

ダイオキシン類による土壤汚染対策事例等海外調査報告

<米国調査>

日 時：平成10年8月31日～9月4日

主な調査先：農務省、環境保護庁、環境保護庁情報センター、ニューヨーク州保健省

<欧州調査>

日 時：平成10年9月14日～9月18日

主な調査先：ドイツ連邦共和国マルスベルク市役所、ARCADIS 社事務所、オランダ国立公衆衛生・環境

保全研究所、Tauw 社事務所、フランス DRIRE Lille 地方事務所

I 米国

1 土壤中ダイオキシン濃度の基準について(USEPA の基本的考え方)

(1) USEPA のダイオキシン汚染土壤対策に関する指令における土壤中のダイオキシン濃度基準と

その運用方法

① ダイオキシン土壌対策指令は、ダイオキシン汚染土壌の浄化に際しての「浄化レベル

(clean - up level)」を設定する際に基準となる表層土壌(surface soil)のダイオキシン濃度を

定めたものである。

ステップ 1：人間の健康及び環境に対して影響のない土壌汚染の濃度の設定

EPA が一般的に許容可能としている地域限定的な曝露による過剰（生涯）発癌リスクの範囲は、 10^{-4} から 10^{-6} とされている。

ステップ 2：最終的な土壌浄化レベルの設定

スーパーファンド・プログラムでは、土壌浄化レベルの設定及びそれに基づく土壌浄化計画の策定に際して、9つの評価基準(クライテリア)を定めている。

- －人間の健康及び環境の保全
- －連邦及び州が定める規制との整合性
- －対策の長期的な効果及び恒久性
- －処理による毒性、流動性あるいは量の抑制が可能か否か
- －浄化対策の短期的な効果
- －処理の実施可能性
- －費用
- －州政府による承認
- －社会的承認

② 住宅地域における土壌浄化基準について

住宅地域(residential area)における浄化基準を 1ppb (TEQ) としている。この基準は土壌の

直接摂取による曝露のみを前提とした基準である。汚染土壌浄化の責任主体は、1ppb という値が当該地域における人間の健康及び環境への影響を適切に抑制する上で妥当な浄化レベルであるか否かについて、リスク評価を行うことになる。

標準的なリスク評価に基づいて、EPA は 1ppb が 2.5×10^{-4} の過剰発癌リスクに対応するものと

している。

③ 商工業地域における土壌浄化基準について

商工業地域における土壌浄化基準は 5ppb ~ 20ppb で一定の幅を有する。商工業地域の浄化基準

についてこのような一定の幅が設定されている理由は、商工業地域における曝露条件の多様性を反映するためであり、ダイオキシン以外の汚染物質についても同様に一定の幅をもった基準が設定されている。標準的なリスク評価に基づいて、EPA は、5ppb の濃度が 1.3×10^{-4} のリスクに対応し、20ppb の濃度が 5×10^{-4} のリスクに対応するものとしている。

ダイオキシン類による土壌汚染はスーパーファンド法に基づく土壌浄化対策の対象となる。浄

化対策は、一連の規定された手続きに基づいて実施されている。まず、通報等の情報に基づく「予備的アセスメント」から始まり、危険性が高いと評価されたケースについては現地調査が実施され、調査結果に基づいて「危険度格付けシステム(Hazard 準

Ranking

System)」と呼ばれる所定の手法に基づいて危険性の評価が行われ、最終的に更なる調査あるいは浄化が必要と認定されたものが「国家優先リスト(National Priority List)」にあげられ、スーパーファンド法の対象となる。

2 ラブカナルにおけるダイオキシン土壌汚染と対策

(1) 経緯

1942年初頭、Hooker Chemicals and Plastics（現在の Occidental Chemical Corporation-OCC）

が 21,000 トンあまりの様々な化学物質の埋め立てにラブカナルを利用し始めたのが、この地における汚染の歴史の始まりである。埋め立てられた化学物質の中には、ハロゲン化有機化合物、農薬、クロロベンゼン、そしてダイオキシン等が含まれていた。廃棄は 1952 年に終了し、1953 年に埋立地は覆土され「ナイアガラ教育庁」に譲渡された。その後、埋立地周辺の開発が進み、小学校や多くの住宅が建設されるが、1960 年代に入って悪臭及び廃棄残留物に関する最初の報告がなされ、1970 年代には、地下水位が上昇し汚染された地下水が地表面に現れ始めるとともに、苦情が増加し始めた。調査によって、大量の有毒化学物質が埋め立て地の近隣に流出していることが明らかとなった。1978 年と 1980 年の 2 回に渡って、カーター大統領はラブカナルに対して環境上の非常事態宣言を出し、これによって周辺の 10 ブロックに及ぶ約 950 世帯が、「連邦非常事態管理局(The Federal Emergency Management Agency-FEMA)」の指揮の下に避難・移転することとなった。

1980 年に、ラブカナルの周辺は「非常事態宣言地域(Emergency Declaration Area)」に指定された

が、その範囲は全体で約 350 エーカーに及んだ。このラブカナルにおける出来事が、1980 年の「スー

パーファンド法」制定の重要なきっかけとなったと言われている。

(2) 汚染物質

埋め立て地内の地下水は、様々な「揮発性有機物質(VOCs)」によって汚染されていた。周辺の小河川及び排水溝にたまった堆積物はダイオキシンに汚染されており、速やかに除去された。物

(3) 土壌浄化対策の基本的アプローチ

緊急対策としての初期対策と 6 つの長期的な対策からなる 7 段階に渡って実施された。

- (a) 埋立地の封じ込め (Landfill Containment) と浸出水回収・処理・処分
- (b) 排水溝及び周辺小河川における堆積物の掘り出し処分
- (c) 上記の堆積物及びその他の廃棄物の最終処理・処分
- (d) 土壌汚染対策
- (e) 非常事態宣言地域 (EDA) における住宅の管理
- (f) EDA 内の住宅及びその他の不動産等の買い上げ

(4) 土壌対策の具体的内容

緊急対策として、1978 年、ニューヨーク州環境保護局によって、汚染地域からの浸出水回収システムが整備され、さらに浸出水処理施設を建設、埋立地は新たにカバーされ、フェンスが設けられた。1982 年、EPA は埋立地における汚染の封じ込めを図るため、以下の対策措置を実施した。地

- (a) 周囲への浸出水の流出を防ぐための浸出水回収システムの整備
- (b) 人工素材によってカバーされた粘土による埋め立て地のカバー
- (c) 汚染された家屋及び学校施設の取り壊し
- (d) 浄化方法の検討のための一連の調査
- (e) 浄化対策の効果を確認するためのモニタリング

II ドイツ

1 環境媒体中のダイオキシンの基準等について(州政府における考え方の例)

(1) 連邦ガイドラインに対する対応

環境中のダイオキシンに対する連邦のガイドラインは、州等の地方自治体の政策の判断材料の一

つとしての位置づけである。担当者は、さまざまな情報をもとに、個別に判断を下す。ノルトライン・ヴェストファーレン(NRW)州では連邦のものより幅広いガイドラインを提案しているが、これも、州内の各自治体の担当者の判断材料の一つに過ぎない。e

農用地に対するガイドライン値の 40 ng TEQ/kg は Prufwerte(調査値)と呼ばれ、この値を超えて

いたら、サイトの詳しい調査を行う、という値である。実際には、調査値を超えた場合には、ダイオキシンにより汚染される可能性のあるハウレンソウなどの濃度を調査する。ガイドラインの 40 機

ng TEQ/kg については、厳密に科学的な理論に基づく値では無い。

2 土壌中ダイオキシン類の環境影響評価手法(NRWの例)

NRW州では独自に農用地土壌、植物等のガイドラインを策定している。NRW州のガイドラインの検討において、特に土壌から植物への移行について詳しい研究がなされ、土壌から植物への移行はリスクアセス上、次のようにあまり重要ではないとしている。水

—土壌中濃度と野菜中の濃度は、葉菜では濃度が高かったが、これは沈着による可能性が大きい。

—土壌からニンジンへの移行率は1%程度であり、特に注意が必要とは考えられない。

—洗浄の効果：粒子を洗浄により落とした植物中の濃度はかなり低減する。

3 土壤中ダイオキシン類の汚染事例に関する情報

(1) マルスベルクにおける対策

背景：瀝青を含む銅鉱石の採掘・精練が前世紀から行われ、鉱滓が近くの山に捨てられた。精

練プロセスは、銅含量 1.5 %、瀝青含量 10 %の鉱さいを 4～5mm の粒子に破碎し、6～10 %の塩を添加してさらに 2mm に破碎し、これを溶鉱炉中で 550～600℃で焙焼するものであり、実

PCDD / F の合成の条件が揃っていた。ダイオキシンは、赤土(廃棄された鉱さいのこと、いわゆるキーゼルロート。1991年に発覚、2,300～76,000ng さ

TEQ/kg)、煙突・煙道跡(0.16～2.37mg TEQ/kg。崩壊している)および廃坑道からの湧水中に確認されている。

煙突より風下(東側)に向かったの土壤、牧草中、牛乳中、さらに住民の血中のダイオキシン濃度が測定されている。これらの結果からは、人間、家畜への健康被害は無視できると考えられている。

対策：ボタ山 2ヶ所(17,700m³ および 4,900m³)、廃坑道湧出水(1,000kg /年)、煙突および煙道

(2,040m³)を対象とした対策を計画している。赤土については、窪地に集約した後 80cm 覆土(建設発生土下部 40 cm + 良質土上部 40 cm)し、上部は緑化する。廃坑道湧出水については、凝集沈殿処理を行う。煙道中に放棄されたゴミや材木は特別焼却場に、灰は特別埋立地に搬出する。解体作業中に、防護服を着用することは考えていない。2001年終了予定で予算は 950万DEM(7～8億円)、8割を州、残りの2割を郡と市が負担する。汚染物を搬出する際は、散水し、荷台上にシートを掛ける。て

(2) マルスベルクの赤土(キーゼルロート)を用いた舗装地における対策

背景：1991年4月16日の環境大臣会議の際に、ブレーメン市の環境大臣から、遊技場および運動

場の調査により 50,000～150,000ng

I-TEQ/kg の PCDD/Fs が検出されたという深刻な問題が報告され、後に、これがマルスベルクの赤土（いわゆるキーゼルロート）を材料として使用したことに起因することが判明した。試算では 400,000t と見積もられる。NRWで使用された箇所は 1,000 ～ 2,000 にのぼった。要

対策：NRW州では上記のうち、重汚染地とされた約 250 ヶ所について対策が必要と考えている。

対策手法は、原則ケース・バイ・ケースである。NRW州では対策費として、DEM

500 万（4 億円）/年を準備している。発端となった、ハンブルグの事例では、近くの農園の野菜はなるべく食べないように、農園は芝生にするようにという助言を行った。ヘッセン州でも、100 ヶ所程度において対策が必要とされている。1 箇所あたり DEM 50 万（4 千万円）/箇所必要と見込まれている。ー

（3） ラシュタットにおける対策事例（カールスルーエ近郊）

背景：金属回収工場（1913 ～ 1986）の排煙・灰の飛散・拡散が原因の敷地内および隣接住宅地、

工場の汚染。1985 年に市の調査により汚染が発覚。排煙中の浮遊粒子中 720,000ng TEQ / kg、土壌中最大 108,000ng

TEQ / kg、雨樋中の泥中 638,000ng TEQ / kg など。

対策：金属回収工場の解体は、建物浄化、解体の順に実施。建物のコンクリート、レンガのう

ち、汚染のひどい部分（コンクリートでは調査結果をもとに表面 2cm）を剥ぎ取り、ビニール袋に入れ、さらにドラム缶に入れてヘッセン州の岩塩坑跡に保管。残りの汚染度の低い部分、芯の鉄骨はリサイクル。敷地内の汚染土壌は、汚染のひどい建築廃材と同様に、岩塩坑に搬出。建物の解体に要した期間は 3 - 4 年である。現在までに DEM 体 4,000 万を対策に要している。

周辺工場、住宅地（フィルターを持たない古い煙突から 400m 程度離れている）でも土壌中 10,000ng

TEQ / kg、民家の屋根裏のホコリ中に 50,000ng

TEQ / kg の汚染があり、隣接住宅地等の浄化が行なわれた。3 ～ 4 年前に、バーデン・ヴュルテンベルク州と市により、4ha の範囲で、表層 30 ～ 40cm の土壌の入れ替えを

行った。これは、平均として 1,000ng5
TEQ / kg となる範囲である。

(4) ラインフェルデンにおける対策事例

背景：戦前、塩素製造工場の PCDD/F 含有汚泥(塩からの分解に高温のグラファイト(炭素棒)を使

用するため)が砂利穴に廃棄されたが、戦後、これを住宅地の路盤材として使用した。1986 年からの州の測定プログラムの中で汚染が認識された(民家の庭から 1,000 ~ 10,000ng 所
TEQ/kg)。

対策：2 年くらい前から作業を行っている。50 ~ 150cm を剥ぎ取り、後にテキスタイルシート(通

水性あり)を敷いて清浄な土壌を入れた。剥ぎ取った土は現存する原因工場に搬入し埋め立て保管。対象世帯は 100 世帯程度で分散している。全体で 1 ~ 2ha と考えられる。園

III オランダ

1 環境中ダイオキシン類の基準値等

(1) 基準値策定等の経緯

牛乳の汚染が判明したため、まず、6pg I-TEQ/g 脂肪の規制を設け、ついで 0.1ng/Nm³ の排ガス

基準を設定した(いずれも 1989 年)。これらは、法的規制である。ダイオキシンによる土壌汚染については、暫定介入基準値(indicative

intervention value)が 1997 年に設定された(1,000 ng I-TEQ/ kg)。暫定介入基準値を超過すればリスクアセスメントを実施する。

(2) 1987年ガイドライン

これは法的なものではなく、行政の担当者など土壌汚染対策を考案する立場にある専門家が参

考として用いてきた。したがって、対策の必要性や内容は利用者の判断に委ねられてきた。

牧草地(10 ngTEQ/kg)については牛乳への移行、底質(100ngTEQ/kg)については魚への移行(USA

での実験結果をもとにしている)、居住地(1,000 ngTEQ/kg)については子どもの土壌摂食から求めている。

農地については、都市ごみ焼却場の周辺で基準値を超えた事例があり、対策の必要性もあった

が、対策の実施が困難で(地下水位が高く重機が入らなかった)あった。その後、焼却施設が閉鎖し、牛乳中の濃度が低下したため、対策は実施しなかった。

(3) 暫定介入基準値

バックグラウンド(大気や他地域の食品経由の摂取量)を考慮していない(したがって、土壌由

来で TDI を 100 %使っている)。暫定介入基準値はリスクアセスメントの開始を意味し、州は浄化の「必要性」と「緊急性」を決定し必要に応じ浄化目標と浄化のタイムスケジュールを決定し、住民に説明する。この値は、土地利用用途や表土・地中土に関わらず適用される。(

2 土壌中ダイオキシン類の環境影響評価手法

土壌中ダイオキシン類に関する暫定介入基準値の提案は、「環境毒性学的に深刻な土壌汚染の濃度」は、陸上生態系、水中生態系の各々についての(HC50 説明値)をもとに設定。「人体毒性学的に最大許容可能なリスク水準(MPR)」としては、TDIとして $1 \times 10^{-5} \mu\text{g/kg/日}$ を考慮している。暴露評価—「人体毒性学的に深刻な土壌汚染の濃度」はMPRをもとに、C-SOILモデルを用いて算出された。暫定介入基準値(1,000ng。

I-TEQ/kg) は、対策の実施が必要とされる「深刻な汚染」の存在を直接示すものではなく、その可能性を示唆するもの。値の超過があった場合には、状況に関するさまざまな EQ/ kg)。暫定介入基準値を超過すればリスクアセスメントを実施する。(2) 1987 年ガイドライン これは法的なものではなく、行政の担当者など土壤汚染対策を考案する立場にある専門家が参考として用いてきた。したがって、対策の必要性や内容は利用者の判断に委ねられてきた。牧草地(10 ngTEQ/kg)については牛乳への移行、底質(100ngTEQ/kg)については魚への移行(USA での実験結果をもとにしている)、居住地(1,000 ngTEQ/kg)については子どもの土壤摂食から求めている。農地については、都市ごみ焼却場の周辺で基準値を超えた事例があり、対策の必要性もあったが、対策の実施が困難で(地下水位が高く重機が入らなかった)あった。その後、焼却施設が閉鎖し、牛乳中の濃度が低下したため、対策は実施しなかった。(3) 暫定介入基準値 バックグラウンド(大気や他地域の食品経由の摂取量)を考慮していない(したがって、土壌由来で TDI を 100 %使っている)。暫定介入基準値はリスクアセスメントの開始を意味し、州は浄化の「必要性」と「緊急性」を決定し必要に応じ浄化目標と浄化のタイムスケジュールを決定し、住民に説明する。この値は、土地利用用途や表土・地中土に関わらず適用される。2 土壤中ダイオキシン類の環境影響評価手法 土壤中ダイオキシン類に関する暫定介入基準値の提案は、「環境毒性学的に深刻な土壤汚染の濃度」は、陸上生態系、水中生態系の各々についての(HC50 説明値)をもとに設定。「人体毒性学的に最大許容可能なリスク水準(MPR)」としては、TDI として $1 \times 10^{-5} \mu\text{g/kg/日}$ を考慮している。暴露評価—「人体毒性学的に深刻な土

I-TEQ/kg) は、対策の実施が必要とされる「深刻な汚染」の存在を直接示すものではなく、その可能性を示唆するもの。値の超過があった場合には、状況に関するさまざまな情報を勘案して、対策の必要性を判断する事になる。セ

3 土壤中ダイオキシン類の汚染対策事例

都市ごみ焼却施設周辺の土壤調査(全国調査)結果の最高濃度は 250ngTEQ/kg であり、焼却施設周辺の土壤に対する対策は実施されていない。農地に対する 1987 年ガイドライン値(10 ngTEQ/kg)を超えたケースがあるが、施設の閉鎖により牛乳の汚染は防止され対策は実施していない。

不法投棄地は全国に 4,000 箇所程度あるが、PCDD/F が含まれているのは以下に述べる 1ヶ所のみと推定される。全国の野焼き跡地の箇所数は不明であるが、浄化事例は 3 箇所。超

(1) ディーメンにおける対策事例

背景：1983年に運河沿いの農地にドラム缶が姿を現したことから発覚した事例である。
1haの範

囲に2,000本のドラムが発見され、内容物から排出企業が特定された。ダイオキシンは1985年に発見されている(ドラム缶中最高10mgTEQ/kg、土壌中最高23,000ngTEQ/kg)。
て

対策：当初から国、地方、企業、住民代表の参加で計画的に進められた。費用は、全体でNL

G 1,500万(10億円)ですべて原因企業が負担した。掘削は1haの範囲で、浅いところで0.5mから最も深いところで3.5mの33,000tが掘削された。ドラム缶の内容物はポリエチレン製のドラムに移し替えた後、ロッテルダムで焼却。その他の廃棄物と汚染土壌は、管理埋立地へ。作業にあたっては、ホコリの飛散を押さえるため、散水し、風の強い場合は作業を停止。対策後の土地利用は公園とし、掘削跡は池(スコットランド・クレイでシール)として利用する。 μ

(2) Doetinchemにおける対策事例

背景：1980 - 1990年代に廃電線の焼却を行っていた施設の跡地。陸上競技場にしようとし、跡

地にあった灰を路盤として使用しようとして汚染が発覚した(灰中100 ~ 1,000 μ gTEQ/kg)。

対策：灰を袋に詰めて搬出し埋め立て処分。袋詰めは自動計量で1,000kg/袋。全部で4,000t

搬出。作業員は使い捨ての防護服を着用。1995年10月に対策完了した。費用は全体でNLG 100万(7千万円)。市とこの汚染地を住宅地として開発しようとするデベロッパーが負担、汚染原因者も負担すべきだが、行方が知れない。対策後の土地利用は高級住宅地となる予定で、周囲に緑が多く、浄化済みという付加価値もあるとしている。判

IV フランス

1 環境中ダイオキシン類のガイドライン値等

保健庁は、1日の摂取量が1pgTEQ/kg/日に満たない場合は健康影響はないが、10pgTEQ/kg/日を超え

るようだと健康影響があると考えている。現在の国民の暴露量は1～5pgTEQ/kg/日と推定。金属精錬などの産業系排ガスは2000年7月1日から、都市ゴミ焼却施設は新設について1997年2月24日から0.1箇

ng

I-TEQ/N m³に規制。土壌に関する基準はない。専門家は、土から植物という経路は、ダイオキシンの水への溶解度が低いことから寄与は少なく、ダイオキシンの植物への移行はもっぱら大気由来と考えている。同様に、土から水を通して魚へという経路も、現時点では重要視していない。に

牛乳(厚生省のガイドライン)は目標1pgTEQ/g fat、3pgTEQ/g fatを超えると調査を実施、5pgTEQ/

g fatを超えると販売禁止または廃棄。但し、現在は1～3pgTEQ/g fatでも調査を行っている。野菜、肉等他の食品についての基準やガイドラインはない。

2 ダイオキシンによる土壌汚染事例

アルアンの都市ゴミ焼却施設周辺の事例がダイオキシン汚染が表面化した初めてのケースである。

ダイオキシン汚染問題は今年になって始まったことであり、処分場や不法投棄跡地、化学物質関連の汚染事例の有無については不明。

3 アルアンにおける汚染対策事例の概要

焼却施設に隣接する牧場の牛乳中ダイオキシン類濃度が高いとして問題になった(14.14

～ 15.90

pgTEQ/g

fat)。農地土壌で 10 ～ 60ngTEQ/kg(表層 20cm)、牧草で 10 ～ 40ngTEQ/kg の汚染となっている(農地中濃度と牧草、牛乳中の濃度との関係については考察されていない)。16 の農家の圃場が対象となっている。対策内容については、共同体と代表農家との間で、牛乳・乳製品に関する賠償、土壌、牧草、池に対する対策、実施費用の補償などについて契約書を交わしている。一戸あたりの賠償額は F R F こ 500,000 (1,200 万円) /戸を提示。

対策として、牧草地 37ha で表土 20cm を天地返し。汚染牛乳は焼却処分。牛の移動を行った例もあり、

対策後の牧場へは、新しい牛を入れた。牛が生えている牧草を食べないように小屋を設け、ここに汚染されていない干し草(共同体が配給)を置き給餌。焼却施設の停止、土壌の対策後、牧草中の濃度は康

0.5 ～ 1ngTEQ/kg に低下。16 農家中 13 農家で流通再開。9 月 20 日に市長が安全宣言を行う予定である。