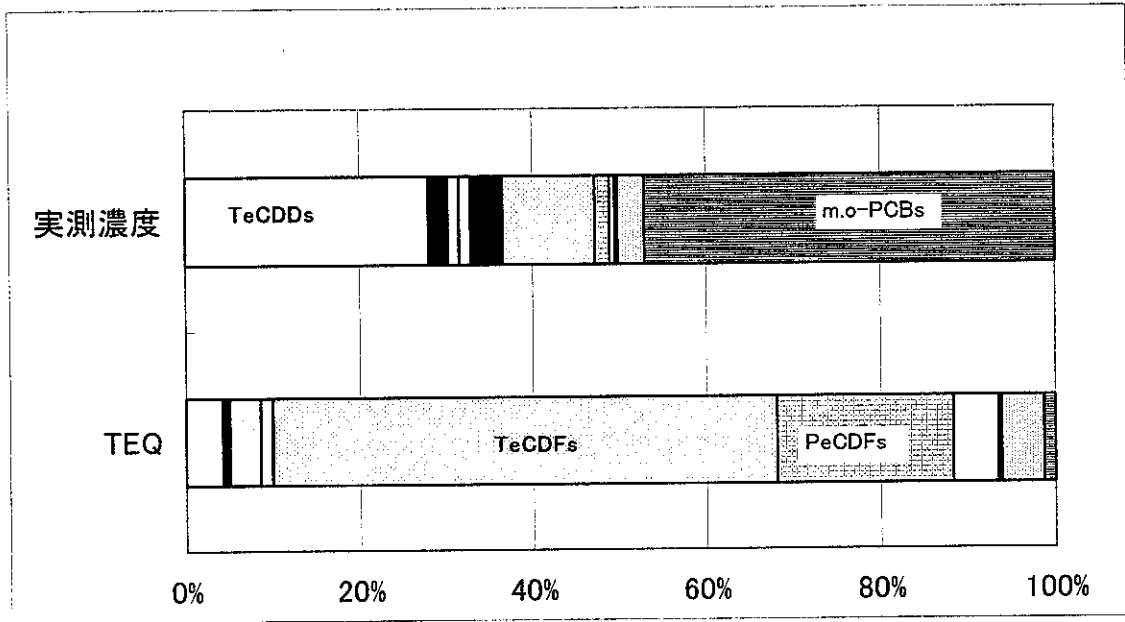


図 3.6 浄水中のダイオキシン同族体の分布

測定濃度としての全除去率は約 93%，毒性等量値 (TEQ) の全除去率は約 87% であった。原水、浄水の濃度はほぼ 20 分の 1 になっていることがわかる。この結果から浄水処理過程でダイオキシンは良好に除去されていることが分かる。さらに詳しい傾向を見るために、同族体ごとのダイオキシン類除去率を図 3.7 に示す。

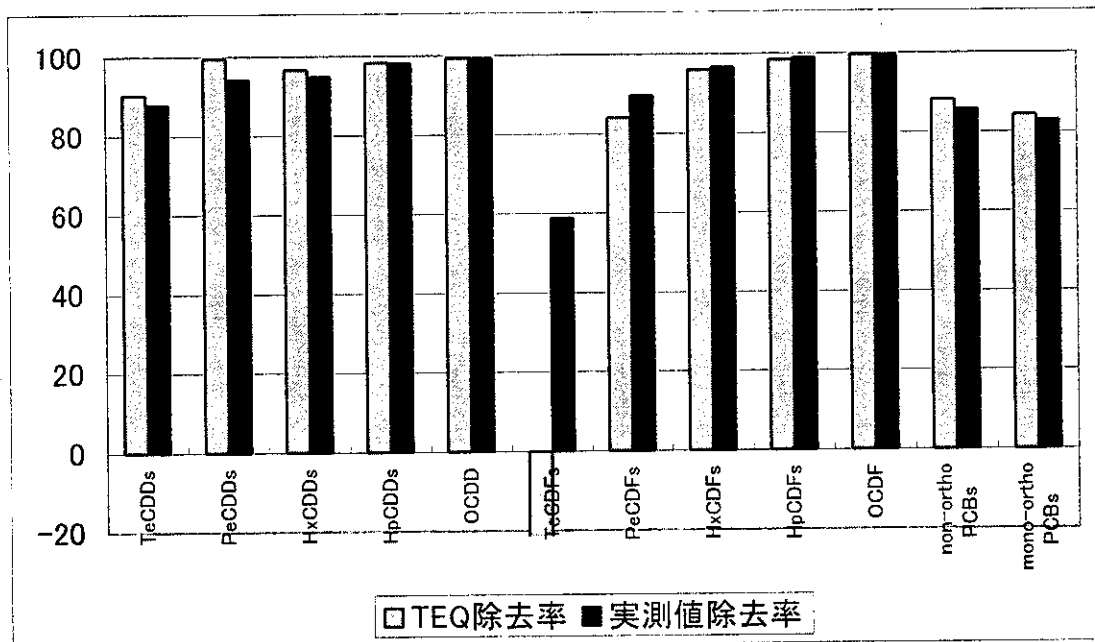


図 3.7 浄水過程でのダイオキシン除去率

この図を見ると、TeCDFs の除去率が極端に悪いことが明らかとなった。浄水処理により除去されているのは付加塩素数の多いダイオキシン同族体であり、その結果として浄水中には付加塩素数の少ないダイオキシン同族体の占める割合が高まることとなっている。付加塩素数の多いダイ

オキシンの特徴として表 3.3 から、一般に塩素付加数が多いほどダイオキシンは水に溶けにくい傾向を示すことを考え合わせると、浄水処理によって除去されるダイオキシン類の多くは濁質に付着しているものであると推察される。

表 3.3 浄水中のダイオキシン同族体の分布

化合物(同族体)	平均 (pg/l)		割合 (%)	平均 (pg-TEQ/l)	割合 (%)
	表流水	地下水			
TeCDDs	1.339	0.0673	28.01	0.000799	4.21
PeCDDs	0.105	0.0149	2.23	0.000153	0.81
HxCDDs	0.062	0.0101	1.31	0.000678	3.57
HpCDDs	0.064	0.0069	1.35	0.000255	1.34
OCDD	0.173	0.0213	3.66	1.55E-05	0.08
TeCDFs	0.513	0.0196	10.7	0.011025	58.10
PeCDFs	0.079	0.0127	1.67	0.003823	20.15
HxCDFs	0.029	0.0060	0.61	0.000985	5.19
HpCDFs	0.011	0.0025	0.23	7.20E-05	0.38
OCDF	0.003	0.0005	0.07	3.57E-07	0.002
Non-ortho PCBs	0.147	0.0197	3.10	0.000923	4.86
Mono-ortho PCBs	2.234	0.2282	47.06	0.000247	1.30
	4.759	0.4098	100	0.018975	100

3. 3 水道原水中のダイオキシン発生源の推定

原水中に見られるダイオキシンの由来として農薬中の不純物、燃焼炉排ガス、パルプ工場塩素処理副生成物等が推定される。

PCP は 60 年代、CNP は 70 年代主に使用された農薬であり、その量はかなり多く、ダイオキシン総量として PCP が年間約 100 トン、CNP が年間約 20 トン農地に放出されたと推定されている。60, 70 年代に放出されたダイオキシンが環境に蓄積され今でも川や湖などを汚染していると考えられる。

測定で得られた 45 地点 90 サンプルのデータについて主成分分析を行った。その結果を表 5.3、5.4 に示す。原水中に含まれるダイオキシン類の第 3 主成分までの寄与率は 89% であり、主として 3 つの特性を有していることが明らかになった。即ち、表 3.4 に示すように第 1 主成分は PCP (寄与率 65%)、第 2 主成分は CNP (寄与率 16%) (ともに農薬)、第 3 主成分は大気沈着・燃焼由来 (寄与率 7%) による影響が認められる。

益永らは霞ヶ浦流域等関東地域のダイオキシン数測定値をもとに同様な解析を行うとともに PCP、CNP 中に存在しているダイオキシン類の分析を行っている。(Dioxin Impurities in Old Japanese Agrochemical Formulations-Shigeki Masunaga, Junko Nakanishi) その結果、PCP 中のダイオキシン類の主な成分は OCDD、HpCDDs、OCDF、most of HpCDFs、CNP 中では 2, 4, 6, 8-TCDF、

1, 3, 6, 8/1, 3, 7, 9-TCDD、1, 2, 3, 6, 8-PeCDD、大気沈着・燃焼由来中では some of TCDDs & TCDFs、1, 2, 4, 6, 9-PeCDD、1, 2, 3, 6, 9-PeCDD としている。また、A 県における廃棄物焼却施設排ガス中のダイオキシン類についての測定結果から異性体の分布を求めたところ図 3.8 のようであり、燃焼由来によるダイオキシン類は塩素化フランの占める割合が高い特徴を有していることが明らかとなった。

表 3.4 ダイオキシン類異性体構成に関する主成分分析結果分析(原水)

主成分	寄与率	累積寄与率	特徴的な異性体	推定原因
第1成分	64.9	64.9	HxCDDs, HpCDDs OCDD, HxCDFs HpCDFs, OCDF	PCP
第2成分	16.4	81.3	TeCDDs, PeCDDs TeCDFs, Co-PCBs	CNP
第3成分	7.1	88.4	TeCDDs, PeCDDs TeCDFs, HxCDFs	大気沈着 燃焼由来
第4成分	5.3	93.7	TeCDDs, PeCDDs OCDD	不明

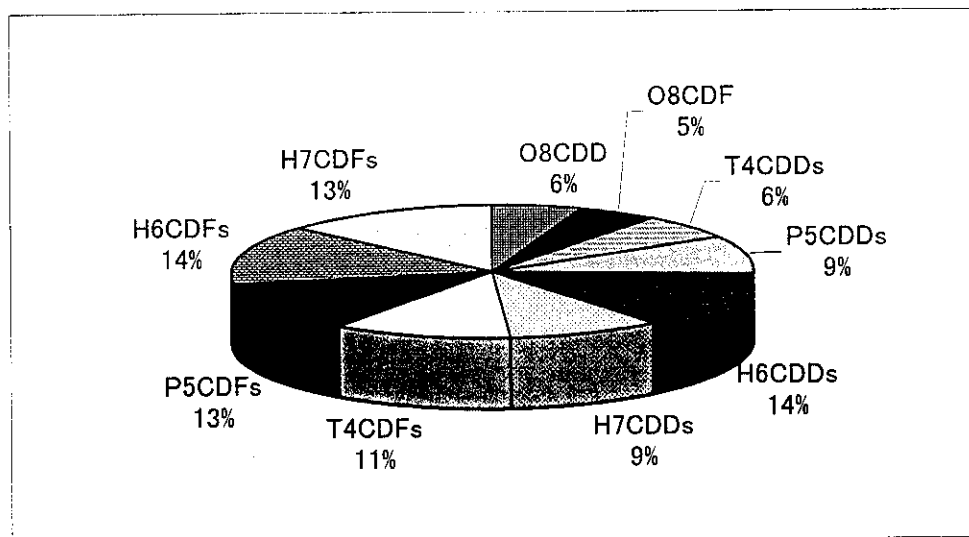


図 3.8 廃棄物焼却施設排ガス中のダイオキシン類分布図

このようなことから、本調査によって得られた第1～第3主成分も益永らの報告と類似名異性体から構成されていることから、第1主成分はPCP由来、第2主成分はCNP由来、第3主成分は大

気沈着・燃焼由来によるダイオキシン類の影響を強く受けているものと考えられる。

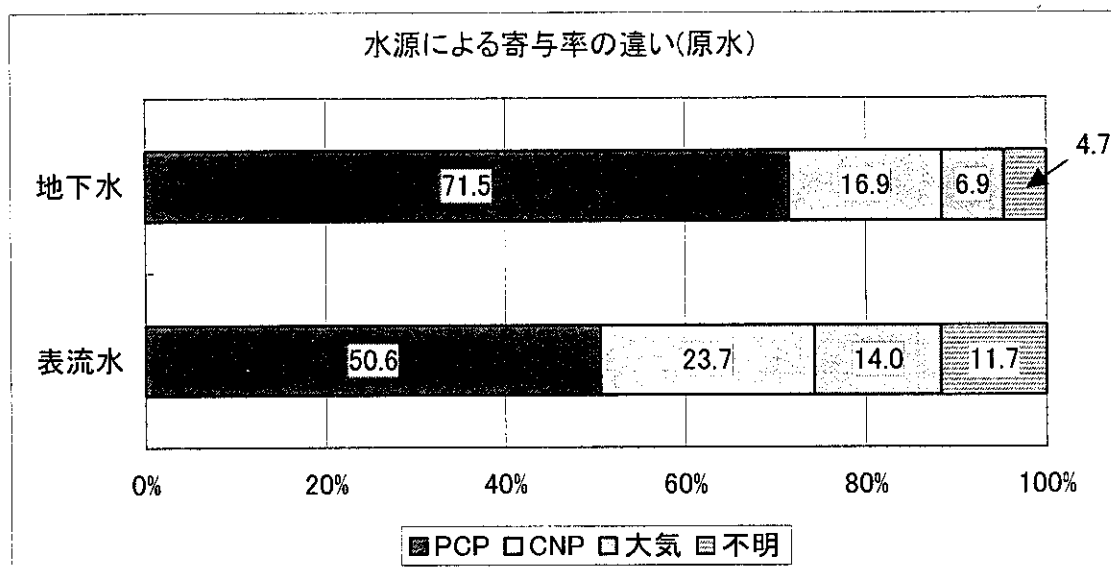


図 3.9 水源による寄与率の違い (原水)

農業由来のダイオキシン類の占める割合が高いのは地下水を取水源とする浄水場であるという特徴が認められた。しかし、先に記したように地下水のダイオキシン類の濃度は表流水に比べて遙かに低い。そこで、浄水場の取水源について分画を行ったところ、地下水を取水源として用いている浄水場の農業の寄与率は 88%であり、表流水の寄与率 74%より高い傾向が見られた。(図 3.9 参照)地下水は、大気との接触が少ないことから農地等に散布された農業の影響が出やすく、今回の測定結果は妥当なものと考えられる。

3. 4 まとめ

水道原水および浄水のダイオキシン類の測定結果を基に、その特性や除去性について解析した結果をまとめると次のようである。

実測濃度では原水、浄水両方で PCDDs の濃度が PCDFs の濃度より高くなったが、TEQ 値に換算するとその逆の傾向を示した。

濁度とダイオキシン濃度には相関関係が認められた。したがって、ダイオキシンのリスク低減の手段として、浄水処理過程における濁度の管理が必要であると考えられる。凝集沈殿処理により、ダイオキシン類は 87%以上除去されていることが明らかとなった。

水道水原水中に含まれるダイオキシンは主成分分析の結果から、全体的な傾向として 80%以上が農業に由来することが明らかになった。地下水を取水源とする浄水場では、ダイオキシン類の濃度は低いものの農業に強く由来することが確認された。

なお、本報告は平成 11 年度厚生科学研究費補助金「水道におけるダイオキシン類の除去機構等に関する調査」報告書の一部である。

II 研究報告