

「環境社会学特別講義」 3. 有害化学物質対策

2011. 8. 30~31

慶応義塾大学環境情報学部教授
太田 志津子

1

3. 有害化学物質対策

1. PCB・ダイオキシンとは？
2. PCB問題と対策
3. ダイオキシン類問題と対策

2

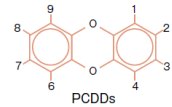
1. PCB・ダイオキシンとは？

3

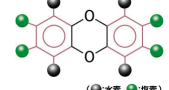
ダイオキシンとは？

・有機塩素化合物の一種である**ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン**(PCDD: Polychlorinated Dibenzo-p-Dioxin)を略して、「**ダイオキシン**」と呼ぶ。

・ベンゼン環2つが2つの酸素で結合された化合物で、**置換した塩素の数や位置により75種の構造異性体**が存在。



・このうち、塩素が4つ結合したものは**四塩化ダイオキシン(TCDD)**といい、その中で塩素が**2,3,7,8の位置に結合したもの(2,3,7,8-TCDD)**が**最も毒性が強い**。



図の出所) **ダイオキシン類 2009**(環境省庁共通/シムプレット)
下 <http://www.nies.go.jp/kanko/kankuyog/01/05.html>

4

(参考)ダイオキシン等の表記

塩素の結合数

- ・ポリ(poly): 複数
- ・ジ(di-): 2
- ・トリ(tri-): 3

例) 四塩化ダイオキシン

TetraChloro**D**ibenzo-p-**D**ioxin
TCDDと略記する。

- ・テトラ(tetra-): 4・TCDD
- ・ペンタ(penta-): 5・PCDD
- ・ヘキサ(hexa-): 6・HxCDD
- ・ヘプタ(hepta-): 7・HpCDD
- ・オクタ(octa-): 8・OCDD

さらに、塩素の結合位置で化学物質を特定する。

2,3,4,7,8-PeTCDD
1,2,3,4,7,8-HxCDD
など

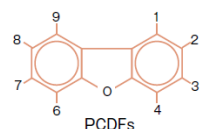
5

一般的な“ダイオキシン類”

一般に、

- ・ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン(PCDD) と
 - ・ポリ塩化ジベンゾフラン(PCDF)
- をまとめて**ダイオキシン類**という。

・PCDFも、ベンゼン環2つが1つの酸素で結合された有機塩素化合物で、**置換した塩素の数や位置により135種の構造異性体**が存在。



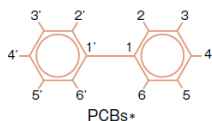
図の出所) **ダイオキシン類 2009**
(環境省庁共通/シムプレット)

6

PCBとは？

- PCB (ポリ塩化ビフェニル: Poly Chlorinated Biphenyl)
 - ベンゼン環が二つ結合したビフェニルの水素が塩素に置換した化合物の総称。置換した塩素の数(1~10)と位置によって209種。
 - この中で、2つのベンゼン環が同一平面上にあって扁平な構造を有するものをコプラナーPCBという。十数種類ある。

ダイオキシン類と同様の毒性を示し、「ダイオキシン類似化合物」ともいう。



国の出所「ダイオキシン類 2009」
【環境省庁長官室(パンフレット)】

7

法律で定義される「ダイオキシン類」とは？

- ダイオキシン類対策特別措置法では、
- ポリ塩化ジベンゾ-p-paraジオキシン(PCDD)
 - ポリ塩化ジベンゾフラン(PCDF)
 - コプラナーポリ塩化ビフェニル(Co-PCB)
- の3つを「ダイオキシン類」と定義している。

これ以降、この資料では以下のとおりの意味とする。
 「ダイオキシン類」: PCDD、PCDF、Co-PCB
 「ダイオキシン」: PCDDとPCDF
 「PCB」: コプラナー以外のものを含む、全てのPCB
 (論文等を読むとき、「ダイオキシン」については何を指しているのか気をつけよう。)

8

ダイオキシンとPCBの化学的性質

- ①ダイオキシン、PCBに共通
 - 水に溶けにくく、脂肪に溶けやすい(生物濃縮されやすい)。蒸発しにくい。
 - 化学的に安定で、他の化学物質、酸、アルカリなどとは簡単に反応しない。
- ②ダイオキシン(PCDD、PCDF)
 - 通常は無色の固体。
- ③PCB
 - 主なものは無色透明の液体。熱で分解しにくい、不燃性、電気絶縁性が高い。

9

2. PCB問題と対策

10

環境問題としての経緯①

- PCBは「夢の化学物質」
- 絶縁油や感圧紙、塗料溶剤などに幅広く利用



トランス(変圧器)



コンデンサ(蓄電器)



業務・施設用蛍光灯安定器

日本では1954年~1972年に約5万4千トン使用。

11

環境問題としての経緯②

- PCBの毒性、環境汚染が問題化
- 1966年~、世界各地の魚類や鳥類の体内からPCB検出。

難分解性、高蓄積性

- 1968年、「カネミ油症事件」。
- PCBの毒性が社会問題化。

• チーズ様目やに、黒にきびや赤みのあるにきびが多発
 • 顔面、腕の下、股などに小さな皮膚の袋
 • 全身倦怠感、食欲不振等の全身症状 → 1万4千名健康被害届出

- 1971年、日本でも魚類、鳥類、土壌、底質、水中、母乳等からPCB検出。

12

環境問題としての経緯③

・PCBの環境規制開始

- 1972年より政府は、生産・使用規制、回収・処理対策、環境基準等の設定、汚泥対策等を開始。
- 1973年、化学物質審査規制法により PCBは事実上製造等禁止。

13

環境問題としての経緯④

・PCB廃棄物の紛失

- 既に生産されたPCBやそれを含む製品については、回収・保管することとされた。
- 1987～89年、PCBを製造した鐘淵化学工業が唯一、自社で液状PCB5,500tを高温焼却処理。
- その他のPCB廃棄物処理については建設候補地の地方公共団体や住民の理解が得られないなどの理由で処理体制の構築できず。
- およそ30年間保管状態が継続、PCB入り高圧トランス・コンデンサ約39万台のうち約1/3が行方不明になる。

14

環境問題としての経緯⑤

・PCB対策の展開

- 2001年5月、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(POPs条約)の採択。
- 2001年7月、PCB廃棄物処理特措法成立。(我が国では、2016年7月までにPCB廃棄物を処理。)
- 2004年4月、日本環境安全事業株式会社(JESCO)発足。
- 2004年12月、PCB廃棄物処理(化学処理)開始。

15

(参考)残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約(POPs条約)

・POPs(Persistent Organic Pollutants)とは;

1. 環境中で分解しにくい(難分解性)
 2. 食物連鎖などで生物の体内に濃縮し易い(高蓄積性)
 3. 大気流、海流などにより長距離を移動して、極地などに蓄積しやすい(長距離移動性)
 4. 人の健康や生態系に対し有害性がある(毒性)、といった性質を持つ残留性有機汚染物質。
- ・POPs排出の低減を国際的に図る条約。

16

(参考)POPs条約:背景

○背景

- ・環境中での残留性が高いPCB、DDT、ダイオキシン等の残留性有機汚染物質(POPs)による地球環境汚染の問題化。
- ・POPsによる地球環境汚染を防止するためには、国際的に協調してPOPsの廃絶、削減等を行う必要性が認識。

17

(参考)POPs条約:経緯

- 1992年 6月 地球サミットのアジェンダ21で重要性の指摘
- 1997年 2月 UNEP管理理事会で条約化の決定
- 1998年 6月 政府間交渉委員会の開始
- 2000年 12月 第5回政府間交渉委員会で条約案について合意
- 2001年 5月 外交会議(於ストックホルム)で条約の採択

18

(参考)POPs条約:目的

○目的

リオ宣言第15原則に掲げられた**予防的アプローチ**に留意し、残留性有機汚染物質から、人の健康の保護及び環境の保全を図る。

19

(参考)POPs条約:対象物質

○附属書A:製造・使用等の原則禁止

アルドリン、クロルデン、ディルドリン、エンドリン、
ヘプタクロル、マイレックス、トキサフェン、HCB、PCB
<追加>テトラ・ペンタジフェニルエーテル、ヘキサ・ヘプタ
フロモジフェニルエーテル、HBB、 α -HCH、 β -HCH
リンデン、クロルデン、ペンタクロロベンゼン

○附属書B:製造・使用等の制限

DDT
<追加>PFOSとその塩・PFOSF

○附属書C:非意図的生成物質

ダイオキシン・ジベンゾフラン、HCB、PCB
<追加>ペンタクロロベンゼン

12物質

21物質群

20

(参考)POPs条約:対策

○各国が講ずべき対策

- ①対象物質の**製造・使用等の原則禁止**(PCB等17物質)及び製造・使用等の**制限**(DDT、PFOS等)
- ②**非意図的生成物質の排出の削減**(ダイオキシン、ジベンゾフラン等)
- ③POPsを含む**在庫・廃棄物の適正管理及び処理**
- ④これらの対策に関する**国内実施計画**の策定
- ⑤その他の措置
 - ・POPsと同様の性質を持つ新規物質の製造・使用を防止するための措置
 - ・POPsに関する調査研究、モニタリング、情報提供、教育等
 - ・途上国に対する技術・資金援助の実施

21

(参考)POPs条約:採択・発効

○採択

・2001年5月

○発効

・2004年5月17日

(発効要件:50カ国の締結(90日後に発効))
日本は、2002年8月30日に締結済み
2011年8月現在、173カ国+EUが締結

22

(参考)POPs条約:締約国会議

○条約締約国会議

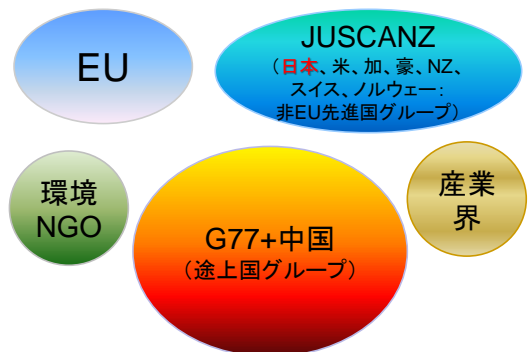
(Conference of the Parties; COP)

最高意思決定機関である条約の交渉会議

○POPs条約締約国会議:

- | | |
|------------------------|----------------|
| 第1回(COP1)2005.5.2-6 | ブナデルエステ(ウルグアイ) |
| 第2回(COP2)2006.5.1-8 | ジュネーブ(スイス) |
| 第3回(COP3)2007.4.30-5.4 | ダカール(セネガル) |
| 第4回(COP4)2009.5.4-8 | ジュネーブ(スイス) |
| 第5回(COP5)2011.4.25-29 | ジュネーブ(スイス) |

23



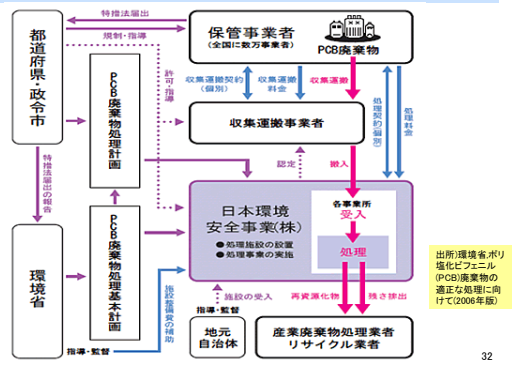
24

PCB廃棄物の処理

- ・1973年以降、PCBは処理施設が建設されるまで使用・保管することとされ、企業が30年間も抱え込み。
 - 保管事業所の9割は中小企業
 - 保管コストは1缶あたり年間9万円
 - 企業の負担が大→不法投棄のおそれ
- ・国際的な動き:
 - EU: PCBを50以上含む機器は2010年までに処理しなければならない。
 - アメリカ: 使用終了後のPCBは1年以内に処理することが定められている。
 - POPs(残留性有機汚染物質)条約: 2028年までにPCBの処理を終了することが定められる。
- ・2001(平成13)年、ポリ塩化ビフェニル廃棄物の適正な処理の推進に関する特別措置法成立。

31

PCB処理事業の概要



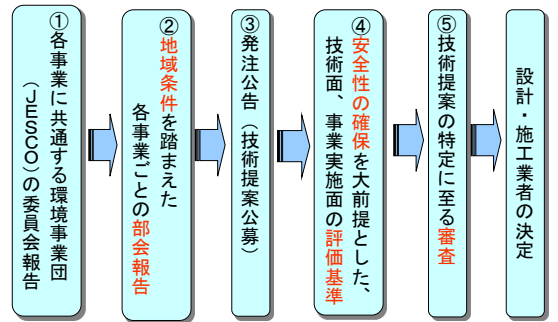
32

PCBの処理技術

	処理方式	説明
分離技術	真空加熱分離	PCBが入っている容器、部材などを真空状態で加熱し、PCBを蒸発させて分離する。
	洗浄	PCBが入っている容器、部材などを溶剤などで洗浄してPCBを分離する。
PCBの分解技術	焼却	1,100°Cの高熱で焼却する。
	脱塩素化分解	PCBに薬品等を加えて、PCBを油と塩素に分解処理する。
	水熱酸化分解	超高温(374°C)、高圧(220kg)の水にPCBを吹き込み、二酸化炭素、水、塩酸に分解。
	還元熱化学分解	無酸素水素雰囲気下で常圧850°C以上に加熱しPCBを塩化水素、メタンなどに分解する。
	光分解	PCBに紫外線を当て、PCBを油と塩素に分解する。

33

処理方式決定までの流れ



実際の処理施設

日本に5カ所の処理施設を設置。



PCB廃棄物	処理量の見込み
高圧トランス	約13,500台
高圧コンデンサ	約265,000台
その他機器	約51,000台
廃PCB及び廃PCBを含む油	約1,700t
汚染物等	約12,700t
柱状トランス油	約11,000kl

出所(環境省ポリ塩化ビフェニル(PCB)廃棄物の適正な処理に向けて(2006年版))

35

PCB処理事業の進捗状況

事業	実施場所	事業対象地域	処理対象	施設能力	処理の開始時期
北九州	福岡県北九州市豊島区響町1丁目	中国・四国・九州・沖縄17県	第1期: 北九州市区域等に存する高圧トランス等及び廃PCB等	高圧トランス等及び廃PCB等について1.8トン/日(PCB分解量)(第1期、第2期合計)	第1期: H18.12
			第2期: 事業対象全区域内の高圧トランス等、廃PCB等及び汚染物等(第1期施設と合わせて)	汚染物等について10.4トン/日(汚染物等量)	第2期: H21.7
豊田	愛知県豊田市中橋町3丁目	東海4県	高圧トランス等及び廃PCB等	1.8トン/日(PCB分解量)	H17.9
東京	東京都江東区豊洲2丁目	南関東1都3県	トランス、コンデンサ、安定器が廃棄物となったもの並びに廃PCB等	2.0トン/日(PCB分解量)	H17.11
大阪	大阪府北花田区北海岸2丁目	近畿2府4県	高圧トランス等及び廃PCB等	2.0トン/日(PCB分解量)	H18.10
北海道	北海道釧路市仲町	北海道、東北・北関東、甲信越・北陸15県	高圧トランス等、廃PCB等及び汚染物等	高圧トランス等及び廃PCB等について1.8トン/日(PCB分解量)	H20.5

36

各事業の処理方法等

事業	高圧トランス等及び廃PCB等		PCB汚染物等処理
	前処理	液処理	
北九州	精密再生洗浄法 真空加熱分離法	脱塩素化分解方式 (金属トリウム分散体法(SD法))	溶融分解方式 (プラズマ溶融分解法)
豊田	溶媒抽出分解法 (真空加熱分離法を含む)	脱塩素化分解方式 (金属トリウム分散体法(OSD法))	
東京	MHI化洗浄法 (真空加熱分離法を含む)	水熱酸化分解方式 (水熱分解法)	
大阪	溶剤洗浄法 真空加熱分離法	脱塩素化分解方式 (触媒水素化脱塩素化法(Pd/C法))	
北海道	溶媒抽出分解法 (真空加熱分離法を含む)	脱塩素化分解方式 (金属トリウム分散体法(SPハイブリッド法))	

37

北海道PCB廃棄物処理施設



北海道PCB廃棄物処理施設の概要

<施設概要(当初施設)>

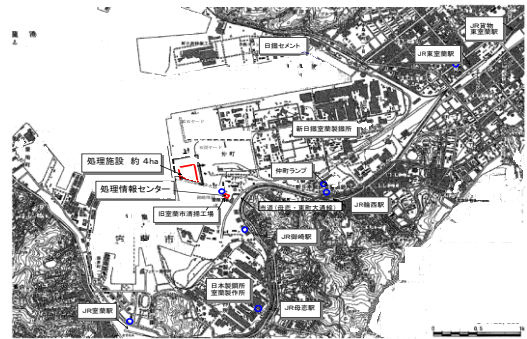
- 所在地: 北海道室蘭市仲町
- 敷地面積: 約40,000m²
- 処理能力: 1.8トン/日(PCB分解量)
- 処理方式: 脱塩素化分解方式
- 建物:
 - ・PCB処理棟(鉄骨造地上4階建)
 - ・建築面積: 約11,100m²、延床面積: 約25,500m²、高さ: 約31m
 - ・付帯施設: 特高変電所、非常用発電機棟、受水・排水設備、屋外タンクヤード、ポンプ室、冷却塔、守衛所

<施設建設・処理スケジュール>

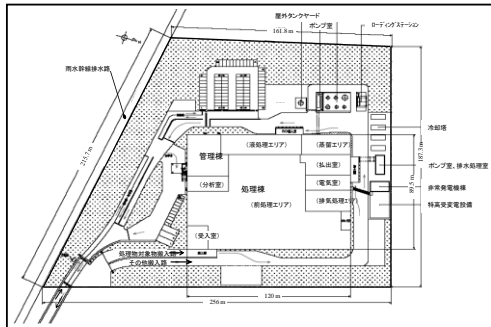
年度	H16	H17	H18	H19	H20
事業着手	▼6月				
施設		設計・工事			処理

39

北海道PCB廃棄物処理施設 設置場所

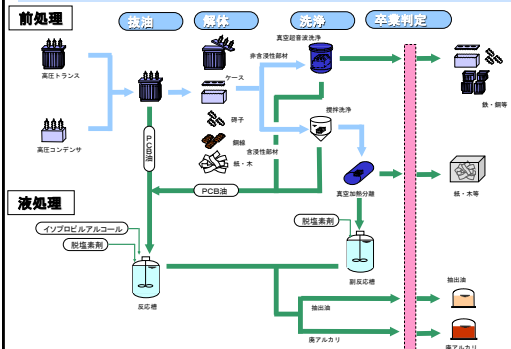


北海道PCB廃棄物処理施設全体配置図



41

北海道PCB廃棄物処理施設 処理フロー図



42

PCBの処理基準

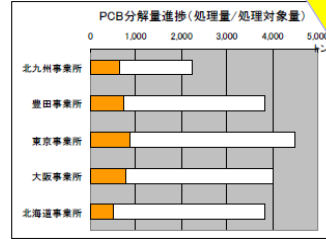
国	処理が必要となる基準	卒業基準	処理方法
米国、カナダ	濃度50ppm以上	2ppm	焼却、化学処理
イギリス	濃度10ppm以上	10ppm	焼却、化学処理
ドイツ	濃度10ppm以上	10ppm	高温焼却、化学処理
フランス	濃度50ppm以上	50ppm	高温焼却、化学処理
オランダ	濃度 5ppm以上	1ppm	高温焼却、化学処理
オーストラリア	濃度50ppm以上	50ppm	高温焼却、化学処理
日本	PCBが含まれているもの(特別管理廃棄物)	0.5ppm	高温焼却、化学処理

日本の卒業基準(処理目標)は0.5ppmであり、諸外国と比較しても厳しい基準。

43

PCB処理は進んでいるか？

2011年2月末の処理進捗率は、JESCO全社で、**19.3%**



＜遅延の主な原因＞
 ・実績の少ない処理技術によるトラブル
 ・PCB漏えい事故等による操業停止
 ・当初想定外の処理困難物(漏えい、搬入困難物等)

44

3. ダイオキシン類問題と対策

45

環境問題としての経緯①

- ・1872年、PCDDを初めて合成(ドイツ、化学者)
- ・1962-1971年、ベトナムでオレンジ剤(2,4-D、2,4,5-T混合剤。不純物として2,3,7,8-TCDDを含む。総量推計550kg。)による枯葉作戦実施。
 - この間及びこれ以降、農薬中の不純物のダイオキシン類、農薬メーカーの労働災害、農薬製造工場周辺の環境汚染、ベトナム人及びベトナム帰還兵の健康影響についてさまざまな調査や報道がなされる。
- ・1976年7月、イタリアのミラノ市近郊のセブソで農薬工場が爆発、ダイオキシン類も周囲に放出された。

46

環境問題としての経緯②

- ・1987年、パルプ漂白でダイオキシン検出(米国)。
- ・1990年、パルプ工場周辺の魚中からダイオキシン検出(日本)。その後徐々に酸素漂白に切り替えられた。
- ・1979年、カナダに送られた日本のごみ焼却場の飛灰からはじめてダイオキシン類の検出が報告される。
- ・1983年11月、愛媛大グループがごみ焼却場の飛灰及び残さからダイオキシン類を検出と発表、注目が高まる。
- ・1990年12月、厚生省、ごみ焼却施設について最初の「ダイオキシン類発生防止等ガイドライン」通達。

47

環境問題としての経緯③

- ・1998年4月、大阪府能勢町の焼却炉から高濃度のダイオキシン放出が明らかに。
- ・1999年2月、テレビ朝日のニュースステーションで所沢産産物(ほうれん草?)のダイオキシン濃度が全国平均の数十倍と報道、所沢の野菜に風評被害。後に、産物の実体が煎茶であったとして、陳謝。
- ・1999年3月、横国大グループが過去のダイオキシン放出の推定値を発表。水田除草剤CNPはもっとも有毒なダイオキシン(2,3,7,8-TCDD)を含んでおり、1970年ごろの水田除草剤による汚染がまだに残っていると指摘。2002年4月、農水省及び三井化学もCNP中のダイオキシン類含有量を公表。
- ・1999年7月、ダイオキシン類対策特別措置法公布。

48

環境問題としての経緯④

- 1999年12月、ダイオキシン類対策特別措置法に基づく**環境基準、規制基準等**が定まる。(水底の底質の環境基準は、2002年7月に設定。)
- 2000年1月、**ダイオキシン類対策特別措置法**施行。
- 2000年9月、**国の削減計画**策定。(目標:2002年度末までに排出総量を1997年比**約9割削減**)2005年6月、変更。
- 2004年12月、ウクライナ共和国大統領候補がダイオキシンで暗殺を謀られた??
- 2009年の日本全国のダイオキシン類排出総量は1997年と比べて2%以下に(約98%削減)。

49

ダイオキシンは“最強の毒物”か？

・毒性の分類

- **急性毒性**:化学物質に暴露してから数日以内に発症または死に至る毒性。
体重あたりのどのくらい摂取すると半数が死亡するかを表す**半数致死量**などで評価。
- **慢性毒性**:化学物質に長期間暴露したとき数カ月以上してから発症または死に至る毒性。急性毒性に比べ低濃度で現れる。**一般毒性、発がん性、催奇形性**など。

・どうやって調べるか？

- 動物実験
- 事故や労働災害の事例分析
- 疫学調査

50

ダイオキシンの急性毒性

- ・ヒトにとって急性毒性が強いもの(半数致死量)
 - 破傷風菌毒素で0.002 μ g/kg
 - ボツリヌス菌毒素で0.01 μ g/kg
- ・ダイオキシンのヒトの半数致死量は不明
 - 動物実験による**半数致死量**は、モルモットの0.6 μ g/kgからハムスターの5000 μ g/kgまで、**8000倍の差**
- ・PCBの半数致死量は、最小値で800mg/kg (毒劇物の劇物は経口で300mg/kg以下)

ダイオキシン類は、急性毒性から見ると、最強の毒物であるとは言えそうもない。

51

ダイオキシンで人は死ぬか？

—ウクライナ前大統領ユシチェンコ氏
ダイオキシンによる暗殺未遂(?)報道①—

- ・ユシチェンコ氏は、2004年9月にダイオキシンを盛られた可能性がある、と同年12月に報道。
- ・写真では有機塩素化合物に特有の**クロルアクネ(塩素ざそう)**の症状が見られることが指摘されている。

出所)TIMES ONLINE December 8, 2004
<http://www.timesonline.co.uk/tol/news/world/article400357.ece>

52

ダイオキシンで人は死ぬか？

—ウクライナ前大統領ユシチェンコ氏
ダイオキシンによる暗殺未遂(?)報道②—

- ・ユシチェンコ氏の血液中脂肪当たりの濃度は**100,000 pg-TEQ/g-fat**だったという。一般人の1000倍、環境省調査による日本の平均27pg-TEQ/g-fatの約**4,000倍**。
- ・これは、1998年にウィーンで起こったダイオキシン中毒事件(女性の血液からTCDDが**144,000 pg/g-fat**で検出された)に次ぐ2番目に高濃度の中毒といえる。
- ・ウィーン事件の女性も**クロルアクネ(塩素ざそう)**の症状がひどかったといわれるが、**命に別状はなし**。ユシチェンコ氏も存命。

出所) 横田大島永氏HP <http://cijk.kan.yam.ac.jp/masunaga/hibyouroku46.htm#46>
安井至氏HP <http://www.yasuiem.net/DXNAassasin.htm>

53

事例から見た毒性①

イタリア・セベソの事例

1976年、2,4,5-トリクロロフェノール製造工場が爆発し、セベソとその近隣地域にTCDDを含む毒性の雲霧が降下。TCDDが少なくとも**数百g**含まれていたと推定されている。

ミラノ大学などの調査によると;

- TCDD濃度に正に相関する臨床的变化は**クロルアクネが唯一**
- **発がん性**については;
 - ・最も高濃度の地区にいた724人に癌の増加は見られない
 - ・中程度の濃度に長期間いた5000人では、胆嚢癌や肝臓癌などが5倍
 - ・がん全体の発症率は女性では通常より低く、男性でもわずかに上回る程度
- TCDDに高度に曝露した男親からの出生児の性比は有意に女子に偏っている。ただし、これは感受性の高い前思春期や思春期に曝露した父親にのみ恒久的に関連する。

出所) http://www.sns.gov.it/tema/tema/tema00001_japanese0000.html の図表第7頁

54

事例から見た毒性②

カネミ油症事件

- ・1968年、カネミ倉庫が作った**コメ油**に脱臭プロセスに使う**熱媒体PCB**(カネクロール、鐘淵化学の製品KC-400)が混入し、14,000名もの健康被害(届出数)が出た。症状は；
 - チーズ様の目やにが出る
 - 黒にきびや赤みのあるにきびが多発する
 - 顔面、腋の下、股などに小さな皮膚のふくらができる
 - 全身倦怠感、食欲不振などの全身症状があらわれる
- ・油症に認定された人数が最終的に1871名。
- ・1975年に、原因のPCBの中に**ポリ塩化ジベンゾフラン**が**不純物**として含まれることが判明。またPCBの一部は**コプラナーPCB**。

55

ダイオキシンの慢性毒性①

1997年5月、環境庁(当時)が定めた**ダイオキシン類「健康リスク評価指針値」**の考え方

- ネズミによる**発がん試験**で影響が出なかったレベル(無毒性量)=1,000pg/kg体重/day
- ネズミとヒトとの種差についての安全係数=10
- ヒトの個体差についての安全係数=10
- サルによる実験結果によってさらなる安全率=2
- TDI = $1,000 \div 10 \div 10 \div 2$
= 5 pg/kg体重/day

(注) 1pg(ピコグラム)は、1兆分の1gのこと。

56

ダイオキシンの慢性毒性②

1998年5月、WHO(世界保健機関)専門家会議の考え方

- 妊娠したラットに**一度だけ**10万~20万pgのTCDD(最も毒性の強いダイオキシン)を投与したら、体内濃度が86ng/kg体重を超え、その母から生まれた**仔の免疫系と生殖系に異常が発現した**。
 - 免疫毒性:遅延型アレルギーが抑制された
 - 生殖毒性:メスの生殖器が異常な形になり、オスの精子細胞数が減少した。
- TCDDの**体内半減期を7.5年**として、毎日TCDDを摂取した場合に最終的に体内濃度が86ng/kg体重になる一日摂取量は43.6pg/kg体重/dayとなる。
- これを安全率10で割って、**TDIを4pg/kg体重/day**とする。

57

ダイオキシン類の慢性毒性③

- ・1999年6月 厚労省・環境省の合同の検討結果で改めてTDIを**4pg/kg体重/day**とした。
- ・1999年7月公布の**ダイオキシン類対策特別措置法**では、TDIを**4pg/kg体重/day**と定めた。
このTDIは、妊娠初期の胎児への毒性に着目したもの。(体内半減期7.5年)
- ・なお、2,3,7,8-TCDDは**発がん性(プロモーター作用)**が認められている。(IARC グループ1)

58

ダイオキシン類の毒性の表し方:TEQ

- ・最も(慢性)毒性の強い**2,3,7,8-TCDDの毒性を1**とし、他の化合物の量はそれと同じ**毒性を示す2,3,7,8-TCDDの量に換算する毒性等価係数(TEF: Toxic Equivalency Factor)**を乗じて、その総和を**毒性等量TEQ (Toxic Equivalent)**として表示する。

計算例	測定値	TEF	濃度 × TEF
2,3,7,8-TCDD	100pg	1	100pg-TEQ
1,2,3,4,7,8-HxCDD	100pg	0.1	10pg-TEQ
合計TEQ			110pg-TEQ

59

化合物名	TEF係 *1	TEF係 *2	
	(WHO 1998年)	(WHO 2001年)	
PCDD (ポリ塩化ジベンゾ-p-ダイオキシン)	2,3,7,8-TCDD	1	1
	1,2,3,7,8-PeCDD	1	1
	1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	0.1
	1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	0.1
	1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	0.1
	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.001	0.0003
PCDF (ポリ塩化ジベンゾフラン)	2,3,7,8-TeCDF	0.1	0.1
	1,2,3,7,8-PeCDF	0.05	0.03
	2,3,4,7,8-PeCDF	0.5	0.3
	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	0.1
	1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	0.1
	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	0.1
	2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01	0.01
	1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.001	0.0003
コプラナーPCB	3,4,4',5'-TeCB	0.0001	0.0003
	3,3',4,4'-TeCB	0.0001	0.0001
	3,3',4,4',5'-PpCB	0.1	0.1
	3,3',4,4',5,5'-HxCB	0.01	0.03
	2,3,3',4,4'-PpCB	0.0001	0.0003
	2,3,4,4',5'-PpCB	0.0005	0.0003
	2,3,4,4',5,5'-HxCB	0.0001	0.0003
	2,3,3',4,4',5'-HxCB	0.0005	0.0003
	2,3,3',4,4',5,5'-HxCB	0.0001	0.0003
	2,3,3',4,4',5,5'-HxCB	0.0001	0.0003

(※1: 1997年にWHOより提案され1998年に専門誌に掲載されたもの)
(※2: 2005年にWHOより提案され2006年に専門誌に掲載されたもの)

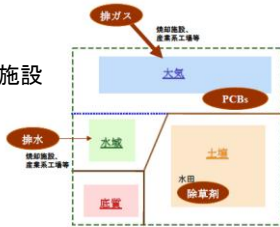
出所)ダイオキシン類 2009
(関係省庁共通ハンドブック)

60

製造・排出量と環境への放出 ダイオキシン類の発生

- 意図的製造・・・分析用標準品などの研究目的のみ。
- 非意図的生成・・・

- 火山 = 天然由来
- 廃棄物の焼却や産業施設からの排ガス、排水
- 過去に水田に散布された除草剤由来 = 過去の負の遺産



図の出所)ダイオキシン類 2005(関係省庁
共同プレスリリース)

61

焼却等による生成

- ダイオキシン類は、炭素・酸素・水素・塩素が熱せられるような過程(焼却)で生成。コプラナーPCBも焼却により生成。
- 食塩(NaCl)でも生成。焼肉の煙、秋刀魚を焼く煙、たき火の煙(例:ケヤキの葉は塩素を含む)、もちろんタバコの煙にもダイオキシン類は“きわめて微量”含まれている。(ダイオキシン以外の有害物質も含まれている。)
- 産業由来では、製鋼用電気炉や鉄鋼業焼結工程、また製紙の塩素漂白工程などの産業工程や、自動車排出ガスなどが発生源として知られている。

62

廃棄物の焼却による生成

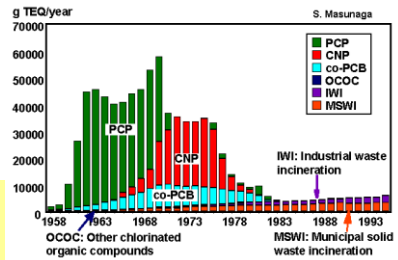
- ごみ焼却に関しては800度以上で完全燃焼すれば生成しない。
- ダイオキシン類に変化するのにはゴミに含まれる塩素の10億分の1以下と考えられ、ゴミから塩素を含む物(塩化ビニルなど)を除いたくだけでは発生量は減少しない。
- 焼却炉を出た排ガスが、集じん器で温度300℃程度になる時にダイオキシン類が発生しやすい。

63

農薬由来(過去の遺産)

横国大グループが過去のダイオキシン放出の推定値を発表。農薬の寄与が大きい。

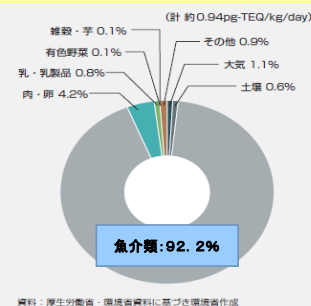
Trend of dioxin emission (TEQ) to environment in Japan



64

ダイオキシン類の摂取量

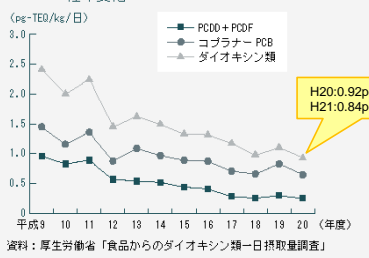
日本におけるダイオキシン類の1人1日摂取量(H20年度)



65

ダイオキシン類の食品中の1日摂取量

図4-3-7 食品からのダイオキシン類の一日摂取量の経年変化



図の出所)平成22年版環境白書/環境白書/社会白書/生物多様性白書

66

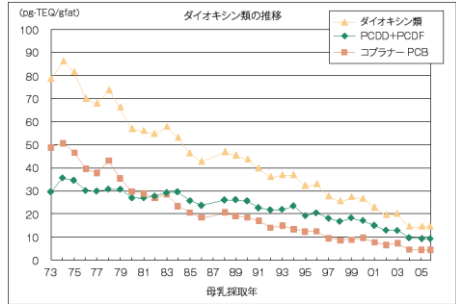
魚食のリスクとベネフィット

- ダイオキシンの摂取量の約9割は魚介類から。魚を食べるのをやめるべきか？
- 魚食のリスクとベネフィット
 - **リスク**: 魚を1日20g余計に食べることによる生涯がん死は年間10万人あたり0.1人増加する。
 - **ベネフィット**: 米国(魚をあまり食べない)のデータを使えば、魚を1日20g余計に食べることにより、冠動脈性心疾患の死亡者数を年間10万人につき約100人減少する。
- 厚生労働省「一部の食品を過度に摂取するのではなく、バランスのとれた食生活が重要であることが示唆されました」

(厚生労働省「平成17年度食品からのダイオキシン類一日摂取量調査等の調査結果について」)

67

母乳中ダイオキシン類濃度



出典：平成19年度厚生労働科学研究「母乳中のダイオキシン類に関する研究」

図の出所)ダイオキシン類 2009 (関係者共有用プリント)

68

ダイオキシン類に係る母乳のリスクとベネフィット

- 母乳にダイオキシン類が含まれる。母乳をやめるべきか？
- リスク**: 平成10年度に415名の出産後30日目の母乳について調査したところ、平均25.2pg/g-fatのダイオキシン類が検出された。
- 母乳中のDXNIによる乳児の発がんリスク** = 2×10^{-4}
- ベネフィット**: 母乳をやめることによる死亡率の増加 = 2.6×10^{-3}
- WHO「母乳中にはダイオキシンやPCBが含まれているが、母乳栄養には乳幼児の健康と発育に関する利点を示す明確な根拠があることから、母乳栄養を奨励し推進すべきである」

69

ダイオキシン類対策

- **ダイオキシン騒動** (1997年をピーク)
 - マスメディアによるダイオキシンの「恐怖報道」
 - 「恐怖」をあおる“専門家”とNGOの登場
 - 環境は票になると踏んだ国会議員(?)
 - ダイオキシン類対策特別規制法の成立(1999)
- **ダイオキシン類対策特別措置法**
 - 議員立法で提案され、両院とも本会議でわずか数分の審議の後、全会一致で可決。
 - 媒体横断的な法律となっている点は新しいが、既存の法体系との関係では問題点もあり。
 - 本来、政令以下の制度で決めるべき許容値(TDI)を法律で決めてしまった。科学の進歩で許容値を変える必要ができたときにも国会審議が必要(なぜダイオキシンだけ??)

70

ダイオキシン類対策特別措置法について

(平成11年7月12日成立、平成11年7月16日公布、平成12年1月15日施行)

法律制定の目的(第1条)

法律の概要

- 1 **ダイオキシン類に関する施策の基本とすべき基準**
 - ① 耐容一日摂取量(TDI)(第6条)
 - ② 大気、水質(水底の底質を含む。)及び土壌の環境基準(第7条)
- 2 **燃焼ガス及び排水に関する規制**
 - ① 特定施設
 - ② 排出基準(第8条)
 - ③ 大気環境規制基準(第10条)
 - ④ 特定施設の設置の届出、計画変更命令(第12条~第16条)
 - ⑤ 排出の制限、改善命令(第20条~第22条)
- 3 **廃棄物処理法に係るばいじん、焼却灰等の処理等**
 - ① ばいじん・焼却灰中の濃度基準(第24条)
 - ② 廃棄物最終処分場の維持管理基準(第25条)
- 4 **汚染土壌に係る規制**
 - ① ダイオキシン類土壌汚染対策地域の指定(第29条)
 - ② ダイオキシン類土壌汚染対策計画の策定(第31条)
- 5 **国の計画(第32条)**
- 6 **汚染状況の調査、調査結果**
 - ① 調査結果による常時監視(第35条)
 - ② 特定施設の設置者による測定(第38条)
- 7 **施行期日(施行期第1条)**
- 8 **雑 則(施行期第2条、第3条)**

環境基準の設定と規制が同じ法

大気汚染防止法、水質汚濁防止法と同じ条文

廃棄物処理法の一部と同じ条文

農用地土壌汚染対策と同じ、公共事業型

TDIを法定

食品については規定なし。

図の出所)ダイオキシン類 2009(関係者共有用プリント)

71

(参考)ダイオキシン特措法におけるTDIの表記

(耐容一日摂取量)

第六条 ダイオキシン類が人の活動に伴って発生する化学物質であって本来環境中には存在しないものであることにかんがみ、国及び地方公共団体が講ずるダイオキシン類に関する施策の指標とすべき耐容一日摂取量(ダイオキシン類を人が生涯にわたって継続的に摂取したとしても健康に影響を及ぼすおそれがない一日当たりの摂取量で二・三・七・八一四塩化ジベンゾーパラジオキシンの量として表したものをいう。)は、人の体重一キログラム当たり四ピコグラム以下で政令で定める値とする。

72

ダイオキシン類特措法に基づく ダイオキシン類の環境基準

- ダイオキシン類の環境基準等
 - 大気 年平均値 0.6 pg-TEQ/m³以下
 - 水質 年平均値 1 pg-TEQ/l以下
 - 底質 150 pg-TEQ/g以下
 - 土壌 1000 pg-TEQ/g以下
(調査指標値250 pg-TEQ/g)

73

ダイオキシン類特措法による排出基準

排出ガス基準:

(単位: ng-TEQ/m³N)

特定施設種類	施設規模(焼却能力)	新設施設基準	既設施設基準
廃棄物焼却炉 (火床面積が0.5m ² 以上、又は焼却能力が50kg/h以上)	4t/h以上	0.1	1
	2t/h-4t/h	1	5
	2t/h未満	5	10
製鋼用電気炉		0.5	5
鉄鋼業焼結施設		0.1	1
亜鉛回収施設		1	10
アルミニウム合金製造施設		1	5

排出水基準: 特定施設(硫酸塩パルプ(クラフトパルプ)又は亜硫酸パルプ(サルファイトパルプ)の製造の用に供する塩素又は塩素化合物による漂白施設など19種類の施設)に対し10 pg/L (=環境基準×10)

表の出所)ダイオキシン類 2005(関係省庁共通パンフレット)

74

ダイオキシン類削減計画

ダイオキシン類対策特別措置法における規定

第33条

- 環境大臣は、我が国における事業活動に伴い排出されるダイオキシン類の量を削減するための計画を作成するものとする。
- 前項の計画においては、次の事項を定めるものとする。
 - 我が国におけるダイオキシン類の事業分野別の推計排出量に関する削減目標量
 - 前号の削減目標量を達成するため事業者が講ずべき措置に関する事項
 - 資源の再生利用の推進その他のダイオキシン類の発生の原因となる廃棄物の減量化を図るため国及び地方公共団体が講ずべき施策に関する事項
 - その他我が国における事業活動に伴い排出されるダイオキシン類の削減に関し必要な事項
- 環境大臣は、第一項の計画を定めようとするときは、公害対策会議の議を経なければならない。
- 環境大臣は、第一項の計画を定めたときは、遅滞なく、これを公表しなければならない。
- 前二項の規定は、第一項の計画の変更について準用する。

75

ダイオキシン類削減計画

当初計画①

- 計画作成: 平成12年9月29日
- 削減目標量:
 - 平成14年度末: 843~891g-TEQ
 - (平成9年比88.2~88.5%(約9割)削減)

ダイオキシン対策推進基本指針

(平成11年3月30日;ダイオキシン対策関係閣僚会議)
“今後4年以内に全国のダイオキシン類の排出総量を平成9年に比べ約9割削減する”

76

ダイオキシン類削減計画

当初計画②

○削減目標量:

事業分野	削減目標量(g-TEQ/年)	H9年排出量(g-TEQ/年)
廃棄物処理分野	576~622	6,841~7,092
一般廃棄物焼却施設	310	5,000
産業廃棄物焼却施設	200	1,500
小型廃棄物焼却炉	66~112	340~591
産業分野	264	454
製鋼用電気炉	130.3	228.9
鉄鋼業焼結工程	93.2	135.0
亜鉛回収業	13.8	42.3
アルミニウム合金製造業	11.8	21.3
その他の業種	15	26.7
その他	3~5	3.32~5.92
合計	843~891	7,300~7,550
対9年削減割合(%)	△88.2~88.5	-

77

ダイオキシン類削減計画

当初計画③

- 事業者が講ずべき措置:
 - ・排出基準の遵守等
 - ・ダイオキシン類の管理
 - ・ダイオキシン類の発生の原因となる廃棄物等の発生抑制、再使用及び再利用の推進
- 国及び地方公共団体が講ずべき施策:
 - ・廃棄物の減量化のための施策の推進
 - ・廃棄物の減量化の目標の達成
 - ・その他

78

ダイオキシン類削減計画 当初計画④

○その他:

- ・ダイオキシン類発生源対策の推進
- ・ダイオキシン類の排出量の把握
- ・ダイオキシン類に関する調査研究及び技術開発の推進
- ・国民への的確な情報提供及び情報公開

79

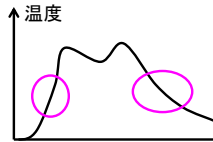
ごみ焼却施設の改善

- ・1990年のいわゆる「旧ガイドライン」
- ・「全連続式」、「准連続式及び機械化バッチ式」及び「固定バッチ式」の3区分、新設・既設に分けた対策を提示。
- ・新設全連続式の排ガス中のDXN類濃度0.5ng/Nm3以下
 - 完全燃焼を図るため、ごみの燃焼温度、排ガス中のCO濃度、O2濃度等を指標として炉の構造、運転管理の実施。燃焼温度は800°C以上(850°C以上の維持が望ましい)。
 - 集じん器温度が300°C程度の時にダイオキシン類が発生しやすいことから、集じん器に流入する排ガス入口温度の低温化
 - 排出されたダイオキシン類の捕集効率を向上させるため、ばいじん除去効率の高いろ過式集じん器(バグフィルター)等の設置

80

ごみ処理施設の種類

- ・連続炉: 次々にごみを連続して投入し、流れ作業で焼却する方式。
 - 全連続・24時間連続
 - 准連続・1日8~16hr運転
- ・バッチ炉: 家庭用小型焼却炉のように、ごみを入れて焼却後に取り出す方式。
- ・准連続炉、バッチ炉は、毎日の点火・消火・ごみの投入時などに温度が下がり、ダイオキシン類が発生しやすい。



81

ごみ焼却施設の改善①

1997年1月のいわゆる「新ガイドライン」

- ・緊急対策
 - 排出濃度が80ng-TEQ/Nm3を超える施設にあつては、至急具体的な対策を検討し、実施。
 - 【対策例】①燃焼管理の適正化、②間欠運転から連続運転への変更、③施設の改造、④施設の休廃止
- ・恒久対策

炉の種類	区分	基準値	
全連続炉	新設炉	0.1	
	既設炉	旧ガイドライン適用炉	0.5
		旧ガイドライン非適用炉	1
准連続炉 バッチ炉	既設炉	連続運転	1
		間欠運転	5

82

ごみ焼却施設の改善②

(新ガイドライン 続き)

- ・新設炉は原則として全連続炉とする。
- ・ごみの排出抑制、リサイクル等により焼却量そのものをできるだけ減らす。
- ・小規模な市町村にあつては、発生するごみの量が少ないために、全連続化が困難。隣接市町村が連携して、一定規模以上の全連続炉への集約化(広域化)を総合的かつ計画的に推進。
- ・都道府県が広域化計画を策定し、広域化を推進

→ダイオキシン類の排出量の多かった小規模焼却炉の廃止・改善、ごみ処理の広域化、脱焼却、再生利用などが進んだ。

83

ダイオキシン類削減計画 目標達成状況

事業分野	削減目標量(g-TEQ)	H15年排出量	H9年排出量
産業物処理分野	576~622	219~244	7,205~7,658
一般廃棄物焼却施設	310	71	5,000
産業廃棄物焼却施設	200	75	1,505
小型産業物焼却炉等	66~112	73~98	700~1,153
産業分野	264	149	470
製鋼用電気炉	130.3	80.3	229
鉄鋼業焼却		35.7	135
亜鉛回収		5.5	47.4
アルミニウム		17.4	31.0
その他の		9.9	26.5
その他	4.4~7.3	4.4~7.3	4.8~7.4
合計	840.7	372~400	7,680~8,135
対9年削減割合(%)	Δ88.2~88.5	Δ95	-

削減目標を達成していない分野はあるものの、排出総量は削減目標を達成!

84

ダイオキシン類削減計画 変更計画①

○計画変更：平成17年6月24日

○削減目標量：

平成22年：315～343g-TEQ
(平成15年比14.3～15.3%(約15%)削減
(平成9年比95.8～95.9%(約96%)削減))

85

ダイオキシン類削減計画 変更計画②

○削減目標量：

事業分野	削減目標量(g-TEQ/年)	H15年排出量(g-TEQ/年)
廃棄物処理分野	164～189	219～244
一般廃棄物焼却施設	81	71
産業廃棄物焼却施設	50	75
小型廃棄物焼却炉等	63～88	73～98
産業分野	146	149
製鋼用電気炉	80.3	80.3
鉄鋼業焼結工程	35.7	35.7
亜鉛回収施設	5.5	5.5
アルミニウム合金製造施設	14.3	17.4
銅回収施設	0.048	—
パルプ製造施設(漂白工程)	0.46	0.46
その他の施設	9.9	9.9
その他	4.4～7.7	4.4～7.3
合計	315～343	372～400
対15年削減割合(%)	△14.3～15.3	—

86

ダイオキシン類削減計画 変更計画③

○事業者が講ずべき措置：

- ・排出基準の遵守等
- ・ダイオキシン類の管理
- ・ダイオキシン類の発生の原因となる廃棄物等の発生抑制、再使用及び再利用の推進

○国及び地方公共団体が講ずべき施策：

- ・廃棄物の減量化のための施策の推進
- ・廃棄物の減量化の目標の達成
- ・その他

87

ダイオキシン類削減計画 当初計画④

○その他：

- ・POPs条約の的確かつ円滑な実施
- ・ダイオキシン類発生源対策の推進等
- ・ダイオキシン類の排出量の把握
(効果的・効率的な測定及び精度管理の推進を追加)
- ・ダイオキシン類に関する測定技術開発の推進
- ・国民への的確な情報提供

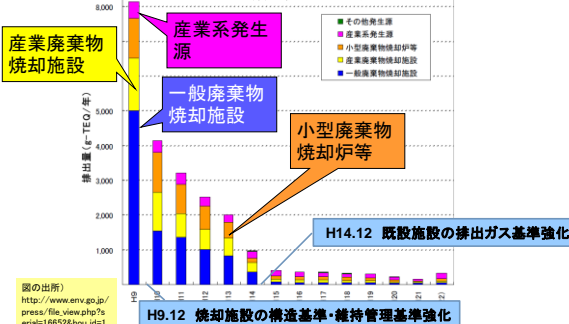
POP条約への対応

簡易測定法の導入

88

ダイオキシン類対策の効果

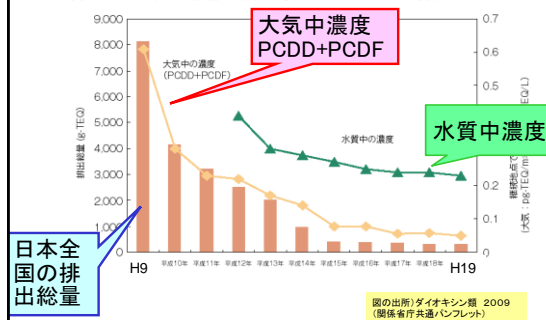
ダイオキシン類の排出総量の推移



89

大気及び水質中のダイオキシン類濃度の推移

図2 日本全国の排出総量と大気及び水質中のダイオキシン類濃度の推移



90

参考資料

- 環境省、ダイオキシン類対策(HP)
<http://www.env.go.jp/chemi/dioxin/index.html>
- 厚生労働省、食品中のダイオキシン対策(HP)
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/dioxin/index.html>
- 環境省、PCB廃棄物処理(HP)
<http://www.env.go.jp/recycle/poly/index.html>
- 日本環境安全事業㈱のホームページ
<http://www.jesconet.co.jp/>