

〈海外研修報告〉

「化学物質と大気汚染」及び「植物による環境指標」 に取り組むヨーロッパの現状(I)

—私のヨーロッパ訪問リポート—

平山南見子**



パリ警視庁中央研究所にて
右からG・チボー氏、P・ルシャントゥール氏と筆者

1. はじめに

川崎市役所海外派遣研修制度により、1986年10月1日から31日まで、フランス、イタリア、オーストリア、オランダ、ドイツ及びイギリスの6カ国を訪れ、ヨーロッパにおける環境保全の状況について学ぶ機会を得た。

今回の研修テーマは大きく分けると次の3つになる。「快適な都市づくり」、「化学物質と大気汚染」、「植物による環境指標」である。

第一の「快適な都市づくり」に関してはイギリスにおける「快適さ」を示す概念である「アメニティ」を中心として各都市で学んだが、ここでは特に専門的な部分についての研修である他の2つのテーマについて報告する。

「化学物質と大気汚染」については、化学物質問題に関してイタリア及びイギリスで、現状の説明を受け、

またパリでOECD（経済協力開発機構）におけるこの問題の動向について話を聞くことができた。特にイタリアのセベソでは、よく知られているダイオキシン事故が起きてから10年後にあたり、その間の汚染物質の除去対策等について聞いた話は化学工場の多い日本にあっては学ぶところが多いと思ったのでくわしく紹介する。一方、各地の大気汚染状況についても興味深かった点について、整理して述べる。

「植物による環境指標」については、オランダのワーゲニンゲンにある植物保護研究所が行っている「植物による大気汚染についての研究」に学ぶところが多いとの助言が茨城県農業試験場の横堀 誠博士からあったので、研修をお願いした。同研究所での研究内容及び施設は大気汚染の研究において、非常に示唆に富むものであったので、教示された内容について報告する。

2. 研修日程、訪問機関及び研修内容

研修日程については付表1に整理した。また訪問機関、研修内容及び応接者は、付表2にまとめた。

3. 化学物質と大気汚染

3・1 セベソにおけるダイオキシン事故

イタリア北部のミラノの近郊、セベソで1976年7月に起きたダイオキシン事故は、工場のダイオキシン事故としては最大であるといわれている¹⁾⁴⁾。ダイオキシンは強毒性、発ガン性及び催奇性がある化学物質である。ベトナム戦争の時に枯葉作戦に使われた薬剤に混在していたため、散布に従事したアメリカ軍兵士の廃疾者から補償問題が起きている。またベトナムの科

* Overseas Report: European Present Situation of Studies on "Chemical Substances and Air Pollution" and "Plants as Bioindicators"

** Namiko HIRAYAMA (川崎市公害研究所) Kawasaki Municipal Research Institute for Environmental Protection

学者からは枯葉剤被爆の住民に流産、奇形児発生率の上昇、妊娠異常の多発がみられることが報告されている⁴⁾。

川崎市は大工業地帯をかかえており、突発的な事故による化学物質汚染を被った他都市の例を学ぶことは重要だと思い、在日イタリア大使館に、セベソにおけるダイオキシン事故についての研修をお願いした。その結果、ジャコモ・カヴァッロ科学技官により、ミラノ市にあるロンバルディア州庁、マリオ・ネグリ研究所及びミラノ県衛生予防研究所の3カ所が、研修先として紹介された。

セベソのダイオキシン事故については日本でも幾つかの文献を読んだが^{1)~4)}、ここではミラノ市における研修で得られた情報を中心に報告する。

3・1・1 事故の経過及び原因

ロンバルディア州庁では、私のこの研修のために、8人もの方々が集まる説明会を開催してもらえた。

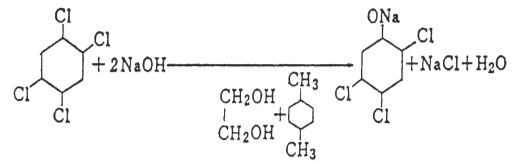
A・ピエポリ博士（構造物実験研究所）とU・フォルトゥナーティ博士から事故の一連の経過の説明があった。また当日は所用のため出席されなかったP・カルディーロ博士（燃焼科学研究所）からは、後日参考文献⁵⁾が送られてきた。

スイスのホフマン・ラ・ロシュ社の子会社であるジュボダン社が所有しているセベソのイクメサ社の工場では、石鹼や脱臭剤に入れるヘキサクロロフェンの製造に使う2, 4, 5-トリクロロフェノール（2, 4, 5-TCP）をつくっていた。工場での反応工程及び反応釜概念図⁶⁾を次に示す。

工場では200人もの人が働いており、またこの施設はかなり大きいにもかかわらず、工場の話ではこの反応釜は、パイロット・プラントであるとのことだった。

1976年7月6日、金曜日（事故前日）、午後4時に操業を開始した。この操業のシフト（体制）は本来は2時間前に始められていなければならず、操業開始を遅らすことは、禁止されていた。翌日の土曜日は休みで、反応は朝6時に止まることになっていた。しかし何故か温度が上昇し、釜の中の圧力も上昇してしまった。そして午後12時37分、反応釜は爆発し、反応溶液は雲のようになって、18 km²もの地域にふりそそいだ。その反応溶液の中に副生成物である強毒性のダイオキシンが含まれていることは誰も気付いていなかった。

爆発原因についてはその後、いろいろな角度から調べられた。P・カルディーロ博士（燃焼科学研究所）の論文によれば⁵⁾、反応は次のように行われるはずだった。（図1参照）



テトラクロロベンゼン

2, 4, 5-トリクロロフェノール
(これからTCDD副生)

図1 工場の反応工程⁶⁾

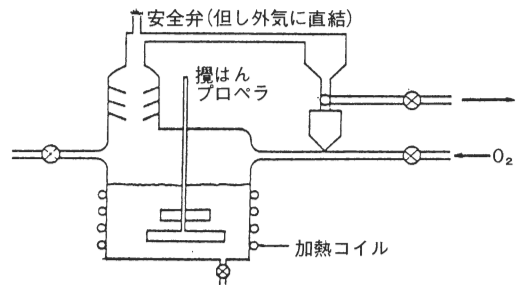


図2 反応釜概念図⁶⁾

- 1, 2, 4, 5, テトラクロロベンゼン (2,000 kg)
- 苛性ソーダ (1,100 kg)
- エチレングリコール (3,235 kg)
- キシレン (603 kg)

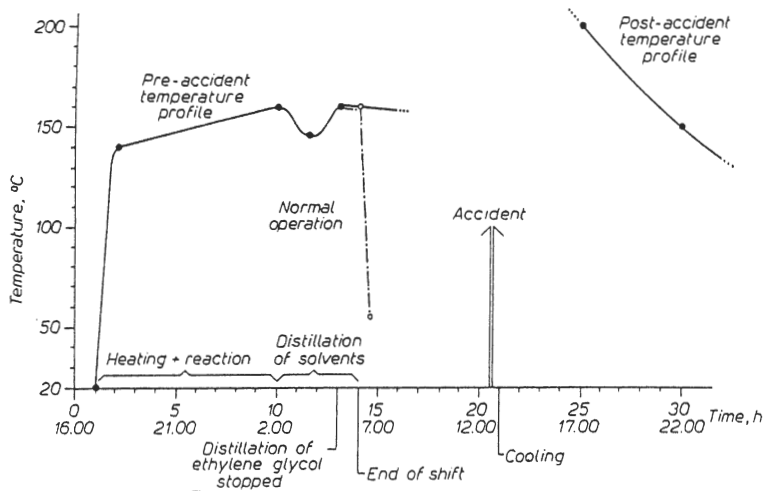
が容量10 m³の反応容器に入れられ、テトラクロロベンゼンのアルカリ加水分解（発熱反応）が140—160°Cで行なわれ、その後、溶媒のエチレングリコールが真空下、140—170°Cで除去されることになっていた。しかしながら図3に示すように反応温度は異常に上昇し、300°Cにもなり爆発をまねいた⁶⁾。

A・ピリポエ博士とU・フォルトゥナーティ博士によると釜の安全バルブの設定は3.5気圧/cm²であったが、実際には働かず、閉じているのも同様であり、圧力は350気圧/cm²になったとのことである。また冷却水の装置も閉じており、反応容器に取り付けられている温度計は全体を計れるものではなかったとのことである。

P・カルディーロ博士の結論は反応条件の設定に大きな間違いはなかったが、反応液上部の温度が連鎖的な発熱反応の限界値である230°Cをほんの少し越え、爆発を引き起こしたというものである。またダイオキシンの副生も180°Cを越えると増加するとのことである。

ロンバルディア州庁では事故の原因を

- a) 工場の勤務体制、連絡体制が上手くいってなかった。
- b) 危険監視装置がなく、安全性に欠けた。

図3 操業時及び事故時の温度状況⁵⁾

c) 反応が連鎖反応であった。
と考えているとのことである。

3・1・2 ダイオキシン汚染の被害

事故後、丸1日たってからやっと工場側から、セブ町長にたいし、連絡が入った。2日後、住民はこの事故の異常性を感じ始め、3日後、動物の異常死、植物の枯死が始まった。2週間後の7月24日から汚染地区に対する3段階の対策(表1)がとられた。すなわち汚染地区を汚染の程度によりA、B、R、の3地区

に分け(図4)、A地区の住民に対して、ホテルへの強制疎開命令が出された。

土壌の分析が精力的におこなわれた。なお土壌試料の採取にあたっては、深さ7cmまで行くことを標準としたとのことである。表1に分析結果を付記した⁷⁾。

しかしながら、土壌の分析はバラつきが多く、汚染状況は動物の肝臓のダイオキシン濃度で判断する方が、信頼性が高かった。動物は移動するという点で問題があったが、それでも充分意味のあるデータが得ら

表1 汚染地区の広さ、人口、土壌中のダイオキシン濃度及び対策⁷⁾

		A	B	R
面積 (ha)		108	269.4	1,430
周囲 (km)		6	16.5	26
人口		739	4,699	31,800
ダイオキシン濃度	平均範囲 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	240 nd* — 5,477	3 nd — 43.83	— nd — 5
	平均範囲 (ppb)	2.25 nd* — 51.43	0.028 nd — 0.41	— nd — 0.047
対策		全ての住民はホテルへ強制疎開。	住民は残留可能。しかし子供及び老人は昼間は非汚染地区へ疎開。家畜は住民が食用にするといけないので屠殺。畑での採取物の食用禁止。	住民は残留可能。畑での採取物の食用禁止。

*nd 0.750 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ または 0.007ppb 以下
 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ から ppb への換算は土壌213サンプルの平均重量に基づいて行われた。

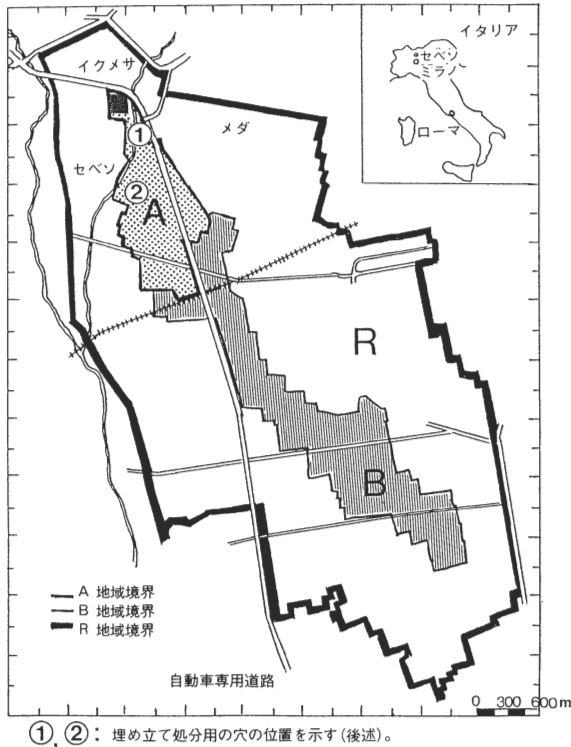


図4 セベン周辺図

れた⁷⁾。

3・1・3 汚染物質の除去対策

ダイオキシンに対するリスク・アセスメントが行われ^{8,9)}、汚染物質の除去目標が定められた¹⁰⁾。

リスク・アセスメントに用いられた数値は以下のとおりである⁸⁾。

- 影響が観察されない濃度を、最も感受性の高いモルモットを基準に決めた。すなわち $1\text{ng/kg} \cdot \text{体重/日}$ 。
- 不確定係数を 1000 とした。
- 安全基準を最も土壤に触れる機会の多い子供を対象にして定めた。
- その結果、算出された数値は $1\text{pg/kg} \cdot \text{体重/日}$ である。(これはおよそ 0.14g の土壤が 20kg の体重の子供により摂取されたに等しい。同様に体重 70kg の大人が 0.50g の土壤を摂取したことになる。

これらの数値と、作物の土壤からの吸収量、食物の摂取量など幾つかの仮定条件を基に汚染物質の除去目標値が定められた。その数値は以下のとおりである。

室内, 学校内, 事務室内, 工場内	$0.01\ \mu\text{g}/\text{m}^2$	
農業用地	$0.75\ \mu\text{g}/\text{m}^2$	6 ppt

非農業用地	$5.00\ \mu\text{g}/\text{m}^2$	40 ppt
住民の撤退基準	$50.00\ \mu\text{g}/\text{m}^2$	400 ppt

(なお、単位面積あたりの土壤濃度は 1m 平方、深さ 7cm で標準化されており、 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ から ppt への換算係数は 8 となる。)

この目標値をアメリカ合衆国の数値と比較したところ、アメリカの方が 2.5 倍緩やかであることが分かった。

当初の汚染物の処理は 1200°C で焼却処分であった。しかしながらオランダの学者により、1976年、一般の焼却場でもダイオキシンが生成されることが指摘され、この処分方法は中止された。その後、光分解、ガンマー線照射、オゾン法、溶媒抽出法、脱クロル化反応などが、検討されたが、実用性に乏しく採用されなかった。さらに大西洋への投棄処分、岩塩発掘跡地への埋め立て処分、現地でのコンクリート化、巨大な穴を掘って埋め立て処分を行うなどの案が出されたが、結局現地の A 地域に穴を 2 つ掘り、埋め立て処分を行うという案が採用された¹⁰⁾。

穴の掘削は 1980 年と 1982 年に計画が出され、埋め立て処分は 1980 ~ 1984 年の 4 年間にわたって行われた。処分の対象になったのは植物、取り壊した建造物の破片、除去土壤である。穴からのダイオキシンの漏出はないという結論は次のような理由によって導かれた。

- ダイオキシンは水に不溶である。
- ダイオキシンはセベソの土壤に多く含まれる粘土に結合する。
- 汚染度の高い土壤は中心部に埋め立て処分を行う。
- 2.5mm の厚さの高密度ポリエチレン樹脂膜が埋め立て処分したものを丁度毛布のように包みこむかたちになる。
- 15cm の厚さの砂とベントナイト (補強コンクリート) の混合物を底部に敷きつめるが、これは高度の不透過性と柔軟性を示す。
- 埋立地の上部はグナイトというコンクリートの平板で覆って、上方からの機械的な衝撃に耐えられるようにした。
- 最後に 75cm の非汚染土壤で上部を覆った。

ダイオキシンの漏出をチェックするためにサンプリング用の井戸を掘り、ppt レベルの検査を行っている。1985年6月までのデータによれば問題は起きていない。表 2 にこの 2 つの穴の大きさ及び構造について整理して示す¹⁰⁾。なお穴の位置については、すでに図 4 に記した。第 2 の穴は第 1 の穴よりあとでつくっ

表2 埋め立て処分用の穴の大きさ及び構造¹⁰⁾

	第1の穴	第2の穴	備 考
大きさ			
面積 m ²	9,300	20,150	
底面積 m ²	4,457	9,800	
深さ m	9	9	
埋め立て高さ m	6	7	
傾斜 %	50	25	
容量(×10 ³) m ³	80	200	
構造			
ベントナイト密度			第2のものは第1のものより改良された。
底部 kg / m ²	1.916	2.123	
傾斜部 kg / m ²	1.826	2.082	
高密度ポリエチレン			第1のものの方が線方向の性質はよい。
厚さ mm	2.62	2.55	
密度 kg / m ³	943.7	946.7	
張力強度 MPa	34.0	34.6	
破損限度	935	980	
溶接合部			
張力強度 MPa	16.9	16.4	
ベントナイト透過性	—	>5×10 ⁻¹⁰	または1.6cm/年。つまり15cmの層は10年で漏出の可能性がある。

たため、いくつかの点で改良されている。特に第1の穴の傾斜は50%であったのを、第2の穴では25%にしたので機械の操作性がよくなった。

汚染物質の除去対策の中で最も困難を極めたのは事故工場の反応釜中に残存していた反応溶液の除去作業と処分及びプラントの撤去作業であった。

工場の施設は230 m²で3つの10 m³の反応釜があり、その他パイプ、ポンプ、コンデンサーなどがあった。1番重いものは1つで7tもある鉛でコーティングしてある反応釜であった。事故を起した会社の親会社であるスイスのジボダン社のそのまた親会社の世界的多国籍企業の Hoffman・ラ・ロシュ会社により、操作の手引きが用意された。ここで用いられた手法は原子力関係のものである。1982年に準備が開始された。まず反応釜中の2,272 kgの残存溶液をとりだした。ムルロア型という酸素供給チューブをつけた宇宙服のような作業服に身を包んだ、訓練を受けた作業者が釜の中へ入り、取り出し作業を行った。

8月24日から9月1日まで作業は行われ、27個のドラム缶に入れられた。このドラム缶に入れられたダイオキシンを含む溶液は最終的にはスイスのチバ・ガイギー社で焼却処分されたとのことである。(日本で読んだ文献によると、このドラム缶及びその他の汚染物が計41個のドラム缶に詰められ、Hoffman・ラ・ロシュ社により密かに国外へ持ち出された。そしてドイツの廃棄物処理業者パディッシュ社がフランスやドイツで投棄処分しようとしたが、発覚してしまったということである¹¹⁾。)

次にプラントの撤去にあたっては、工場のプラント全体をスチール製枠組みの建物で覆い、取り壊し作業に伴う汚染物質の飛散を防ぐようにした。また10,000 m³/時間の能力を持つ空気清浄器をとりつけ、排出される空気による汚染を防いだ。1983年4月18日から撤去作業が始まった。大型電動工具を使用すると汚染の心配がある部分はパイプの結合部分を手作業で取り外したりしなければならず、同年8月12日、計2,200時間を投じてようやく終わった。総量6,136 m³すなわちトラック2,260台の瓦れきが第2の穴に埋め立て処分された。

表3及び表4にA, B, R各汚染地域における経費その他の数字をまとめた。

なおA地域で要した費用の総額はおよそ30億円とのことである。

図5に第2の埋め立て処分地の1986年現在の写真

表3 A地域の埋め立て処分単位価格¹⁰⁾

	円/m ² *	円/t**	総計に占める割合
土 壌 準 備	673	419	8 (%)
土壌のかきおこし	2,876	1,802	34
建物造りの取り壊し	328	200	
埋立地への運搬	1,365	855	16
穴の内張り	1,347	837	16
盛り土及び景観整備	1,019	637	12
そ の 他	837	528	10
総計(分析費用を除く)	8,445	5,278	100

* 1円=11リラ

** 1 m²=土壌 1.6t

表4 セブンのB及びR地域の埋め立て処分に関する諸資料¹⁰⁾

		B地域	R地域
農業地域	ha	143	776
土壌処理	件数	17	13
農業関係対策費用	億円*	←2.39→	
個人庭園	件数	780	3408
補償	億円	1.92	5.60
浄化費用	億円	2.28	0.20
農家補償	億円	←3.43→	
B及びR地域の総費用(除く分析費用)		←15.81→	

* 1円=11リラ



図5 第2の埋め立て処分地

を載せた。

これまで述べてきたような土壌の入れ替え、家屋の浄化、樹木の植え替え等の種々の対策が施行された結果、A地区の住民は事件後1年4カ月たって、ようやく一部の地区で、自分の家へ帰れるようになった。

図6にセブンの町の1986年のたたずまいを示す。

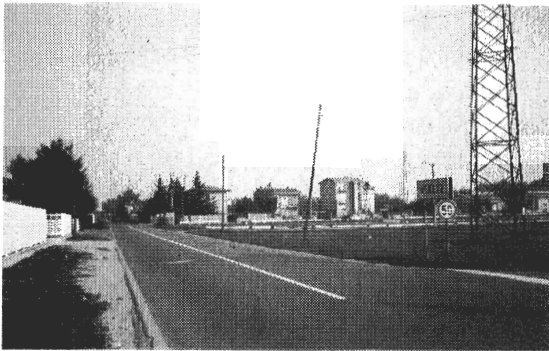


図6 1986年10月のセブンの町

3・1・4 ダイオキシンの分析について

事故当時のダイオキシンの分析の状況について、マリオ・ネグリ研究所のR・ファネッリ博士とミラノ県衛生予防研究所のA・ゴルニ博士から話を聞かしてもらえた。

分析に関する報告に入る前に、これまで2, 3, 7, 8—テトラクロロジベンゾ—p—ダイオキシン (2, 3, 7, 8—TCDD) のことを多くの例に従ってダイオキシンと称してきたが、ここでその構造式と生成反応を整理して示しておく(図7)¹²⁾。しかしながら、この報告では以後も特にことわらない限り、2, 3, 7, 8—TCDDのことをダイオキシンと表現することにする。

マリオ・ネグリ研究所での説明によると、事故当時はダイオキシンのことがよくわかっていなかったし、またそのための分析体制もできていなかった所以对応に手間取った。植物が枯れ始め、動物が死に始めたことから、被害地域ではパニック状態になったが、ダイオキシンの分析法と毒性などの性質がわかったのは、2週間後であった。その後20,000サンプルの分析を行った。通常は3~4,000サンプルの分析に3~4年はかかる。分析に関しては最良の方法をとったと思うし、かつ限界でもあった。現在はこの研究所のダイオキシンの研究はゴミ焼却場から排出されるものについて行われているとのことであった。このことについての報告は後述する。

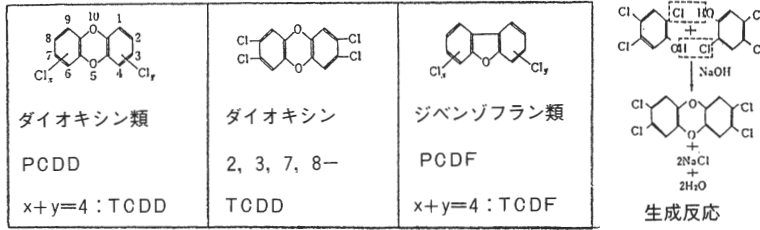
ミラノ県予防衛生研究所ではダイオキシンの分析法について、くわしい説明を受けることができた¹³⁾。

土壌の場合、500~1000gをとり、石を取り除き、アセトン1:ヘキサン4の混合溶媒300mlで4回抽出する。硫酸ナトリウムで脱水し、ロータリー・エバポレーター、次に窒素気流で溶媒をとばす。その後シリカゲルカラムでクリーン・アップし、石油エーテルで溶出させ、濃縮後、多層カラムをとおす。そのカラムはシリカゲル、濃硫酸含有セラライト545、フロリジルでつくられている。40%(V/V)ヘキサン/四塩化炭素で溶出、濃縮後、フロリジル/活性アルミナカラムをとおす。20%(V/V)ヘキサン/四塩化炭素で洗浄後、4:1(V/V)ペンタン:塩化メチレンで溶出させ、室温で8時間乾燥濃縮後、GC/MSにかける。この方法で検出量は2~100ng、回収率は80%であった。

この研究所では当時、8人が抽出、2人がGC/MSという分担で1人1日あたり30サンプルをこなし、総計76,000サンプルを分析したとのことである。

なおこれら2つの研究所以外にも分析を担当した機関があり、相互の分析精度についての検討結果が報告されている¹⁴⁾。それによるとGC/MSの機種による検出限界の違いは次のとおりであった。

GC/MSの種類	検出に用いたm/z	最少検出量
LKB 9000 S	320,322,324	40 pg
Finnigan 3200	320,322,324	20 pg
HP 5984 A	320,322,324	20 pg

図7 ダイオキシンの構造及び生成反応¹²⁾

一方、信頼性が低いため、採用されなかったデータの平均出現頻度は5%以下であった。

3・1・5 セベン事故の健康被害

L・メアッサ博士から事故による健康被害について次のような説明があった。

- 今回の事故による人間の死亡者は0であった。
- 急性の重い症状としてあらわれたのはクロルアクネ（塩素ざしょう）のみであった。
- 1975～81年における汚染地域及び非汚染地域の妊娠22,000ケースの調査によると、有意差はみられなかった。
- 腫瘍と死亡についての調査及び慢性毒性に関する研究は1997年まで続ける。

3・1・6 イタリアにおける事故防止対策

G・カラマツツァ氏とP・ジュスティエーノ氏（ISPESL—労働安全対策統轄委員会）により、工場での事故を防ぐため、労働安全対策統轄委員会が1982年7月31日に設立され、工場の生産設備の監督及び労働安全衛生管理を行っているとの説明があった。

またM・モイラーギ氏（市民防災管理委員会）から、イタリアではあらゆる事故（汚染、地震水害、疫病等）から国民を守るためのシステムをつくっているという説明があった。それは出来るだけ多くの情報を管理し、事故時に関係機関に連絡をとり、委員会などを設置して、素早い対応策をとるためのシステムとのことである。

3・2 都市ゴミ焼却場から排出されるダイオキシン

大気中の化学物質について今回の研修先でなされていた研究の中で最も多くのデータがでていたのは、都市ゴミ焼却場から排出されるダイオキシンであった。ここではイタリアとイギリスの結果について報告する。

3・2・1 イタリアの都市ゴミ焼却場から排出されるダイオキシン

マリオ・ネグリ研究所のR・ファネリ博士のもとで、ダイオキシンの研究をしているR・パストレッリという若い女性研究者から、自分達が行っている仕事

を中心に、都市ゴミ焼却場におけるダイオキシン類全体について、説明を受けた^{15)・17)}。

その中のいくつかの結果を紹介する。

1982年の報告によると¹⁵⁾、イタリア北部のコモにある電気集塵機をつけた都市ゴミ焼却炉を9カ月間にわたり、毎月2回ずつ調査したところ、PCDDは2.3 mg～348 mg/h、PCDFは3.9～324 mg/hが検出された。表5に排出濃度を示す。

表5 焼却炉から排出されるPCDD及びPCDF平均濃度 (ng/Nm³)¹⁵⁾

塩素の数	4	5	6	7	8	総計
PCDD	128.4	欠測*	366	286.3	125.9	1,104.1
PCDF	309	250.3	314.2	215.1	123.8	1,212.3

* 標準物質が入手できなかったため。

パストレッリさんの最近の調査のまとめによると、PCDDは1～4 μg/m³が検出され、そのうちTCDDは3～10%で、さらにTCDDのおよそ2%が2, 3, 7, 8-TCDDである。またPCDFは1～8 μg/m³が検出され、そのうちTCDFが20～30%を占めるといふ傾向がみられるようである。

さらにヴィチェンツァに新しくできた1500 kg/hの能力をもつ都市ゴミ焼却炉に関する1986年の報告では¹⁷⁾、TCDDの粒子状物質とガス状物質に対する分布状況についての結果が述べられている。図8にその概要図を示す。なおこの焼却炉は2次燃焼室を備え、アルカリ洗浄槽及び電気集塵機が取り付けられている。

この図からわかるように、炉からは549 μg/hのTCDDが生成され、その59%にあたる326 μgが除去されずに、スタックにおけるガス状物質中で検出された。

パストレッリさんの話だと、分析室では他のものを汚染しないように心掛け、防護用の衣類を身につけて仕事をするようである。

3・2・2 イギリスの都市ゴミ焼却場から排出されるダイオキシン

Scheme TCDD ($\mu\text{g/h}$) in particulates (Part.) and condensate (Cond.) at four points of the incinerator.

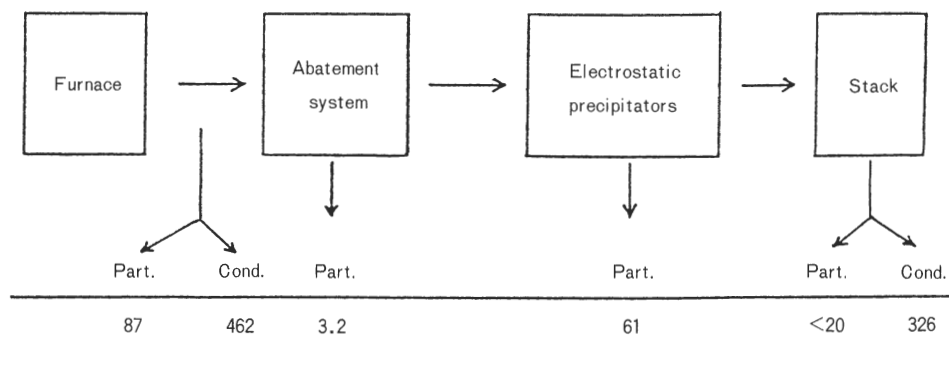


図8 TCDD ($\mu\text{g/h}$) の焼却炉における粒子状物質とガス状物質に対する分布状況¹⁷⁾

イギリスの都市ゴミ焼却場からの排出物の分析に関しては、ウォーレン・スプリング研究所が統轄している。この研究所はロンドンの北48 kmにあり、工業技術と環境汚染について研究を行っている、国立の研究機関である。

M・J・ウッドフィールド氏から説明を受けた。

イギリスには43の都市ゴミ焼却場がある。鉛、水銀、粉塵などを測定しているが、政策的要求によりダイオキシンの分析もおこなっている。しかしながらダイオキシン濃度はそれほど高くない。またこの研究所のGC/MSはあまりよいものではないので、実際の分析にあたっては、抽出までを行い、GC/MSによる測定は他のところに頼んでいるとのことであった。イギリスではフライアッシュを埋め立て処分しているので、埋め立て地からの汚染には注意しなければならないと考えているとのことであった。

実際にはダイオキシン分析の抽出作業を担当しているB・ブッシュビィ氏から実験室では、ダイオキシンの汚染を防ぐために、どのような配慮がなされているかをきいたところ、カナダでつくられている基準¹⁸⁾に準拠して、実験室を陰圧にし、防護用衣類を身につけているとのことであった。分析法は簡単にいえば、ソックスレー抽出をしたあと、以前はカラム・クロマトグラフィーでクリーン・アップしていたが、最近ではHPLCで順相、逆相の2段階のクリーン・アップを行っているそうである。

都市ゴミ焼却場から排出されるダイオキシンの測定値についてはバーミンガム市役所環境保全局で作成された資料から紹介する¹⁹⁾。

バーミンガム市ティスリー区では、ゴミ焼却場をつくり直すにあたり、既存の焼却場の排出物のデータを検討することで、安全性を確認した。その一部を表6に示した。この表でA、Bとあるのはバーミンガム市の他の焼却場である。ダイオキシンに関していうと、A、Bともにイギリスの平均値より少ないので、ティスリー区のものも問題なしと、結論づけている。またカナダにおけるPCDDのガイドラインである大気中の安全平均濃度、 30 pg/m^3 及びニューヨークのTCDDに関する年間安全平均濃度、 0.09 pg/m^3 と比較するために、A焼却場についてコンピューターで計算したところ、安全性が確認されたとのことである。その結果、ダイオキシンについても、ティスリー区のゴミ焼却場は安全であるとの提言がだされた。

3・2・3 日本のゴミ焼却場から排出されるダイオキシンの状況

なお、日本における状況を次に簡単に述べる。

1983年11月19日の朝日新聞によると、愛媛大学の立川教授が都市ゴミ焼却場の焼却灰及びフライアッシュからPCDDを $0.9 \sim 870 \text{ ng/g}$ 、TCDDを $0.2 \sim 250 \text{ ng/g}$ 、2, 3, 7, 8-TCDDを $0.01 \sim 8 \text{ ng/g}$ 検出し、話題になった。その後、1984年5月23日に、厚生省のダイオキシン等専門家会議は、体に触れたり、吸い込んだりしても影響のない限度を示す安全指針を「1日、体重1 kgあたり2, 3, 7, 8-TCDDとして0.1 ng」と設定することを決め同省に報告した(1984年5月24日読売新聞)。この指針に述べられた量を実際の汚染状況と比較すると、大気汚染防止法施行規則で排出量が定められた焼却場の煙突からのすべてのばいじ

表6 都市ゴミ焼却場からの排出物の比較表¹⁹⁾

	焼却場A	焼却場B	ティスリー	他のイギリスのデータ
炉の数	3	2	2	
洗浄装置	なし	水洗浄	水洗浄	
定格処理量(t/h)	24	25	30	
実処理量(t/h)	21.2	25.2	25	
スタック高さ(m)	92	76.2	92	
電気集塵機	あり	あり	あり	
ばいじん量(実測値)	1.7-8.4	90.0	27.3	
同(計画値)(kg/h)	27.0	32.0	38.3	
排出係数(mg/kgゴミ)				
ばいじん量	245	3320-3840	1100	720-4000(Av 1770)
鉛	8.2	54.7		3- 95(Av 40)
銅	1.6	5.9		0.7-17.9(Av 6.6)
カドミウム	0.54	2.3		0.3- 4.4(Av 1.4)
クロム	0.44	7.6		
ニッケル	0.33	5.0		
炭素	49	179		
二酸化硫黄	1615			490-2330(Av 1234)
塩化水素	3200			180-2590(Av 1499)
有機塩素化合物 (ng/kgゴミ)				
2,3,7,8-TCDD	28	7.4		1.6- 120(Av 43)
TCDD	85	57.0		5.3- 610(Av 224)
TCDF	281	69.0		60.5-840(Av 224)
OCDD	812	22.0		12.2-850(Av 398)

んの中に、これまで検出された最高値のTCDD (250 ng/g) が含まれていると仮定しても、周辺住民の吸う空気中に含まれるTCDDの濃度は0.0063 ng/m³ となるということである。またその結果、住民が1日に呼吸する空気中のTCDDは体重1kgあたり0.00158 ngと、たとえ2, 3, 7, 8-TCDDとして考えたにしても指針の約63分の1となり、「健康影響が見出せないレベル」との結論に達している。

(以下次号)

—引用文献—

- 1) ジョン・G・フラア著、野間宏監訳：「死の夏(毒雲の流れた街)」初版 pp.1-233, アンヴィエル社, 1978.
- 2) 綿貫礼子, 河村宏, 天笠啓裕：ダイオキシン汚染のすべて, 技術と人間9月臨時増刊号 pp.1-192, (株)技術と人間, 1983.
- 3) Dioxin Report, *Chem. & Eng. News*, June 6, p.20, 1983.
- 4) 悪名高いジオキシン 人体への影響は?, 現代化学, 9月号, p.22, 1983.
- 5) P. Cardillo, A. Girelli, G. Ferraiolo: The Seveso Case and Safety Problem in the Production of 2,4,5-Trichlorophenol, *Journal of Hazardous Materials*, 9, pp. 221-234, 1984.
- 6) 綿貫礼子, 河村宏, 天笠啓裕：ダイオキシン汚染のすべて, 技術と人間9月臨時増刊号, p.80, (株)技術と人間, 1983.
- 7) R. Fanelli, M. P. Bertoni, M. G. Castelli, C. Chiabrand, G. P. Martelli, A. Nosed, S. Garattini, C. Binaghi, V. Mar-

azza, F. Pezza: 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin Toxic Effects and Tissue Levels in Animals From the Contaminated Area of Seveso, Italy, *Arch. Environm. Contam. Toxicol.*, 9, pp.569-577, 1980.

- 8) G. U. Fortunati: A Brief History of Risk Assessment and Management After the Seveso Accident, Presentation held in Rome, April 29, 1986, during a session of the NATO/CCMS pilot study on Risk Assessment/Management of Chemicals in the Environment.
- 9) F. Pocchiari, F. Cattabeni, G. Della Porta, U. Fortunati, V. Silano, G. Zapponi: Assessment of Exposure to 2,3,7,8-Tetrachloro-Dibenzo-p-Dioxin (TCDD) in the Seveso Area.
- 10) U. Fortunati: The Seveso Lesson: Advances in Reclamation and Disposal Technics.
- 11) 綿貫礼子, 河村宏, 天笠啓裕：ダイオキシン汚染のすべて, 技術と人間9月臨時増刊号, pp.180-183, (株)技術と人間, 1983.
- 12) *ibid.*, pp.8-9.
- 13) A. Cavallaro, G. Bartolozzi, D. Carreri, G. Bandi, L. Luciani, G. Villa, A. Gorni, G. Invernizzi: A Method for the Determination of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin at p. p. t. Level in Vegetables by High-resolution Gas Chromatography and Low-resolution Mass Spectrometry, *Chemosphere*, 9, pp.623-628, 1980.
- 14) A. di Domenico, F. Merii, L. Boniforti, I. Camoni, A. Di Muccio, F. Taggi, L. Vergori, G. Colli, G. Elli, A. Gorni, P. Grassi, G. Invernizzi, A. Henna, L. Luciani, F. Cattabeni, L. De Angelis, G. Galli, C. Chiabrand, R. Fanelli: Analytical Techniques for 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-p-dioxin Detection in Environmental Samples after the

- Industrial Accident at Seveso, *Analytical Chemistry*, 51, (6), pp. 735-740, 1979.
- 15) F. Gizzi, R. Reginato, E. Benfenati, R. Fanelli: Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins (PCDD) and Polychlorinated Dibenzofurans (PCDF) in Emissions from an Urban Incinerator 1. Average and Peak Values, *Chemosphere*, 11, (6), pp. 577-583, 1982.
 - 16) E. Benfenati, F. Gizzi, R. Reginato, R. Fanelli, M. Lodi, R. Tagliaferri: Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins (PCDD) and Polychlorinated Dibenzofurans (PCDF) in Emissions from an Urban Incinerator. 2. Correlation Between Concentration of Micropollutants and Combustion Conditions, *Chemosphere*, 12, (9), pp. 1151-1157, 1983.
 - 17) E. Benfenati, R. Pastorelli, M. G. Castelli, R. Fanelli, A. Carminati, A. Farneti, M. Lodi: Studies on the Tetrachlorodibenzo-p-dioxins (TCDD) and Tetrachlorodibenzofurans (TCDF) Emitted from an Urban Incinerator, *Chemosphere*, 15, (5), pp. 557-561, 1986.
 - 18) Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins: Limitation to Current Analytical Techniques, pp. 55-60, National Research Council of Canada, NRCC Publication No. 18576.
 - 19) F. Reynolds: Report of the Director of Environmental Services to the Environmental Health Committee, Tysley Incineration Plant—Monitoring of Emissions, Tysley Ward, 7th November, 1986.