

平成15年度経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課委託事業
「循環ビジネス人材教育・循環ビジネスアドバイザー派遣事業」研修用テキスト

環境経営実務コース

I 環境リスク管理コース

ID 環境リスク管理の実務



平成15年12月

平成15年度経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課委託事業
「循環ビジネス人材教育・循環ビジネスアドバイザー派遣事業」研修用テキスト

環境経営実務コース

I 環境リスク管理コース

ID 環境リスク管理の実務

平成15年12月



社団法人 産業環境管理協会

はじめに

我が国企業における環境経営の状況をみると、ISO 14001認証取得事業所の増加、環境報告書作成企業の拡大、自主的な環境目標の設定、環境パフォーマンス等の情報公開、環境に配慮した製品・サービスの提供など民間企業が独自に環境保全に係る取り組みを実施する例が多くなってきているものの、これらの取り組みは一部の企業にとどまっているのが現状である。

特に、中小企業等は、昨今の国際競争激化による大きな打撃を受けている中で、社会・取引先・海外から環境問題への対応、環境経営の推進を求められているが、環境経営を担う人材の欠如や資金的問題から、具体的実施に至らないのが実状である。

そこで、中小企業等の経営者層、管理者層及び実務者層を対象に、環境経営の理解促進を図り、その実践的展開に資するための情報提供の一環として、環境経営の実践に有効な環境管理手法等の研修を全国的に展開するものである。

この研修は、環境経営の実践に有効な環境管理手法等の概要を、経営者及び管理者等に、講義形式で理解していただくための“環境経営概論コース”と、環境経営実務に有効な環境経営手法類を実務者に、講義形式及び演習形式（一部）で学んでいただくための“環境経営実務コース”から構成されている。

本書は、これらの研修におけるテキストとして、さらには、事業活動に伴う環境経営上の問題の予防や解決に役立てていただくための参考書として活用できるように、実用性と分かりやすさに留意して執筆・編集した、以下の全10巻から成る報告書の一部である。

(1) 環境経営概論コース (全1巻)

(2) 環境経営実務コース (全9巻)

①環境リスク管理コース

○有害化学物質管理 ○リサイクルシステムと法整備

○環境・廃棄物／リサイクル関連法規 ○環境リスク管理の実務

②環境配慮型経営管理支援手法コース

○環境マネジメントシステム／監査／パフォーマンス評価 ○環境会計

○環境報告書作成実務

③環境適合製品・サービス支援手法コース

○ライフサイクルアセスメント ○環境適合設計 (DfE)／製品アセスメント

なお、本書は、経済産業省平成15年度循環ビジネス人材教育・循環ビジネスアドバイザー派遣事業の一環として作成されたものである。ご協力いただいた監修者、執筆者、その他関係者の皆様に、さらに、ご指導ご支援を下さった経済産業省に深謝する次第である。

本書をはじめとするこれらの各報告書が広く有効に活用され、中小企業等における環境経営の促進支援という所期の目的を果たせることを期待している。

平成15年12月

社団法人産業環境管理協会
会長 南 直哉

■ 英字略語

略語	英文	日本語
ADL	Acceptable Daily Intake	許容一日摂取量
DCF手法	Discounted Cash Flow	
EIL	Environmental Impairment Liability	環境汚染賠償責任保険
EMS	Environmental Management System	環境マネジメントシステム
EU	European Union	欧州連合
ISO	International Organization for Standardization	国際標準化機構
LD ₅₀	Lethal Dose 50% Kill	半数致死量
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level	最低有害影響量
MSDS	Material Safety Data Sheet	化学物質安全性データシート又は化学物質等安全データシート
NGO	Non-Governmental Organization	非政府組織
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level	無有害影響量
NOEL	No Observed Effect Level	無影響量
NPO	Non-Profit Organization	民間非営利組織
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development	経済協力開発機構
PCB	Polychlorinated biphenyls	ポリ塩化ビフェニル
PDCA	Plan, Do, Check, Action	
POPs	Persistent Organic Pollutants	残留性有機汚染物質
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register	環境汚染物質排出・移動登録
RoHS指令	Restriction of Hazardous Substances	有害物質使用制限指令
TDL	Tolerable Daily Intake	耐容一日摂取量
UR	Unit Risk	単位リスク
VOC	Volatile Organic Compounds	揮発性有機化合物
VSD	Virtual Safe Dose	実質安全用量

■ 法律名略称

略称	正式名
化学物質管理促進法（PRTR法）	特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律
化学物質審査製造規制法（化審法）	化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律

目次

はじめに
英字略語／法律名略称
本書のあらまし

まえがき 化学物質の自主的管理がなぜ必要か 1

Chapter 1 化学物質の自主的管理 7

1.1 化学物質の人や生物への影響 7

1.1.1 化学物質とは何か 8

1.1.2 化学物質の有害性、暴露、リスク 9

1.1.3 工場等から環境中に排出された化学物質が人に影響を及ぼすまでの経路 9

(1) 工場・製品等から環境中への化学物質の排出 11

(2) 環境中における化学物質の挙動（移動、拡散、化学変化等） 11

(3) 化学物質の人への暴露 14

(4) 体内における化学物質の挙動 15

1.2 化学物質管理の方法 20

1.2.1 化学物質管理の原則 21

1.2.2 化学物質管理の手順 22

(1) リスク評価 24

(2) リスク削減の対策策定と実施 39

(3) リスクコミュニケーション 44

1.2.3 化学物質管理の仕組み作り 52

(1) 環境マネジメントシステム（EMS） 52

(2) 化学物質管理促進法の化学物質管理指針 53

(3) レスポンシブル・ケア 56

1.3 総合的な化学物質管理に向けて 59

Chapter 2	土壌汚染リスク管理の概要と実例	61
2.1	土壌汚染リスク	61
2.1.1	土壌汚染に関するリスクと対策	61
	(1) 過去の汚染事例	63
	(2) 土壌汚染リスクの種類	63
2.1.2	ステークホルダー	68
	(1) 環境会計におけるステークホルダー	68
	(2) 環境報告書とステークホルダー	69
2.1.3	環境コスト	70
	(1) 米国における環境コスト項目	70
	(2) 今後日本で留意すべきファクター	72
2.1.4	有害物質の不適切な取り扱いによる汚染	72
2.1.5	増加する規制対象の汚染物質	75
	(1) 残留性有機汚染物質と土壌環境基準	76
	(2) 化学物質の使用禁止・削減	77
	(3) ダイオキシン類	77
	(4) 土壌汚染の原因物質	79
2.1.6	環境サイトアセスメント	80
	(1) サイトアセスメント	81
	(2) サイトアセスメントのメリット、デメリット	82
2.2	事例にみる土壌汚染	85
2.2.1	東京都大田区のダイオキシン汚染	85
	(1) 汚染発見の経緯と汚染物質	85
	(2) 汚染原因者の特定と詳細調査	85
	(3) 2001年1月の公表	86
	(4) 2001年4月の公表	86
	(5) 除去搬出費用だけで3億円超過	87
2.2.2	複合汚染の事例	89
	(1) 有害物質の使用履歴	89
	(2) 調査結果	90
	(3) 敷地外における調査とリスク評価	90
	(4) 住民との対応	91
2.2.3	栃木県の事例	92
2.2.4	ラブキャナル事件	94

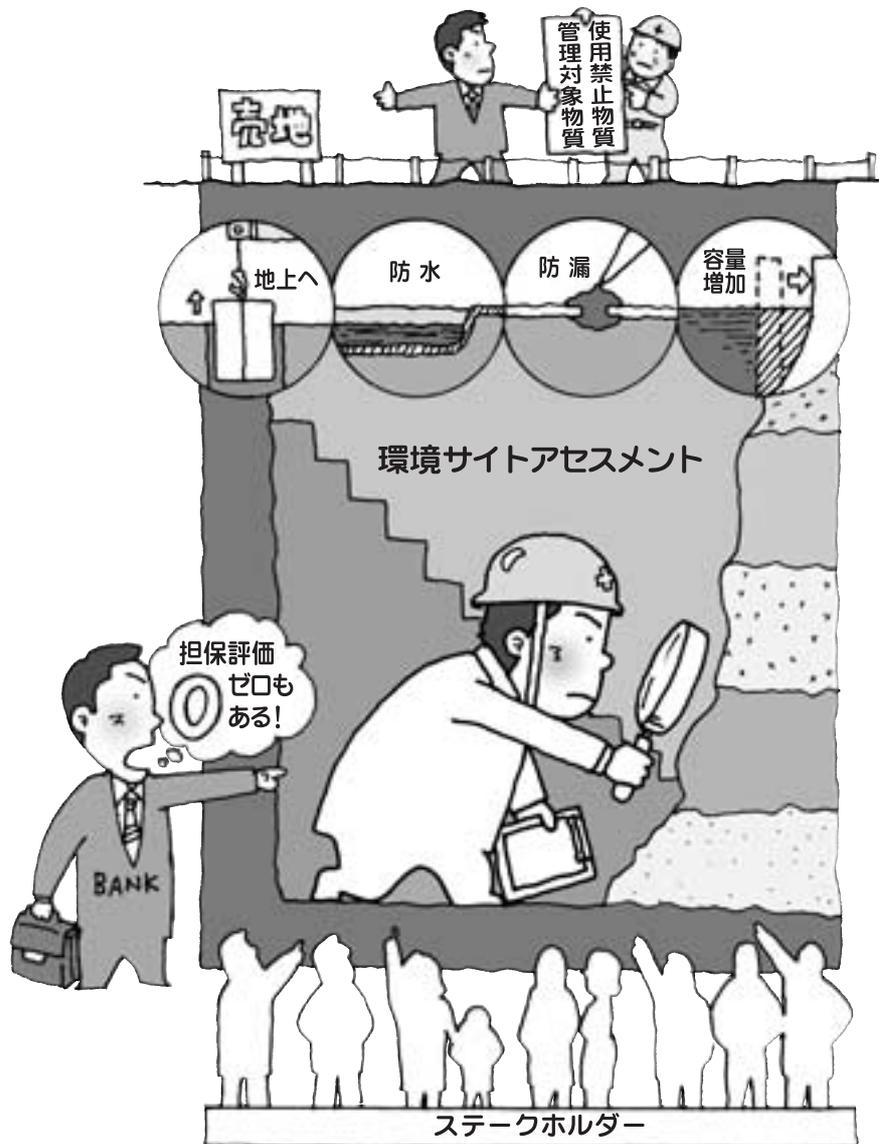
	(1) 事件の発端	94
	(2) 事件の経緯	95
	(3) 行政対応と処置	96
	(4) ラブキャナル事件の科学的検証	98
	(5) 類似の国内汚染サイト	99
2.3	日本企業にみるリスク管理の実例	101
	(1) 有害化学物質対策	101
	(2) 土壌汚染対策	101
	(3) 汚染事故の訓練	101
2.3.1	VOCとPCB	102
	(1) 給排水のピット内配管	103
	(2) 薬品タンク周辺に防液堤	104
2.3.2	土壌地下水の汚染防止は化学物質リスク管理から	106
2.3.3	法テク予防策	109
	(1) 賃借土地の汚染	109
	(2) 土地の購入と会社分割	110
	(3) 企業の買収、M&A	111
	(4) 土壌汚染対策法における責任主体	112
	(5) 調査浄化費用と求償	113
2.4	土壌地下水	115
2.4.1	土壌汚染と地下水の変動	116
2.4.2	土壌汚染の再現とサンプリング手法	121
	索引	125



企業の社会的存在感の向上



土壌汚染の未然防止



まえがき

化学物質の自主的管理がなぜ必要か

●環境問題への取り組みが不十分なことにより、企業等が経済的負担を被るリスク、いわば「環境汚染起因の経営リスク」が企業を襲いつつある。

＜例＞土壌汚染を起こした場合：

- ・浄化費用や損害賠償の負担
- ・汚染した土地の資産価値の低下や売却の困難化

●企業が「環境汚染起因の経営リスク」に対応するとともに、企業の社会的な存在感を向上させるには、法遵守にとどまらない化学物質の自主的管理の推進が必須である。

上述の観点から、本テキストは次のように構成する。

- ・ Chapter1：化学物質の自主的管理
- ・ Chapter2：土壌汚染リスク管理の概要と実例（「環境汚染起因の経営リスク」の典型例として詳述する）

本テキストは、化学物質の自主的管理を進めていくことで、「環境汚染起因の経営リスク」に対応し、さらに企業の社会的存在感を向上するため、何をしていけばよいかについて解説する。

Chapter1では、化学物質の自主的管理について解説する。

自主的管理による環境影響の未然防止のコスト（いわば事前コスト）は、環境影響が生じてしまった場合の負担（いわば事後コスト）よりも安くすむと考えられる。この典型は土壌汚染である。

Chapter2では、この土壌汚染の管理について詳述する。

■ 「環境汚染起因の経営リスク」が企業を襲う

企業はさまざまな経営上のリスクにさらされている。例を挙げれば、取引先の納入遅延、倒産、企業秘密の漏洩、為替変動等、きりがなが、昨今はこれらのリスクに加え、新しいタイプのリスクが企業を襲いつつある。「環境汚染起因の経営リスク」である。

それは、環境問題への取り組みが不十分なことにより、企業等の事業者が経済的損失を被るリスクといえることができる。

■ 「環境汚染起因の経営リスク」にはどのようなものがあるか

安全・安心を求める国民の願いが高まる中、環境関係の法令は国際的に強化の方向にあり、違反すれば罰金や操業停止等を受けることはいうまでもない。さらに、経済がグローバル化し、原材料から最終製品まで国境を越えて取り引きされる中、気づかぬ間に国内外の法令に違反するおそれがある。

このため企業は、自社の製品やサービスについて、原材料選択～生産～使用～廃棄に至るまで、どのような化学物質が使われ、環境中への排出があり得るのか否か、どのような環境影響があるのかについて、きちんと把握しておく必要がある。

典型例として、いま多くの電気・電子機器メーカーが対応に追われているのが、EU（欧州連合）の2003年1月制定のRoHS指令（電気・電子機器における特定有害物質の使用制限指令）である。

同指令は、電気・電子製品に特定の重金属（鉛、カドミウム等）と特定の臭素系難燃剤の使用を禁止している。このためEUに輸出する電気・電子機器メーカーは、自社に納入される部品や素材等にこれらの化学物質が使用されていないことを必死で確認しようとしている。

また昨今、グリーン調達が多く行政から民間まで広がりつつある。取引先から「環境保全の取り組みが不十分だから御社とは取り引きしない」といわれた場合、収益への影響ははかりしれないだろう。

実際に電気・電子機器メーカーは、上述のRoHS指令に対応するため納入業者を選別しつつある。中には、海外も含めた取引先工場を対象に、部品・材料中の化学物質管理体制の立入調査を実施し、合格点が得られたところのみ取り引きするとした大手企業もある。

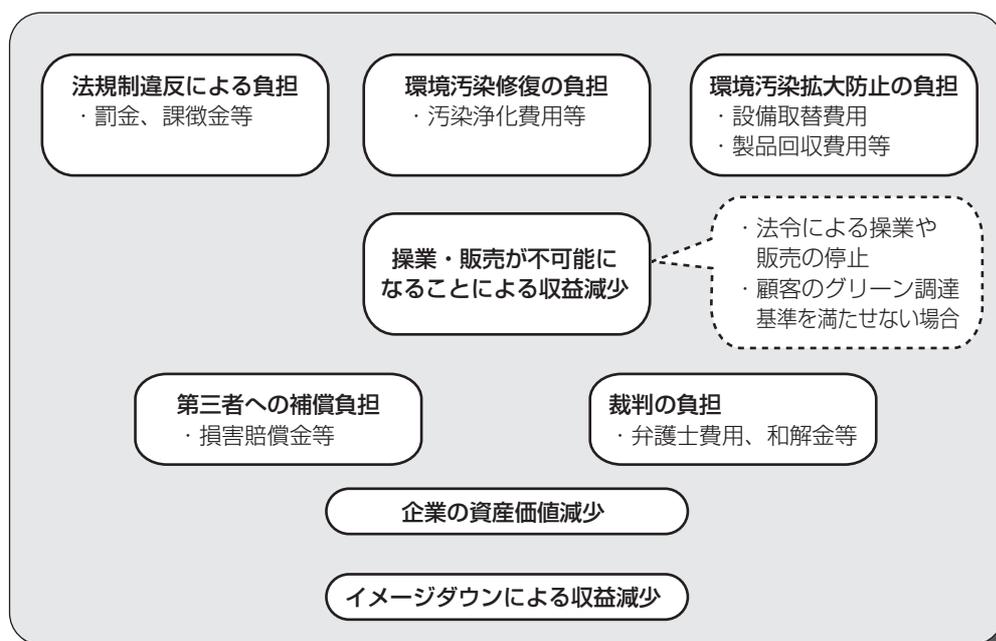
仮に、自社の工場や製品等の化学物質管理が不十分で、いったん環境汚染を生じせしめたらどうなるか。土壌汚染の場合が典型的である。企業が膨大な浄化費用や損害賠償の負担を負わされるケースや、汚染した土地の資産価値が低下したり売却できなかつたりするケースが出てきている。

いま、社会は企業に対し、製品やサービスの高機能化だけでなく安全・安心という価値を求めている。このような期待に応えられない企業は、イメージダウンのために売上が減少し、存続が脅かされる可能性がある。これは、昨今の食品の安全管理の失敗で消費者の信頼を損ねたケースをみれば分かるだろう。

以上のような「環境汚染起因の経営リスク」が現実となりつつある。

「環境汚染起因の経営リスク」の例を図0-1に示す。

■ 図 0-1 「環境汚染起因の経営リスク」の例

出典：環境省(2001)¹⁾より作成

■ 「環境汚染起因の経営リスク」に対応し、さらに企業の社会的存在感を高めていくには、化学物質の自主的管理が必須

企業が「環境汚染起因の経営リスク」に対応するにはどうしたらよいか。さらに一步踏み込んで、環境汚染の未然防止による安全・安心の実現を積極的に価値として訴え、企業の社会的な存在感を向上させることはできないのか？

それには法規制の遵守だけでは不十分であり、**化学物質に対する自主的管理**の推進が必須である。

化学物質管理の手段として規制的手段だけではなく、企業の自主的な取り組みが重視されているのは、法令の世界でも同様である。

その典型が2001年に施行された「**化学物質管理促進法**」である。同法は正式には「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」といい、いわゆる「**PRTR法**」として知られているが、同法の射程はPRTRのみではいい尽くせないもっと広い範囲を含んでいる。それは、企業による化学物質の自主的管理の推進である(表0-1)。

この化学物質管理促進法では、事業者が化学物質の自主的管理を進める際のガイドラインまで用意している(表0-1の化学物質管理促進法第4条で言及されている「**化学物質管理指針**」がそれである)。

さらに化学物質管理促進法第4条には、事業者が自主的管理の状況に関して「国民の理解を深めるよう努めなければならない」と述べられている

PRTR : Pollutant
Release and Transfer
Register

■ 表 0-1 化学物質管理促進法における自主的管理の位置づけ

化学物質管理促進法<抜粋>	
第1条 (目的)	この法律は、一中略一、事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境の保全上の支障を未然に防止することを目的とする。
第4条 (事業者の責務)	指定化学物質等取扱事業者は、一中略一、化学物質管理指針に留意して、指定化学物質等の製造、使用、その他の取扱い等に係る管理を行うとともに、その管理の状況に関する国民の理解を深めるよう努めなければならない。

が、これは「リスクコミュニケーション」と呼ばれるものであり、自主的管理の一つのキーポイントとなる。

“How safe is safe?”²⁾ という言葉がある。どこまで環境影響を防げば安全と感じられるのか (安心なのか)、という絶対的な基準はない。だからこそ、自主的管理の理念、方針、方法、結果について、周辺住民、消費者、取引先その他関係者に対し科学的にかつ分かりやすく説明し、納得が得られるように対話していくことが求められる。

ある元経営者が、「自主的取り組みといえば楽に聞こえるかもしれないが、実際はそうでない。法規制よりずっと大変である。法規制ならここまで守ればよいという基準があるが、自主的取り組みには上限がない。しかも自主的取り組みによる改善の効果は、環境報告書等を通じて常に一般市民に公開する。取り組みが一般市民によって評価されることとなるのである」といわれたのが印象に残っている。まさにそのとおりであろう。

最後に、日本の企業の自主的管理が世界のルールを動かしたケースを紹介しておこう。有機すず系化学物質を含む船底塗料のケースである。

トリブチルすず (TBT) 化合物等の有機すず系化学物質を含む船底塗料は、貝類等の船底への付着を防止する効果が高く、世界的に広く普及していた。しかし、有機すず系化合物の環境への残留性や海洋生物への毒性が指摘されたことから、日本では法規制に加え、日本塗料工業会や日本造船工業会等が自主的取り組みを行った。具体的には、有機すず系船底塗料の製造・使用の自粛、代替物質の開発・転換等である。

こうした自主的取り組みを背景として「船舶についての有害な防汚方法の管理に関する国際条約」(TBT条約)の策定に当たり、日本は主導的役割を果たした。また日本企業は、すずフリーの船底塗料、防汚剤を使用せずに付着を防止する塗料等、さまざまな技術を開発しており、世界をリードしている。

●参考文献

- 1) 環境省：環境会計ガイドブックⅡ（2001.3）
- 2) USEPA：“Taking Toxic Out of the Air”，EPA-452/K-00-002（August,2000）

化学物質の自主的管理

Chapter 1 では、化学物質の自主的管理について解説する。

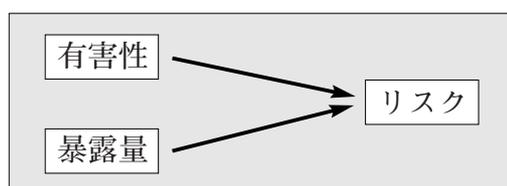
化学物質の管理に当たっては、まず相手、すなわち化学物質を知ることが必要である。また、工場近隣の住民や製品消費者等から環境影響について問われたら、科学的に説明する必要がある。この観点から、1.1 では化学物質が人や生物に及ぼす影響のメカニズムを解説する。また、化学物質管理に必須の概念、すなわち化学物質のリスクについても述べる。

次に 1.2 では、化学物質のリスクを管理する方法について述べる。

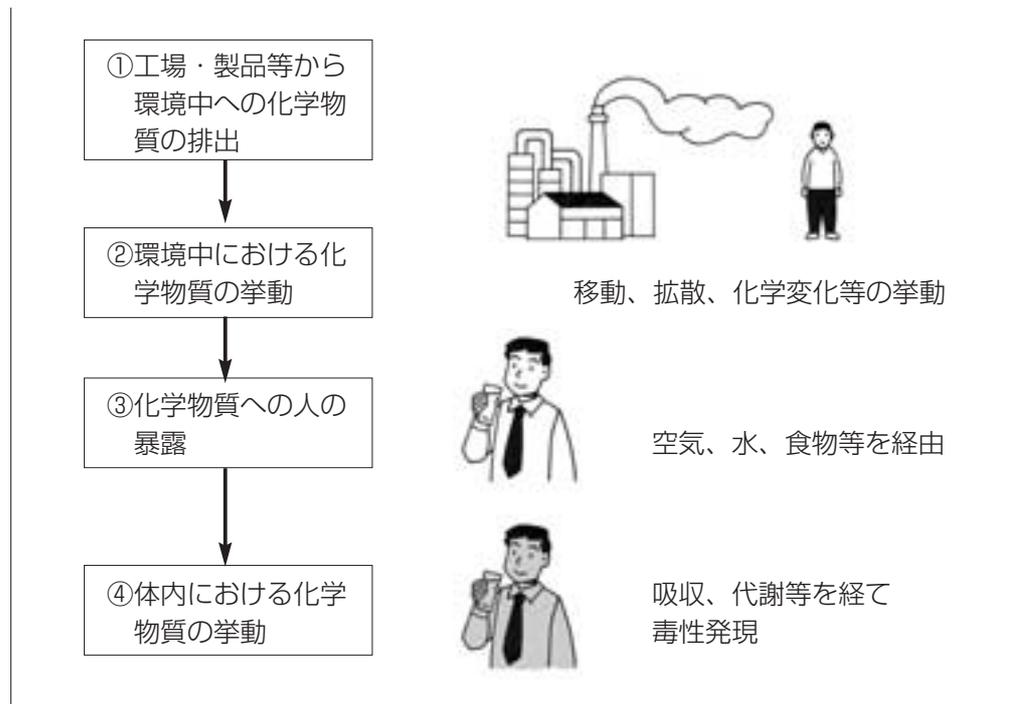
化学物質の管理は環境影響に配慮するだけでよいのか。環境影響以外の面にも配慮した総合的な管理については 1.3 で述べる。

1.1 化学物質の人や生物への影響

- 世の中に存在する物質はすべて化学物質である。
- 化学物質には固有の性質として何らかの「有害性」を持つものがあり、人や生物が「暴露」されれば、影響を及ぼす可能性（リスク）がある。つまり、



- 工場等から環境中に排出された化学物質が人に影響を及ぼすまでの経路は、次のように整理できる。



ここでは、化学物質の人や生物への影響について、次の順番で述べることにする。

1.1.1 化学物質とは何か

1.1.2 化学物質の有害性、暴露、リスク

1.1.3 工場等から環境中に排出された化学物質が人に影響を及ぼすまでの経路

1.1.1 | 化学物質とは何か

そもそも化学物質とは何か。

世の中に存在する物質はすべて化学物質である。食塩 (NaCl)、水 (H_2O)、酸素 (O_2)、二酸化炭素 (CO_2)、エチルアルコール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$)、トルエン ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3$)、鉄 (Fe)、すべて化学物質である。

食品は、さまざまなたんぱく質、さまざまな脂肪酸、さまざまな糖類、さまざまなビタミン等でできているが、これらはすべて化学物質である。工場で作られる製品の原材料も、使用されるさまざまな薬品の成分も、化学物質でできている。

また、天然物から抽出されたものも、合成されたものも、化学物質としては同じである。酢の主成分である酢酸は、醸造されたものも合成されたものも、同じ CH_3COOH である。

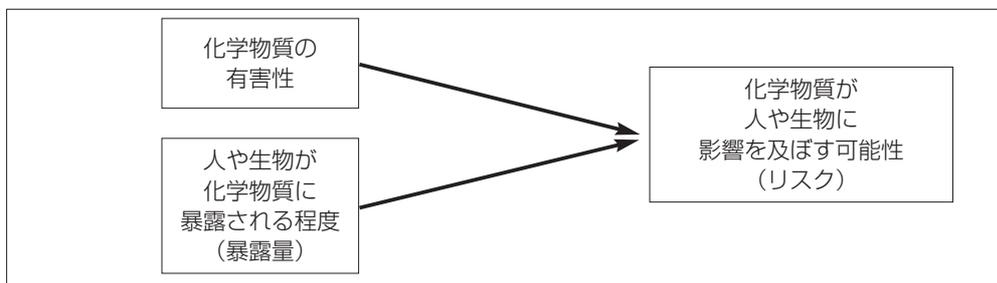
1.1.2 | 化学物質の有害性、暴露、リスク

化学物質には固有の性質として何らかの「有害性」を持つものがある。このため人や生物が空気、水、食物等を通してさらされると（暴露）、影響を及ぼす可能性（リスク）がある。

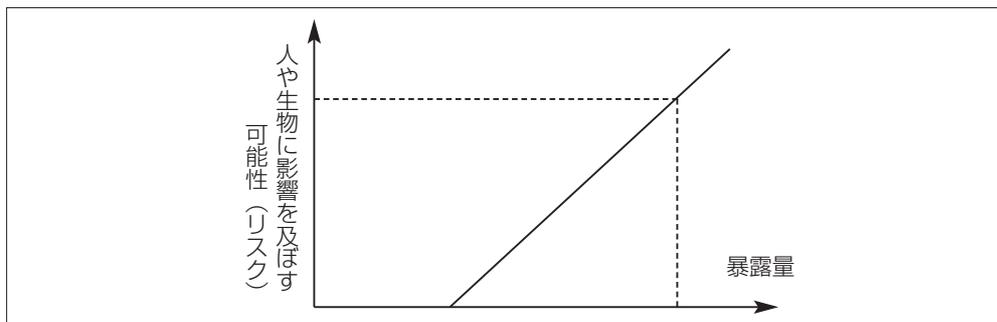
つまり、化学物質の「有害性」と「暴露量」によって、化学物質によるリスクが決まってくる（図 1.1-1）。

「暴露量」の大きさに応じて「リスク」の大きさも変わる（図 1.1-2）。つまり、有害性の低い物質でも、大量あるいは長期間にわたって人間がさらされれば影響が出るおそれがある。化学物質の管理では「暴露量」をコントロールすることにより「リスク」を管理していくべきであるが、これについては 1.2.1 で述べる。

■ 図 1.1-1 化学物質の有害性、暴露量、リスクの関係



■ 図 1.1-2 化学物質の暴露量とリスクの関係（模式図）

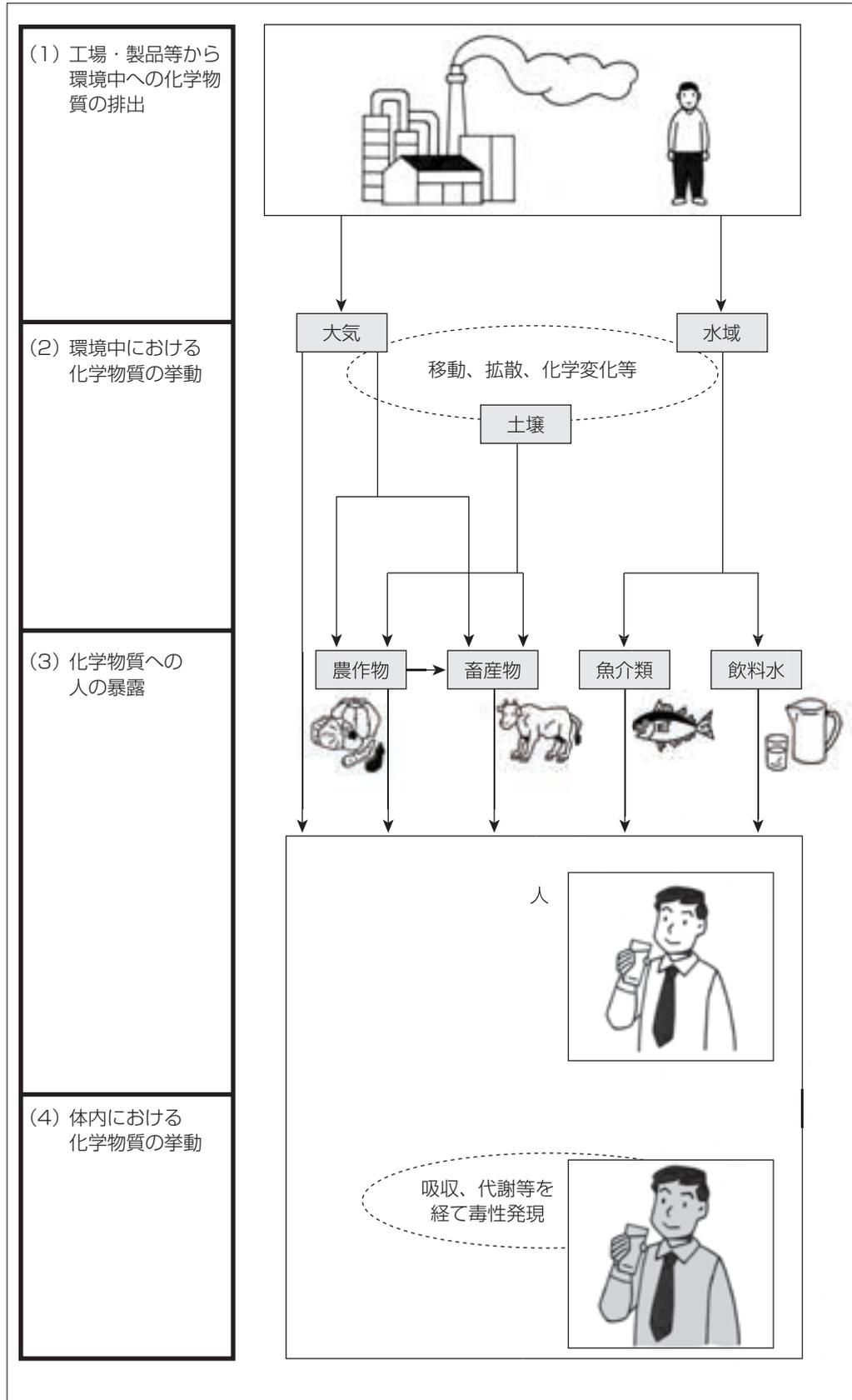


1.1.3 | 工場等から環境中に排出された化学物質が人に影響を及ぼすまでの経路

工場等から環境中に排出される化学物質が人に暴露され、影響を及ぼすまで、どのような経路をたどるのであろうか。これを簡単に整理したのが図 1.1-3 である。

この経路を図中の (1) ~ (4) の各段階に分けて説明しよう。

■ 図 1.1-3 工場等から環境中に排出される化学物質が人に影響を及ぼすまでの経路



(1) 工場・製品等から環境中への化学物質の排出

化学物質は、工場の排ガスや排水等から排出される。

また、消費者等が製品を使用するときや廃棄後にも次のような経路で化学物質が排出される可能性がある。

まず使用時については、衣服用防虫剤のような揮発性の高い化学物質は大気に排出され、洗剤のような水で洗い流す製品は水域中に排出される。

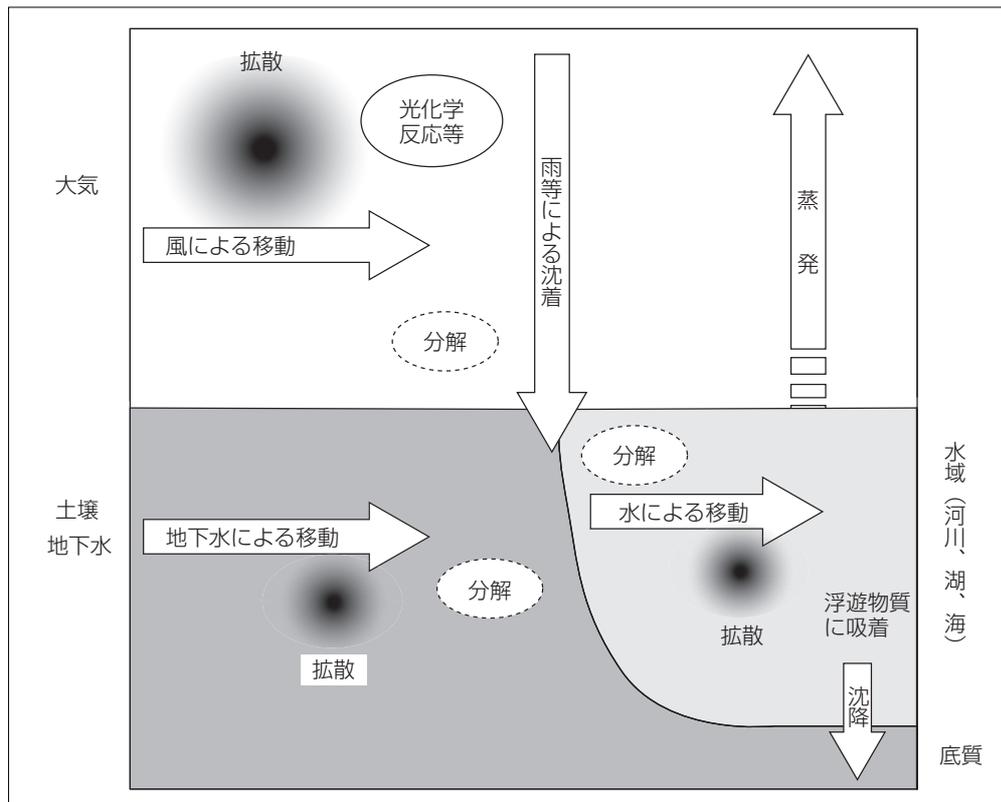
次に製品廃棄後については、焼却処理時に化学物質が大気に排出されたり、埋立処分時に化学物質が溶出して地下水を汚染したりする可能性もある。例えば鉛等の重金属は、酸性雨等の酸性の条件下で溶出しやすくなり、地下水汚染が懸念されている（これが昨今の鉛フリーはんだ採用への動静につながっている）。

(2) 環境中における化学物質の挙動（移動、拡散、化学変化等）

化学物質は、大気、土壌、水域中を移動し、拡散する。またその間に、光や微生物等の作用を受けて分解したり、他の物質との化学反応で別の物質に変化したりする（図 1.1-4）。

このような化学物質の挙動は、「化学物質の環境中での運命」と呼ばれる。運命（Fate）とは多分に文学的な言葉に聞こえるが、実は化学物質の

■ 図 1.1-4 環境中における化学物質の挙動



リスク評価でよく用いられる言葉である。

例として、大気中に排出された化学物質の挙動について、詳しくみてみよう。

<例>大気中に排出された化学物質の挙動

工場や自動車等の排出源から大気中に排出された窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)、粒子状物質(ばいじん等)は、風により移動しつつ周辺に拡散する。

時間が経過すると、これらの物質はさらに広範囲に拡がり、化学反応によって他の物質に変化する。

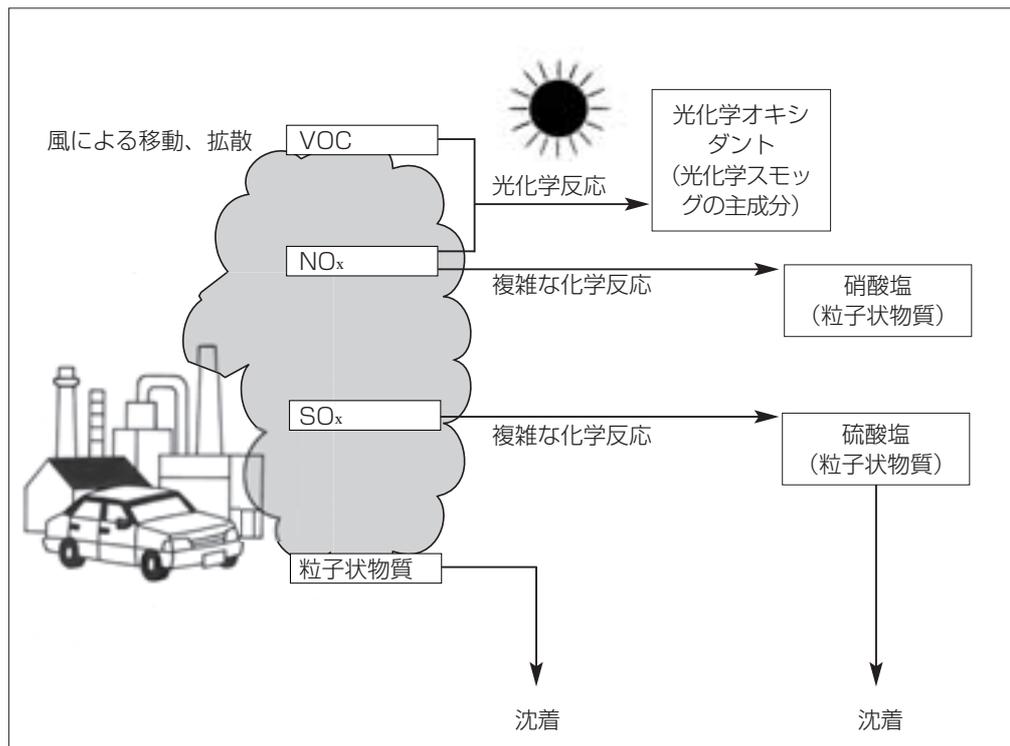
例えば、先述の NO_x や、工場、自動車、溶剤使用の現場等から排出されるVOC(揮発性有機化合物)^(注1)は、紫外線で光化学反応を起こし、光化学オキシダントを発生させる。光化学オキシダントは、夏季によく発生する光化学スモッグの主成分である。

また、 NO_x や SO_x は、さらに長距離(数百~数千km)を移動する間に、ガス状のままあるいは水滴に溶けて複雑な化学反応を起こし、硝酸塩や硫酸塩のような粒子を生成する。これらの物質は雨等により陸上や地上に沈着し、大気中から除去される。これは土壌や湖に酸性化を引き起こすこととなる。

以上の化学物質の挙動を模式的に図1.1-5に示す。

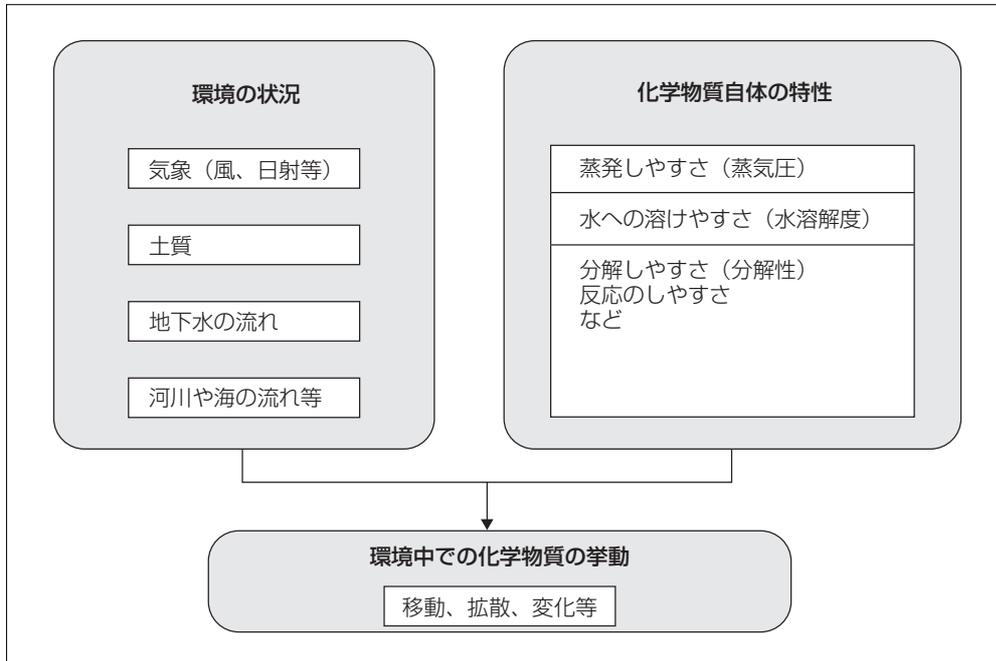
(注1) VOC : Volatile Organic Compound
環境中に放出されたときに、その大部分が大気中に気体として移動する有機化合物(国立環境研究所ニュース19(1)、2000年4月)。
エチレン、ベンゼン、トルエン、ホルムアルデヒド等。
なお、VOCは光化学オキシダントの原因となるほか、粒子状の物質に変化することが知られています。

■ 図 1.1-5 大気中に排出された化学物質の挙動



同じ量が排出されても、さまざまな要因によって、大気、水域、土壌のどこに存在しやすいかで濃度のレベルが異なってくる。このような化学物質の挙動を決める要因は、大気、水質、土壌等の環境の状況や、化学物質自体の特性である（図 1.1-6）。これについて具体的にみてみよう。

■ 図 1.1-6 環境中における化学物質の挙動に影響する要因



まず大気の場合、風、日射、気温、湿度等の気象が化学物質の挙動に影響する。風が強ければ化学物質は排出源付近では希釈される一方、遠方まで輸送されることとなる。また、化学反応の中には高温や日射によって促進されるものがある。例えば、光化学オキシダント生成にかかわる光化学反応は、夏季に顕著となる。

土壌の場合、土質や地下水の流れ等が化学物質の挙動の影響要因となり、水域の場合、河川や海の流れ、水温、浮遊物質の存在状況等が影響要因となる。

また、化学物質のさまざまな特性、すなわち蒸発しやすさ、水への溶けやすさ、分解しやすさ（**分解性**）、反応のしやすさ等も、環境中での挙動に影響する。

例えば、蒸発しやすい化学物質は、水域に排出されても、その多くが大気中に移行する^(注1)。また、分解しにくい化学物質（**難分解性の化学物質**）は、長期間にわたって地球上の広い範囲に残存することとなる。このような難分解性の化学物質の例を挙げてみよう。

<例>難分解性の化学物質の例： DDT

(注1) 正確には、水への溶けやすさと蒸発のしやすさのバランス次第で、水域のままか大気中に移行しやすいかが決まってきます。

農薬や防疫に使用されていた DDT は、一度散布すると数か月間効果が続き、散布回数が少なくてすむ。これは DDT が分解しにくいからであり、DDT のメリットの一つとされていた。

しかし、この難分解性ゆえに（表 1.1-1）、日本で 20 年以上前に使用・製造が停止されたにもかかわらず、DDT がいまだに海底の底質や生物等から検出されているのである。また大気中を循環し、地球規模の広範囲にわたって汚染を引き起こしていることが知られている。

■ 表 1.1-1 各種殺虫剤・除草剤の土壤中の残留性

農薬		半減期* ¹ (日) (容器内)	
		畑地状態	水田状態
有機塩素系	γ-BHC	300	10~20
	DDT	400	7~45
	ディルドリン	300	>90
有機りん系	フェニトロチオン (MEP)	12~30	4~6
	ダイアジノン	11~12	6~7
	エチルチオメトン	1~4	21~45
カーバメート系	NAC	3, 30	20~42
	カルタップ	<1	<1
トリアジン系	アメトリン	30~100, 212	80~120
尿素系	DCMU	70, 125~199	-
ジフェニルエーテル系	CNP	65	17~3
フェノール系	PCP	20~90	12~70
トリイジン系	トリフルラリン	22, 50	10
フェノキシ系	2,4-D (2,4-PA)	9~25	-
酸アミド系	DCPA	2	<2

(注) *¹ 半減期：農薬が散布されてから、その半分が分解されるまでの期間

出典：白井 (1990)¹⁾

<例>難分解性の化学物質の例：フロン

フロンは対流圏（地表面～地上約 12 km）では分解されにくく、地球全体に広がった後、成層圏（地上約 12 ~ 50 km）のオゾン層に侵入してオゾン層を破壊する。このようなオゾン層破壊の結果、地上では、オゾン層に吸収されていた紫外線が増加し、人や生物に悪影響を及ぼすと懸念されている。

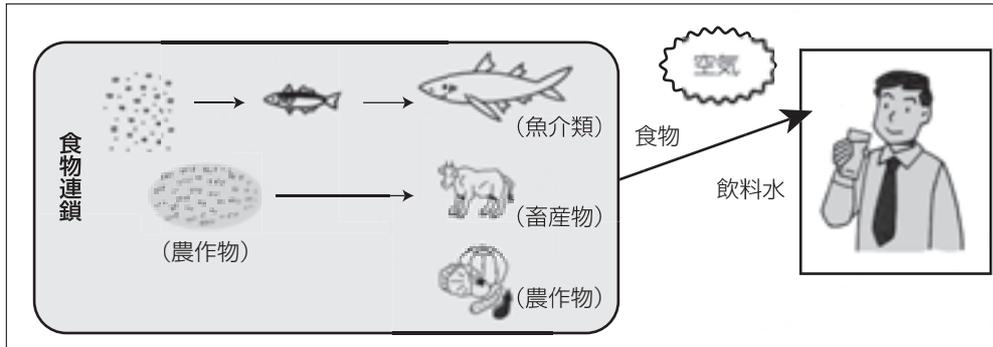
(3) 化学物質の人への暴露

環境中の化学物質は、大気、飲料水、食物等を通じて人に暴露される（図 1.1-7）。

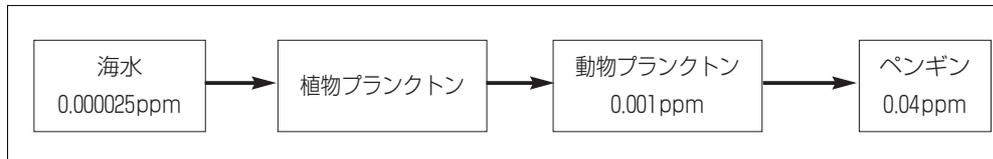
このうちの食物を通じた暴露に大きく影響するのが生物濃縮の効果である。

脂肪に溶けやすい化学物質（脂溶性の化学物質）は生物の脂肪組織に蓄

■ 図 1.1-7 化学物質の人への暴露経路



■ 図 1.1-8 生物濃縮による DDT の生体内濃度変化の例 (南極)

出典：高橋 (1990)²⁾ より抜粋

積されやすい (高蓄積性)。この結果、生物体内の濃度が環境中よりも高くなることもあり、これが**生物濃縮**である。生物濃縮は**食物連鎖**を通じて進む (図 1.1-8)。

生物濃縮しやすい化学物質の典型例が PCB、DDT、ダイオキシン類等の有機塩素化合物である。

生物濃縮のしやすさは生物種によっても異なる。例えば、イルカやクジラには PCB や DDT の代謝酵素が欠けており、これらの物質が高濃度に蓄積されやすい。

生物濃縮の結果、最終的に人の食物になったときに非常に高濃度の化学物質が蓄積していると、健康に影響を及ぼすおそれがある。典型例が、水俣病における魚介類に濃縮されたメチル水銀である。

(4) 体内における化学物質の挙動

毒性の分類は、図 1.1-9 のようにさまざまである。このため化学物質の毒性という場合、どの点に着目した分類なのかに注意する必要がある。

また、生体に到達した化学物質は、直ちに毒性を発揮するわけではない。

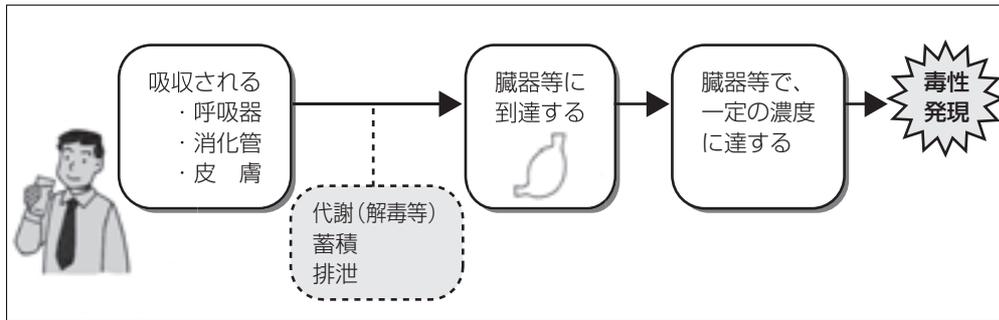
具体的にはまず、化学物質が呼吸器、消化管、皮膚等を通じて吸収された後、生体に備わったさまざまなメカニズム (代謝、蓄積、排泄等) が毒性を軽減するバリアとして働くこととなる (図 1.1-10)。

- ・代謝：化学物質を酵素等の働きで解毒したり、体外に排泄されやすい物質に変換する反応である (異物代謝)。ただし、代謝によってかえって毒性の高い物質が生成されることもある。

■ 図 1.1-9 化学物質の毒性の分類

出典：浦野³⁾より作成

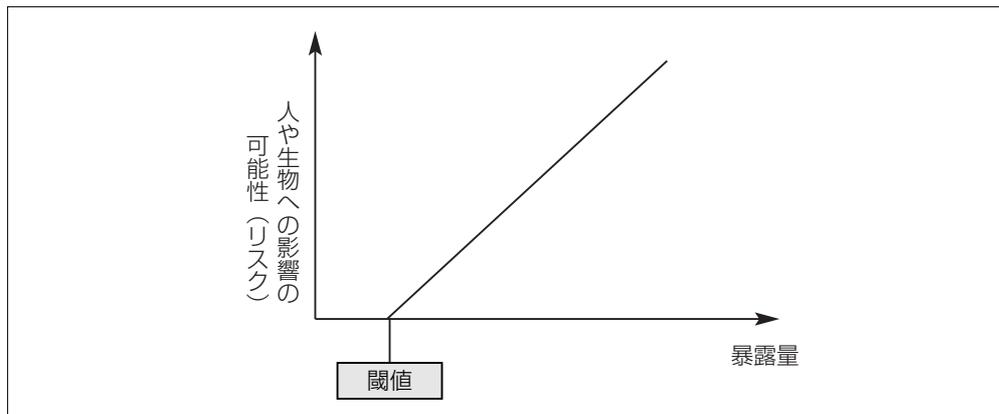
■ 図 1.1-10 生体に到達した化学物質が毒性を発現するまでの経路



- ・蓄積：脂溶性の化学物質を脂肪組織に蓄積する。この仕組みを通じて、臓器中の化学物質濃度が軽減されることとなる。反面、このように蓄積された化学物質は代謝の経路から外れることになり、体内の局所に高濃度の化学物質を温存することともなる。
- ・排泄：排泄経路としては、尿、胆汁、糞、唾液、乳汁、呼気、毛髪等がある。

次に、上記のバリアを越えて臓器等に到達した化学物質が毒性を発現するには、暴露量が一定値以上になることが必要である（図 1.1-11）。この一定値を閾値という。

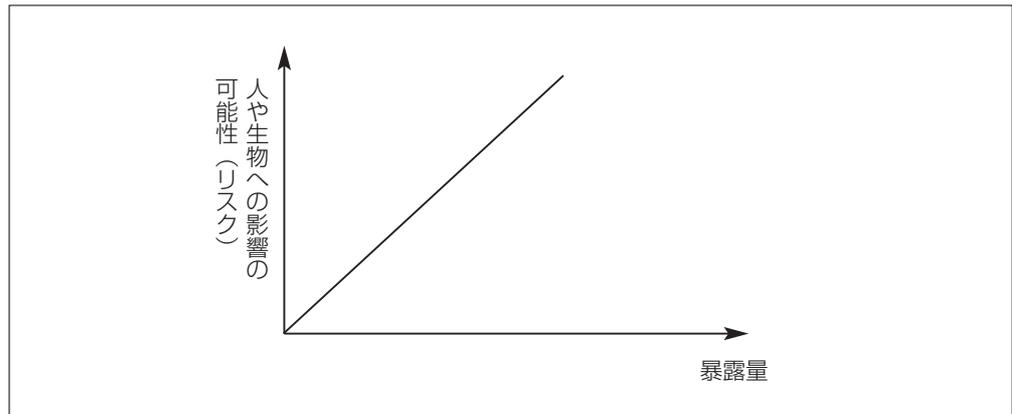
■ 図 1.1-11 化学物質の暴露量とリスクの関係（模式図）：閾値のある毒性の場合



ただし、発がんの閾値については少し違うと考えられている。つまり「発がん二段階説」によれば、発がんのメカニズムは、

- 化学物質によって DNA が損傷されて、その突然変異が生じるイニシエーション
 - a. が修復されないままで細胞の増殖を起こすプロモーション
- の 2 段階とされるが、b. を起こす化学物質（プロモーター）には閾値がある一方、a. を起こす化学物質（イニシエーター）には閾値がないとされ

■ 図 1.1-12 化学物質の暴露量とリスクの関係（模式図）：
閾値のない毒性の場合



る。つまりイニシエーターは、少量であってもその量に応じた確率でDNAの損傷を発生させ、がんの原因となる（図 1.1-12）。

なお、同一の化学物質でも、生物種によって毒性の強さは異なる。これは、生物の持つ酵素の違いや代謝のメカニズムの相違によるものである。

表 1.1-2 は、ダイオキシンを例に、急性毒性の強さ（LD₅₀^{（注1）}）を生物種で比較したものであり、種によって大きく差があることが分かる。

（注1）LD₅₀：Lethal Dose 50% Kill、半数の動物が1回の投与で死亡する量。半数致死量ともいいます（表 1.2-3）。

■ 表 1.1-2 ダイオキシン（2,3,7,8-TCDD）のLD₅₀

動物	LD ₅₀ (μg/kg体重)
モルモット	0.6~20
ミンク	5
ラット	10~300
サル	50
ウサギ	100
マウス	100~3,000
ハムスター	1,000~5,000

出典：渡辺・林（2003）⁴⁾が環境省資料より作成

以上のような体内における化学物質の挙動については、安藤（2002）⁵⁾、白井（1990）¹⁾、藤原（1988）⁶⁾等が参考となる。

●参考文献

- 1) 臼井健二：環境科学Ⅲ／測定と評価「9.1 残留性・生物濃縮—有機塩素化合物—」、河村武・橋本道夫編集、朝倉書店（1990）
- 2) 高橋正征：環境科学Ⅲ／測定と評価「3.3 生物」、河村武・橋本道夫編集、朝倉書店（1990）
- 3) 浦野紘平：環境ホルモン情報集「第1章／概説・環境ホルモンとは～問題の全体像を理解するために／1. 化学物質の有害性について」、神奈川県環境農政部
- 4) 渡辺正・林俊郎：シリーズ地球と人間の環境を考える02「ダイオキシン—神話の終焉」、日本評論社（2003）
- 5) 安藤正典：「室内空気汚染と化学物質」、化学工業日報社（2002）
- 6) 藤原喜久夫：環境科学Ⅰ／自然環境系「7 環境と人間の生体反応」、河村武・岩城英夫編集、朝倉書店（1988）

1.2 化学物質管理の方法

(注1) レスポンシブル・ケア[®]：日本レスポンシブル・ケア協議会の登録商標となっています。以降、[®]は省略します。

- 化学物質の管理の原則として、化学物質の有害性と暴露量から科学的方法論に基づきリスク評価を行い、これを基礎として適切なリスク管理を行っていく必要がある。
- 化学物質の管理を確実に実施できる仕組み、すなわち、化学物質管理の方針を策定し、組織やルールを整備し、計画を立案し、毎日の実務の中で実践し、見直しと改善を行っていく仕組みが必要である。そのためには、環境マネジメントシステム、化学物質管理促進法の化学物質管理指針、レスポンシブル・ケア[®](注1)等が役立つ。
- 化学物質管理は環境影響の防止だけが目的ではない。事業所の爆発事故等の防止、事業所の労働者の健康被害の防止、消費者の事故と健康被害の防止、運搬時の事故防止等を含めた総合的管理が必要である。

人類はその歴史の中で天然物・合成物も含め多数の化学物質を用いてきた。それは、経験的にかつ多数の犠牲を伴いながら適切な管理方法を模索してきた過程であったが、科学の発達に伴い、現象の因果関係を科学的に究明し、将来を洞察し、それに基づいた管理方法を合理的に策定することが可能となってきた。

また、民主主義の浸透とともに、このような管理方法の決め方についても透明化し、事前にルール化しておくという流れが生まれ、さらにさまざまな立場の関係者の意見を取り入れるというコミュニケーションの重要性が強調されるようになってきている。

ここでは、化学物質管理の方法について、次の順番で述べることにする。

1.2.1 化学物質管理の原則

1.2.2 化学物質管理の手順

1.2.3 化学物質管理の仕組み作り

1.2.1 | 化学物質管理の原則

かつて化学物質の管理は、公害等で問題となった有害性の強い少数の化学物質を対象に、製造、生産、取り扱い等を法令で厳格に規制する形で行われてきた。

これは有害性に着目した管理であるといえるが、国民の安全・安心な生活を実現するには不十分である。なぜなら 1.1.2 で述べたように、有害性が低い化学物質でも、暴露量が大きければ人や生物に影響を及ぼす可能性（リスク）が大きくなるからである。

これからの化学物質管理は、有害性と暴露量の双方から科学的にリスクを評価し、その結果に基づいて管理していくべきである。

有害性は化学物質固有の性質であり不変だが、**暴露量**は社会や企業の管理の仕方次第でコントロール可能である。したがって、暴露量を適切なレベルにすることにより、化学物質のリスクを管理するとともに化学物質の有用性を社会的に活用していくことが可能となる（「化学物質リスク管理学総説実証講義資料」お茶の水女子大学、東京農工大学、化学物質評価研究機構、製品評価技術基盤機構、富士総合研究所（2003））。ちなみに、16世紀のスイスの医師パラケルスは「すべての物質は毒である。毒でないものは何もない。正しい投与量が毒と薬を区別する」といつている。

これらのことについて、カルシウム（これも化学物質の一つである）を例にみてみよう。

<例>カルシウムにも「リスク管理」が必要

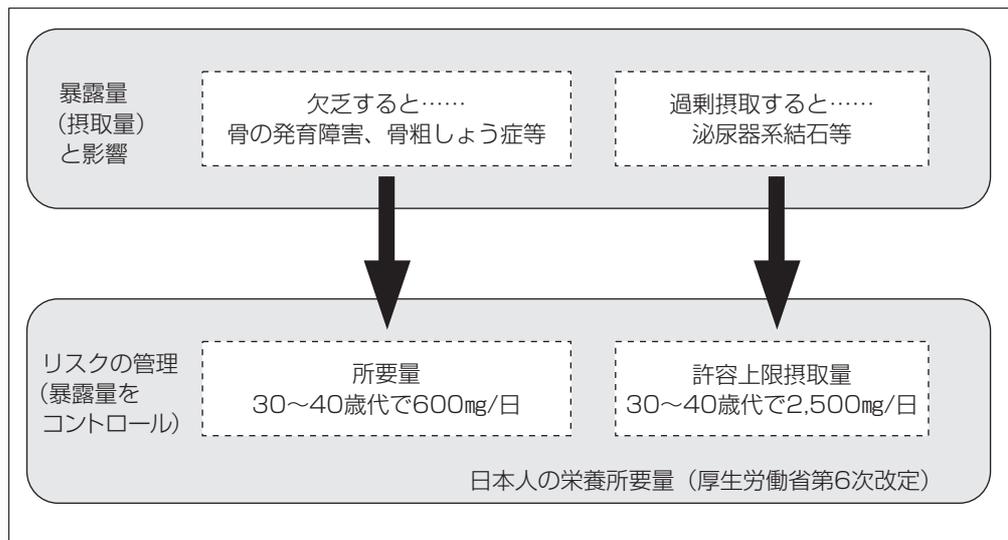
カルシウム（Ca）は骨を構成する成分であり、人体に必須のミネラル（無機質）である。カルシウム摂取不足は骨の発育障害や骨粗しょう症等の原因となる。しかし一方で過剰に摂取すると、泌尿器系結石等を引き起こすおそれがある。

そのようなリスクを管理するには、カルシウムの摂取量（暴露量）を適切なレベルにコントロールする必要がある。

厚生労働省の「第6次改定／日本人の栄養所要量」では、カルシウムについて、欠乏症を防ぐための所要量（30～40歳代で600 mg/日）とともに過剰摂取を防ぐための許容上限摂取量（同2,500 mg/日）を定めている（図 1.2-1）。

大切なのは、化学物質のリスクをゼロにするのではなく、**リスクを許容範囲に抑える**ことである。1.1.1 で述べたように、万物は化学物質でできている。毎日の食品の中にも、天然由来も含め、発がん性の化学物質が少なからず含まれることが知られている。このような状況の下でゼロリスク

■ 図 1.2-1 カルシウムの「リスク管理」の例



を目指すことはかえって対策の停滞を招くこととなる。このため、一定以下のリスクなら許容するという「リスクの許容範囲」が必要となってくるのである。このいわば“*How safe is safe?*”についての絶対的な基準はなく、社会や個人の価値判断にかかってくる。

また、先ほどのカルシウムの例にあるように、化学物質はきちんと管理して利用することで、健康に役立ち生活に利便性（ベネフィット）をもたらすものである。そこで、このようなベネフィットとリスクを比較して許容範囲を決めるという考え方も出てくることとなる。何をベネフィットとして考えるか、これも価値判断の問題である。

このような背景から、本テキストの「はじめに」に述べた「リスクコミュニケーション」が重要となってくるのである。

1.2.2 化学物質管理の手順

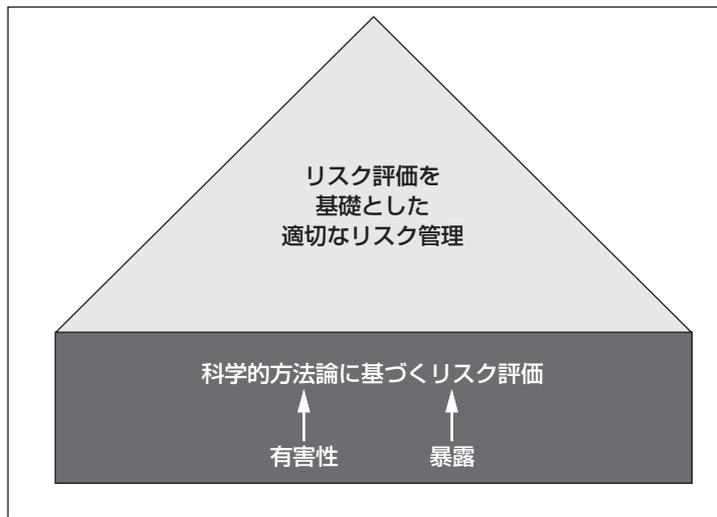
前節の化学物質管理の原則に立てば、化学物質のリスク管理の枠組みは次のようになる（図 1.2-2）。

- ・ 科学的方法論に基づき化学物質のリスク評価を行う。
- ・ その結果を基礎として適切なリスク管理を行っていく。

上記のうちリスク評価については、経済協力開発機構（OECD）のような国際機関等での科学的議論を通じて、評価手法やデータが整備されつつある。

一方、リスク管理は、前述の「リスクの許容範囲」“*How safe is safe?*”

■ 図 1.2-2 化学物質のリスク管理の枠組み（概念図）



出典：新エネルギー・産業技術総合開発機構（2003年3月）¹⁾

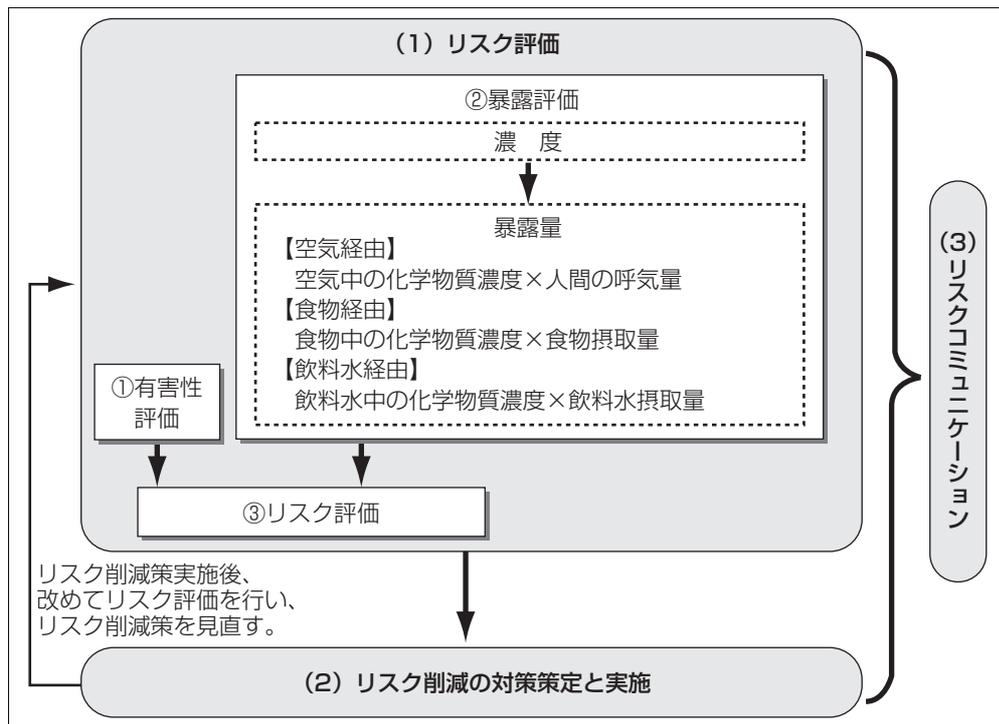
の設定にみられるように、価値判断を伴う。リスク評価結果を基礎にした関係者間でのリスクコミュニケーションが求められる。

上述の枠組みに従い、化学物質のリスク管理の手順を示すと、**図 1.2-3** のようになる。

図 1.2-3 に示された手順について、次の順番で説明する。

(1) リスク評価

■ 図 1.2-3 化学物質のリスク管理の手順の概念図



- (2) リスク削減の対策策定と実施
- (3) リスクコミュニケーション

(1) リスク評価

リスク評価では、工場から環境に排出される化学物質や、製品使用時や廃棄後に環境に排出される化学物質の、人や生物に対するリスクを評価する。

リスク評価を実施する場合、そこには何らかの目的や用途があるはずである。

例えば、現時点において工場や製品から排出される化学物質のリスクを評価することにより、要改善ポイント（工程、物質、製品等）を探るといふのがあろう。

また将来に、工程、設備、製品設計等を変更したときに、どの程度リスクが増減するか、環境基準等を超過するかなどについて事前に評価しておくというのかもしれない。さまざまなリスク削減対策の効果を事前に比較するというのかもしれない。

上記のさまざまなケースに応じて、リスク評価に求められる精度、評価範囲、適切な評価手法等も変わってくる。ここではどのケースでもある程度共通すると考えられる基本的な手法について説明する。

以下、有害性評価、暴露評価、リスク評価の順番で説明する。

1) 有害性評価

①有害性の項目

有害性の項目には、人又は生物に対する毒性のほか、難分解性や高蓄積性も含まれ得る。難分解性の化学物質は環境中に長く残存し、また高蓄積性の化学物質は食物連鎖を通じて高濃度に濃縮することから（1.1.3参照）、これらの項目は化学物質の環境中や生体中での挙動（運命）を把握する上で重要である。

有害性の項目について、これまで述べてきたことを再整理して表1.2-1に示す。

②有害性評価の結果を何に使うか、なぜ必要か

有害性評価は、法遵守上も自主管理上も重要である。

法遵守の観点からは、a.化学物質の事前の審査で必要なケース、b.化学物質の情報を取引先等に伝達するために必要なケース、などがある。

まず、a.の“化学物質の事前の審査で必要なケース”について例を挙げる。

<例>2003年度改正「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律

■ 表 1.2-1 化学物質の有害性の項目

毒性	影響が出るまでの時間による分類	急性毒性 亜急性（慢性）毒性 慢性毒性 経世代毒性
	取り込み経路による分類	経口毒性 吸入毒性 経皮毒性
	作用のメカニズムによる分類	内分泌攪乱性 変異原性*1 細胞膜障害性 ⋮
	現れる症状による分類	発がん性 感作性*2 生殖毒性*3 免疫毒性*4 ⋮
	影響の出る臓器等による分類	肝毒性 腎毒性 心臓毒性 神経毒性 ⋮
	影響を受ける生物による分類	ヒト毒性 哺乳類毒性 鳥類毒性 藻類毒性 ⋮
環境中の挙動	分解性 蓄積性 ⋮	

- (注) *1 変異原性：生物の遺伝子に対し化学物質等が作用して、選択的に化学反応を起こしたり、その分子構造の一部を変えたりする性質。発がん性と関係があり、また遺伝毒性の原因となる。
- *2 感作性：感作とは、特定の化学物質やアレルギーの原因物質に繰り返し暴露されることによって、その物質に非常に鋭敏に反応するようになることを指す。
- *3 生殖毒性：化学物質等により生殖過程に有害作用を起こす毒性
- *4 免疫毒性：化学物質等により免疫系に有害作用を起こす毒性

出典：浦野²⁾、環境・安全管理用語編集委員会(2002)³⁾より作成

(化学物質審査製造規制法)^(脚注A)における新規化学物質の事前審査における有害性データの必要性

事業者がこれまで日本で製造・輸入が行われたことのない新規化学物質を製造又は輸入する場合、事業者の届出に基づき、事前にその化学物質が難分解性、高蓄積性、長期毒性を有するかどうかを審査され、判定される。

その結果、難分解性、高蓄積性、人に対する慢性毒性(又は高次捕食動物^(注1)への毒性)がある場合は、事実上製造や輸入が禁止される。

(注1) 高次捕食動物：「生活環境動植物」(その生息又は生育に支障を生ずる場合には、人の生活環境の保全上支障を生ずるおそれがある動植物)に該当する動物のうち、食物連鎖を通じて、難分解性、高蓄積性の化学物質を最もその体内に蓄積しやすい状況にあるもの。

(脚注 A) 経済産業省の化学物質管理政策のホームページ参照。
http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/index.html

■ 表 1.2-2 各法令の事前審査で義務化されている有害性試験項目等の概要

有害性項目	試験項目	農薬取締法	薬事法(新有効成分含有医薬品の申請の際に要求される最大試験項目を記載)	食品衛生法(食品添加物の場合)	化学物質審査製造規制法	労働安全衛生法
急性毒性	急性経口毒性試験	○	○			△
	急性経皮毒性試験	○				
	急性吸入毒性試験	○				
皮膚刺激性/腐食性	皮膚一次刺激性試験等	○	○			
	眼一次刺激性試験等	○	○			
呼吸器・皮膚感受性	吸入感受性試験・抗原性試験	○	○	○		
	皮膚感受性試験・抗原性試験	○	○	○		△
慢性毒性等	28日間反復投与試験	○	○*2	○	○	△
	長期毒性試験	△(1年以上)*1			△(1年以上)	
変異原性	Ames試験	○	○	○	○	○
	染色体異常試験	○	○		○	△
	小核試験	○	○		△	
	その他(DNA損傷試験等)	○	○			
発がん性	発がん性試験	○	○	○	△	△
	繁殖試験	○	○	○	△	△
	催奇形性試験	○		○	△	
水生環境毒性	魚類急性毒性試験	○				
	ミジンコ急性遊泳阻害試験	○				
	藻類成長阻害試験	○				
環境中挙動	分解性試験	○				
	濃縮性試験	○			○	
	加水分解性試験	○			○	
	吸脱着スクリーニング試験	○				
	残留性試験(農作物・土壌)	○				
		○				

(注) *1 亜急性毒性試験として90日間のデータも要求される。

*2 被験物質の臨床使用予想期間に応じて試験期間は異なる(1か月~1年)。

最新の状況は必ず各省庁のホームページ等で確認されたい。具体的には、農薬取締法は農林水産省、薬事法と食品衛生法は厚生労働省、化学物質審査製造規制法は厚生労働省、経済産業省、環境省、労働安全衛生法は厚生労働省のホームページ等を参照。特に化学物質審査製造規制法は、2003年度改正における試験項目追加に注意(本表には未記載)。

○：事前審査で義務づけられている試験項目

△：追加試験の義務づけ、あるいは事後的な確認を行っている試験項目

出典：第5回化学物質総合管理政策研究会(2002年6月6日)⁴⁾

なお、化学物質審査製造規制法、薬事法等の法令によって、事前審査で義務づけられる有害性の試験項目は異なる。概要を表 1.2-2 に示す。ただし、本表はあくまで概要であり、法改正等もあるので、詳細や最新の状況は各省庁のホームページ等で確認されたい。

次に b.の“化学物質の情報を取引先等に伝達するために有害性データが必要なケース”について、例を挙げる。

<例>化学物質管理促進法における MSDS 提供における有害性データの必要性

化学物質管理促進法では、対象事業者が対象化学物質を含有する製品を他の事業者に譲渡又は提供する際に、その化学物質の性状及び取り扱いに関する情報（MSDS）を事前に提供することを義務づけている。

MSDS で提供する情報の中に、有害性情報（発がん性、変異原性、経口慢性毒性、吸入慢性毒性、生殖/発生毒性、感作性、急性毒性、刺激性等）が含まれる^(脚注 A)。

一方、以上に述べた法遵守の観点のみならず、自主管理の観点からも有害性データのチェックは重要である。具体的には次のとおりである。

有害性に関する科学的知見が蓄積されるにつれ、いままで使用できた化学物質が新たに法規制の対象となることがある。「はじめに」で述べたように、海外の法規制の結果、納品先から特定の化学物質の使用禁止や削減を要求されることもある。このため、自社で取り扱う化学物質の種類・量に加え有害性等においても把握しておき、国内外の法規制や取引先の要求の変化に対し迅速に対応できるようにしておく必要がある。

また、工場周辺の住民や製品使用者から有害性に関する質問が寄せられたときに答えられるためにも、普段から有害性情報を収集し、整理しておくことが重要である。

③有害性の指標

有害性の評価では、化学物質の暴露量と影響との定量的関係である「量と反応の関係」が評価される。

1.1.3 で、毒性はその発現のメカニズムから閾値のある毒性と、ない毒性に分けられることを述べたが、これに応じて「量と反応の関係」の評価も異なってくる。

まず、閾値のある毒性の場合、

- ・動物試験により無毒性量を求める（→ NOAEL：無有害影響量）。

(脚注 A) 詳細は、経済産業省の化学物質管理政策のホームページ参照。

http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/index.html

MSDS：Material Safety Data Sheet、化学物質安全性データシート

■ 表 1.2-3 閾値のある毒性の「量と反応の関係」(無毒性量)の指標

	指標		意味
生物に 対して	LC ₅₀	Lethal Concentration 50%	経気道経由の1回の暴露(通常1時間ないし4時間)で、試験動物の群の50%が死ぬ空気中の物質濃度
	LD ₅₀	Lethal Dose 50% Kill 半数致死量	試験動物の群の50%が死ぬ経口投与量(mg/体重1kg)
	LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level 最低有害影響量	あるエンドポイント(観察項目)に関して有害影響が認められた最低の投与量
	NOAEL	No Observed Adverse Effect Level 無有害影響量	あるエンドポイント(観察項目)に関して有害影響が認められない最高の投与量
	NOEL	No Observed Effect Level 無影響量	毒性試験において、いかなる影響も認められない最高の投与量
人に 対して	TDI	Tolerable Daily Intake 耐容一日摂取量	一生涯摂取しても1日当たりこの量までの摂取は耐容されると判断される量。一般には、NOAEL/UFsで計算する。UFsは不確実性を表す係数の積
	ADI	Acceptable Daily Intake 許容一日摂取量	TDIと同様だが、食品添加物のように意図して添加される場合に用いられることがある

出典：環境・安全管理用語編集委員会(2002)³⁾、中小企業総合事業団(1999年度)⁵⁾より作成

・そこから人間の無毒性量を推定する(→TDI：耐容一日摂取量)。

という評価をとる。このような無毒性量の例について表1.2-3に示す^(注1)。

次に、発がんのイニシエーション(1.1.3④参照)のように閾値のない毒性の場合、極めて低い確率(例：一生涯で 10^{-6})でがんを発生させる用量を「実質的に安全で容認できる量」としたVSD(実質安全用量)等の指標がある。具体的には表1.2-4に示す。

この 10^{-6} 等の確率の設定は科学的な根拠によるものではなく、まさに

■ 表 1.2-4 閾値のある毒性の「量と反応の関係」(無毒性量)の指標

	指標		意味
人に 対して	VSD	Virtual Safe Dose 実質安全用量	極めて低い確率(一生涯で 10^{-5} あるいは 10^{-6} 等)でがんを発生させるのに必要な1日暴露量の推定値
	UR	Unit Risk 単位リスク	単位濃度に対するリスクで、吸入(飲水)する場合、吸気 $1m^3$ (飲水1L)当たり $1\mu g$ の単位に対し一生涯(70年)にわたって継続して暴露したときの発がんリスクの確率の増加分を意味する

出典：環境・安全管理用語編集委員会(2002)³⁾、中小企業総合事業団(1999年度)⁵⁾、国立医薬品食品衛生研究所(1997)⁶⁾より作成

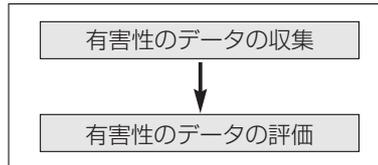
(注1) 1.1.3④での「暴露量」は、臓器に到達した化学物質の量を指していました。しかし動物試験等で「量と反応の関係」を調べる際に、このような「臓器に到達した暴露量」を計測するのは難しく、実際は「試験動物への投与量等と影響との関係」が評価されます。

前述の「許容範囲」“How safe is safe ?”にかかわってくるところである。

④有害性評価の手順

有害性の評価は図 1.2-4 の手順で行う。

■ 図 1.2-4 有害性評価の手順



④-1 有害性のデータの収集

有害性のデータの収集の方法は、以下のとおりである。

- ・既存の文献、データベース、MSDS から収集する。
- ・自ら有害性の試験を行う、あるいは外部に委託する。

有害性のデータを収集できる文献やデータベースの例について表 1.2-5 に示す。

■ 表 1.2-5 有害性のデータを入手できる文献やデータベースの例

種別	文献名、データベース名	発行団体など	備考
文献	「化学物質の毒性情報の検索」	JETOC特別資料No.116、1998年1月、(社)日本化学物質安全情報センター発行	この分野のデータベース等を詳しく紹介
文献	「化学物質ハザード・データ集」	通商産業省基礎産業局化学物質管理課監修、(財)化学物質評価研究機構編集、第一法規出版(株)発行	国内の専門家が評価したデータを集めたもの
データベース	「化学物質毒性データベース(化学物質毒性試験報告)」	厚生労働省	http://www.wdb.mhlw.go.jp/ginc/html/db1-j.html
データベース	「PRTR法指定化学物質有害性データ検索」	環境省	http://www.env.go.jp/chemi/prtr/db/index.html
データベース	「国際化学物質安全性カード(ICSC)日本語版(全訳)」	国立医薬品食品衛生研究所	http://www.nihs.go.jp/ICSC/
データベース	「環境保健クライテリア(EHC)の抄録和訳」	国立医薬品食品衛生研究所	http://www.nihs.go.jp/DCBI/PUBLIST/ehchsg/ehctran.html
データベース	「国際簡潔評価文書(CICAD)要約和訳(一部全訳)」	国立医薬品食品衛生研究所	http://www.nihs.go.jp/cicad/cicad2.html
データベース	「化学物質情報」	中央労働災害防止協会安全衛生情報センター	http://www.jaish.gr.jp/anken/html/select/ankg00.htm
データベース	「化学物質総合情報提供システム」	(独)製品評価技術基盤機構化学物質管理センター	http://www.safe.nite.go.jp/japan/db.html
データベース	「化学物質安全性(ハザード)評価シート(全文)」	(財)化学物質評価研究機構	http://www.cerij.or.jp/ceri_jp/koukai/sheet/sheet_ind4.htm
データベース	「化学物質データベース(WebKis-Plus)」	(独)国立環境研究所	http://w-chemdb.nies.go.jp/
データベース	「化学物質安全情報提供システム-インターネット対応KIS-NET-」	神奈川県環境科学センター	http://www.k-erc.pref.kanagawa.jp/
データベース	「化学製品情報データベース」	(社)日本化学工業協会	http://61.204.48.89/jciadb/

出典：環境・安全管理用語編集委員会(2002)³⁾、中小企業総合事業団(1999年度)⁵⁾より作成

■ 表 1.2-6 化学物質の有害性試験の方法の例（化学物質審査製造規制法の場合）

	試験の種類	試験の目的	試験方法
環境中 運命	分解度試験	化学物質が環境中に放出されたとき自然的作用（主に微生物の作用）により変化を受けるかどうか調べるための試験	被験物質溶液に活性汚泥を接種して原則28日間培養し、酸素消費量の変化を経時的に測定する等により分解性を評価する。
	濃縮度試験	魚介類への化学物質の濃縮性の程度を調べるための試験	ヒメダカ、コイ等を用いて、魚に著しい生理的障害を与えない濃度で、28日間又は定常状態に達するまで（最長60日間）試験を実施。設定した水中濃度と測定した被験物質の魚体中濃度から、魚介類への濃縮倍率を算出する。
スクリーニング毒性	変異原性試験	化学物質の突然変異誘発性を評価するための試験	ネズミチフス菌及び大腸菌を使用し、復帰突然変異コロニー数を計測する。
	Ames試験 染色体異常試験	化学物質の染色体異常誘発性を評価するための試験	チャイニーズハムスター線維芽細胞株等を使用し、染色体異常を持つ細胞の出現率等を調べる。
長期毒性 の判定の 際の評価 項目	28日間反復投与毒性試験	化学物質による生体の機能、形態の変化を調べるための試験	ラットの雄及び雌を使用し28日間連続して経口投与を行い、死亡率、出現する変化、最大無作用量、可逆性（2週間の回復期間における毒性影響の変化の様相、遅発性影響の発現）の程度等を評価する。
	慢性毒性試験	化学物質の慢性毒性を明らかにするための試験	動物に被験物質を長期間（12か月以上）連続投与したときに現れる生体の機能及び形態等の変化を観察する。
	生殖能及び後世代に及ぼす影響に関する試験	化学物質の生殖能及び後世代の発生に及ぼす影響を明らかにするための試験	動物の雄及び雌に被験物質を多世代にわたり投与する。
	催奇形性試験	化学物質の胎子の発生に及ぼす影響、特に催奇形性を明らかにするための試験	胎子の器官形成期に妊娠動物に被験物質を投与する。
	変異原性試験	比較的簡便な短期間の試験により、化学物質の発がん性等を予測するための試験	必要に応じ、スクリーニング毒性試験の2試験にげっ歯類を用いる小核試験を追加する。
	がん原性試験	化学物質のがん原性の有無を明らかにするための試験	動物に被験物質をほぼ一生涯にわたる期間連続投与する。
	生体内運命に関する試験	化学物質の生体内における動態を把握するための試験	動物に被験物質を投与し、吸収、分布、蓄積、代謝、排泄等を調べる。
	薬理学試験	化学物質の薬理学的特性を明らかにするための試験	

出典：第3回厚生科学審議会化学物質制度改正検討部会 化学物質審査規制制度の見直しに関する専門委員会、第10回産業構造審議会化学・バイオ部会化学物質管理企画小委員会及び第3回中央環境審議会環境保健部会化学物質審査規制制度小委員会合同会合（2002年12月5日）⁷⁾ より作成

また、有害性の試験方法について、化学物質審査製造規制法を例に表 1.2-6 に示す。

なお、このような有害性試験を受託する機関については、例えば、「化学物質環境・安全管理用語事典（改定第2版）」（環境・安全管理用語編集委員会編、化学工業日報社、2002）³⁾の「参考資料」等に記載がある。

④-2 有害性のデータの評価

④-1 のようにして入手した有害性のデータについて、次のような点からの吟味が必要である。

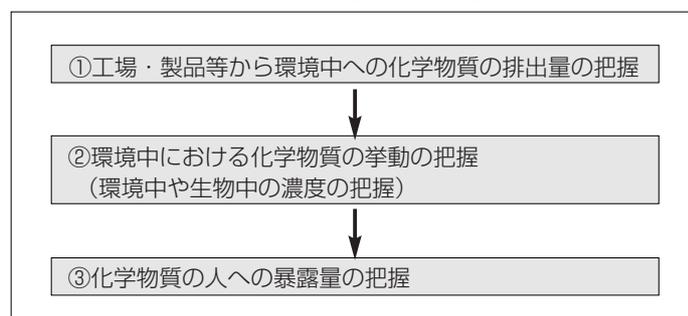
- ・データの信頼性：そのデータが適切な試験法で得られたものか、統計的処理が適切か、試験結果の解釈が適切かなどの信頼性を確認する必要がある。
- ・データ間のさまざまな差異：複数のデータ間で結果が異なることが多い。表 1.1-2 のダイオキシンの LD₅₀ でも、同じ種の毒性データで値にかなりの幅があることが分かる。
このような差異には、試験の方法や試験動物の個体差等、さまざまな要因が影響している可能性がある。
- ・人と動物との差異等：前述のように人の無毒性量は動物試験で得られた無毒性量から推定している。しかし動物種によって無毒性量は異なる。さらに動物と人とは酵素や代謝のメカニズム等が違う。そもそも個人の体質等にも差がある。

つまり④-1 で収集したデータについて、どれが一番信頼できるか、どのデータを採用するか、不確実性はどの程度あるのかなどについて判断が必要となるが、このような判断は、専門家でないとなかなか困難な場合が多い。

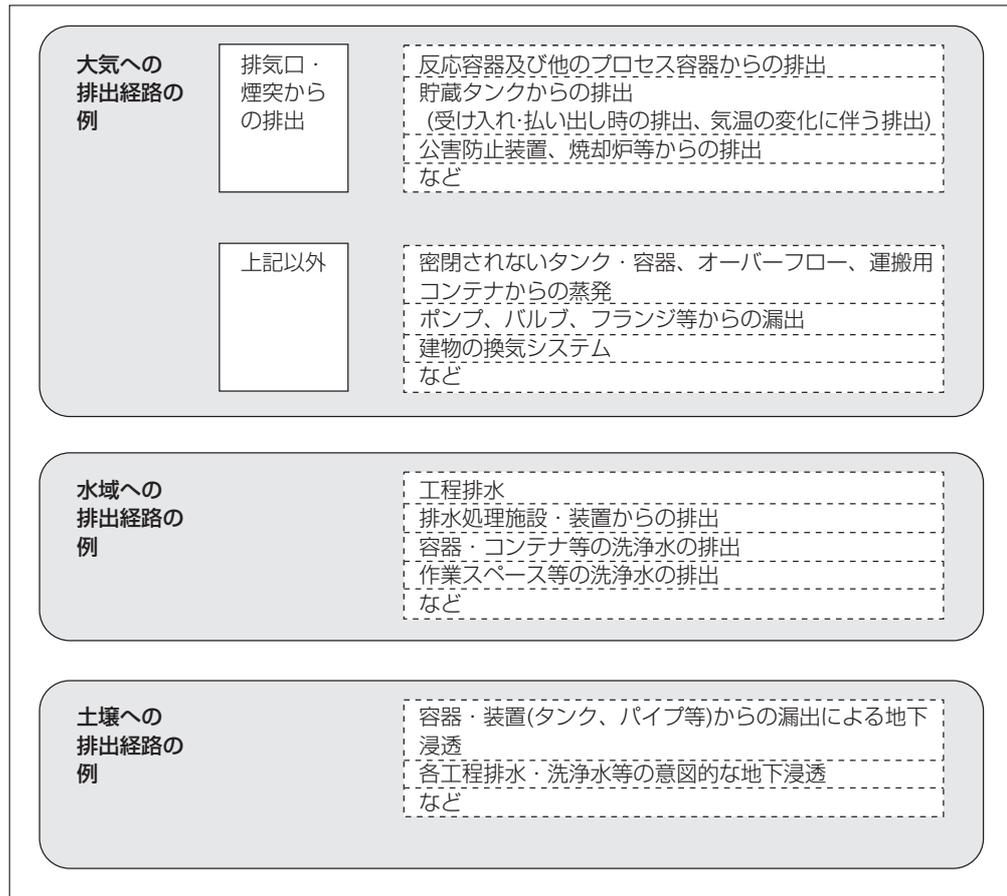
2) 暴露評価

環境中に排出される化学物質が人に暴露されるまでの経路は、既に図 1.1-3 に示したとおりである。この経路に従って暴露評価を進めていくこととなる（図 1.2-5）。

■ 図 1.2-5 暴露評価の手順



■ 図 1.2-6 工場等から環境中への化学物質排出経路の例



出典：経済産業省、環境省（2003年1月）⁹⁾より作成

①工場・製品等から環境中への化学物質の排出量の把握

①-1 環境中への排出の種類

大気、水域、土壌等への排出がある。このような排出経路について、工場等からの排出と、製品からの排出に分けて説明すると、次のようになる。これら環境中への排出経路は多様である。

まず工場等の場合、大気中への排出としては、煙突、排気口だけではなく、タンクからの蒸発やパイプの継ぎ目からの漏洩等もある。水域への排出としては、工程排水だけではなく、容器や作業場の洗浄水等もある。土壌への排出としては、移送や移し替え時等の漏洩がある（図 1.2-6）。

次に製品の場合、消費者が製品をどのような方法・条件で使用・廃棄するかによって排出経路が異なってくると想像される。

①-2 排出量のデータを何に使うか、なぜ必要か

化学物質の排出量をもとに、次の②で環境中等での濃度を評価することとなる。

工場等からの排出の場合、2001年施行の化学物質管理促進法では、対象事業者は354の化学物質について、事業所からの環境への排出量及び廃棄物に含まれた形での事業所外への移動量を把握し、国に届け出る義務がある（PRTR制度）。

このような排出量算出は、法遵守の点だけではなく、化学物質の自主管理に活用できる貴重なデータが得られる点からも重要である。

例えば、工程等で取り扱う化学物質と最終的な製造品に含まれる化学物質とを比べ、大きな差があれば、工程のどこかで化学物質が環境中へ排出されている可能性がある。この場合、各工程からの排出量について、実測や各種の算定式を用いて算定し、環境中への排出が多い工程を見つけ出して、排出量削減対策をとる必要がある。

また、いったん各工程・各物質ごとの排出量を把握したら、そのデータ、手順、式、仮定等について記録し、冊子等の形で整理しておく、排出量算出方法や排出量削減対策について専門家に相談するとき役立つ。さらに、このような記録は現状での排出量の把握だけではなく、工場の工程や設備を変更したときの排出量や、各種の排出量削減対策をとったときの排出量を事前に算定するのにも参考になる^(注1)。

なお、このようにして把握した排出量のデータは近隣の住民に対し、自社の排出量の実態や具体的な排出削減対策について説明し、化学物質管理体制への信頼感向上に役立てるためにも重要である（(3)のリスクコミュニケーション参照）。

①-3 排出量の把握方法

工場等からの排出については、PRTR制度のための排出量等の算出マニュアル等があり、これを参考にできる。

例えば、経済産業省と環境省のホームページ^(脚注A)には、このような算出マニュアルや作業シートが用意されている。さらに各業種ごとの算出マニュアルも紹介されている。

中小企業総合事業団や（社）日本化学工業協会のホームページも参考となる^(脚注B)。これらの団体では、PRTR制度対応のためのパンフレット

(注1) ただし現状の排出量算定で用いた仮定等が、工程変更時や排出量削減対策実施時にそのまま適用できるか、十分な吟味が必要です。

(脚注A) 経済産業省の化学物質管理政策のホームページ参照。

http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/index.html

環境省のPRTRのホームページ参照。

<http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>

(脚注B) 中小企業総合事業団の化学物質排出把握管理促進法関連報告書ホームページ参照。

<http://www.jasmec.go.jp/kankyo/h15/book/cs.html>

（社）日本化学工業協会のホームページ参照。

<http://www.nikkakyo.org/>

や冊子の配布や、教育研修や講習会の開催等も行っている。

②環境中における化学物質の挙動の把握(環境中や生物中の濃度の把握)

自社の工場等からの排出によって環境中での濃度がどのようになるかについて把握する。

そのためには、工場の敷地境界あるいは周辺環境中の濃度を実測することが基本となる。

また、シミュレーションモデル(運命モデル、1.1.3 参照)を用いて、①で得られた工場・製品等の排出量から環境中の濃度を予測するという方法もある。

この運命モデルについて以下に詳述する。

②-1 運命モデルとは何か、何に用いられるか

運命モデルは、大気、土壌、水域等における化学物質の移動、拡散、化学変化等のさまざまな現象(図 1.1-4)を組み込んだモデルである。

運命モデルでは、排出量に応じた環境中での濃度が予測できる。このため、現状での環境中濃度のほか、工程・設備・製品設計の変更時や排出量削減対策時における環境中濃度の予測が可能となる(注1)。

運命モデルのイメージを図 1.2-7 に示す。

図 1.2-7 では大気、土壌、水域等のすべてを濃度予測対象としているが、これらのうちどれか一つを対象にした運命モデルもある。

また、大気、土壌、水域での詳細な濃度分布が得られる運命モデル(図 1.2-8)もあれば、大気を1ボックス、水域を1ボックス、土壌を1ボックス等とし、各ボックスでの平均濃度が得られる運命モデル(図 1.2-9)もある。

②-2 運命モデルの例

運命モデルの具体例について示す。

<例>運命モデルの例

図 1.2-10 は、運命モデルにより多摩川の上流から下流までの化学物質の濃度分布を計算した結果である。

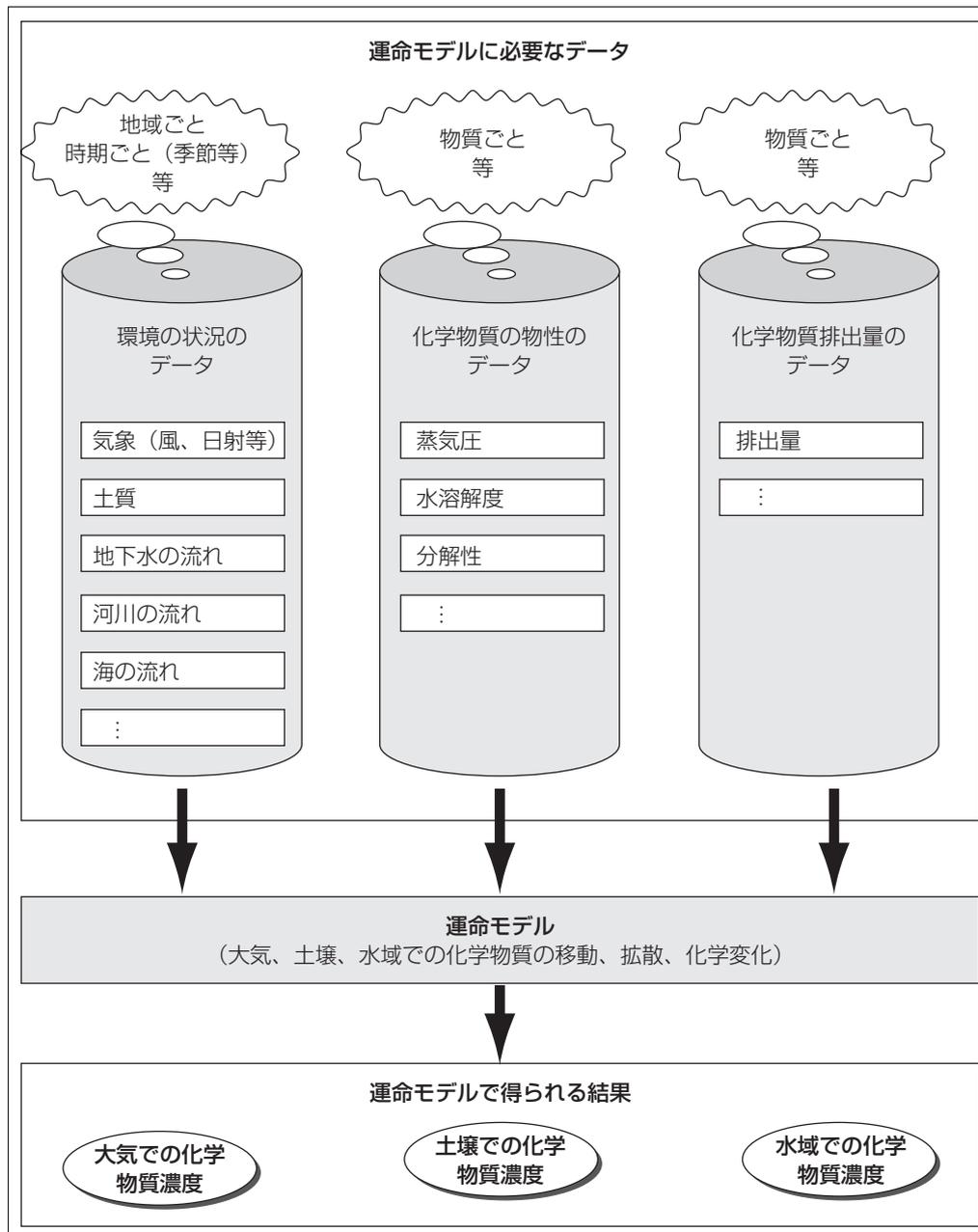
図 1.2-10 の運命モデルの中に組み込まれた移動、拡散等の現象について、図 1.2-11 に示す。

②-3 運命モデルに必要なデータと、それを組み込んだシステムの例

運命モデルで化学物質の濃度を予測するのに必要なデータとして、化学物質の排出量がある。自社の排出量については①の排出量把握データ

(注1) ただし、入力する環境データ等については、現状と対策時で同じものが使用できるか、吟味が必要です。

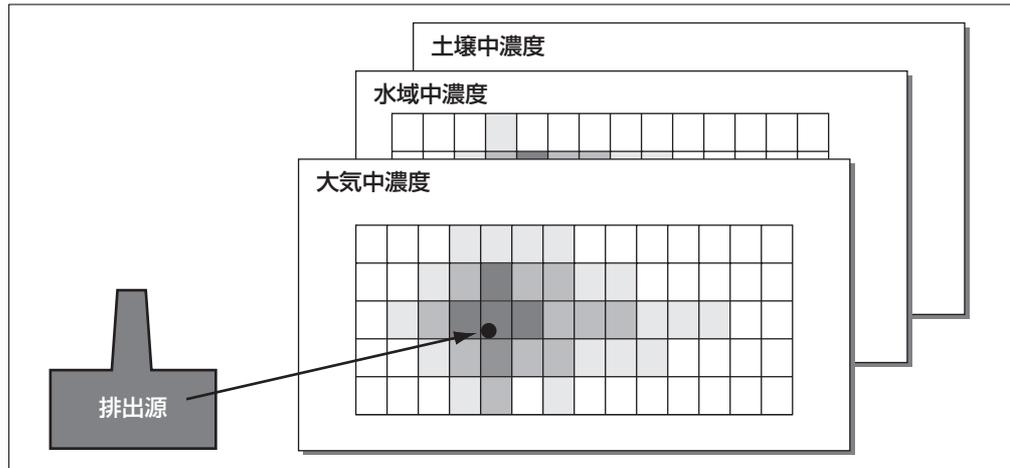
■ 図 1.2-7 運命モデルのイメージ



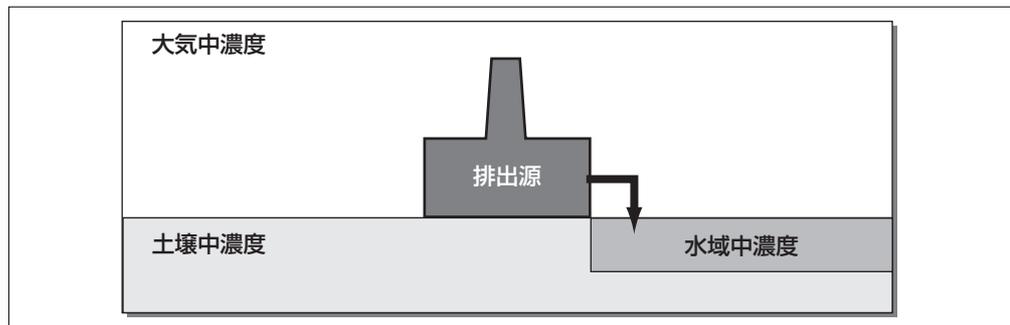
を利用できるが、自社以外の排出量については、別途調べる必要がある（PRTR制度で事業者が届け出た対象化学物質の排出量等については開示を請求できる。また、家庭や農地、自動車などからの排出量については、経済産業省と環境省が推計し、公表する）。

また、環境の状況や化学物質自体の物性（分解性等）のデータも運命モデルには必要である（図 1.1-6 及び図 1.2-7 参照）。一般に、このようなデータをそろえるのは大変だが、これらをデータベース化して運命モデルとともに組み込んだシステムがあり、講習会等も開催されている。例

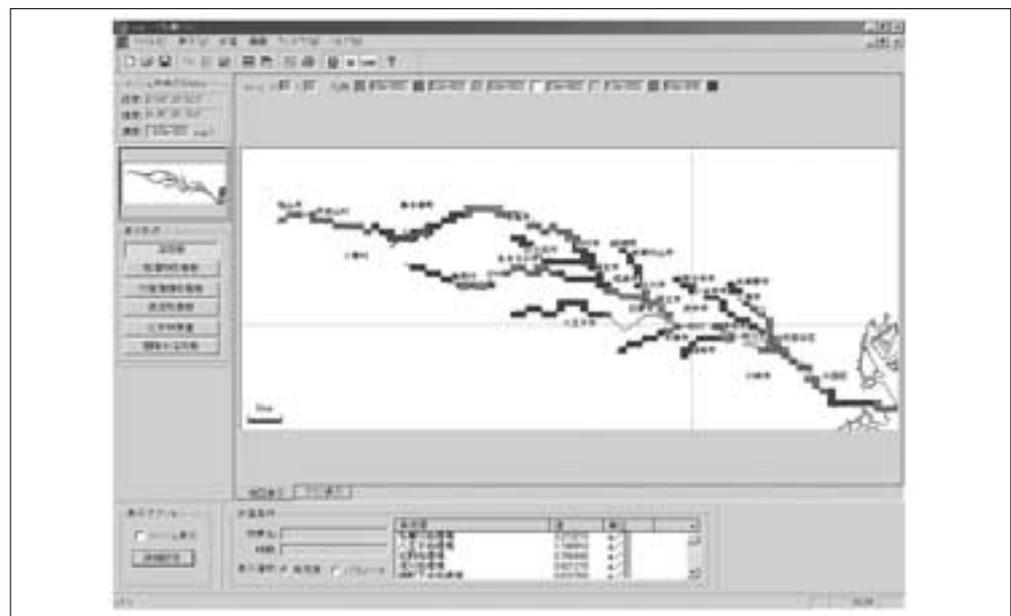
■ 図 1.2-8 大気あるいは土壌あるいは水域における詳細な濃度分布が得られるタイプの運命モデル（イメージ）



■ 図 1.2-9 大気、土壌、水域をそれぞれ1ボックスとして各ボックスの平均濃度が得られるタイプの運命モデル（イメージ）

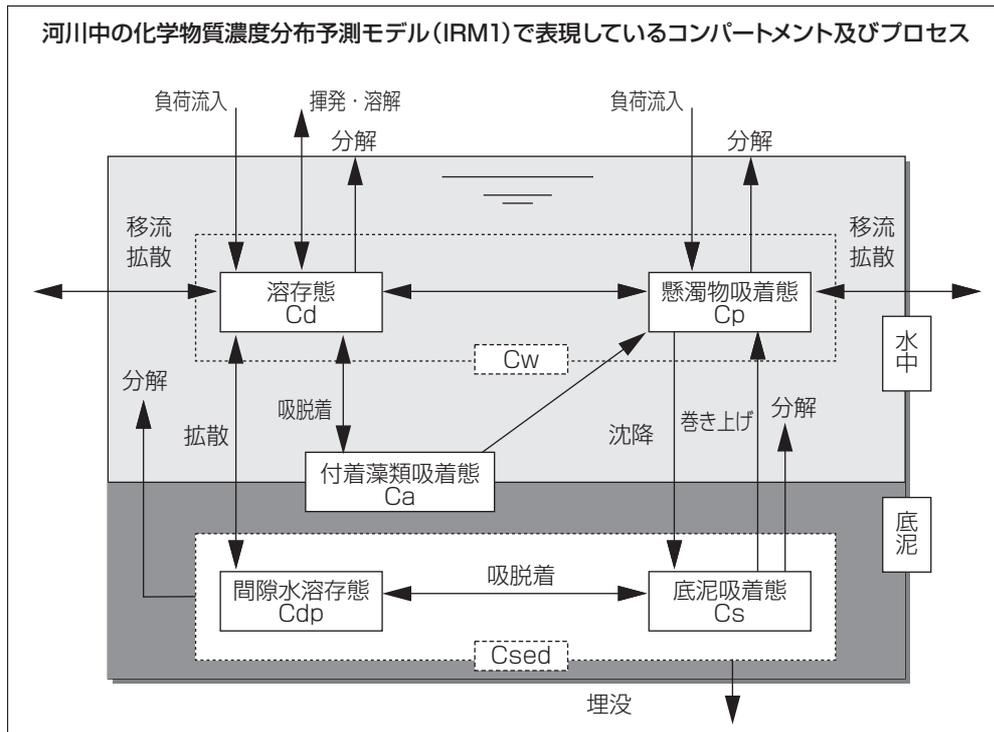


■ 図 1.2-10 多摩川における化学物質の濃度分布（運命モデルの計算結果）



出典：（財）化学物質評価研究機構の委託により（株）富士総合研究所が開発したシミュレーションモデル（IRM1 モデル）

■ 図 1.2-11 図 1.2-10 の運命モデルに組み込まれた現象



出典：(財)化学物質評価研究機構の委託により(株)富士総合研究所が開発したシミュレーションモデル(IRM1モデル)

を次に挙げる。

<例>運命モデルのシステム

- ・ (独)産業技術総合研究所化学物質リスク管理研究センターのADMER^(脚注 A)
- ・ (社)日本化学工業協会のChemPHESA21^(脚注 B)

②-4 運命モデルの不確実性

一般に、運命モデルから得られた化学物質の濃度には**不確実性**があり、絶対的な値ではないことに注意すべきである。

このような不確実性には、運命モデル自体の不確実性と、運命モデルに入力するデータの不確実性とがある。

このうち運命モデル自体の不確実性は、運命モデルにおいて物質の移

(脚注 A) 正式名称「産総研—暴露・リスク評価大気拡散モデル」(AIST-ADMER), National Institute of Advanced Industrial Science and Technology - Atmospheric Dispersion Model for Exposure and Risk Assessment.

(独)産業技術総合研究所化学物質リスク管理研究センターの以下のホームページ参照。

<http://www.riskcenter.jp/ADMER/>

(脚注 B) (社)日本化学工業協会ケミカルリスク研究会のホームページ参照。

<http://www.chemrisk.org/index.html>

なお、本システムは環境影響だけでなく、火災爆発危険度や労働者暴露も取り扱っている。

動、拡散、化学変化等を何らかの形で簡略化してモデル化していることに原因がある。このようなモデルの簡略化の例を次に挙げる。

<例>光化学オキシダント予測モデルにおける簡略化

光化学スモッグの主成分である光化学オキシダントは、揮発性有機化合物（VOC）の光化学反応によって生成される。このような光化学反応を組み込んで、光化学オキシダントの濃度を予測するモデルを「光化学オキシダント予測モデル」という。

しかし VOC の種類は 100 種以上にのぼり、それぞれ反応しやすさや反応の経路が異なり、これら多種多様な反応をそのままモデルに組み込むのは難しい。そこで多くの光化学オキシダント予測モデルでは、VOC の種類や反応経路をある程度単純化している。

次に、データの不確実性にはどのような原因があるか。環境の状況のデータの場合（図 1.2-7）、観測頻度や観測条件等が挙げられる。例えば、河川や海は観測の頻度が非常に少ないので、たまたま得られたデータがその地域や季節の平均的な状態を表していない可能性がある。このようなデータを運命モデルに入力しても、得られた化学物質濃度は、地域や季節の代表的な状態であるとはいえない。

③化学物質への人の暴露量の把握

②で把握された環境中の化学物質の濃度から、食物（農産物、畜産物等）、飲料水、呼吸を通じた人への**暴露量**を算定する。

暴露量の算定方法の「考え方」は、大まかには次のとおりである。

- ・ **空気経由**：空気中の化学物質濃度×人間の呼吸量
- ・ **食物経由**：食物中の化学物質濃度×食物摂取量
- ・ **飲料水経由**：飲料水中の化学物質濃度×飲料水摂取量

空気経由については、厳密には室内空気による暴露と室外の大気による暴露がある。主婦や屋内労働者などの職業の場合、前者の室内空気に暴露する時間の方が長くなると予想される。

食物経由は、食べた農作物・魚介類の生産地と、その摂取量によって地域差や個人差が予想される。

飲料水経由は、住居や職場の地域による差が予想される。

以上のような暴露量の差異要因については、何らかのシナリオや仮定を置いて暴露量を推定せざるを得ない。例えば、A 地域の住民はすべて A 地域で取れた野菜を食べるなどの仮定である。これは現実にはあり得ない仮定だが、A 地域の野菜に化学物質が多く含まれると予想される場合、この仮定によって A 地域の住民のリスクの最大値が得られることとなる。このようにシナリオや仮定を置く場合、それが平均的なリスクを表す

のか、最大のリスクを表すのかについて認識しておくことが重要である。

暴露量の推定の例として、環境庁（当時）によるダイオキシン類のリスク評価で行われた暴露量推定について表 1.2-7 に示す。

■ 表 1.2-7 環境庁による我が国の一般的な生活環境からの平均的なダイオキシン類暴露量の推定

	大都市 地域 (pg/(kg・日))	中小都市 地域 (pg/(kg・日))	バックグラウンド 地域 (pg/(kg・日))
食物	0.26~3.26	0.26~3.26	0.26~3.26
大気	0.18	0.15	0.02
水	0.001	0.001	0.001
土壌	0.084	0.084	0.008
計	0.52~3.53	0.50~3.50	0.29~3.29

出典：環境庁ダイオキシンリスク評価研究会（1997）⁹⁾

なお、②で説明した運命モデルの中には、環境中濃度の予測だけではなく③の暴露量まで計算するものもある。

3) リスク評価

2) の暴露量評価で得られた暴露量と、1) の有害性評価で得られた無毒性量や実質安全用量とを比較し、3) でリスクを判定する。1) より 2) が大きい場合、何らかのリスク削減対策をとることとなる（(2) 参照）。

1) ~ 3) の一連の手順については、中小企業総合事業団が「中小企業向け化学物質のリスクアセスメントテキスト」を出している（脚注 A）。また（社）日本化学工業協会のケミカルリスク研究会（脚注 B）では、リスクアセスメントの手法やシステム（p.37 の ChemPHESA21）について紹介している。

なお、これまで述べたように 1)、2)、3) とともに何らかの不確実性を含んでいる。今後、科学的知見の蓄積に応じて、リスク評価の手法やデータを随時見直していく必要がある。

(2) リスク削減の対策策定と実施

(1) のリスク評価の結果をもとに、リスク削減の対策を策定することとなる。(1) のリスク評価での「暴露量÷無毒性量（実質安全用量）」（表 1.2-4 参照）が 1 を超えた場合どのようなアクションをとるかについて、事前に決めておく必要がある。例えば、1 を超えたら直ちにリスク削減対策（物質の使用とりやめ、削減）をとる、リスク評価をさらに詳細・厳密に行う

（脚注 A） 中小企業総合事業団の化学物質排出把握管理促進法関連報告書ホームページ参照。
<http://www.jasmec.go.jp/kankyo/h15/book/cs.html>

（脚注 B） （社）日本化学工業協会ケミカルリスク研究会のホームページ参照。
<http://www.chemrisk.org/index.html>

などである。

このようなリスク評価結果に基づくリスク削減対策の決め方については、企業が自社の事例を公開している例がある。これについては後述の表 1.2-13 と図 1.2-14 で紹介しているので、参照されたい。

具体的には化学物質のリスク削減の対策としては、「**有害性の低い物質への代替**」と「**暴露量のコントロール**」がある。これは、化学物質のリスクが有害性と暴露量から決まることに対応している。

○有害性の低い物質への代替

毒性には図 1.1-9 に示すようなさまざまな種類があり、ある種類の毒性に着目して代替した結果、別の種類の毒性が強くなるよう注意する必要がある。

また、後の 1.3 で述べるように、化学物質の管理は環境影響の防止のためだけの管理では不十分である。例えば事業所であれば、爆発等の事故や労働者の健康被害を防止する必要がある。製品であれば、消費者の使用中的事故と健康被害に考慮する必要がある。化学物質を代替した結果、これらの面に悪影響を及ぼすことがないように注意しなければならない。

○暴露量のコントロール

＜事業所からの排出削減＞

次のような対策が考えられる。

- a. 排ガス処理や排水処理等の公害防止装置設置
(エンドオブパイプ型の対策)
- b. 工程そのもの見直し
- c. 操業条件の改善その他

上記のうち a. の「**エンドオブパイプ型の対策**」の場合、排ガス処理装置の稼働やメンテナンスの過程で、再び化学物質が環境中に排出する可能性が生じてしまう。例えば、排ガス処理のバグフィルターの洗浄水や活性炭の水蒸気再生後の分離水、排水の曝気処理後の空気や凝集沈殿処理後の汚泥等には、排ガスや排水から除去した化学物質が移行することとなる。これらの適切な処理が必要となり、産業廃棄物として処理等を委託する場合はそのコストがかかる。

このため、b. の「**工程そのもの見直し**」の方が長期的にみて効率的ということもあろう。しかし、一工程の見直しは前後の他の工程にも影響を及ぼす可能性があるため、注意する必要がある。

c. の「**操業条件の改善その他**」は、燃焼温度を最適な状態に制御する等の方法で化学物質の排出量を削減するものである。例えば、「蒸発しやすい液体の入った容器にふたを置く」等の日常の工夫で実施できるも

のも含まれる。少ない費用で意外に大きな排出量削減効果が得られることがあるので、改善を積み重ねていくことが有益である。しかし、このときに大切なのは、やはり相手たる化学物質の物理化学的特質について正確に理解しておくことである。このような理解なしでは、効果的な排出量削減は望めないどころか、事故の危険性すらあることは、過去に起きた臨界事故からも明らかであろう。

なお、化学物質管理促進法の**化学物質管理指針**には、主たる工程ごとに

- a. 指定化学物質の排出量抑制のための対応事項
- b. 指定化学物質の使用合理化のための対応事項

が記載されている。参考のため**表 1.2-8**、**表 1.2-9**に掲載する。

＜製品からの排出削減＞

消費者等に対し、化学物質の環境排出の少ない使用、廃棄、リサイクルを行うための情報を伝達することが重要である。

使用時については、安全に製品を使用するための情報（火災やけが等の事故や、かぶれや中毒等の健康被害を防止するための情報）が取扱説明書に表示されていることは多いが、これに加えて環境に配慮した使用方法についての情報も有益である。

廃棄、リサイクル時については、**資源有効利用促進法**により、飲料・酒類用のスチール缶及びアルミ缶、飲料・酒類・しょう油用の PET ボトル、プラスチック製容器包装、紙製容器包装について、消費者が分別廃棄する際に、容器包装の区分を容易に識別できるよう**マークの表示**が義務づけられている。これに加え、「製品自体」の分別廃棄に役立つ説明をつけるのも有益と考えられる。

なお、製品設計～原料選択～製造方法～使用方法～リサイクルなど製品の全ライフサイクルを見通した技術革新により、人と環境の健康・安全、省資源・省エネルギーなどを実現する化学技術として、「**グリーン・サステイナブル ケミストリー**」（グリーンケミストリー、サステイナブル ケミストリー）が提唱されている（**表 1.2-10**）。日本のグリーン・サステイナブル ケミストリーを推進するため、「**グリーン・サステイナブル ケミストリー ネットワーク**」が設立され、研究開発推進や情報交換等を行っている^(脚注 A)。

このようなグリーン・サステイナブル ケミストリーはリスク削減策として役立つと考えられる。

(脚注 A) グリーン・サステイナブル ケミストリー ネットワークのホームページ参照。
<http://www.gscn.net/index.html>

■ 表 1.2-8 化学物質管理促進法：化学物質管理指針—主たる工程ごとの指定化学物質排出量抑制のための対応事項（要約）

工程	対応事項	
	化学物質排出の原因	排出量削減対策
ア. 貯蔵（入出荷、移送、分配を含む）工程	・ 貯蔵施設、移送設備等からの漏洩、飛散、揮発 等	・ 貯蔵タンク等の施設及び設備の密閉化 ・ 物質の入出荷ロスの防止 等 特に、揮発性が高い物質を取り扱う場合 ・ 還流装置（ベーパーリターンライン）の設置 ・ 浮屋根式構造を有する貯蔵設備の設置 等
イ. 製造（反応、混合、熱処理等）工程	・ 反応槽、混合槽等の装置からの揮発又は漏洩 ・ 排水に含まれての排出、バルブやフランジ等からの漏洩 等	・ 反応装置等の密閉構造化 ・ 排ガス処理装置又は排水処理装置の設置 等
ウ. 機械加工工程	・ 切削、研磨、粉碎、押し出し等の作業を行う場合の発じん、潤滑油、切削油剤等の漏洩、揮発 等	・ 集じん装置等の設置 ・ 潤滑部の密閉化 等
エ. 脱脂工程及び洗浄工程	・ 脱脂剤又は洗浄剤からの揮発 等 ・ 水溶性溶剤を含む排水 等	・ 脱脂装置又は洗浄装置の密閉構造化 ・ 作業方法の改善 （洗浄槽における適正な温度管理、十分な液切りの実施等） 等
オ. 塗装工程、印刷工程及び接着工程	・ 溶剤、顔料等からの揮発又は飛散 ・ 排水 等	・ 塗装等に用いる設備等の密閉構造化 ・ 乾燥装置の適切な温度管理 ・ 排ガス処理装置又は排水処理装置の設置 等
カ. めっき工程	・ めっき液からの揮発又はめっき液のミスト（霧状の微小な液滴）の飛散 ・ めっき液を含む排水 等	・ 洗浄集じん装置又は排水処理装置の設置 ・ めっき装置の材質の改善 等
キ. 染色工程及び漂白工程	・ 染料、漂白剤又は溶剤からの揮発 ・ 排水 等	・ 染色装置、漂白装置等の密閉構造化 ・ 排ガス処理装置又は排水処理装置の設置 等
ク. 殺菌工程及び消毒工程	・ 消毒剤、防腐剤、殺菌剤等からの揮発 ・ 排水 等	・ 殺菌設備、消毒設備等の密閉構造化 ・ 排ガス処理装置又は排水処理装置の設置 等
ケ. その他の溶剤使用工程	・ 溶剤等を使用する作業 等	・ 溶剤使用装置、乾燥装置等の設備の密閉構造化 ・ 乾燥装置等の適正な温度管理 ・ 排ガス処理装置又は排水処理装置の設置 等
コ. その他の燃焼工程	・ 非意図的に生成	・ 燃焼温度の管理 ・ 2次燃焼装置、排ガス冷却装置等の設置 等

■ 表 1.2-9 化学物質管理促進法：化学物質管理指針—主たる工程ごとの指定化学物質使用合理化のための対応事項（要約）

工程	対応事項（使用量合理化対策）
ア．貯蔵（入出荷、移送、分配を含む）工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 固定屋根式タンクから排出される蒸気、還流装置から回収される蒸気等の冷却・凝縮による回収 ・ 吸収液及び吸着液の蒸留等による再生 等
イ．製造（反応、混合、熱処理等）工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製品の製造における反応器、蒸留装置、燃焼器等の温度、圧力、滞留時間、還流比等の反応条件及び燃焼条件の最適化等 ・ 反応槽等から排出される蒸気等の冷却、凝縮による回収 ・ 吸収液及び吸着液の蒸留等による再生
ウ．機械加工工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 設計又は作業の適正化等により、切削くず等の発生の抑制 ・ 切削くず等に付着した切削油剤等については、遠心分離器等の設置等による回収及び再利用 等
エ．脱脂工程及び洗浄工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 洗浄の多段化、物理的方法の併用等による洗浄剤、溶剤等の使用の合理化 ・ 洗浄後の廃溶剤等については、次による溶剤回収型排ガス処理装置の設置 <ul style="list-style-type: none"> ・ 溶剤蒸留回収装置を用いる方法 ・ 冷却、凝集を行う方法（冷却凝集法） ・ 活性炭を利用して吸着し、これを冷却等により液化する方法（活性炭吸着法） 等
オ．塗装工程、印刷工程及び接着工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 塗着又は塗装の効率のより高い塗装方法の採用、塗膜厚の管理等の作業方法の改善等による塗料等の使用の合理化 ・ 冷却凝縮法、活性炭吸着法等による溶剤回収型排ガス処理装置の設置 等
カ．めっき工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 液切り手法の最適化等により、被めっき物とともに持ち出されるめっき液量の抑制 ・ 持ち出されためっき液、めっき後の水洗排水等に含まれる金属イオン等については、回収槽の設置、電解回収、イオン交換樹脂その他 等
キ．染色工程及び漂白工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 染色剤及び漂白剤の循環利用 ・ 酸素漂白等の指定化学物質等の使用がより少ない染色手法及び漂白手法の利用 ・ 使用後の漂白剤、染色剤等は、回収型排ガス・排水処理装置等の設置 等
ク．殺菌工程及び消毒工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 殺菌剤及び消毒剤の循環利用 ・ 加熱殺菌等の指定化学物質等の使用が少ない代替殺菌技術の利用 等
ケ．その他の溶剤使用工程	<ul style="list-style-type: none"> ・ 冷却凝集法、活性炭吸着法等による溶剤回収型排ガス処理装置の設置 等

■ 表 1.2-10 グリーンケミストリーの目指すもの

- ・ 廃棄物を出してから処理するのではなく、始めから出さない。
- ・ 環境や人体に対して毒性の少ない物質を使って合成する。
- ・ 機能が同じなら、できるだけ毒性の少ない物質をつくる。
- ・ 溶媒はできるだけ毒性の少ないものを使う。
- ・ エネルギー消費を最小限にする。
- ・ 可能な限り、化石燃料などの枯渇性資源ではなく再生可能な原料を使う。
- ・ 触媒を活用する。
- ・ 化学製品は使用后、無害なものに分解し、残留性がないようにする。
- ・ 爆発、火災、有害物質の漏出などの事故が起こらない安全な方法をとる。

出典：グリーン・サステイナブル ケミストリー ネットワーク（2003）¹⁰⁾

(注1) この報告書¹⁾には、さまざまな主体によるリスクコミュニケーションの例が多数紹介されています。

(3) リスクコミュニケーション

これまで述べてきたように、化学物質管理においてリスクコミュニケーションは重要である。

リスクコミュニケーションの最終的ゴールは、次のように分けて考えられる(新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)報告書、2003年3月)^(注1)。

- a. 知識・情報の伝達：ホームページ、環境報告書等
- b. 意見交換：不定期的・定期的会合、常設組織の設置と運営等
- c. 合意形成

a.→b.→c.と進むにつれて難易度が高くなってこよう。ここではa.とb.について説明する^(注1)。

1) 知識・情報の伝達

自社のリスク管理について、不特定多数に対し情報公開を行い、理解を深めてもらって信頼感を醸成していくことが目的である。

情報公開の方法としてはホームページや環境報告書等が挙げられる。

公開する情報としては、次のようなものがある。

- a. リスク評価の情報：1.2.2 (1) 参照
- b. リスク削減の対策策定と実施の情報：1.2.2 (2) 参照
- c. 化学物質管理の仕組みの情報：後の1.2.3 参照

では、a.～c.のそれぞれについて、みてみよう。

① リスク評価

リスク評価に関する情報として、工場等からの化学物質排出量、有害性評価、暴露評価、リスク評価等について、可能な限り情報公開する。

例えば、化学物質の排出量については、化学物質管理促進法のPRTR制度において事業者が国に届け出る排出量はだれでも開示請求できることになっている。しかし、このような開示請求を待つまでもなく、環境報告書等において化学物質の排出量を自主的に公開している企業は多い(表1.2-11)。

図1.2-12には大気汚染防止法での有害大気汚染物質の排出量の経年変化を公開した例(三井化学(株))、表1.2-12には化学物質管理促進法等対象物質の大気、水域、土壌等の排出量を公開した例(住友化学工業(株))を示す。

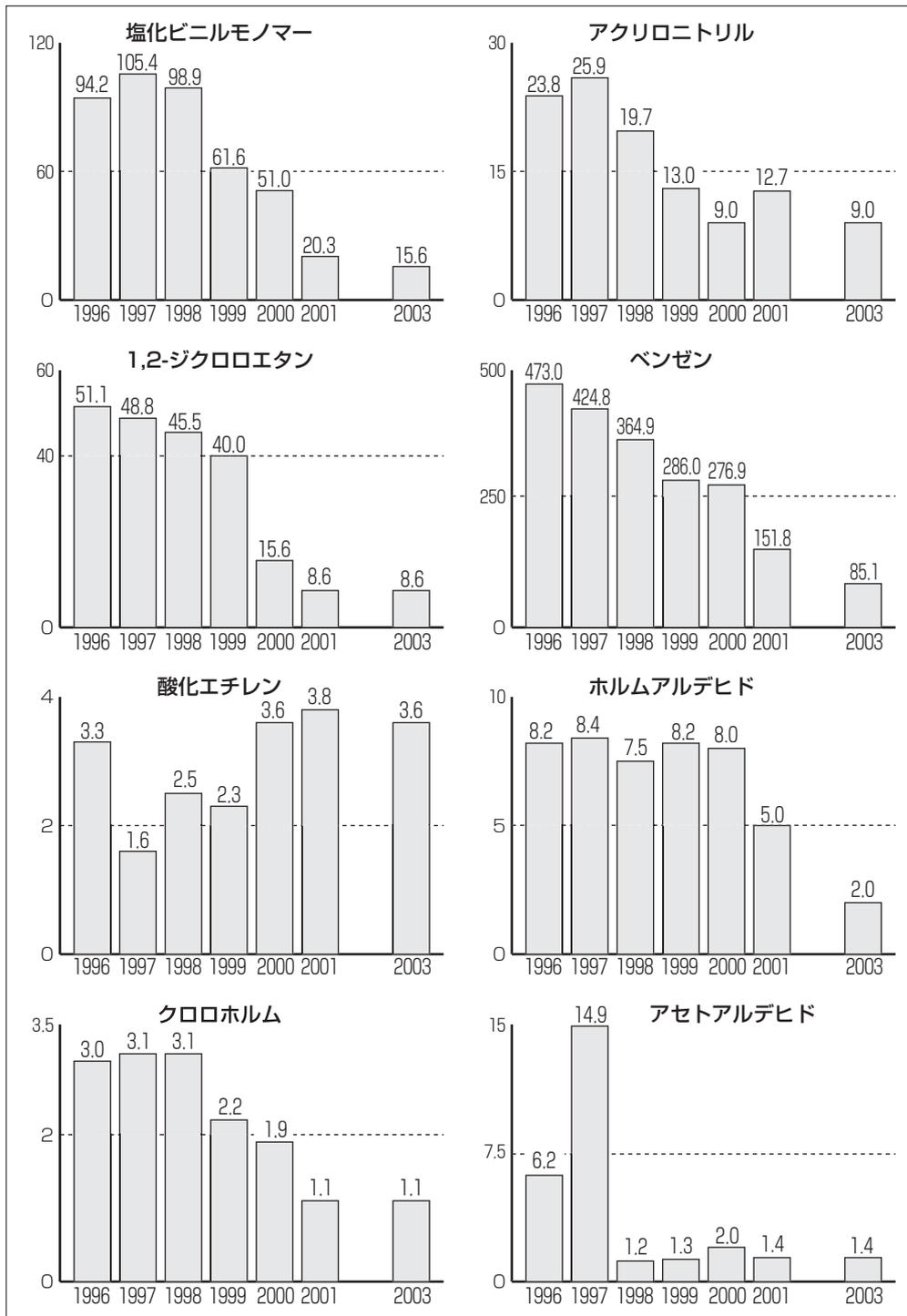
また、有害性評価、暴露評価、リスク評価の手順、手法、使用データ、評価結果等についても公開する。

■ 表 1.2-11 化学物質の排出量を公開している企業数 (PRTR 制度対象物質)

	2001 年度	2002 年度
上場	748 件中 246 件 (32.9%)	841 件中 356 件 (42.3%)
非上場	603 件中 120 件 (19.9%)	723 件中 180 件 (24.9%)
合計	1,351 件中 366 件 (27.1%)	1,564 件中 536 件 (34.3%)

出典：環境省 (2003 年 7 月)¹¹⁾

■ 図 1.2-12 化学物質の排出量の公開例 (大気汚染防止法に基づく有害大気汚染物質) (t/年)



(注) 出典の資料では、工場別・センター別の排出量が表示されているが、ここでは、合計値のみ示した。

出典：三井化学 (株) (2002)²⁾

■ 表 1.2-12 化学物質の排出量の公開例 (PRTR 制度等対象物質)

2002年度PRTR調査対象物質の排出量・移動量一覧表 (単体ベース) *1 (単位: t*2 ただし、ダイオキシン類のみ mg-TEQ)

PRTR法 該当物質	日化協調査 対象物質	化学物質名	排出量					移動量		
			大気	水域	土壌 (埋め立てを除く)	埋め 立て	排出量 合計	下水道	廃棄物	移動量 合計
○	○	酢酸ビニル	285.9	0.4	0.0	0.0	286.3	0.0	0.0	0.0
	○	メチルイソブチルケトン	271.0	0.5	0.0	0.0	271.5	0.0	71.0	71.0
○	○	トルエン	181.3	0.6	0.0	0.0	181.9	<0.1	28.1	28.1
	○	シクロヘキサン	111.3	0.0	0.0	0.0	111.3	0.0	0.0	0.0
○	○	スチレンモノマー	80.4	0.0	0.0	0.0	80.4	0.0	0.0	0.0
	○	メチルアルコール	67.9	0.0	0.0	0.0	67.9	4.8	4.2	9.0
	○	アセトン	57.1	5.9	0.0	0.0	63.0	0.2	0.0	0.2
○	○	メタクリル酸メチル	51.4	0.0	0.0	0.0	51.4	0.0	0.0	0.0
○	○	ベンゼン	42.9	2.8	0.0	0.0	45.7	0.0	0.0	0.0
	○	ヘキサン	36.0	<0.1	0.0	0.0	36.0	0.0	0.3	0.3
○	○	アクリロニトリル	27.1	0.0	0.0	0.0	27.1	0.0	0.0	0.0
	○	トリエチルアミン	17.8	4.3	0.0	0.0	22.1	0.0	0.0	0.0
○	○	クロロベンゼン	15.1	<0.1	0.0	0.0	15.1	0.0	0.0	0.0
○	○	エピクロルヒドリン	13.0	0.4	0.0	0.0	13.4	0.0	0.0	0.0
○	○	ジクロロメタン	12.9	<0.1	0.0	0.0	12.9	0.0	4.1	4.1
	○	シクロヘキサノール	12.4	<0.1	0.0	0.0	12.4	0.0	0.1	0.1
○	○	塩化ビニル	11.9	0.3	0.0	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0
○	○	キシレン	11.3	<0.1	0.0	0.0	11.3	<0.1	0.0	<0.1
	○	テトラヒドロフラン	11.2	0.0	0.0	0.0	11.2	0.0	51.9	51.9
○	○	1,2-ジクロロエタン	10.5	0.0	0.0	0.0	10.5	0.0	264.2	264.2
○	○	ε-カプロラクタム	0.3	102.5	0.0	0.0	102.8	0.0	0.0	0.0
	○	りん及びその化合物	0.0	68.3	0.0	0.0	68.3	0.0	0.0	0.0
	○	ブチルアルコール	5.5	1.6	0.0	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0
○	○	クロロエタン	2.9	9.2	0.0	0.0	12.1	0.0	0.0	0.0
○	○	ニトロベンゼン	0.6	6.4	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0
	○	アジピン酸	1.9	5.3	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0
○	○	1,4-ジオキサン	2.2	0.0	0.0	0.0	2.2	0.8	105.0	105.8
	○	酢酸エチル	9.4	<0.1	0.0	0.0	9.4	0.0	48.1	48.1
○	○	ニッケル	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	5.3
○	○	ピリジン	2.5	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	2.4	2.4
○	○	ダイオキシン類	(27.5)	(32.8)	(0.0)	(0.0)	(60.3)	(2.0)	(0.7)	(2.7)
		上記31物質の小計	1,353.7	208.5	0.0	0.0	1,562.2	5.8	584.7	590.5
		住友化学使用全120物質の総計(2002年度)*3	1,421.1	213.0	0.0	0.0	1,634.1	8.0	586.8	594.8
		住友化学使用全131物質の総計(2001年度)	1,598.7	256.0	0.0	0.1	1,854.8	24.7	974.4	899.1
		住友化学使用全140物質の総計(2000年度)	1,783.2	129.9	0.0	0.0	1,913.1	71.2	756.9	828.1

(注) *1 調査対象は取扱量5t/年以上の物質とダイオキシン類とし、取扱量5t以上の物質の表掲載基準は以下の基準(一定の排出量あるいは移動量以上)としました。

・大気排出: 10t以上・水域排出: 2t以上・下水道移動: 2t以上・廃棄物移動: 2t以上

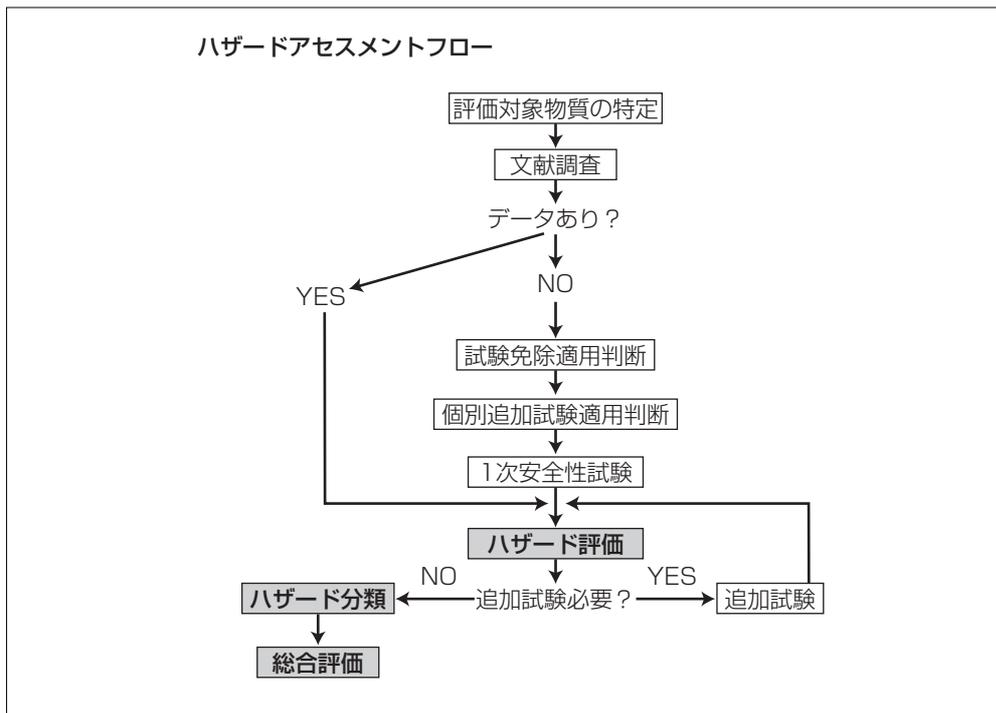
*2 PRTR法ではkg・有効数字2桁ですが、本報告書の数値はt単位(ダイオキシン類はmg-TEQ)で小数点第1位まで表記しました(小数点第2位で四捨五入)。

*3 2002年度の調査対象物質は、2001年度調査対象物質のうち、11物質の取り扱いをやめた結果、131物質から120物質になりました。

出典: 住友化学工業(株)(2003)¹³⁾

図 1.2-13 は有害性評価の手順の公開例(三井化学(株))である。文献によるデータ収集にとどめるか、有害性試験を実施するかについての判断のフローが示されている。

■ 図 1.2-13 有害性評価（ハザード評価）の手順の公開例



②リスク削減の対策策定と実施

有害性、暴露量、リスクの評価結果からどのように判断し、どのようなリスク削減の対策をとるのか（とったか）等について、可能な限り公開する。これにより、企業が科学的方法論によるリスク評価の結果に基づいてリスク削減対策をとっていることを社会に明らかにし、透明性と信頼感の向上を図る。

このようなリスク評価の手法と、評価結果に応じた対策の公開例について表 1.2-13 と図 1.2-14 に示す。

表 1.2-13 の例（三井化学(株)）は次の内容である。

- ・リスク評価の手法：有害性について毒性と長距離移動性でランク分けするとともに、広域環境影響についてもオゾン破壊と光化学反応でランク分けしている。これら有害性のランクと広域環境影響のランクごとに、それぞれ点数が決められている。両ランクの点数の合計値に排出量を乗じた値を、リスク評価結果としている。
- ・リスク削減対策：上述のリスクの評価の点数に応じて、対策の緊急度（即座に改善するかなど）が決められている。

図 1.2-14 の例（東芝グループ）は次の内容である。

- ・リスク評価の手法：2,000 の化学物質を法令と有害性でランク分け

■ 表 1.2-13 リスク評価の手法と評価結果に応じた対策等の公開例

大気環境負荷
 大気へ排出している物質をその毒性と遠距離移動性からハザードをランクづけし、化学物質の有害性の程度と排出量に応じ4つの領域に区分し、対応する目標と制約条件を予め設定しました。以下にアセスメントの手順を示します。

1. 当該物質のハザードランクの確認
2. 広域環境影響の確認
3. リスク(判定) = (ハザードランク得点+広域環境影響得点) × (排出量)

環境保全に関するリスクアセスメント(大気環境負荷)

●ハザードランク得点 ●広域環境影響得点 ●評価と対応

	A	B	C	D	間接的環境影響	得点	評価	リスク(判定)	目標と制約条件
a	40	20	10	5	オゾン破壊ファクター	10	I	5,000超	即座に改善
b	20	10	5	3	光化学反応ファクター	5	II	2,500~5,000	一定期間内に改善
c	10	5	3	1			III	500~2,500	計画的に改善推進
							IV	500以下	管理強化

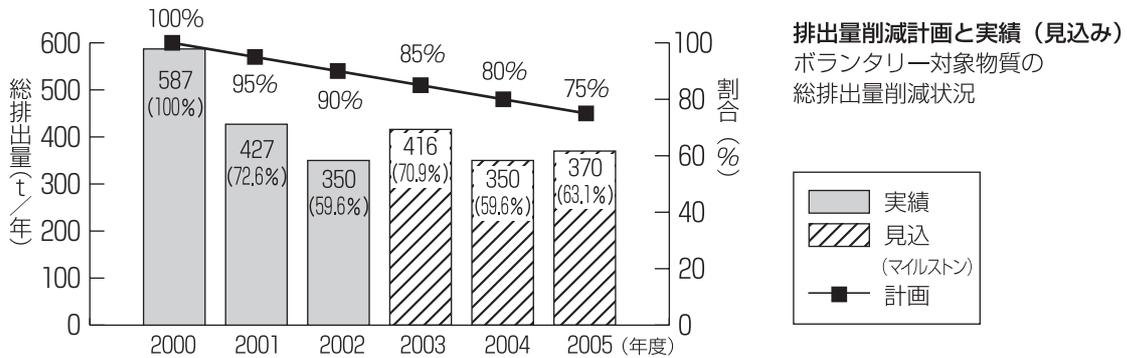
A、B、C、Dは毒性ランク
 a、b、cは遠距離移動性

出典：三井化学(株)(2001)¹⁴⁾

■ 図 1.2-14 リスク評価の手法と評価結果に応じた対策等の公開例

当社の化学物質に対する基本的な考えは、「有害な物質はできるだけ使用しない」、「可能な限り削減・代替化を進める」、「使用する場合は適正に管理する」ことにおいています。約2,000種の物質を法令とハザードを基準にA・B・Cの3つの物質ランクに分け、これと、暴露に相当する排出量との積により物質ごとのリスクを判定して、禁止/削減/管理の3レベルの管理区分を決め、化学物質管理規定に従った管理を実施しています。擬似的ではありますが、ハザードと暴露量の積がリスクであるとするリスクアセスメントの考え方を適用しています。

禁止物質(41種)に対する管理行政は購入を禁止するものです。削減物質(24種)については具体的な目標(環境ボランティアプラン)として「化学物質の排出量を2000年度を基準に2005年度に30%削減」を掲げ、環境負荷の低減を進めています。また管理物質については使用量把握など物質のリスクに応じた適正管理を行うことで、総合的な化学物質管理を推進しています。



削減物質(環境ボランティアプラン対象物質)

●アンモニア	●塩化水素	●無機シアン化合物 (錯塩及びシアン酸塩を除く)
●イソブチルアルコール	●酢酸2-エトキシエチル	●硫化水素
●エチレングリコールモノエチルエーテル	●酢酸エチル	●六ふっ化硫黄
●キシレン	●硫酸	●PFC
●スチレン	●ヒドラジン	●HCFC
●トルエン	●フェノール	●HFC
●ホルムアルデヒド	●フタル酸ビス(2-エチルヘキシル)	以上の24種
●メチルアルコール	●ふっ化水素及びその水溶性塩	
●メチルイソブチルケトン	●塩素	

出典：東芝グループ(2003)¹⁵⁾

している。

このランクに排出量を乗じた値を、リスク評価結果としている。

- ・リスク削減対策：上述のリスク評価結果に応じて、化学物質を禁止・削減・管理の3区分に分け、それぞれ別の管理方法をとっている。すなわち、「禁止物質」は購入禁止、「削減物質」は自主的な削減目標値の設定、「管理物質」は使用量の把握というように、リスクの大きさに応じて管理している。

さらに東芝グループは、上記の削減物質について、削減目標と実績を比較して公開している。

なお、自社で引き起こした環境汚染等についても、現状と対策について逐次迅速に公開することが、結局は信頼感の醸成につながる事となる。実際、環境報告書においては、工場敷地内の土壌汚染の状況、汚染浄化対策とその効果について報告している例がよくみられる。

③化学物質管理の仕組み

経営者により策定された管理方針、組織、ルール等（後の1.2.3参照）について公開する。

表1.2-14は化学物質管理を含む環境方針や環境目標等の公開例である（富士フイルムグループ）。「基本方針」の策定から「行動指針」の策定、「重点実施事項と目標」の設定というように、理念からスタートしてこれを具体的・定量的目標にまでブレイクダウンしている。

2) 意見交換

1)の情報の公開にとどまらず、企業が住民、製品使用者等の関係者と直接的に対話を行うものである。住民等が企業の化学物質管理について普段からどう感じているか、何をどのように説明してほしいと思っているかを肌で感じることができる。

方法としては、説明集会や工場見学、地域教育の支援（出張講義等）、地域の祭りでの展示等が挙げられる。

例を挙げると、コニカ（株）（現コニカミノルタホールディングス（株））の東京事業所は、2002年9月にPRTR制度で届け出た2001年度分の排出量のデータについて、「地域環境報告会」で公開した。報告会出席者は66人。報告会では、塩化メチレンの排出量が多いこと（150t/年）、その用途（写真フィルムを溶かす溶剤）、98%はリサイクルできても装置から漏れ出してくるのが避けられないことなどについて報告した。報告会の結果、開催前のアンケートでは同社から出される化学物質についてほとんど不安に思わない人が28%だったのが、開催後のアンケートでは68%に増加した。

■ 表 1.2-14 化学物質管理を含む環境方針、環境目的等の公開例

富士フィルムグループ グリーン・ポリシー

(2002年4月1日制定)

(2003年4月1日改訂)

【基本方針】

“持続可能な発展”は21世紀の地球、人類、企業にとって最重要課題である。

世界の富士フィルムグループ各社は、環境・経済・社会の全ての面において確実に一歩先行した取り組みにより先進企業となることを目指す。

我々は、製品・サービス・企業活動における高い“環境品質”を実現することで顧客満足を達成すると共に、“持続可能な発展”に貢献する。

【行動指針】

1. 環境負荷低減と安全確保を次の3項目に留意して推進する。
 - (1) 企業活動の全てにわたって実施
 - (2) 製品の全ライフサイクルにわたる実施
 - (3) 経済的、社会的効果を総合的に考慮
2. 化学物質の管理レベルを高め、リスクを低減する。
3. 法律及びグループ各社の自主規則、基準類、個別に同意した要求事項を順守する。
4. 協力会社とのパートナーシップと行政・業界活動への協力を強化し、地域活動に積極的に参画する。
5. 環境諸課題への取り組み状況とその成果を、地域社会や行政等の社外関係者に積極的に情報開示し、良好なコミュニケーションを確保する。
6. 社員教育の徹底を通じて意識向上を図り、環境課題に取り組む基盤を強化する。

【重点実施事項と目標】

1. 環境効率の改善

A～Fの6つの環境負荷全てにおいて、2010年度の環境効率を2000年度の2倍とすることを旨とする。

$$\text{環境効率} = \frac{\text{売上高}}{\text{環境負荷の値}}$$

- A. CO₂ 排出量
- B. 天然資源投入量
- C. VOC（揮発性有機化合物）大気排出量
- D. 容器包装材料使用量
- E. 廃棄物発生量
- F. 水投入量
2. 環境配慮設計

2002年度末までに環境配慮設計（DfE）を定着させ、2003年度より新製品・改良品対象に全面展開する。国内外グループ会社でも順次展開する。
3. 廃棄物削減とゼロエミッション達成

廃棄物
対2000年度 2004年度末までに1%削減。2010年度末までに5%削減。
海外は別途設定。

ゼロエミッション
2002年度末までに達成。国内グループ会社は2003年度末までに達成。海外は別途設定。
4. 環境負荷低減と汚染防止

CO₂削減
対1990年度実績 2010年度で9%以上削減。国内富士フィルムグループは6%削減。海外は各国の目標に応じて別途設定。

VOC削減
対2000年度実績 2004年度で50%削減。グループ会社は別途設定。

環境モニタリング実施
土壌、地下水、VOCを定期的にチェックする。

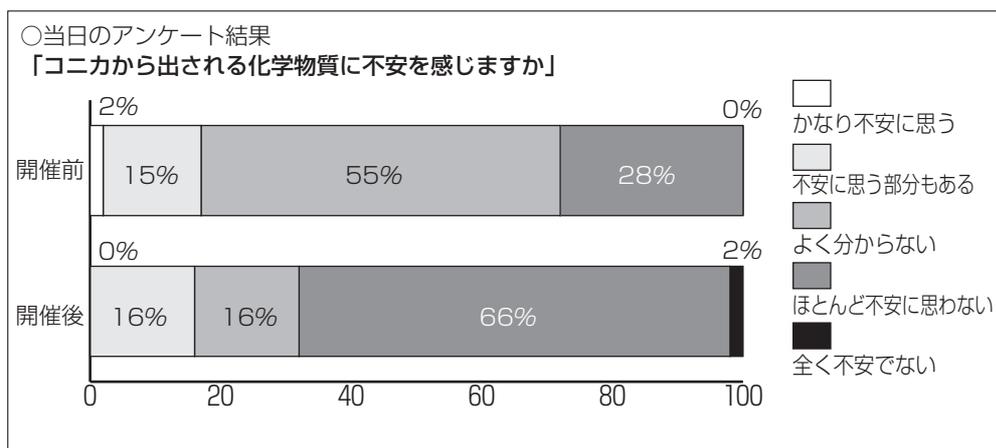
配管、ピット、タンクからの漏洩対策
地上化、二重化、早期発見を可能とする施策など優先順位を付け、中期計画に織り込んで実施する。

5. 化学物質管理のレベルアップ
欧州RoHS指令（電気・電子機器類の有害物質の規制に関する指令）禁止物質対応、塩ビ使用中止の検討、エンドクリン作用懸念物質対応、化学物質管理システムの適用範囲拡大などの施策を実施する。
6. グリーン購入・グリーン調達
グリーン購入
2003年度末までに5品種群で100%達成。
国内グループ会社は2004年度末までに同群で100%達成。
グリーン調達
調達先選別の指標としての調達先グリーン度調査と、環境配慮設計実施のための納入品グリーン度調査を継続実施する。
また、納入品のグリーン度保証のため検査方法を開発する。
7. 情報開示、情報提供
環境レポートの改善・充実を図る。またサイト毎のレポートは国内4工場に続き、朝霞技術開発センター、宮台技術開発センターで2002年度に発行する。国内外生産グループ会社でも2004年度末までに情報開示できるようにする。
8. ISO 14001マネジメントシステム構築と継続的改善
富士フィルム本社は事業部、営業部門等を中心とした部門が2003年度末、その他部門が2004年度末までに認証を取得する。国内グループ会社は2003年度末までに、海外生産グループ会社は2004年度末までに、全て認証を取得する。その他の海外グループ会社は順次認証取得を進めていく。
ISO 14001に則したマネジメントに基づき、環境諸課題をグループ全体で遂行していく。
9. 社員教育の充実
2002年度末までに、ネットワークを活用した教育システムをつくり、全社員対象の教育を行う。国内グループ会社は2004年度末までに実施。海外は別途。

出典：富士フィルムグループ¹⁶⁾

コミュニケーションの効果があつたことが示唆される（「コニカ環境・社会報告書 2003」コニカミノルタホールディングス（株）、Yomiuri Weekly 2003.6.29）（図 1.2-15）。

■ 図 1.2-15 コニカ（株）の「地域環境報告会」（2002年9月）でのアンケート結果

出典：コニカ（株）¹⁷⁾ (2003)

1.2.3 化学物質管理の仕組み作り

1.2.2では、「リスク評価～リスク削減の対策策定と実施～リスクコミュニケーション」という化学物質管理の手順について述べた。

大切なのは、上記の管理を確実に実施できる仕組み作りである。具体的には、化学物質管理の方針を策定し、組織やルールを整備し、計画を立案し、毎日の実務の中で実践し、見直しと改善を行っていく仕組みである。さらにその仕組みの中では、化学物質管理を担う人材を育成し、管理の方針を組織全体に浸透させるための教育や訓練も重要な要素となってくる。

本項では、化学物質管理の仕組み作りに参考となる規格やガイドライン等について述べる。具体的には、以下の3点について説明することとする。

- a. 環境マネジメントシステム (EMS)
- b. 化学物質管理促進法の化学物質管理指針
- c. レスポンシブル・ケア

(1) 環境マネジメントシステム (EMS)

EMSとは、企業等の組織がその活動、製品、サービスが環境に及ぼす影響を管理するために、方針を策定し、計画を立案・実行し、結果を評価し、改善を行うための仕組みである。

EMSには組織の体制、計画活動、手順等が含まれる。

また、最高経営層によるコミットメント（方針の策定や見直し）や、計画～実行～チェック～見直しのいわゆる **PDCA サイクル**による絶えざる改善が重視される。

EMSの国際規格として **ISO 14001**がある。また、より簡易で具体的な仕組みとして、環境省の「**環境活動評価プログラム—エコアクション 21—**」がある。

【ISO 14001】

ISO 14001では、次のステップから成るサイクルを繰り返し、環境マネジメントシステムを改善していく。

- ・環境方針
- ・計画
- ・実施及び運用
- ・点検及び是正処置
- ・経営層による見直し

上記のステップのうち「**計画**」では、活動や製品、サービスの**環境側面**を評価し、著しい環境側面を選択することが求められるが、これには1.2.2

EMS : Environmental
Management System

PDCA : Plan, Do,
Check, Action

ISO : International
Organization for
Standardization

のリスク評価の結果が役に立つと考えられる。

同規格に沿ってEMSを整備し、さらに第三者認証を取得することは、企業の自主管理促進とイメージアップにも役に立つと思われる。

【環境活動評価プログラム—エコアクション21—】

ISO 14001にのっとったEMSの構築や運用は、企業の人材やコスト面での負担が大きいのも事実である。

環境省では、より簡易な手法として「環境活動評価プログラム—エコアクション21—」を用意している。

同プログラムは、PDCAのステップの流れが分かりやすく、各ステップでの取り組み内容も具体的に示されているので、ホームページを参照されたい^(脚注A)。

同プログラムでは、次のようなステップから成るサイクルを繰り返し、環境活動を改善していく。

- a. 評価項目の選択
- b. 環境への負荷と取り組みの自己チェック
- c. 環境行動計画の作成
- d. 環境行動計画に沿った行動
- e. 活動結果の評価・改善策の検討

上記各ステップの説明について、**図 1.2-16**に示す。a.b.e.等のステップにおいて、1.2.2で述べたリスク評価が役に立つと考えられる。

また、上記ステップのe.では、**図 1.2-17**のようなフローが想定されている。この中で、環境行動計画の目標が達成されなかった場合、「**原因分析及び改善策の検討**」として、原因が次の四つに分類されている。これらは化学物質の自主管理計画の見直しのチェック項目として参考になると考えられる。

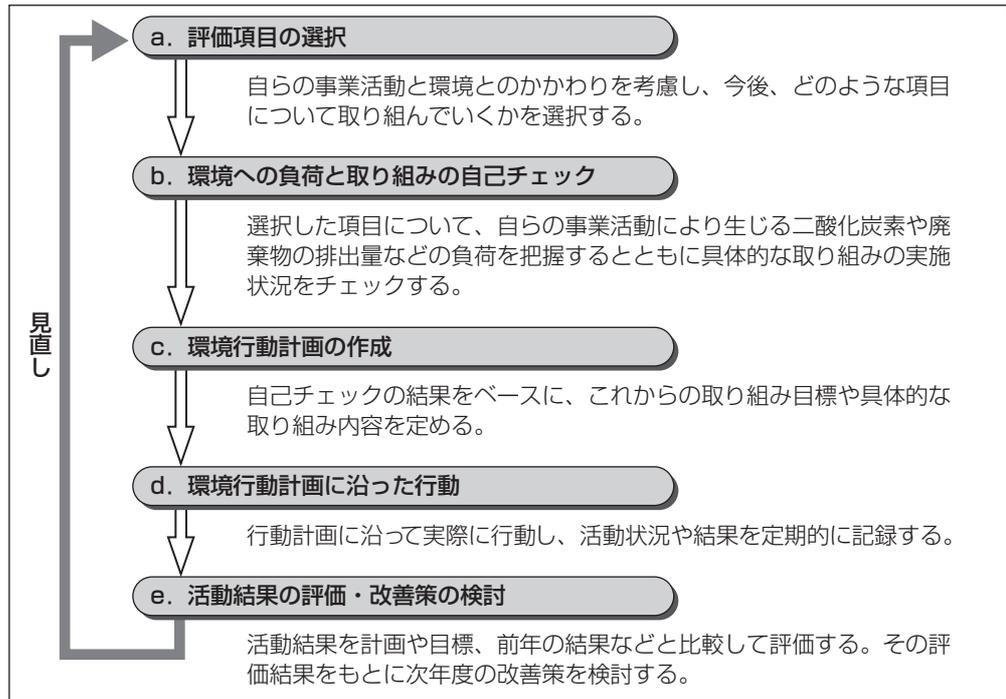
- a. 人
- b. 設備・運用
- c. 資金
- d. 仕組み・体制

(2) 化学物質管理促進法の化学物質管理指針

化学物質管理促進法の「化学物質管理指針」は、事業者による化学物質の自主的な管理の改善を促進し、環境の保全上の支障を未然に防止するためのガイドラインである。

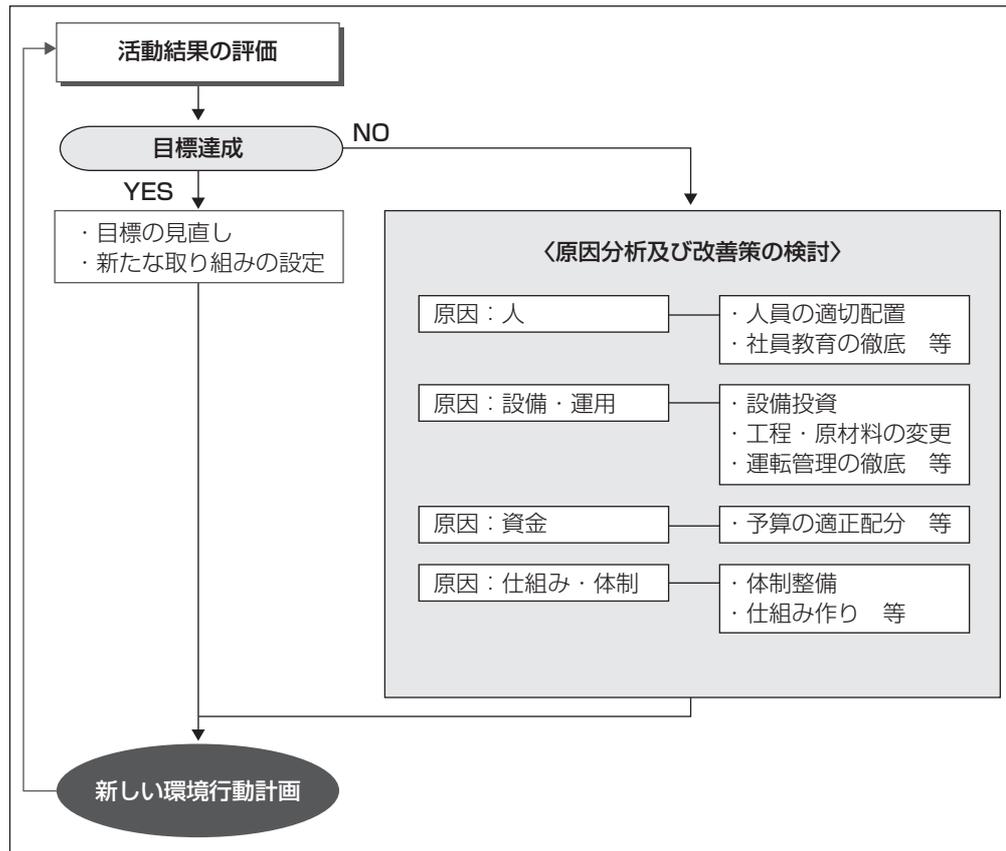
(脚注 A) 環境省の環境活動評価プログラムのホームページ参照。
<http://www.env.go.jp/policy/j-hiroba/04-5.html>

■ 図 1.2-16 「環境活動評価プログラム—エコアクション 21—」のステップ



出典：環境省(2002)¹⁸⁾

■ 図 1.2-17 「環境活動評価プログラム—エコアクション 21—」における「活動結果の評価・改善策の検討」



出典：環境省(2002)¹⁸⁾

PDCAのステップの流れが分かりやすく、また業種横断的に役に立つ取り組み事項、各工程特有の取り組み事項等が具体的にまとめられているので、ホームページを参照されたい^(脚注 A)。

同指針は、次の4項目から成る。

- 第1 管理体制の整備や化学物質の排出量の抑制
- 第2 化学物質の使用量の合理化
- 第3 リスク・コミュニケーション
- 第4 MSDSの有効活用

各項目の内容について概観すると、表 1.2-15 のようになる。

第1項目と第2項目中に「化学物質の管理の体系化」がある。そこでは次のようなステップから成るサイクルを繰り返し、管理を改善していくこととなっている。

- ・化学物質管理の方針
- ・管理計画の策定
- ・管理計画の実施

■ 表 1.2-15 化学物質管理促進法の化学物質管理指針の概要

第1： 管理体制の整備、 化学物質の排出量 の抑制	化学物質の管理 の体系化	化学物質の管理の方針を定め、当該方針に即し、具体的な目標及び方策を定めた管理計画を策定するとともに、その確実な実施のための体制を整備すること。
	情報の収集、整理等	指定化学物質等の取扱量等を把握するとともに、指定化学物質等やその管理の改善のための技術に関する情報を収集・利用し、必要な管理対策を実施すること。
	管理対策の実施	設備点検等の実施、廃棄物の管理、設備の改善及び主たる工程に応じた対策の実施により、指定化学物質の環境への排出の抑制に努めること。
第2： 化学物質の使用量 の合理化	化学物質の管理 の体系化、情報 の収集、整理等	指定化学物質を可能な限り有効に用いるため、回収率の向上、再利用の徹底等を図るとともに、使用量の管理の徹底を図ること等により、指定化学物質の使用の合理化を図ること。
	化学物質の使用 の合理化対策	把握又は収集した情報に基づいて、取り扱う指定化学物質等について、その有害性、物理的・科学的性状、排出量並びに排出ガス及び排出水中の濃度等を勘案しつつ、工程全体の見直しや主たる工程に応じた対策の実施により使用の合理化対策の実施に取り組むこと。
第3： リスク・コミュニケーション		指定化学物質等の管理活動に対する国民の理解を深めるため、事業活動の内容、指定化学物質等の管理の状況等に関する情報の提供等に努めるとともに、そのための体制の整備、人材の育成等を行うこと。
第4： MSDSの有効活用		指定化学物質等の性状及び取り扱いに関する情報（MSDS）を活用し、指定化学物質の排出状況の把握その他第1から第3の事項の適切な実施を図るとともに、データベースの構築、関係者への周知徹底等の体制整備を図ること。

(脚注 A) 経済産業省の化学物質管理政策のホームページ参照。

http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/index.html

・管理の状況の評価及び方針等の見直し

また、貯蔵工程、製造工程、機械加工工程、脱脂工程等の各工程ごとに、指定化学物質の排出量削減や使用量合理化のための取り組みが示されている（表 1.2-8 と表 1.2-9 で述べたとおり）。

なお、事業者による化学物質の管理強化・改善の対策を支援する仕組みとして、**財政投融资**がある。具体的には、化学物質管理促進法の化学物質管理指針に基づき、化学物質の管理体制を整備した事業所が実施するものであって、当該化学物質の自主的な管理計画を達成するために必要と認められる環境対策設備への投資に対する融資を行っている。**日本政策投資銀行**（脚注 A）、**中小企業金融公庫**（脚注 B）、**国民生活金融公庫**（脚注 C）を通じて実施されており、詳細はホームページを参照されたい。

(3) レスポンシブル・ケア

レスポンシブル・ケアは、世界 45 か国の化学産業界により推進されている「化学物質を製造し、又は取り扱う事業者が、化学物質の開発から製造、流通、使用、最終消費を経て廃棄に至る全ライフサイクルにわたって環境・安全面の対策を実行し、改善を図っていく自主管理活動」である。

(社)日本化学工業協会では、会員外企業も加えて「**日本レスポンシブル・ケア協議会**」(JRCC)を設立し、活動している。2003年3月現在 JRCC の会員企業は 113 社となっている。詳しくは JRCC のホームページを参照されたい（脚注 D）。

JRCC 会員企業は「レスポンシブル・ケアの実施に関する基準・指針」に従って活動する。

環境保全だけでなく、化学物質管理上重要な複数の側面に着目して活動を実施するのが特徴である。具体的には次の側面である。

- ・環境保全
- ・保安防災
- ・労働安全衛生
- ・化学品・製品安全
- ・物流安全

また、その成果を公表して、

- ・社会とのコミュニケーション

(脚注 A) 日本政策投資銀行のホームページ参照。http://www.dbj.go.jp/

(脚注 B) 中小企業金融公庫のホームページ参照。http://www.jfs.go.jp/

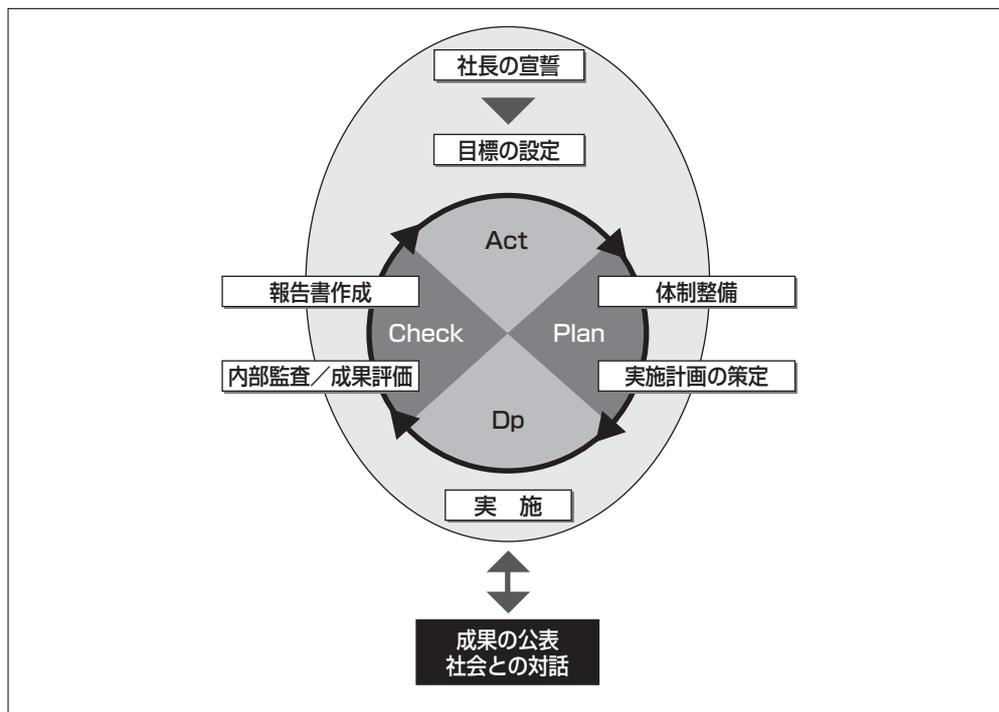
(脚注 C) 国民生活金融公庫のホームページ参照。http://www.kokukin.go.jp/

(脚注 D) 日本レスポンシブル・ケア協議会 (JRCC) のホームページ参照。
http://www.nikkakyo.org/organizations/jrcc/index.html

を進めることとなっている。

レスポンスブル・ケアの実施は、PDCA サイクルに沿って行われる（図 1.2-18）。

■ 図 1.2-18 レスポンスブル・ケアにおける PDCA サイクル



出典：日本レスポンスブル・ケア協議会¹⁹⁾

●参考文献

- 1) (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構、委託先(株)富士総合研究所：平成14年度調査報告書 化学物質総合評価管理システムの開発・普及に向けた調査（化学物質リスクコミュニケーションのツールとして社会受容されるための課題整理等）（2003.3）
- 2) 浦野紘平：環境ホルモン情報集「第1章／概説・環境ホルモンとは～問題の全体像を理解するために／1. 化学物質の有害性について」、神奈川県環境農政部
<http://www.fsinet.or.jp/~k-center/hormone/chop01/urano.pdf>
- 3) 環境・安全管理用語編集委員会編：化学物質環境・安全管理用語事典（改定第2版）、化学工業日報社（2002）
- 4) 第5回化学物質総合管理政策研究会：資料5／事前評価に関する論点（2002.6.6）
- 5) 中小企業総合事業団：中小企業向け化学物質のリスクアセスメントテキスト（1999年度）
- 6) 国立医薬品食品衛生研究所編集：化学物質のリスクアセスメント－現状と問題点、厚生省生活衛生局企画課生活化学安全対策室監修、薬業時報社（1997）
- 7) 第3回厚生科学審議会化学物質制度改正検討部会化学物質審査規制制度の見直しに関する専門委員会、第10回産業構造審議会化学・バイオ部会化学物質管理企画小委員会及び第3回中央環境審議会環境保健部会化学物質審査規制制度小委員会合同会合：資料4／リスクに応じた化学物質の審査・規制制度の見直し等について（補足説明資料）（2002.12.5）
- 8) 経済産業省・環境省：PRTR 排出量等算出マニュアル第2版（2003.1）
- 9) 環境庁ダイオキシンリスク評価研究会監修：ダイオキシンのリスク評価、中央法規（1997）

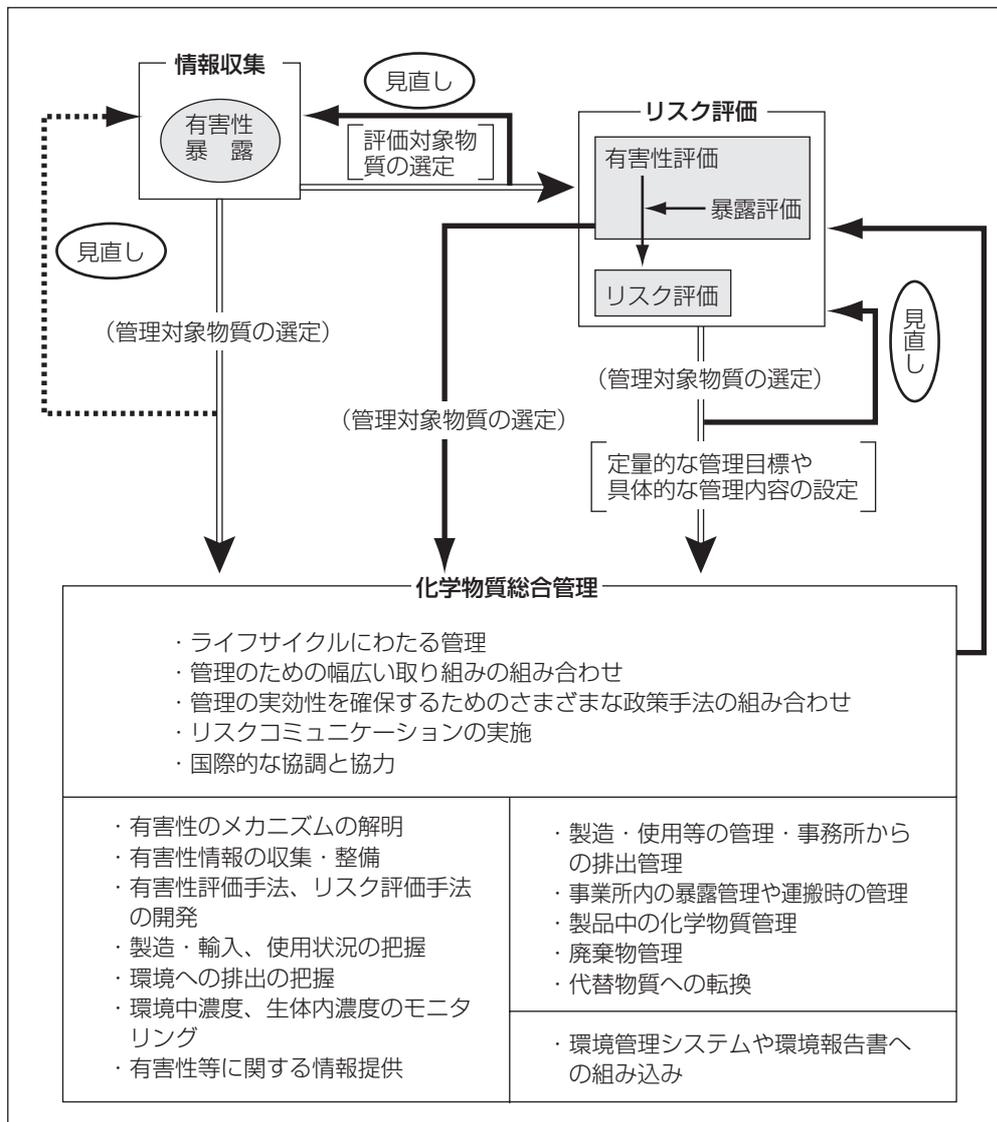
- 10) グリーン・サステイナブル ケミストリー ネットワーク、GCN ニュースレター GSC TOKYO 2003 特集号 (2003)
- 11) 環境省：平成 14 年度環境にやさしい企業行動調査調査結果 (2003.7)
- 12) 三井化学(株)：三井化学レスポンシブル・ケア報告書 2002 (2002)
- 13) 住友化学工業(株)：環境・安全レポート 2003 (2003)
- 14) 三井化学(株)：三井化学レスポンシブル・ケア報告書 2001 (2001)
- 15) 東芝グループ：環境報告書 2003 (2003)
- 16) 富士フイルムグループ：富士フイルムホームページ <http://www.fujifilm.co.jp/gp/index.html>
- 17) コニカ(株)：コニカ環境・社会報告書 2003 (2003)
- 18) 環境省：環境活動評価プログラム—エコアクション 21 — (2002)
- 19) 日本レスポンシブル・ケア協議会：日本レスポンシブル・ケア協議会ホームページ
http://www.nikkakyo.org/organizations/jrcc/whatrc/whatrc2_3.html

1.3 総合的な化学物質管理に向けて

既に述べたように、化学物質管理は環境影響の防止のみを目指すのでは不十分である。次に示すさまざまな面を含めて総合的な化学物質管理を行っていく必要がある。

- ・ 事業所から排出される化学物質による環境影響の防止
- ・ 製品から排出される化学物質による環境影響の防止

■ 図 1.3-1 化学物質総合管理政策の枠組み



出典：化学物質総合管理政策研究会（2002年7月22日）¹⁾

- ・事業所の爆発事故等の防止
- ・事業所の労働者の健康被害の防止
- ・消費者の事故と健康被害の防止
- ・運搬時の事故防止

また、化学物質は素材や添加剤等としてさまざまな製品に使用されている。このため、化学物質自体のみならず、それを含む製品のライフサイクル（原材料採掘～素材製造～製品製造～製品使用～製品廃棄）にわたる総合的な管理が必要である。

経済産業省等において、このような化学物質の総合的な管理の概念が示されている（図 1.3-1）。

●参考文献

- 1) 化学物質総合管理政策研究会「中間とりまとめ」（2002.7.22）

土壌汚染リスク管理の概要と実例

2.1 土壌汚染リスク

2.1.1 土壌汚染に関するリスクと対策

時間や社会の変化に応じてリスクは常に変化する。よく企業の寿命が30年といわれるのは、経営者の価値観や企業の組織、工場、設備、物流、ITなどがマーケットや社会のニーズからかい離したり、時代の流れから取り残されて陳腐化したりするからである。同様に土壌汚染リスクについても国内でも海外でも急激なスピードで変化しつつある。

既に1994年には、工場跡地の土壌汚染が原因で汚染処理費用など111億円を特別損失として計上し、上場してから初めて赤字決算になったN社がある。大量の汚染土を掘削除去し工場敷地内のコンクリート遮断施設に埋立処理した。この工事には約100億円の費用を投入した。この経験をいかしてN社は環境汚染予防の取り組みを強化している。それらの経緯は次のとおりである。

ある地方都市で工場跡地に百貨店を建設する計画があった。しかし土地の用途変更の際に実施した土壌汚染調査によりポリ塩化ビフェニル(PCB)、水銀、鉛、ひ素の汚染が判明した。そこで、工場側は汚染地に対し自主的な改良工事を実施し、汚染土を約18万 m^3 掘削した。掘削した汚染土は、新工場の敷地内に建設した遮断型のコンクリートピット施設等に、飛散しないよう厳重な安全管理の下に運搬し、埋立処理をした。なお、この土壌改良工事には、2年の歳月と約100億円の費用を費やし、1996年に工事は完了した。

この企業は公表された情報によると、土壌地下水汚染防止の取り組みとして、以下に述べる四つの対策を実施している。これらは世界のトップ企業に劣らない対策だといえる。

- a. 地下配管、地下ピットの地上化：化学物質用の地下配管や地下ピット

トを新たに設置することは禁止している。過去に設置した地下配管や地下ピットは、計画的に地上化を図っている。

b. 観測井戸によるモニタリング：産業廃棄物最終処分場等の周辺の必要箇所にはモニタリング井戸（観測井戸）を設置して定期的に確認を行い、漏洩がないことを確認している（図 2.1-1）。

■ 図 2.1-1 観測井戸によるモニタリング



c. 地下ピットの定期点検：地下ピットは定期的に点検を行い、ひび割れ等による漏洩がないことを確認している。

d. 配管ラック下の舗装化：工場内の配管の破裂や亀裂からの有害化学物質の漏洩による土壤汚染を防止するため、配管ラック下の舗装を計画的に進めている（図 2.1-2）。

上述の対策を実施するにはかなりのコストがかかる。そこで、巨額の損害を経験してから予防措置をとると、他社の汚染事例を調査して影響度の優先順位をつけて計画的に対策をとるという二つのプロセスが考えられる。後者の方が得策だが、汚染が発覚してからやっと予防策を実施するという前者の例が現実には多い。汚染を起こしてから対策するのではなく、先に述べた a. から d. のような予防策を常に見直しながら計画・実行していれば、汚染はかなり防止できる。長期的にみて、予防策はコスト面でもメリットが大きい。

土壤汚染対策法やダイオキシン類対策特別措置法など新しい環境法が施行され、国土交通省の不動産鑑定評価基準にも、2003 年から土壤汚染が評価項目として新たに追加されたので、土地の汚染など環境汚染リスクが

■ 図 2.1-2 配管ラック下の舗装化



出典：日本化薬、環境報告書、p.13

企業経営に与えるインパクトは大きい。

(1) 過去の汚染事例

表 2.1-1 は、過去に報道又は公表された土壤汚染の事例の抜粋である。

環境法は「国民の健康の保護を図る」ことをメインに規定されているが、発がん性物質や環境ホルモンなど有害化学物質の存在自体が、その絶対量の大小にかかわらず住民にとって重大な問題となっている。ましてや飲用する地下水に有害化学物質が検出され、健康に悪影響を与えることになれば深刻な問題になる。また、土地売買においても潜在的な土壤汚染があれば、買主は将来の土壤汚染リスクを心配する。将来、規制化学物質も増加し環境基準も厳格化することも予想される。

企業の所有する土地の資産評価において、2003年の新不動産鑑定評価基準では、法に規定されない汚染物質についても、依頼者のニーズに応じ詳細調査等を行うことを肯定している。法に規定されない汚染^(注1)であっても、価格形成に重大な影響があると認められる場合には、土壤汚染の影響も当然考慮すべきであると判断している。

(2) 土壤汚染リスクの類型

土壤汚染対策法は人の健康被害にターゲットを絞っているが、表 2.1-1 に掲載されているような実際の事例から、汚染土壤による企業に与える主たるリスクを整理すると、次のようになる。

(注1) 例えば石油や重油などの油汚染(2003年段階でベンゼンの規制あり)は現行法で未規制です。なお、「土壤汚染」が新たに加わった2003年不動産鑑定評価基準で「今回の改正では、価格形成要因に係る土壤汚染として土壤汚染対策法で規定された土壤汚染に主眼を置いているが、土壤汚染対策法に規定されない汚染についても、依頼者のニーズに応じ当該状況に係る詳細調査等をおこなうことを妨げるものではありません。なお、土壤汚染対策法に規定されない汚染であっても、価格形成に重大な影響があると認められる場合には、当該要因の影響を当然考慮すべきです」と国土交通省土地・水資源局地価調査課はコメントしています(「不動産鑑定」2002年11月号)。

■ 表 2.1-1 全国的に報道された主たる土壤地下水汚染

年	所在地	主たる汚染物質	コメント(浄化費用など)
1975	東京都江東区等	六価クロム(鉍滓埋め立て)	東京都 14 億円の損害賠償請求
1987	千葉県君津市	揮発性有機化合物(VOC)	12 億円(ハイテク工場)
1990	栃木県鹿沼市	VOC	地下水汚染で工場閉鎖(因果関係不明)
	埼玉県朝霞市	VOC	地下の大量廃液ドラム缶が腐食し漏出
1991	広島県福山市	水銀など重金属、PCB 等	工場跡地の再開発延期、隣地のヘドロ浄化 48 億円
1992	東京都墨田区	水銀、ひ素等	鉄工所跡地が都に転売され、地中 3m に汚染発覚
	兵庫県西宮市	PCB(72 年頃コンクリート固化)	5,000 個のコンクリート塊が風化し、中の PCB 流出
	東京都江戸川区	六価クロム	鋼矢板や粘土で封鎖したクロム鉍滓から汚染が漏洩
1993	鳥取県、全国	BHC、DDT 等使用禁止農薬	埋立処分した DDT、ディルドリンなどが土壤汚染
1994	福岡県	ひ素	大川・柳川市等で井戸からひ素検出、自然由来と推定
	滋賀県神崎郡	PCB	約 1,000 本の PCB 等の有害物質入りドラム缶放置
1995	兵庫県神戸市	VOC	阪神大震災でクリーニング店から VOC 汚染
1996	千葉県佐原市	六価クロム	都内のマンション建設残土が搬出され、農地が汚染
1997	茨城県新利根町	ダイオキシン類	ごみ焼却炉周辺の土壌や河川の泥が高濃度汚染
	埼玉県所沢市等	ダイオキシン類(地表 2~5 cm)	ごみ焼却炉周辺の土壌から基準値 5 倍の汚染検出
	大阪市此花区	六価クロム、鉛、ひ素、水銀等	工場内埋立処分場の跡地、現ユニバーサルスタジオ
	愛知県名古屋	VOC	電子メールで環境庁へ匿名告発、行政報告せず対策
	大阪府能勢町	ダイオキシン類(地表 5 cm)	ごみ焼却炉に隣接する高校の農場で 2,700 pg
	京都府長岡京市	ひ素、VOC	薬品工場跡で汚染発覚、井戸水使用を控えるよう指導
	愛知県名古屋	PCB、鉛、ひ素	スポーツセンター建設予定地、工場跡地
1998	埼玉県鳩山町	全シアン	宇宙開発事業団の観測センター、1988~1994 年にも漏洩
	神奈川県横須賀市	鉛、水銀	米軍基地岸壁の延長予定区域、浄化費用推定 15 億円
	東京都江東区	鉛、カドミウム、ひ素、PCB 等	和解金 85 億円(都が汚染地を買い戻し)
	東京都八王子市	無機水銀汚染	70 億円で水銀を熱処理浄化、農薬工場跡地
	和歌山県橋本市	ダイオキシン類等	11 億円以上、不法産廃焼却場跡地
1999	神奈川県寒川市	ダイオキシン類等	基準値 4 倍、神奈川県が当事者
	大阪府大阪市	ひ素、その他重金属	油脂会社、浄化費用十数億円
	大阪府堺市	ダイオキシン類	行政負担で土壤撤去の方針
	長野県諏訪市	VOC	本社敷地等 7 か所、30 億円(汚染浄化予算)
	神奈川県鶴見川	PCB	鶴見川遊水地の盛土から産廃を発見、建設省が対応
2000	大阪府豊中市	シアン、ひ素、水銀、PCB 等	建築中マンションを解体、土地売買契約無効請求
	東京都文京区	六価クロム	マンション予定地で住民も独自調査、めっき工場跡
	大阪府枚方市	VOC	紡績工場跡地の売買の際に、土壤汚染調査
	東京都杉並区	VOC、重金属等	自動車工場跡地、数百人規模の住民説明会開催
	東京都文京区	六価クロム	めっき工場跡地、マンション建築を断念
2001	東京都大田区	ダイオキシン類、PCB	10 億円以上(掘削等 5 億 6,000 万円、化学工場跡地)
	東京都足立区	VOC	紡績工場を都市整備公団購入、数十億円の浄化費用
	埼玉県大宮市	VOC	製薬工場
	大阪市天王寺区	水銀	市立病院跡地
	京都市下京区	VOC	製薬工場
	北海道虻田町	ひ素	鉍山会社の旧試験場
	神奈川県川崎市	ひ素、水銀、鉛、シアン	電子メーカー工場跡地
	愛知県豊田市	VOC	自動車など 23 工場
	大阪市此花区	水銀、鉛、ひ素、セレン	化学肥料工場跡の住宅団地、土壌の入れ替え
	徳島県北島町	水銀、鉛、VOC 等	繊維工場
	栃木県鹿沼市	VOC	電気製品の製造工場(ほかに全国 5 工場で汚染)
	三重県四日市	PCB	化学工場
	東京都江東区	ベンゼン、ひ素等	100 億円(浄化予算、石炭ガス製造跡地)
	千葉県原市	VOC	30 億円(浄化費用予算、ガラス工場)
	長野県塩尻市	過マンガン酸カリウム水溶液	VOC 浄化作業中の事故、学校の池や水田などへ流入
	東京都北区	VOC、水銀、ひ素	製薬工場跡地売買、隣接金属工場が一部汚染源
	東京都江東区	ベンゼン、VOC、鉛、ひ素	工場跡マンション、完売 126 戸を解除し 10%の補償金
	東京都港区	鉛、水銀、ひ素	都交通局の工場跡地、処理費用約 25 億円都が負担
	千葉県船橋市	PCB	鉄工所跡地、マンション用地の一部から PCB 検出
	滋賀県守山市	VOC	水道水源の井戸が汚染、翌年野州町でも汚染発覚

年	所在地	主たる汚染物質	コメント（浄化費用など）
2002	滋賀県長浜市	ひ素	市内の井戸が汚染
	長野県岡谷市	VOC	市内の公園が汚染
	大阪市西成区	ひ素、鉛	市有地で金属工場跡地
	栃木県日光市	ひ素、セレン	電工会社の工場跡地
	三重県鈴鹿市	シアン、六価クロム、ベンゼン	自動車工場
	大阪市鶴見区	ひ素、鉛、水銀、VOC	金属工場跡地、電子機器工場跡地、運搬機工場跡地
	埼玉県毛呂山	VOC	電機会社の関連工場跡地
	大阪府堺市	VOC	車両製造工場
	全国	シアン、ベンゼン、ひ素、鉛等	ガス会社（東京都港区、大阪府西区、奈良市、一宮市）
	京都府綾部市	ダイオキシン類	織物工場跡地
	大阪市此花区	VOC	油槽所
	愛知県岡崎市	六価クロム、カドミウム	電子産業
	神奈川県横須賀市	セレン、フェノール	自動車
	埼玉県小川町	六価クロム、VOC	光学
	岩手県玉山村	ふっ素	電子部品会社の工場跡地
	静岡県富士市	VOC	化学工場跡地
	大阪市淀川区	シアン	めっき工場跡地の住宅
	山形県、茨城県	ペンタクロロフェノール（PCP）	工場跡地（大江町、常陸太田市）
	大阪市北区	ひ素、セレン	金属工場跡地
	愛知県名古屋	六価クロム、ひ素	建設会社の機材置場
	三重県桑名市	VOC	金属工場跡地
	静岡県沼津市	ダイオキシン類	触媒製造工場
	東京都世田谷区	水銀	大学跡地 50m ³ の汚染土、マンション建設地
	千葉県千葉市	六価クロム	再開発予定、地下水汚染のおそれなし
	大阪府大阪市	ベンゼン	交通局新庁舎予定地、対策前に建築契約
	岐阜県岐阜市	VOC	井戸から汚染を検出、高富町でも汚染検出
	福島県白河市	VOC	工場の洗浄液で井戸汚染訴訟、訴え一部認め賠償命令
	高知県中村市	焼却灰など	焼却灰総量推定 3,800t
	埼玉県さいたま市	六価クロムなど	基準値の 36 倍の六価クロム
	岐阜県岐阜市	VOC	5 井戸で基準値を超えるテトラクロロエチレン
青森県八戸市	VOC	基準値の 12 倍、クリーニング工場敷地内	
神奈川県川崎市	水銀	最大で基準値の 126 倍、食品会社	
静岡県沼津市	ダイオキシン	基準値の 1,400 倍	
東京都板橋区	水銀	土中に許容値の 130 倍、製薬会社の所有地	
愛知県名古屋	ひ素、ふっ素	東海財務局の空き地で検出	
2003	岐阜県大垣市	VOC	井戸水から、基準値 13 倍の PCE 検出、化学工場
	埼玉県上尾市	鉛、ひ素	工場内で、基準値 2,440 倍の水銀
	栃木県真岡市	シアン	自動車工場の土壌からシアン検出、健康に影響なし
	東京都内	ひ素など	旧都立化学工高、土壌汚染
	鳥取県智頭町	VOC	井戸から発がん性物質検出、土地所有者に調査命令
	愛知県名古屋市	鉛	公務員住宅跡地で基準値 20 倍の鉛、周辺に影響なし
神奈川県川崎市	VOC	マンション建設地内から発がん性物質、基準値 290 倍	

（注）年は発覚又は公表年など、浄化費用等は環境基準や法令改正により変動（新聞雑誌記事等から作成）。

- a. 人の生命又は健康被害：特に飲用の河川水や地下水の汚染
- b. 土壌地下水汚染による地価の減損：工場跡地の宅地転用不可など用途制限、資産価値・担保価値の減少
- c. 汚染浄化対策にかかる費用：調査、浄化措置、観測井戸のモニタリングなど
- d. 民事賠償、行政処罰や行政指導、刑事罰など：規制物質の増加や基準値の強化など、将来の規制強化への対応
- e. 顧客、住民、株主、銀行などステークホルダーとのリスクコミュニケー

シヨン

f. イメージ悪化、風評、マスコミ報道など

今後、土壌汚染は法規制の強化や科学技術の進歩により、複雑でより多様化するリスク（不確かさ）として展開することが予測される。過去の汚染事例を眺めながら、今後注目される土壌汚染リスクは企業経営上どのようなものなのか検討することが有益だと思われる。

一方、全国で発生した具体的な汚染事例を複数分析してみると、リスクにはいくつかの共通パターンがみられる。代表的なものを五つの類型に分けて簡単に解説する。

1) イメージダウンによる社会的信用の失墜

ダイオキシン類などによる環境汚染や、環境ホルモンなど有害化学物質の影響については市民の意識が高まってきており、マスコミや政治家にとっても土壌汚染問題は軽視できないテーマである。例えば敷地内だけであっても土壌汚染が発覚すると企業のイメージダウンになる。しかも情報公開や行政への届出のタイミングを誤ると、汚染隠しとして悪いイメージが醸成されてしまう。よき企業市民として事実を正確に把握し、スピーディーな報告と情報公開を実行しないと社会的糾弾を受けることになる。汚染を隠すことに奔走するよりも、行政担当者との密な連絡と相談、さらには、適切なリスクコミュニケーションの行使が「よき企業市民」を維持できるかどうかの鍵となるだろう。

2) 土壌汚染の調査と浄化・修復

現在の法律では、私有地の土壌汚染を行政が自主的に調査して直接的に取り締まることはないが、近年では自治体条例の設置も増えているほか、土壌汚染に関する調査制度も整備されているので、ここ数年で私有地内においても調査結果を公開する義務を課せられる可能性もある。また、土壌汚染は時間の経過とともに影響の範囲が広がり、やがて周辺地域に影響を及ぼす。そうなるからでは莫大な費用が必要となり、企業のイメージの失墜などさまざまな影響を及ぼすため、早期発見、早期対策が対応の基本であることはいうまでもない。後で述べる法律テクニク（法テク）も含めた全社的な対応が望まれている。

3) 第三者に与えた損害の賠償

自らの土地を汚染し、それにより周辺の土地を汚染すれば、その土地の修復を行う責任が生じる。また、水質汚濁防止法では排水、地下浸透により生命、身体の損害を生じた場合には、損害の発生、原因行為と損害との

間の因果関係を立証すれば、行為者は過失がなくても賠償責任（無過失責任）が課せられる。隣接する工場跡地の土壌汚染を訴因として、住宅などの不動産評価額が下がったという裁判が、神奈川県で実際に起きている。さらに福島県でも揮発性有機化合物（VOC）による井戸水汚染で、健康被害がないにもかかわらず環境基準を超過している事実をもって住民への慰謝料支払いを判決で命じている。

4) 土地の売買に伴うトラブル

自社所有の工場跡地を売却し、その土地が汚染されていた場合には、売却した企業は買収した企業から契約を解除され、もしくは損害賠償や原状回復を求められる。また、汚染の事実を知っていてその事実を相手に知らせずに売却した場合にも、責任を追及される。逆に、土地を買収した場合に、その土地が汚染されているかどうかは、あらかじめチェックしておく必要がある。売却した企業が既に倒産している場合には、責任を追及する先がなく、買収した企業が行政や周辺への対応を自ら行うことになる。

5) 資産価値の減少と減損会計

一度、土壌汚染が発生すれば、例え土壌の汚染が完全に除去されたとしても、買い手がつかないケースが予想される。汚染を一度も起こしていない土地に比べ、汚染された土地は、その他の条件が同じでも当然、土地の価格が安くなってしまい、資産価値が大きく減少する。このため、売却も困難で担保能力も減少する、という事態も予想され、その結果、企業の経営に重大な支障を来すことも考えられる。

国内における時価会計や減損会計の導入で、土地の資産価値は簿価から時価ベースになり、地価の下落や土地の汚染によって減額する。簿価と時価との差額は、認識した決算期に特別損失として計上する。既に国内企業でも、50%以上の地価減少で経理上の減損処理を実施している企業もある。また、企業の土地が一定レベル以上に汚染された場合は、**担保価値ゼロ**として査定する方針の地方銀行も現れている^(注1)。

一方、2001年には、当時の住友銀行、東海銀行、東京三菱銀行、日本興行銀行、日本政策投資銀行、AIU 保険会社、格付投資情報センター、日本総合研究所の8社で、土壌汚染を主なテーマに「**持続可能な社会に資する銀行を考える研究会**」を開催し、中間報告書（2001年1月）で研究成果をインターネットで公開している。その報告書は業種別環境リスクチェックリストなども掲載しており、銀行の土壌汚染リスクに対する考え方が理解できる有益な情報源である。事務局の日本総合研究所（03-3288-4616）が2001年2月2日にニュースリリースしている。アドレスは次のとおり。

(注1) 法的に汚染区域等に指定された既存担保の土地評価額を0円に引き下げる地銀があります（朝日2003/2/16、共同通信2003/8/20ほか）。中には「工場用地は担保にならない」という銀行もあります（日経金融新聞2003/4/10）。

<http://www.jri.co.jp/press/2000.html-21k>

<http://www.jri.co.jp/press/report/cse-press010202.pdf>

2.1.2 | ステークホルダー

土壌汚染に関係する主なステークホルダー（利害関係者）は次のとおりである。

- a. 不動産取引の関係者（売主と買主、不動産業者、融資する金融機関など）
- b. 汚染行為の当事者である汚染原因者と現在の土地所有者等
- c. 近隣住民
- d. 株主や従業員
- e. 顧客、下請企業、関連企業
- f. 行政機関、研究機関、NPO 等

このようなステークホルダーに対し、汚染土地を所有・管理する企業は客観的情報を直接又は間接的に提供することになるが、情報開示の手法が極めて重要になる。汚染土地の情報公開に関して、日本でも企業経営上のアカウントビリティ（説明責任）の一環として、環境報告書やホームページなどを通じて社会に公表するようになっている。実際に新聞報道された汚染事件をインターネットで閲覧すると、詳細な土壌汚染の経緯や情報が開示されている。一方、中小企業の汚染事件では自治体が住民に情報開示することが多い。汚染を故意に隠した場合は、マスコミ報道の影響もあり倫理的かつ社会的にも大きなダメージを受ける。

ところで、ステークホルダーは時間の経過で変化するということに留意する必要がある。例えば、工場閉鎖や退職で内部情報を知る従業員は、将来、対立する立場の住民に変貌することもある。

(1) 環境会計におけるステークホルダー

環境省も「環境会計ガイドブック」を発行しており、組織（企業など）の環境保全への取り組みを定量的に評価できる枠組みを策定している。環境会計ガイドブックによると、汚染土地の環境保全対策を含む環境保全コストとその効果などに関し、組織が説明責任を負う主なステークホルダーは次のとおりである。

- a. 消費者や地域住民
- b. 取引先
- c. 金融機関や投資家
- d. 従業員

NPO : Non-profit
Organization

e. 行政

これらのステークホルダーと土壌汚染による影響は表 2.1-2 のようなマトリックスで概念的な仮説イメージとして表すことができる。

■ 表 2.1-2 土壌汚染とステークホルダーの影響例

ステークホルダー	汚染調査	汚染浄化	健康被害・賠償	風評・イメージ	資金回収リスク
土地所有者	○	○		○	
汚染原因者		○		○	
土地買主	△			○	○
住民・隣接地	△	△	○	○	
消費者				○	
金融機関	△	△		○	○
株主・投資家	△			○	○
従業員			○	○	

(注) ○：影響大 △：影響中

影響度は定量的に把握するのが理想だが、正確な分析は経済的・技術的
面から困難であり、それぞれのステークホルダーの定性的、情緒的なイメ
ージに左右されることが多い。しかも、企業経営上は金銭換算できる環境
管理コストや汚染事故による偶発コストとして把握すべきであるが、貨幣
価値に計算できない事由が少なくない。そこで、事業所に関係する表 2.1-
2 のステークホルダー欄に、運転資金の借入先や地元自治会など具体的な
固有名詞を入れて、相手の立場で土壌汚染に対する反応を想定してみると、
問題の重要さが理解できる。

(2) 環境報告書とステークホルダー

ステークホルダーを詳しく評価分析している具体的な例として、日本電
気(株)の環境アニュアルレポート(2003)がある。この報告書の目次に、
イラストによる九つのステークホルダーアイコンがあり、どの部分はだれ
に関連するのかが一目瞭然である。注目されている土壌汚染を扱う「法遵
守、リスクマネジメント」部分には最も多くのステークホルダーが記載さ
れている。それらに該当するものは、投資家・株主、地域住民・NGO、行
政、社員家族である。「汚染防止への対応」部分では地域住民・NGO と行
政の二つのステークホルダーが示されている。

なお、日本電気(株)の報告書はユーザーフレンドリー(読み手にやさ
しい)で、全体的に優れた環境アニュアルレポートの一つだといえる。同
社の環境アニュアルレポートはホームページでも公開されている。

NGO : Non-
Governmental
Organization

2.1.3 環境コスト

(注1) 「21世紀の環境経営」、日本経済新聞社日経産業消費研究所 p.98～101 (1999)。日経産業消費研究所伏見小百合研究員を中心に、後藤(環境監査研究会)、樋口(日産自動車)、福島(日本環境認証機構)、宮崎(ICU)、山本(キヤノン)、大岡(AIU)が委員として参加した「21世紀の環境経営研究会」の議論をもとに、当該研究所の調査資料や関連資料を盛り込んだ報告書です。

IBMグループは株主を含むステークホルダーから環境コストの情報を開示するよう要請されたので、1997年の環境報告書では環境資本投資と経費の額を開示している(注1)。環境投資による節約額も計算している。

例えば、有害化学物質を安全なものに切り替えたとしよう。その結果、廃棄物が減ったり、廃液や廃棄物自体がより無害なものになったりして、廃液処理費用や廃棄物処理委託費用が減少する。また、土壌地下水汚染防止対策として、世界中で2,800本もの観測井戸を設置するなど、環境投資額は巨額であるが、汚染コスト回避額等を推計すると環境投資額の3～4倍もの利益を同グループにもたらしている。予防策等にかけたコストで、巨額になるかもしれない土壌地下水汚染が防止でき、結果としてプラスになったといえる。例え汚染防止ができなくとも、早期発見により早期治療できる効果がある。

IBMグループは1,000億円レベルの環境資本投資と環境管理運営経費を過去に支出しているが、これらの汚染防止や環境保全の継続的支出に対し、未然防止や汚染予防による節約効果と汚染浄化費用や賠償金の回避という、大きな利益を見返りに得ている。同グループは環境汚染賠償責任保険(EIL)や金融保証なども活用しているが、事前対策によって汚染修復コストが12億5,000万円の節約、流出改善費の回避で30億円、法規制準拠費の回避、その他合計で約235億円の節約効果と費用の回避ができたことを同グループ「環境プロGRESS・レポート1998年」で報告している。開示資料によると、土壌汚染などの修復費用のほか、罰金や半導体工場の化学物質による健康被害をめぐる訴訟や、汚染事故発生件数など、環境にかかわる詳細なデータを公表している。同グループはリスクコミュニケーションについても優れた企業といえる。

(1) 米国における環境コスト項目

次に、米国環境保護庁の「経営管理手法としての環境会計入門」(An Introduction to Environmental Accounting as a Business Management Tool, EPA, 1995)を参考に、米国における環境コスト項目をいくつか抜粋し追加修正の上、一部を例示する(表2.1-3、表2.1-4)。各ファクターや項目は実態に応じて変更する必要があるが、土壌地質汚染関連コストである汚染修復や環境保険といったものが目立つ。特に、事業所のライフサイクルで最後に発生する「事後コスト」は注目する必要がある。

■ 表 2.1-3 隠れている可能性のある環境コスト

	事前コスト	伝統的コスト	事後コスト
一般的コスト	用地の地質等研究	公害防止設備	閉鎖、撤退
	用地の使用履歴調査	安全な材料や労働	一部操業停止
	用地買収準備	消耗品	在庫処分
	許認可、同意書	公共料金	解体、移動
	建設計画、設備据え付け	建物設備メンテナンス	閉鎖後の管理
	試運転	残存価額	土壌調査
規制対応コスト	行政への通知報告	通知報告	通知報告
	デューデリジェンス	監視、検査	モニタリング
		汚染修復	修復
		環境保護設備	環境保護設備
		環境保険・財務保証	環境保険・財務保証
		汚染管理・漏洩対応	汚染管理・漏洩対応
		雨水・廃棄物管理	雨水管理
自主対応		地域との関係	地域との関係
		監査	
		環境調査	環境調査
		環境マネジメントシステム	再開発計画

出典：EPA資料より改変

■ 表 2.1-4 企業で発生する環境コスト

偶発コスト	イメージアップコスト
将来の法遵守コスト	企業イメージ
ペナルティー・罰金	顧客取引先との関係
強化する法規制対応	投資家との関係
修復	保険会社との関係
財産損害（地価減少）	専門職員との関係
健康被害	従業員との関係
法的費用、弁護士	債権者との関係
自然資源の損失	地域社会との関係
経済的損失・損害	行政機関との関係

出典：EPA資料より改変

a. 隠れている可能性のあるコスト

- ・規制遵守コスト
 (例) 報告、許認可、保険
- ・汚染管理コスト
 (例) 修復、汚染管理、漏洩対応、雨水管理、廃棄物管理
- ・事前コスト
 (例) 用地研究、用地準備、許可、研究開発
- ・事後コスト
 (例) 工場閉鎖、貯蔵施設や処分場の閉鎖、焼却炉解体、在庫処分、閉鎖後管理
- ・自主的対応コスト
 (例) 地域関係、監査、環境報告書、保険、修復、環境調査、風景美化

(注1) 人為的に造成された人工地層には土壤汚染が多い。一方、自然地層でも海成粘土層のようにひ素やふっ素、鉛などが環境基準値を超えて含有又は溶出するケースが珍しくありません。また、隣接汚染源が原因のケースもあります。したがって、あらかじめ、地下の岩相、走行、傾斜、難透水層や帯水層、断層の有無、不整合などの堆積構造、周辺の地質構造等を調査することにより、合理的な汚染調査や予防対策を策定できます。専門的なことは、環境コンサルタントのみならず、地方自治体や環境省の関連団体、NPO 日本地質汚染審査機構、その他研究機関に相談することができます。

b. 偶発コスト

(例) 罰金、土壤汚染の調査と修復、財物損害、人身損害、訴訟、法的費用、操業停止、汚染土地の担保価値減少

c. イメージ・関係作りコスト

(例) 企業イメージ、顧客・投資家・保険会社・従業員・取引先、地域社会・行政等との関係

d. 伝統的コスト

(例) 環境対応管理費、労働・人件費、資本設備、材料、建造物など

(2) 今後日本で留意すべきファクター

一方、企業の土壤汚染リスクに関し環境専門家や企業の担当者にヒアリングした結果、日本で今後留意すべき事由として、以下のようなものを挙げることができる。

- ・ 土壤汚染対策法の規制対象外である生活環境や自然環境の影響
- ・ 油汚染など未規制物質による汚染、非意図的生成物の存在
- ・ 過去に汚染残土で造成された工場敷地
- ・ ひ素や鉛など自然由来の土壤汚染^(注1)
- ・ 過去の廃棄物埋め立てや有害物質の地下浸透
- ・ 地下タンクや地下配管からの漏洩
- ・ 海外の規制物質や新たに規制される有害物質

これらを参考に、事業所ごとの**具体的リスクの洗い出し**を定期的を実施し、先手を打って対策をとれば不要なロス回避できるので、結果として新事業開始や資産リストラの際にも「勝ち組」の成果を得られる。環境規制は継続的に改正され厳格化し続けるから、欧米の環境先進国を参考に環境対策を一步先に計画し、先手を打って実施することが大切である。

2.1.4 有害物質の不適切な取り扱いによる汚染

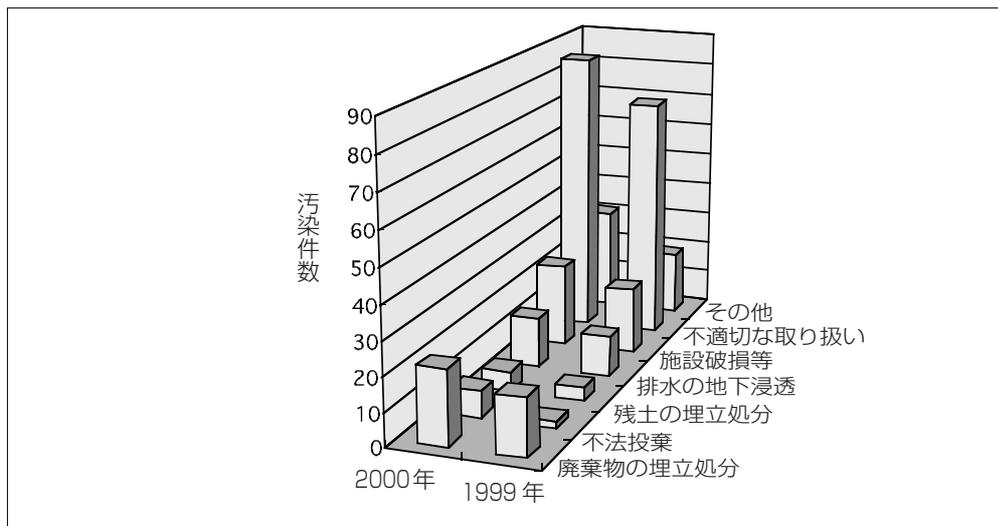
20年ほど前の毒物劇物取扱者向け参考書に、テトラクロロエチレンやトリクロロエチレン等のVOC廃溶剤やそのスラッジ状廃棄物について、「工場敷地内に深さ1m以上の穴を掘って地下浸透又は埋め立て」すれば適法である、といった記載がある。さらに、有害物質を中和、分解、酸化、還元、もしくは希釈してあるレベルまで無害化すれば規制対象外になるし、ガス又は揮発性の毒物劇物や可燃性のものは、保健衛生上危害を生ずるおそれのない場所で、少量ずつ放出又は揮発するか、少量ずつ燃焼することが適法とされていた^(注2)。実際少し前まで、ごみ焼却炉から排出される高

(注2) 毒物及び劇物の廃棄について、法

濃度ダイオキシン類を含む飛灰やスクラバー洗浄水なども、他の廃棄物と混ぜられ工場敷地内に埋め立てられることが珍しくなかった。また、焼却炉のない事業所でも廃材を空きドラム缶で燃やすことがあった。高濃度の有害廃液を単純に水で希釈して排水したり、有害な廃液や廃棄物を地下浸透したり地中に埋め立てたりすることも広く行われていた。

土壌汚染の主たる原因として「有害物質の不適切な取り扱い」による汚染漏洩がある。例えば「廃液処理のミスで基準 260 倍塩素溶剤汚染」という新聞記事（京都新聞 2000 年 8 月 12 日等）があるが、これも廃液処理の際のミスが原因とみられている。繊維メーカーの K 社は 2000 年 8 月 11 日、同社工場跡地の土壌から環境基準の 260 倍に当たる発がん性塩素系有機溶剤テトラクロロエチレンを検出したと発表した。同社によると、1996 年に他県に移転した工場跡地のうち、65,500 m²を売却するのに伴い土壌地下水を調査したところ、7 か所の土壌と 3 か所の地下水からサンプル 1L 当たり最高 2.6 mg のテトラクロロエチレンを検出したというものである。有害物質の不適切な取り扱いが主たる汚染原因であることは、1999 年度と 2000 年度に実施された環境庁（現環境省）の汚染件数の調査結果（図 2.1-3、図 2.1-4）でも明らかである。

■ 図 2.1-3 重金属の土壌汚染の原因行為



(注) 複数回答あり

出典：環境庁（1999年、2000年）

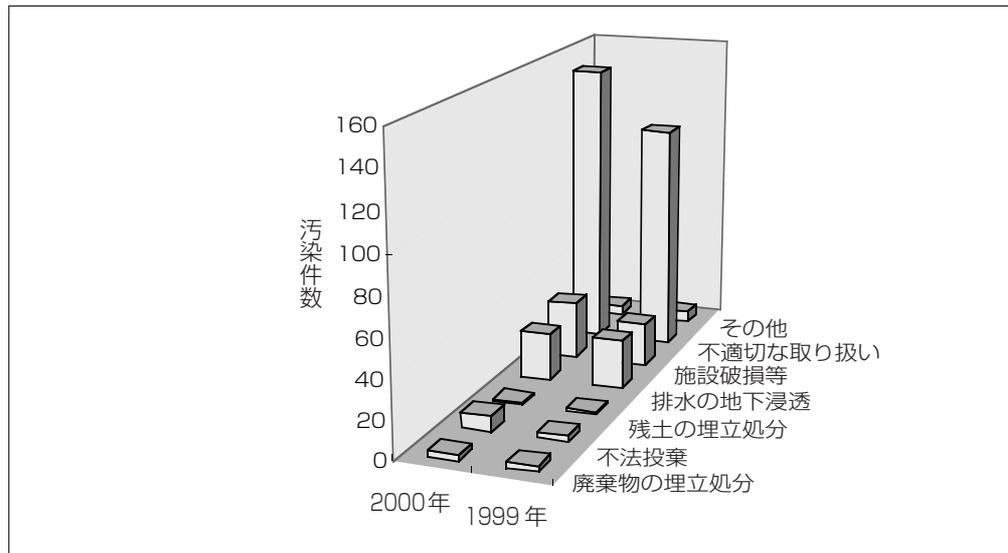
【汚染原因】

2000 年 3 月 31 日までに都道府県等が把握した土壌汚染の状況によると、総事例件数は 1,512 件で、環境基準を超過した事例件数は 431 件であった。この調査結果によると、VOC と重金属別の土壌汚染（累積 431 件）の原因行為は次のとおりである。

令では、次の四つの方法が記載されています。ただし、条例を含む廃棄物処理法や水質汚濁防止法など関連法規が厳格化されているので、適用されるすべての法規制をチェックする必要があります。

- 1) 中和、加水分解、酸化、還元、希釈、その他の方法
- 2) ガス又は揮発性の毒物劇物は、保健衛生上危害を生ずるおそれのない場所で、少量ずつ放出、又は揮発
- 3) 可燃性のものは保健衛生上危害を生ずるおそれのない場所で、少量ずつ燃焼
- 4) 前各号により難しい場合には、地下 1m 以上で、かつ、地下水を汚染するおそれがない地中に確実に埋め、海面上に引き上げられ、もしくは浮き上がるおそれがない方法で海中に沈め、又は保健衛生上危害を生ずるおそれがないその他の方法で処理すること

■ 図 2.1-4 VOC の土壤汚染の原因行為



(注) 複数回答あり

出典：環境庁（1999年、2000年）

○ VOC

- 1位 汚染原因物質の不適切な取り扱いによる漏洩（122件）
- 2位 不明（41件）
- 3位 汚染原因物質を含む排水の地下浸透（24件）
- 4位 施設破損等による汚染原因物質の漏洩事故（20件）
- 5位 その他（5件）
- 6位 廃棄物の埋立処分（3件）
- 7位 廃棄物の不法投棄（2件）

○ 重金属

- 1位 汚染原因物質の不適切な取り扱いによる漏洩（73件）
- 2位 不明（67件）
- 3位 施設破損等による汚染原因物質の漏洩事故（21件）
- 4位 その他（20件）
- 5位 廃棄物の埋立処分（17件）
- 6位 残土の埋立処分（5件）
- 7位 廃棄物の不法投棄（1件）

かつて、廃棄される劇物毒物でも深さ1m以上に地下浸透又は埋め立てすれば適法といわれたが、実際のところ、20年、30年時間が経過しても地中の有害物質は完全に消滅せず、半永久的に存続しているケースがほとんどである。いままで当たり前に行っていたことが規制強化で違法行為になるケースも多いので、管轄行政から情報を入手することが大切である。

また、はんだの鉛フリー化によってはんだ槽からの漏洩事故が多発した

り、溶剤や廃液を入れた容器やタンクが腐食して液体が漏れ出したりする事故も頻繁にある。それらの事故は製造プロセスや原材料の変更などによる容器の疲労破壊や侵食、触媒作用などに原因があるようだ。このように「有害物質の不適切な取り扱い」は今後も生じるおそれがあるので、予防措置や発生した場合の危機管理体制も含め、定期的にチェックする必要があるだろう。

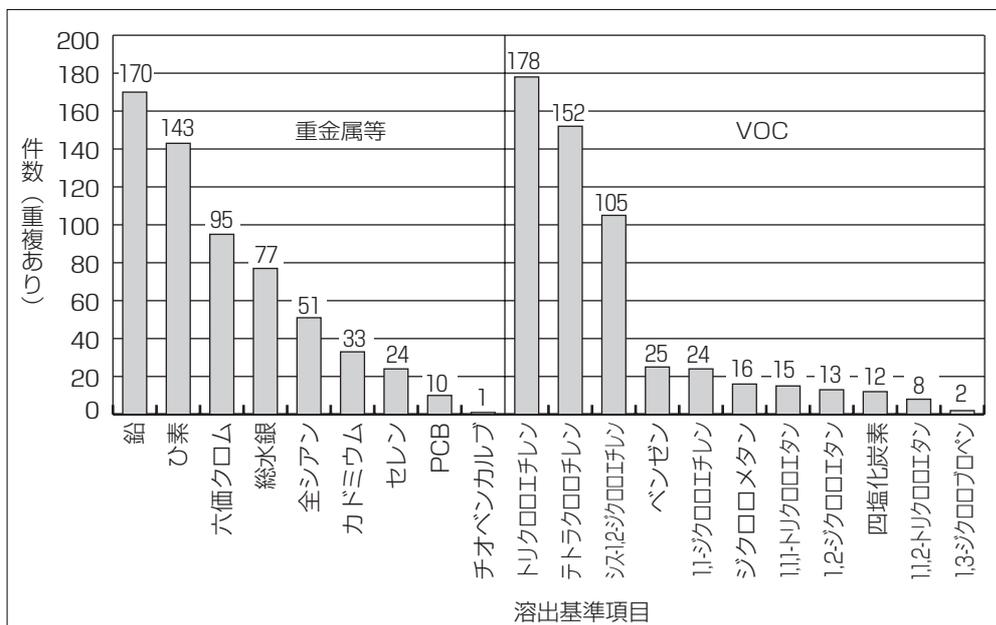
2.1.5 増加する規制対象の汚染物質

図 2.1-5 は環境省が 1987 年から実施している調査である。汚染事例を原因物質別にみると、重金属等では鉛、ひ素、六価クロム、総水銀、全シアン順に判明するケースが多く、VOC ではトリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレンの順である。これらの物質による汚染は、企業規模や地域に関係なく全国各地で発生し、発覚件数も増加傾向にある。有害物質を現在使用していない事業所でも、こういった物質を過去に使用又は保管した履歴のある土地や事業所では、十分な注意が必要である。なお、最近規制に追加された硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素、ふっ素、ほう素に加え、ダイオキシン類についても規制強化されている。

汚染調査や汚染判明の契機をみると、

- a. 工場移転・跡地再利用等による自主的調査

■ 図 2.1-5 物質別の超過事例数（累積）



出典：(社)産業環境管理協会、サイトアセスメント、p.4 (環境省環境管理局水環境部：平成12年度土壌汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果の概要)

- b. 条例・要綱等に基づく土壌調査
- c. 水質汚濁防止法による行政の常時監視や立入検査等による地下水汚染
- d. 土地購入者からの要請による調査
- e. 環境マネジメントシステムの一環として汚染調査

といったものが多い。中には住民からの苦情や住民による調査で発覚するケースもある。環境省の調査は法令で強制されたものではなく、地方自治体からの自主的な報告に近い。したがって、実際の汚染件数は潜在的汚染を含め、欧米並みに数万～数十万件もの規模になる可能性もある。

(1) 残留性有機汚染物質と土壌環境基準

国内の環境規制を欧米先進諸国と比較すると、規制物質や対象サイトが極めて少ないとはいえ、改正化学物質審査製造規制法（2004年4月施行）で監視化学物質が追加規定され、従来のような人の健康被害だけではなく、動植物など生態系への影響という視点も事前審査に取り入れた。また、残留性有機汚染物質（POPs）という生物蓄積性のある有害物質の使用廃絶や削減する動きも活発である^(注1)。

POPsは自然に分解しにくい難分解性、高蓄積性（食物連鎖など生物の体内で濃縮しやすい）、長距離移動性（長距離を移動して極地などに蓄積しやすい）、高い毒性（人の健康や生態系に対し有害性がある）から、地球規模の深刻な汚染が報告されており、国際的な対策が必要とされている。このような難分解性の有機化合物について、法的拘束力を持つ国際的措置を含む対策を講ずることによって、地球規模での汚染を防止しようという考え方が各国で合意されている。国内でもPOPsに関する一般市民の認識も高く、社会的、経済的にも最も注意が必要な有害物質グループである。

ダイオキシン類や水銀、鉛などの重金属を排出していた焼却施設の隣接地や、過去に焼却灰や汚泥等の有害廃棄物を埋設した履歴のある土地など、潜在的汚染はかなり存在すると思われる。そのような土地の地層には歴史書のように過去の負の遺産が保存されている。過去に使用した水銀殺虫剤や不純物を含む除草剤など、非分解性農薬や焼却灰なども地層中に存在している。特に、有害化学物質や環境ホルモンが極微量でも妊婦・乳幼児へ影響することを、一般市民が懸念している。環境汚染の原因物質は、重金属類やPOPs、有機塩素化合物でほぼ占められている。

一方、土壌環境基準である重金属等と有機塩素化合物等VOCにふっ素とほう素を加えた26物質のみによってしか土壌汚染に対する規制はされていないということも理解しなければならない。石油類を含む現在50,000種類を超える化学物質が商業利用され、新たに1,000種類以上の新しい合

POPs : Persistent Organic Pollutants

(注1) 環境省の情報によると、POPsは1995年にUNEP（国連環境計画）主催の「陸上活動からの海洋環境の保護に関する政府間会合」で「ワシントン宣言」がとりまとめられました。この中でPCB、ダイオキシンなど12種のPOPsの規制のために国際的な法的拘束力を持つ取り決めを作成することがうたわれています。2001年5月には世界127か国が参加して92か国の署名を得た上でPOPsに関するストックホルム条約が採択されました。環境中で残留性の高いPCB、DDTなど12のPOPs有害化学物質を対象に製造・使用禁止、排出の削

成化学物質が、毎年のように日本に投入されている現実と照らし合わせると、将来時点における汚染リスクの不確実性が実感できる。

(2) 化学物質の使用禁止・削減

環境管理が進んでいるリコーグループでは、化学物質管理システムを構築し、日本の化学物質管理促進法対象物質だけではなく、世界各地で規制の対象となっている環境影響化学物質を「使用禁止物質」「削減対象物質」「管理対象物質」に分類し、各国の法規制レベルを超える厳しい自主基準によって、それぞれの使用量・排出量・廃棄量を管理するとともに、VOC やオゾン層破壊物質などに関して、将来の目標を定めて使用量・排出量の削減を推進しており、世界各国の顧客や OEM 先、市民団体などからの化学物質使用量に対する問い合わせに対しても、迅速に情報提供ができる体制を構築している（リコーの環境報告書より引用）。

海外では、土や地下水のサンプル方法や分析手法もかなり厳格であり、国内規制ルールもグローバルスタンダードに従って厳しくなることが予測できる。

(3) ダイオキシン類

廃棄物焼却炉問題で一躍有名になったダイオキシン類は、水に対する溶解度が極めて低いことが知られている。しかし、排水などの水中では懸濁（濁り）状態で存在していることが多い。さらに、不純物としてダイオキシン類を非意図的に含有していた過去の除草剤など広域に散布された農薬のノンポイント汚染も潜在している。したがって河川などに堆積しているヘドロでも、ダイオキシン類の汚染が全国で発覚している。**農薬起源、焼却炉起源、PCB 含有トランス等起源**など、分析結果によって発生源がほぼ判別できる。将来、問題になるのは過去の焼却炉スクラバー廃液や、高濃度に汚染された焼却灰の不適切な埋め立てである。

焼却灰など廃棄物の埋立跡地の管理、ダイオキシン生成の原因となる物質や製造プロセスを改善すること、現在又は過去の焼却施設周辺（焼却灰や廃液の埋設サイト）からは、濁りのある排水を外部に出さないこと等も予防策になる。場内の排水は極力クローズドシステムにして、排水の再利用などを工夫することも、場外への汚染防止に効果的である。

大阪府能勢町の焼却施設内の土壌では 5,200 万 pg-TEQ/g、周辺では最高 8,800 pg-TEQ/g という国内最悪の高濃度汚染が発覚している（図 2.1-6、図 2.1-7）。廃炉に伴って発生したドラム缶 4,300 本のダイオキシン類汚染物や周辺で除去した高濃度汚染土壌など約 10,000 t の処理は難航している（注 1）。

減等により地球環境汚染を防止する枠組みを策定し 50 各国の批准等により発効します。その概要は次のとおりです。

- ・ PCB やクロルデン等 9 物質の製造・使用原則禁止
- ・ DDT はマラリア対策用のみ認める。
- ・ ダイオキシン類等 4 物質の非意図的生成物質の排出削減
- ・ POPs を含む廃棄物、ストックパイルの適正処理等について、各国が実施計画を策定し実施
- ・ 12 の POPs 有害化学物質とは、アルドリン、ディルドリン、エンドリン、クロルデン、ヘプタクロル、トキサフェン、マイレックス、ヘキサクロロベンゼン、PCB、DDT、ダイオキシン類、フラン類です。

（注 1）能勢町の水道水・井戸水等はダイオキシンの心配はないと大阪府は宣言しています。水道原水でごく微量のダイオキシン類が検出されましたが、水道の浄水処理で濁り等は除去されるため水道水から検出されていません。

■ 図 2.1-6 能勢町の焼却施設跡



■ 図 2.1-7 能勢町の焼却施設からみた風景



能勢町のごみ焼却炉は1988年に運転を開始したが、排ガス中のダイオキシン類濃度が基準を超過したため、1997年に操業を休止。その後、高濃度汚染が発覚したため施設は解体された。施設の元従業員6人が焼却炉メーカー等に健康被害の救済として、総額5億3,000万円の損害賠償を求めた訴訟を提起した^(注1)。焼却施設内の汚染濃度は多大な被害が出たイタリアのセブソ事件よりも高濃度であるといわれる。セブソのダイオキシン類汚染で血中濃度が高い夫婦からは女兒が多数生まれている(表2.1-5)。

(注1) 炉のメーカーが約3,000万円を原告に支払うことで和解する予定(2003年9月)。なお、がんや皮膚病になった2人の原告は労災申請をしたが、2000年3月に不認定となりました。

■ 表 2.1-5 セブソ A 地区でダイオキシン被曝した人々の1976年の血液中濃度と1977年4月から1984年12月までに誕生した子供の性別分布(濃度は脂肪に対する ppt)

1976年の血液中のダイオキシン		子供の性別	
父	母	男児	女児
2,340	960	0	1
1,490	485	0	2
1,420	463	0	1
509	257	0	1
444	126	0	2
436	434	0	1
208	245	0	1
176	238	0	1
104	1,650	0	2
65.4	26.6	1	0
55.1	27.6	1	0
29.6	36.5	1	0
29.3	ND	1	1

出典：Mocarelli, P., Brambilla, P., Gerthoux, P.M., Patterson Jr, D.G., and Needham, L.L., "Change in sex ratio with exposure to dioxin", The Lancet, Saturday 10 August 1996, Vol.348, No. 9024, p.409 (1996)

ダイオキシン類は油に溶けやすいが、水にはほとんど溶解しない。さらにシルトや粘土の細粒子に強く吸着するため、雨水にも溶出せず地層中で移動することはまれである。半減期は表層で10年程度、水田で25年とい

う報告^(注1)もあるように、ダイオキシン類は地中で長期間滞留していることが多い。

(4) 土壌汚染の原因物質

いままで述べてきたように、土壌汚染で問題になる汚染物質は、VOCと重金属類、その他の有害物質の区分になる。VOCは、トリクロロエチレンとテトラクロロエチレンが代表的な汚染物質である。これらの塩素系有機化合物は、引火する危険が少なく燃えにくく、(当時は)安全であったため行政も使用を推奨していた。さらに、粘性が小さくさらさらしているので、使いやすく脱脂洗浄剤として大量に使用されていた。これらの溶剤は安価で大量供給されたため、ドライクリーニングから半導体や切削加工した機械部品の洗浄まで、全国で広く使用されていた。比重が水より重いので地下深く汚染が進行し、地下水汚染として周囲に汚染が拡大することも多い。

一方、**重金属類**による土壌汚染は1890年代の足尾銅山を汚染源とする渡良瀬川流域の広域汚染に端を発する(図2.1-8)。

その後、富山県のイタイイタイ病(原因物質はカドミウム)や宮崎県土呂久のひ素汚染などが全国で問題となった。重金属類は農用地などの土壌に長期間蓄積するため、従来の大気・水質規制だけでは対応できなくなった。そこで国は農用地土壌汚染防止法(農用地の土壌の汚染防止等に関する法律)を制定した。したがって法律用語の「土壌汚染」は1970年に誕生したのである。農作物や畜産物を土壌汚染から保護するため、農用地に限定してカドミウム、銅、ひ素(それぞれの化合物を含む)が特定有害物質として指定された。有害な農畜産物が生産され、又は農作物等の生育が阻害されるおそれがある物質に限って規制された。

しかし、農用地以外でも東京の江戸川区・江東区などの六価クロム鉍滓

(注1)「公害防止の技術と法規(ダイオキシン類編)」(社)産業環境管理協会 p.208～211(2003)

■ 図 2.1-8 足尾精錬所跡



の不適切な埋め立てによる汚染や工場跡地の汚染が問題になった。そこで「人の健康を保護し、生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準」として、1991年にカドミウムなど重金属類が土壤環境基準として初めて設定された。この基準は土壤汚染対策法が施行されるまでは行政上の単なる目標値であったが、現在はVOCや農薬など対象種目も増えて法的意味を持つようになった。つまり、基準を超えれば汚染あり、基準以下であれば汚染なし、と「人の健康リスク」の観点で判断されることもある。

VOCや重金属以外にも、ダイオキシン類や肥料等に含まれる硝酸性窒素による汚染が問題になっている。規制のない油汚染（ベンゼンは規制対象）も頻繁に土壤汚染や地下水汚染を発生させている。石油類や廃油はVOCやPCB、ダイオキシン類などを容易に溶かして、汚染自体を移動拡散させる性質があるので注意する必要がある。また、水道水の監視項目を含め、法規制に定められた物質はもちろんのこと、他の未規制汚染物質についても十分留意する必要がある。

2.1.6 環境サイトアセスメント

重金属とVOCの汚染原因については図2.1-3、図2.1-4等に既に示したが、土壤汚染の原因行為や汚染源は、規制物質に限って統計をとると次のとおりである（表2.1-6）。

■ 表 2.1-6 土壤汚染の原因行為

	件数			
	超過事例（累積）	重金属等 超過事例	VOC 超過事例	複合汚染 事例
施設破損等による汚染原因物質の漏洩事故	56	25	29	2
汚染原因物質の不適切な取り扱いによる漏洩	260	86	150	24
汚染原因物質を含む排水の地下浸透	39	16	23	0
廃棄物の埋立処分	29	23	3	3
廃棄物の不法投棄	18	7	7	4
残土の埋立処分	6	6	0	0
その他	42	31	5	6
不明	165	98	49	18
延べ回答数	615	292	266	57
無回答	28	25	2	1

(注) 複数回答あり

出典：(社)産業環境管理協会、サイトアセスメント、p.12
(環境庁：平成12年度土壤汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果)

- a. 不適切な取り扱いに起因する汚染物質の排出又は漏洩：バルブや弁の操作ミス、タンク・配管作業ミス、搬入搬出時の漏洩等

- b. 施設や設備の破損や劣化、腐食等による汚染物質の漏洩事故：パッキン・弁の劣化、ジョイント破損・腐食、故障・地震による破損等
- c. 汚染物質を含む排水の地下浸透：廃液槽・排水管や浸透枘経由の漏洩を含む規制濃度超過の排水
- d. 廃棄物の不適切な管理や処理・処分：野積み廃棄物への雨水浸透、発火、発酵、分別不良、委託業者選択ミス
- e. 建設残土や汚泥等に含有される汚染物質に起因する汚染：くぼみや井戸の埋め立て、土地造成の覆土に汚染土が混入

これらの汚染源や汚染行為に、事業所のスタッフ全員が認識して十分注意すれば、ある程度の土壤汚染は予防できる。タンクローリーによる溶剤などの搬出入の際には、漏洩予防マットや受け皿を敷いて地下浸透を徹底して予防するなど、日々の細かい配慮が大切である。

一部のVOCや重金属類は土や地下水に異臭や色の変化も与えないケースが多い。しかも土壤汚染や地下水汚染は、目に見えない地下に存在するため簡単には発見できない。不動産鑑定士や長年の土地所有者でも汚染の存在を認識できないことが少なくない。また、過去に使用した汚染物質が徐々に地中にしみ込んだり、表流水や地下水を通して汚染が拡大したりするなど、潜伏期間が長いのも特徴である。そこで国際的に注目されているのが「環境サイトアセスメント」である。

(1) サイトアセスメント

土壤汚染リスクを調査する手法が国際的に確立している。サイトアセスメントについては（社）産業環境管理協会が出版した「サイトアセスメント」（丸善、2003）に詳しく解説されているが、日本や海外で実施されている環境サイトアセスメントは、おおむね二つの段階で構成されている。

第1段階はサイト自体とそのサイトを所有、使用又は管理する組織の環境管理状況を定性的に調査するもので、これが「用地及び組織の環境アセスメント」規格（ISO 14015、EASO）や国際的に実施されている環境サイトアセスメント（フェーズⅠ サイトアセスメント、ASTM）に相当する。フェーズⅠ サイトアセスメントの主たる調査内容は次のとおりである。

- a. 現場と周辺の特徴：配置図、地質、上下水道・排水路、河川、地下水の利用状況など
- b. 土地の過去、現在の利用法：有害化学物質や廃棄物の使用保管歴などを含む
- c. 隣接地の現在と過去の土地利用
- d. 過去と現在の各種地図や航空写真

- e. 行政機関との関係や法規制や条例などの遵守状況
- f. 現地調査とヒアリング：有害物質、保管・貯蔵施設、廃棄物管理、焼却炉、過去の VOC 取り扱い等
- g. リコメンデーション：改善点や推奨事項の検討

フェーズⅠ サイトアセスメントでは限られた費用と時間に制限されるため、依頼者に対し追加調査や第2段階の調査、フェーズⅡ サイトアセスメントを推奨することが多い。

第2段階の調査では、ボーリングによる土や地下水、空気のサンプリング、それらの環境分析を含む科学的かつ定量的調査を実施する。フェーズⅠ サイトアセスメントは時間的にも経費的にも手軽に実施できるが、フェーズⅡ サイトアセスメントになると費用も時間も格段に増加する。さらに次の段階では汚染土壌の対策措置や修復に関連する調査が実施される。

米国におけるフェーズⅠ サイトアセスメント規格策定の目的は、地価の評価や不動産売買の際に標準化された環境サイトアセスメントを実施することである。フェーズⅠ サイトアセスメントの調査規格は、不動産に関する複雑な土壌汚染訴訟の予防手段として、また、裁判で浄化責任を免除させる証明として必要とされた。さらに、汚染されていないきれいな土地と潜在的な汚染土地とを選別する手法として、世界的に普及している。

(2) サイトアセスメントのメリット、デメリット

一方、「用地及び組織の環境アセスメント」規格（ISO 14015、EASO）の目的は、他の規格同様、「国際的な標準化」に置かれている。つまり、ISO 14015 制定の主旨は、既存のデューデリジェンス^(注1)が、財務、法律、権利・契約関係、環境等の調査であるのに対し、ISO 規格は環境に関する調査プロセス部分を規格として標準化するものである。具体的な目的として、既存情報と本調査によって入手できた情報とを評価分析して環境リスクを分析し、環境リスクが事業にどのような影響を及ぼすか、定性的結論を提供することにある。内部監査同様、社内スタッフによる調査も可能である。

ISO 14015 の環境側面には、汚染に関連する過去の土地利用や、将来発覚するかもしれない潜在的な地質汚染が含まれると解される。しかし、この規格は法律ではないので、調査依頼者の裁量で、アセスメントを実施するかどうかの判断もできる。いわゆる調査のスクリーニング決定権は調査依頼者に委ねられる。また、ISO 14015 規格に例示されているような事項を調査で利用するかしないか、つまり調査項目のスコーピングや調査スペックも依頼者側に決定権がある。しかしながら、恣意的に除外された調査項

(注1) Due Diligence
：直訳すると、当然なすべき努力。不動産取引や M&A の際
に実施される法的、経済的、技術科学的な調査プロセスを指し、特に土地取引に関しては投資に値するかどうかの詳細調査（土壌汚染調査を含む）を意味することが多い。

目は ISO 14015 規格の精神に反しない範囲で除外した旨、調査レポートに記載するのが望ましい。このような記載がなく問題点が調査対象になっていないとすれば、読み手に誤った判断材料を与えることになる。

アセスメント実施の長所については、多数の文献があるので理解することは容易である。法遵守面で有益であり、罰金や処罰を受けるリスクが減少する。株主はもちろんのこと、行政や地域住民に対してもイメージアップになるかもしれない。アセスメントに参画することによって、社内的にも環境問題について横断的な情報コミュニケーションが良好になる。また、国内優良企業も含め、既に多数が実施しているように、土壌汚染に対する事前予防措置がとれるので、長期的に大きなコスト削減が達成できる。病気に例えるなら健康診断のようなもので、万が一、病気（土壌地下水汚染）の兆候が見つければ、精密検査など「早期発見・早期治療」が可能になる。

一方、依頼者である被調査者にとって、環境サイトアセスメントの短所もある。例えば、検診によるがん告知（土壌汚染発覚）のように、知らない方が幸せだったというようなこともあるかもしれない。アセスメントの先進国である米国では、次のような事項が短所として指摘されている^(注1)。

- ・環境サイトアセスメントを実施するための余分な人件費や事前準備
- ・現地調査のため工場の操業の一時停止
- ・規制監督者・行政に対する防御手段の余分な対策費
- ・公害防止等の高額出費を含む、改善策に対し対応できない場合の責任

しかしながら欧米では当然すべきビジネスルール、商習慣として環境アセスメントを実施している。背景には、複数の国内裁判でも明らかになっているように、地中に有害物が埋設されたまま土地売買されると**瑕疵担保責任**を追及されることがあり、また、企業財務の資産評価（土地評価額、担保価値）にも土壌汚染が影響するからである。特に、工場跡地がマンション用地や宅地として売却される場合は、潜在する土壌汚染リスクは大きい。土地取引や賃貸契約に際して、その長期的土地利用方法にかんがみて納得できる状態なのか、購入者と売主との間で将来の環境リスクが適切に配分された売買契約になっているかどうか、判断することも大切である。

フェーズⅠ サイトアセスメントでは、主に書類審査によって土壌汚染リスクを調査し、その概要を第三者が理解できるよう報告書が提出される。結果の良否には判断理由が述べてある。したがって、外部の環境専門家による環境サイトアセスメントのメリットの一つは、客観的な評価と継続的改善を目指す環境マネジメントシステムのチェック機能である。

汚染土地の所有者は、飲用の地下水汚染などを起こすおそれがあれば、汚染行為者でなくても土壌汚染対策法等により都道府県知事等から汚染浄化措置を命じられる可能性がある。また、土壌汚染のおそれがあるにもか

(注1) “Environmental Audits” by Government Institutes(1995)

かわらず土地を売却した場合は、買い手側で宅地転用や土地開発ができないなど、思わぬ損害を発生させるかもしれない。そこで、環境サイトアセスメントで得られた情報は早めに開示し、問題があれば早急に計画を立てて対応することが大切である。いずれにしても、土壤汚染に関しては早期発見、早期治療が最善である。

潜在的な汚染土地や将来売却予定の工場跡地などは、事前に環境サイトアセスメントを実施し、表面を舗装して資材置場や駐車場等に利用するなど将来の土地利用計画を立てるか、もしくは掘削除去を含む汚染浄化に関するコストを見積もるなどして長期的計画を立てるのが懸命である。売却予定の工場跡地は、土壤汚染が原因でその流動性が低下する可能性を指摘されているが、環境サイトアセスメントをうまく活用することで汚染度合いに応じた土地利用方法がみつけられる。その場合、例え汚染が存在しても、土地やその土地に立地する施設から得られる将来の収益で計算した**DCF手法**^(注1)による評価額が採用される。

(注1) DCF手法：Discounted Cash Flowの略。不動産が将来生み出す純収益を現在価値に割り引いた総和。一種の収益還元法による地価の計算方法。テナントビルであれば、賃貸収入の推移や空室率、建物の劣化状況、管理費や修繕費用、テナント入居者の質や業種、不動産復帰価格の予測など多様なファクターで価格を予測します。

2.2 事例にみる土壤汚染

実際に発生した汚染事例を引用して少し詳しく検証してみる。東京都大田区ダイオキシン汚染の事例について最初に述べる。

2.2.1 東京都大田区のダイオキシン汚染

東京都大田区の区道における舗装下の高濃度のダイオキシン汚染土壤について、東京都は汚染の状況と都の対応を2000年9月に次のとおり公表した^(注1)。

(1) 汚染発見の経緯と汚染物質

下水道局が大田区内の区道で行った工事の掘削土からPCBを検出したため、大田区が付近区道3地点の調査を行った結果、舗装下の土から高濃度のダイオキシン類を検出した。汚染濃度は、ダイオキシン類として36～16,000 pg-TEQ/g（その後の調査では最高570,000 pg-TEQ/g）であり、ダイオキシン類に係る土壤環境基準1,000 pg-TEQ/gを超えていた。ダイオキシン類の分析結果からみると大部分がコプラナーPCBであり、何らかの理由でPCBが地中にしみ込んだものと思われる。なお、コプラナーPCBはPCBの中に数%程度含まれている**非意図的な生成不純物**で、いわゆるダイオキシン類と似た化学構造をしており、毒性も似ているため、ダイオキシン類対策特別措置法でダイオキシン類と定義されている。

(2) 汚染原因者の特定と詳細調査

ダイオキシン類対策特別措置法に基づき、東京都が主体となって調査を実施するとともに、その結果を踏まえ処理計画の策定を行うことになった。汚染土壤の処理は、原則として汚染原因者が行うことになるが、原因者が特定できないときは都と区で協議して行政が実施する。周辺環境への影響を確認するため、付近の大気、水質（地下水及び運河水）、土壤（現場付近に土の露出面がある場合）などのダイオキシン類濃度の調査及び**土地の履歴調査**、旧所有者のヒアリング調査を行い、原因者特定に努める。さらに、汚染範囲を確定するため付近の土壤についてダイオキシン類濃度の詳細調査を行い、その調査結果に基づき処理方法を検討する。なお調査及び処理方法の検討に当たっては学識経験者の意見を聴いている。

(注1) 大田区道下のダイオキシン類に係る環境調査の結果(2001年1月9日)など東京都環境局ホームページを引用。

(3) 2001年1月の公表

2001年1月9日に大田区道下のダイオキシン類に係る環境調査の結果を公表した。東京都は、大田区の協力を得て、大田区道下のダイオキシン類汚染が周辺の環境に及ぼす影響を把握するため、周辺の環境調査を行ったが、すべての調査対象の全調査地点で、ダイオキシン類の濃度が環境基準等を下回ったこと、及びダイオキシン類汚染の原因であるPCBについても高濃度汚染がみられなかったことから、大田区道下の高濃度ダイオキシン類汚染土壌は、周辺の環境に特段の影響を及ぼしていないと推定される。なお、調査地域では、地表においてダイオキシン類に占めるコプラナーPCBの割合が高いが、この原因については、汚染土壌の存在範囲を確定するための詳細調査結果等を待って検討する予定である。

(4) 2001年4月の公表

東京都は、「市街地土壌汚染対策検討委員会」に、詳細調査結果を報告し審議を依頼した。その概要と今後の対応について次のように公表した。

2000年、高濃度の土壌汚染が検出された地点周辺（面積約300㎡）に環境基準（1,000 pg-TEQ/g）を超えるダイオキシン類汚染土壌の存在を確認した。その最大濃度は570,000 pg-TEQ/gで環境基準の570倍であった。

汚染土壌はコンクリート下に存在するなど、地表面に露出していないことから、直ちに周辺環境に影響を及ぼすことはない。また、2000年に実施した周辺環境調査においても大気、地下水などに影響は現れていない。

汚染の原因は、当該地に過去に存在した化学工場の設備の撤去・更地化時にPCBを投棄したことによると推定される。なお、現場の土壌から同工場が生産していた製品の原材料であるナフタレンも発見されている（表2.2-1）。

汚染土壌の存在する区域は、一般住民が立ち入れる場所であることから、生活環境への影響の未然防止を図るため、ダイオキシン類対策特別措置法に基づき汚染土壌の除去等を行う必要がある。

都は大田区と協力して、検討会の審議結果に基づき、今後速やかに汚染土壌の除去等を進めていくこととするが、実施に当たっては、汚染者負担の原則に基づき汚染原因者に費用負担を求めていく。

全国紙や月刊誌等で報道されているとおり、東京都は汚染原因者の関係する存続会社に75%の費用負担を請求しているが、その妥当性を巡って裁判で争っている。四つの倉庫に保管されている6,700本もの汚染土壌のドラム缶の処理について費用をどうするかの問題もある。

本件の汚染原因者調査で実施された**有害化学物質の使用歴と土地履歴の調査**は極めて重要である。合併などM&Aに際して、所有する土地の履

■ 表 2.2-1 汚染サイトの土地履歴

年月	当該地の履歴等又は 当該地における事業主体等	PCB使用状況等 (聞き取り調査により、都が作成)
昭和25年 4月	当該地をK氏（共栄化成社長）取得	
昭和30年頃	共栄化成が無水フタル酸の製造開始	原材料はナフタレン。製造開始時の製造ラインは熱媒体としてPCBを使用せず。ただし、変圧器には使用していた可能性あり
昭和37年 4月 7月 10月	日本瓦斯化学工業*が共栄化成を完全子会社化 日本瓦斯化学工業がK氏より、土地、建物一式を買い入れ、共栄化成に賃貸	37年頃、製造ラインの熱媒体にPCBを使用
昭和39年 2月 10月頃	共栄化成不渡り、清算に入る 日本瓦斯化学工業が土地を更地化。熱媒体のPCBについては回収し、同社他県工場に輸送	その際、PCBが投棄された可能性あり
昭和41年12月	土地の一部（西側）を資材置場として賃貸	
昭和42年12月	土地を他社に売却。	

(注) * 日本瓦斯化学工業は、昭和46年に三菱江戸川化学と対等合併し、現在の三菱ガス化学となった。

出典：東京都環境局ホームページ

歴調査がいかに重要かが理解できる。なぜなら土壤汚染対策法において、現在の土地所有者等が過去の汚染についても無過失責任を負うおそれがあるからである。

(5) 除去搬出費用だけで3億円超過

次に、2003年1月の段階での現場状況や汚染除去工事の内容をレポートする。第1期工事は1億円未満の規模で、表土を中心にドラム缶50本程度の汚染土を除去している。第2期工事は2～3億円規模で、汚染土をドラム缶で約6,650本も除去している。PCBは油に溶ける性質があるため、油分の多い地下水水位上部が比較的高濃度の汚染が存在したようであり、現場に油膜がみられた。汚染深度は平均1.2mであり、廃棄物埋立跡地と推定される部分は汚染が5m程度の深さまで存在する。掘削開始後に地下からコンクリートピット跡や、機械・建物のコンクリート基礎、松杭（建物基礎に利用）、配管パイプが大量に発見された。大きなものは破碎又は裁断して、汚染土、コンクリート、木材に分別しドラム缶約650本に収容した。これらも汚染物であるため搬出している。なお鉄筋・鉄管などの金属は、洗浄して鉄スクラップとして再利用している。掘削跡地は汚染のない山砂で埋め戻す。細かい区画に分けて各5サンプル採取し、汚染が基準以下であれば採取した土砂を埋め戻すというきめ細かい作業によって、無

駄な土木作業を節約している（図 2.2-1）。

■ 図 2.2-1 大田区の汚染サイト（遮蔽された掘削除去現場の内側と外側）



現場は東京湾に近い場所に位置し、地下水面は2mから3mと浅い。そこで、地下水による汚染拡大を防止するため、防水機能のある鋼矢板で周囲を覆って遮水している。一方、掘削現場の湧出地下水はポンプアップして沈殿槽を経由後、膜で微粒子を除去し、オゾン処理や紫外線処理を含む高度処理をしてから公共下水道に排水している。水処理で回収された脱水ケーキ（固形物）は、ドラム缶に入れて他の汚染土と一緒に搬出される。日量50tの処理能力のあるダイオキシン浄水設備は、5,000万円程度のコストがかかっている。掘削土は水分や油分を含むため、ドラム缶の内面は塗装し、さらにポリエチレン袋も内包して容器の安全性を高めている。

汚染サイトは300㎡という狭い土地であるが、区道と私有地に汚染が存在し地下水対策のみならず地上における安全策も考慮された。つまり掘削に伴う粉じん汚染が場外に出ないように、現場は封鎖されクリーンルームのように負圧に保たれ、現場から出るときはエアシャワーを浴びる。このように周辺住民と作業員の健康リスクに最大の配慮がなされており、住民説明会も実施している。老人も多く参加した説明会（35名出席）では、きれいになるのならクレームはしない、という人が大半であったようだ。

東京都は、この現場をダイオキシン類対策特別措置法に基づき指定し汚染土壌の除去等を行う必要を認めた。一方、2003年2月に施行された土壌汚染対策法第5条第1項の規定に基づき表 2.2-2 のような指定区域も指定している。なお、詳細については、必ず「指定区域台帳」で確認するように、都はコメントしている。

次に述べるA社とC社は、優れた技術で世界のトップレベルの座を占めている優良企業である。両社とも土壌地下水汚染による潜在的損失は莫大なものと認識しており、現状の汚染浄化対策はもとより、事前の汚染防止や予防にも力を入れている。

■ 表 2.2-2 土壤汚染対策法による指定区域（東京都）

整理番号	指定年月日	指定番号	指定区域が所在する区市町村	指定区域の面積	指定基準に適合しない特定有害物質
整-15-1	平成15年 7月29日	指-1号	立川市上砂町六丁目及び 武蔵村山市榎一丁目	2,800㎡	六価クロム及びびほう素
整-15-2	平成15年 10月2日	指-2号	足立区千住関屋町	804㎡	鉛及びびほう素
整-15-3	平成15年 10月31日	指-3号	大田区下丸子二丁目	698㎡	鉛、六価クロム、 びほう素及びびほう素

出典：東京都環境局ホームページ

2.2.2 複合汚染の事例

2002年8月、埼玉県と町役場に報告されたA社工場の土壤地下水汚染の事例から汚染の経緯を探ってみる。

(1) 有害物質の使用履歴

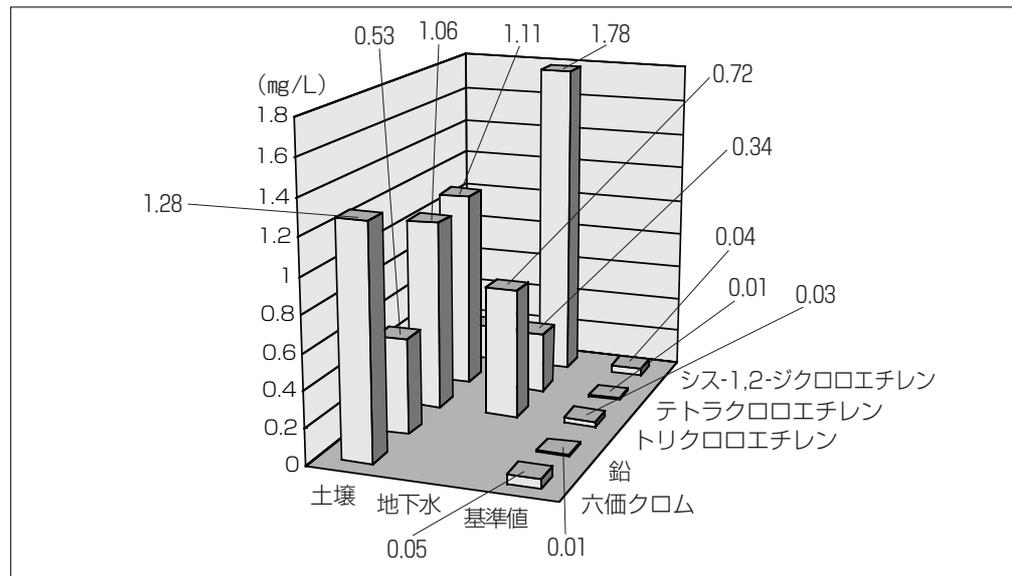
A社では1960年に工場を設立し操業を開始した。テトラクロロエチレンやトリクロロエチレン等のVOCを、工場創設時の1960年から1999年まで、部品の洗浄用に使用していた履歴がある。古い記録はないので断定はできないが、廃液は人為的に地下浸透した可能性もある。一般的に工場の裏側や敷地境界ぎりぎりの地区に汚染のホットスポットが発見されることも多いが、過去のごみ捨て場や自社専用の埋立処分場跡地であることが多い。また、脱脂洗浄プロセスの作業場跡地や、配管のジョイント部分の緩みや亀裂部分から、徐々に地下に浸透した可能性もある。溶剤の搬入時に周辺にこぼれたり、あふれ出て地下に浸透したりするおそれもあっただろう。きれいな溶剤同様に使用済み溶剤等の廃液についても、貯蔵タンクや配管などから漏洩する危険性も少なくない。さらに、廃溶剤の搬出時にも外部業者による扱いミスによって漏洩することが多い。最近でこそマネフェストで産業廃棄物の処理・処分状況が追跡できるようになったが、企業が数十年も過去にさかのぼって全量適正処理したという証拠を出すのは不可能に近い。

A社では1963年から1994年まで、金属材料の表面処理に六価クロムを使用していた。鉛も1960年から製品の一部の部品に利用されており、2002年にも少量使用されている。汚染原因としては、作業中や搬出入時の扱いミスや容器等からの漏れなどが推測されている。

(2) 調査結果

2001年12月から2002年8月までの調査で判明した結果は次のとおりである（図 2.2-2）。

■ 図 2.2-2 A社の調査結果



敷地内の土壌で、六価クロムと鉛が環境基準値を超えて検出されたが、地下水からは検出されなかった。一方、VOCであるテトラクロロエチレン、トリクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレンは、環境基準値を大幅に超過して検出された。最大検出量は、テトラクロロエチレンで基準の996倍の土壌汚染と302倍の地下水汚染、シス-1,2-ジクロロエチレンでは基準の17倍の土壌汚染と134倍の地下水汚染、トリクロロエチレンでは基準の35倍の土壌汚染と24倍の地下水汚染が報告されている。なお、図 2.2-2はVOCの検出値が大きすぎるので、実際より大幅に下方修正して表示した。ポイントは、土壌（含有率）と地下水（溶出率）の汚染状態は比例しないという事実である。

(3) 敷地外における調査とリスク評価

懸念材料として周辺住民の井戸水の飲用リスクがある。理由は、地下水流動によりVOCや水に溶ける六価クロム等水溶性金属化合物が敷地外へ流出するおそれもあるからだ。地下水汚染の拡大範囲は地質条件や揚水状況等により流動系が大きく異なる。後でも詳しく述べるが、環境省が全国の知事等に発信した「**土壌汚染対策法の施行について**（2003年2月4日）」により、一般的な地下水の実流速をベースにした地下水汚染到達距離の目安が理解できる。VOCでおおむね1,000m、六価クロムがおおむね500m、

ひ素・ふっ素及びぼう素でおおむね 250m、シアン・カドミウム・鉛・水銀・セレン・その他農薬等でおおむね 80m となっている。

A 社は行政と連携をとりながら事業所から半径 500m の地域を対象に地下水の水質調査を実施した。井戸水に関しては 94 本中 7 本の井戸から VOC が環境基準を超えて検出された。調査した井戸 94 本のうち、飲用以外で使用している井戸が 75 本あり、そのうち環境基準値超過は 6 本であった。飲用にも利用している井戸は 19 本で、環境基準値超過が 1 本で検出されたが、上水道を主に使用している状況である。

重金属については土壤調査を実施した調査ポイント 17 件中 1 件で土壤汚染を検出した。これは汚染した「残土」が原因とみられる。それ以外について敷地外の汚染は検出していない。残土の経緯としては、1971 年頃に A 社の排水施設を作る際に出た工場構内の建設残土を、地主の了解を得て、敷地外の土地に盛り土として搬出した、ということである。したがって、地下水流動に起因する土壤汚染ではないと A 社は考えている。

(4) 住民との対応

- a. 住民説明会や個別訪問で、近隣住民に大変な心配と迷惑をかけたことを詫びるとともに、近隣住民の健康を最優先として調査対策を実施。
 - b. VOC 汚染が敷地外に拡大しているため、汚染が検出された井戸水の使用を控えるよう要請。
 - c. 健康診断などは行政の指導に従って進めていく。
 - d. 敷地内の浄化対策は行政の指導によって進め、極力住民に公開する。地元新聞などのマスコミでは、比較的冷静かつ客観的な内容で報道された。それらの背景として、
 - a. A 社は住民説明会に参加しなかった世帯に対しても個別訪問して汚染の状況説明や飲用指導などを徹底した。
 - b. 汚染物質の検出有無にかかわらず個々の結果を住民に報告するという丁寧な対応をした。
 - c. 井戸水の水質調査の結果が出るまでの間、上水道がない世帯や希望した近隣住民に対して飲料用の水を無償で配給した。
- などが指摘できる。

2.2.3 栃木県の事例

東京近郊の農業地帯である栃木県鹿沼市で、VOCの汚染が1990年7月に発覚した。汚染物質はドライクリーニングでも使用されている発がん性のおそれがあるテトラクロロエチレンであった。住宅造成のため開発業者が簡易水道の井戸水の検査を保健所に依頼したところ、テトラクロロエチレンによる汚染（最高7,850ppb）が発覚した。そこで行政は井戸水の飲用をやめるよう指導し、給水車が住宅を巡回した。調査の結果、武子川流域で長さ約2km、幅300mにわたる汚染範囲が判明し、21の井戸が基準を超過した汚染濃度であった。当時の栃木県の調査で、武子川上流にあるC社鹿沼工場（当時の従業員約220人）が汚染源と推定された。C社鹿沼工場では当時コピー機やカメラ用レンズの研磨等の洗浄に年間240tのテトラクロロエチレンを使用していた^(注1)。

一方、工場側では1969年にC社が工場を立地する前に操業していた別のレンズ研磨工場が汚染原因ではないかという議論もあったが、結果的にC社鹿沼工場は翌年に全面閉鎖された。

別の会社でも過去の工場が汚染源であった事例がある。「M社敷地内の地下水から最大で環境基準の360倍にあたるカドミウム3.6mgが検出」という報道（埼玉新聞、2000年8月18、19日等）があった。これはM本社が2000年1月から行っていたISO14001取得を契機とする土壌・地下水環境調査で明らかになったのだが、環境調査は、同社の敷地内263地点の土壌で実施、最大値のカドミウム汚染が検出された研究棟のある場所は、1950年から1987年までの37年間、カドミウムを主原料とした顔料工場が操業していた場所であったと判明している。

さて、C社が汚染源と断定されない状態のままで、C社は被害者に対する補償として井戸水が基準を超過していた21世帯に60万円、基準以下の世帯に20万円、総額2,800万円を支払う覚書を締結している。当時、汚染地域の住民は見舞金で浄水器を取りつけている。ところで、市の行政担当者は定期的に異動するので過去の詳しい状況を把握しておらず、観測井戸の調査は継続しているものの、最近の住民は水道水を利用しているので、地下水汚染による健康被害の問題はないという理解のようである。

この事件のポイントを箇条書きで整理してみる。

- a. 数年前から排水の泡や白濁などが住民により指摘されていた。
- b. 地区住民の多くは井戸の地下水を飲用水として利用していた。
- c. テトラクロロエチレンを使用している工場はC社だけ。
- d. 1990年8月の立入検査で排水、水抜き穴、敷地内土壌からも汚染

(注1)「廃棄物と汚染の政治学」吉田文和、岩波書店(1998)

が発覚。

- e. C社福島工場付近でも長さ1.3km、幅100～400mの汚染が判明。
- f. 汚染発覚前はテトラクロロエチレンが井戸水の検査項目になかった。
- g. 水質汚濁防止法改正後でも地域の井戸はテトラクロロエチレン検査対象から漏れていた。

洗浄剤のテトラクロロエチレンは、使用後に地下埋め込み式の六つの廃液槽にためて産業廃棄物業者に回収させていたが、1985年から1986年にかけて洗浄剤廃液槽と蒸留再生装置に漏洩が発生し修理を実施した。栃木県の改善命令を受け、排水の最終放流口に曝気装置を設置し活性炭を新品と交換する、また、凝集沈殿処理工程に曝気装置を新設するという改善計画を提出した^(注1)。

1998年に茨城県と取手市に届けたC社事業所の汚染では、自主的な対応として敷地内への監視井戸の設置や地下水の揚水曝気などに取り組み、外部へ基準を超過した汚染地下水が拡散しないよう防止する対策を最優先に実施している。しかし2002年11月に、一部の監視井戸から基準を上回るトリクロロエチレン等が検出された。C社では、県と市の協力の下、事業所敷地外への基準値超過地下水のないことを確認するために事業所周辺500mの井戸245本について水質検査を実施した。その結果、C社に起因すると推定される地下水の基準超過がなかったことを確認した。周辺住民の理解と不安解消のために「地域住民の安全の確保に最善の努力を図る」というC社のメッセージを伝えるため**住民説明会**を実施した。説明会では今後の対応も含めた詳細な説明をしている。

C社では1980年代より土壤地下水環境の保全を重要視し、先進的な取り組みをしている。特に社会的に問題となったVOCについては1996年に代替技術を開発し、トリクロロエチレン等の使用を廃絶している。現在、水や大気への排出に関しては、法規制よりも厳しい基準を設定して管理実績を一般に開示している。

ところで、同じ鹿沼市の別の事業所S社の土壤汚染に関して公開された情報がある(表2.2-3)。市民や行政など環境情報の受け手は、同一地域で生じた汚染に対する「よき企業市民」の行動や態度を判断し、それぞれの情報公開度を比較検討することができる。このように企業の担当者は自分が行政や住民の立場であれば、どのように反応するか想定しながら、常に相手側に立った「企業市民」の対応が望まれている。

(注1) 下野新聞 1990年8月19日

■ 表 2.2-3 S 社の公開情報（2003 年 9 月現在）

a. 事業所概要	
住所	栃木県鹿沼市 XXX 町 X 番 X 号
開所	1971 年
面積	189,000 m ²
従業員	約 600 人
b. 事業内容	
電子機器用電線、自動車用ディスクブレーキパッドの製造	
c. 調査方法	
1998 年から、環境庁（当時）の「重金属等に係る土壌汚染調査・対策指針及び有機塩素系化合物等に係る土壌・地下水汚染調査・対策暫定指針」に沿って、表層土壌ガス調査及びボーリング調査を実施しましたが、ほぼ同時期に栃木県の「工場事業場に於ける緊急点検の実施について」（有機塩素系化合物による地下水汚染）の要請もあり、詳細調査を実施しました。	
d. 調査結果	
調査の結果、下表に示すようにトリクロロエチレンが環境基準値を超えて検出されました。なお、汚染範囲は製作所敷地内の限られた範囲にとどまっています。	
e. 汚染の推定原因	
トリクロロエチレンは、製品の脱脂洗浄用に使用してきましたが、今回の汚染原因は、回収作業時にオイルパンの外の床面に少量漏洩したことによるものと推定しております。	
f. 対策	
f-1 浄化対策	汚染状況を把握した直後から、自治体のご指導の下、土壌ガス吸引処理を進めてきました。
f-2 再発防止策	トリクロロエチレンは管理を強化し使用していますが、2001 年 11 月に使用を全廃いたします。
g. 状況	
これらの対策の結果、1999 年 9 月に土壌溶出量が 0.002 mg/L となり、環境基準値以下となっていることが確認できましたので、浄化の完了を自治体にご報告しております。その後も継続して、ガス濃度と地下水濃度測定を行っておりますが、異常は認められていません。	
また、当時の汚染は敷地内のごく限られた範囲であったことから判断し、製作所敷地外への影響はないものと考えております。	
h. 問い合わせ先	電話 xxxx - xx - xxxx 製作所 設備技術担当

2.2.4 | ラブキャナル事件

米国スーパーファンド法成立の契機にもなった「ラブキャナル事件」は世界で最も有名な土壌汚染事件である。買収した会社の過去の汚染行為によって、二百数十億円（2 億 3,000 万ドル）という莫大な浄化対策費や訴訟費用を含む損害賠償金等を支払うはめになった大手化学会社の事件である。土壌汚染という汚名（Stigma）によって金融機関はラブキャナル地区の住宅ローンを拒否する事態になり^(注 1)、付近の地価は 20 % 前後下落した。先行する米国の事例は企業経営上の教訓として貴重な情報源である。

(注 1) Love Canal Today, NYS College of Ceramics, 2003 Newsweek, Inc.

(1) 事件の発端

1978 年にナイアガラ・ガゼット紙の記者は、住宅の地下室にしみ出る

どす黒い汚水を分析依頼したところ、82種類の高濃度の化学物質を検出した。その後、次々と戦慄するような事実が報道され、当時のジミー・カーター大統領はラブキャナル地区に対し**国家非常事態**を宣言した。この事件の発端はおおむね次のようなものである。

- ・ 1942年から約10年間に埋設された化学物質は200種類以上、21,800 t
- ・ 初期に、ベンゼン、トルエン、クロロフォルムなど11種類の発がん性物質を検出
- ・ 住宅地にVOCによる大気汚染が発生
- ・ 流産や死産が異常増加し、住民は遺伝子異常や遺伝子変異を指摘

(2) 事件の経緯

歴史的悲劇の経緯は次のようなものである。

1890年代にウィリアム・T・ラブ氏 (William T. Love) はナイアガラ滝から上流約6.5 kmの地に運河を掘削して水位の差を利用して水力発電に利用する予定であった。さらにナイアガラ滝を迂回して船が航行できるルートも想定した。しかし、幅約18 m長さ約900 mまで掘削された運河 (Canal) は不況のため途中で挫折したが、ラブ氏の名前にちなんでラブキャナル (Love Canal) と呼称された。1927年撮影の航空写真によって運河の全景が確認できる。

全米を襲った不況、財政的裏づけの消滅、新しい安価な電力供給方法の発明により運河建設が中断され放置された。**運河跡地**は長年の間、子供の水遊び場となっていた。その後1920年以降に運河跡地は競売に付され、工場から排出される**産業廃棄物**の格好の捨て場となった。運河跡地にはナイアガラ市のごみ焼却プラントから出る飛灰 (フライアッシュ) なども埋め立てられたといわれる。1942年から1952年までに21万tもの産業廃棄物を投棄したのがフッカー電気化学会社 (買収され現在はオクシデンタルケミカル社) であった。埋設された大量の産業廃棄物は後日、科学者によって「有害化学物質」という判断がなされている。その後、埋立跡地の表面は平らに覆土された。

1953年、ベビーブームで学校用地に窮していたナイアガラ市教育委員会は跡地をわずか1ドルで買収した。フッカー社は、売買前に埋設された有害廃棄物の危険性をナイアガラ市教育委員会に警告し、その警告とともに、将来起き得る賠償責任を一切負わない旨の契約を土地譲渡証書に記載した。さらに、隣接土地も不動産業者に1,000ドルで売却され、行政当局は住宅建設の許可を与えた。まもなく産廃埋立跡地の真上に小学校も建設され、周辺には比較的低賃金の化学工場の労働者なども住み始めたといわれる。

やがて、1950年代後半から1970年代にかけて、住宅や学校で異臭騒ぎや化学物質が表土に露出するケースが発生し、その頻度も増加した。悪臭の苦情は1960年代から出始め、1970年代に深刻な状況になった。市は化学物質に土や粘土をかぶせることで対応していたが、苦情が絶えないため、市とナイアガラ郡は環境コンサルタントに調査を依頼した。調査結果と提案事項は次のようなものである。

【調査結果】

- a. 住宅の地下室に存在する浸出水と室内空気有害化学物質を検出
- b. 運河跡地の覆土の直下に50ガロンドラム缶を多数発見
- c. 雨水排水溝から高濃度のPCB検出

【提案事項】

- d. 運河跡地を粘土で覆土することを推奨
- e. 住宅地下の浸出水ポンプのシーリング
- f. 汚染拡散防止のため汚水集水管や排水土管の設置

しかし、このような調査結果・提案事項にかかわらず、行政は何ら対策をとらなかった。

その後しばらくして大量の埋設ドラム缶が腐食して内容物が漏出し、VOCは揮発し、また比重の重い物質は排水路に沿って漏洩し始めた。その結果、潜在していた悪臭や地下室の浸出水が次々と問題になった。1978年4月になって、ナイアガラ・ガゼット誌の記者M.ブラウンはラブキャナルを含むナイアガラ地域の廃棄物問題の連載記事を執筆した。これらの記事がきっかけとなって、住民は健康に不安を覚え、郡や市当局に対していままでの苦情に対処するよう抗議した。

(3) 行政対応と処置

ニューヨーク州政府は地下室の空気や土壌の調査を開始し、ラブキャナル周囲に住む239世帯の健康調査を実施した。記録によると、2,800もの血液サンプルが検査のために採血されている。公衆衛生上の問題があると判断した州政府は、ナイアガラ郡当局に化学物質の撤去とラブキャナル跡地に柵を設置して立入禁止にするよう命令した。さらに1978年8月2日には小学校を即時閉鎖するよう命令し、ラブキャナルに面して住む家族のうち、妊婦と2歳未満の幼児は転居するようアドバイスした。

1978年8月7日、ついにカーター大統領はラブキャナルに環境汚染の**非常事態宣言**を発した。ラブキャナルを囲む2列の239世帯が永久に転居する費用約1,000万ドルが連邦政府から支給された。同年11月には最初の2列の住宅地区の外側にも汚染が検出されたと確認し、12月にはラブキャナル地区の土壌からダイオキシンを検出したと発表した。ニューヨー

ク州政府は1979年2月8日に「流産と死産のリスクに関してわずかだが有意な増加（通常の2倍）が認められる。より広い地域（93番街から103番街）から妊婦と2歳未満の幼児は避難するよう勧告する」という通知を出した。最終的に近隣950世帯も強制的に避難させ、連邦危機管理庁（FEMA）のスタッフは対象土地の買収と住民の移転等に従事した（図2.2-3、図2.2-4）。

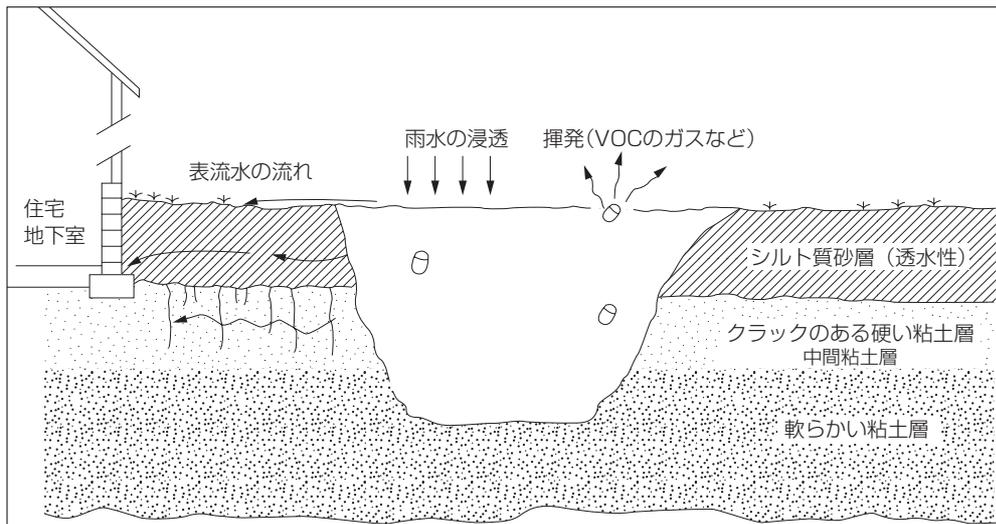
FEMA : Emergency Management Agency

■ 図 2.2-3 世界で最も有名なラブキャナルの汚染サイト



出典：ニューヨーク州政府

■ 図 2.2-4 ラブキャナル（運河跡地）の対策前断面図



（注）汚染が住宅の地下室に侵入し、埋設有害物質がバスタブ現象で地面にも侵出

出典：第15回環境化学研究会講演予稿集、p.53、環境化学研究会（1995）

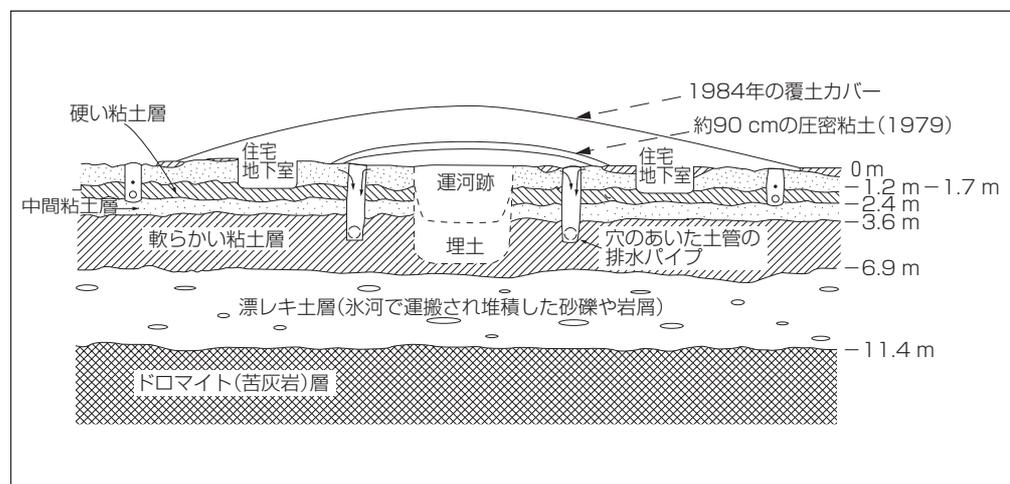
事件が発覚するまで、運河跡地では子供が有害性を知らずにりんの欠片を持ったり、や真っ黒な液体の水たまりで遊んでいた。大雨の後に地下水水位が上昇し、汚染された地下水が地表に浸出し排水溝などを通して隣接地にも汚染が拡散していたのである。排水溝を経由して河川にも徐々に汚

染が流出していた。1980年当時、運河跡地周辺1マイル以内に1万人、3マイル以内に17万人が居住していたが、ラブキャナルが**非常事態地区**として指定されたため、人口増加は停滞した。

1978年に開始した汚染対策費用は10年間で2.5億ドルを超える。はじめに周囲がフェンスで覆われ、立ち入りが禁止された。そして覆土による有害物質の封じ込め、排水路などで周囲に拡散した汚染の除去、回収有害物の焼却処理等の措置が講じられた。

1979年に厚さ約90cmの圧密粘土の覆土が施工され、1984年にはさらに高密度の合成樹脂シートで覆われた。これらのキャップによって雨水の浸入やVOCの漏出が防止された。ラブキャナルとともに237戸の住宅と小学校の建物は丘陵と化した覆土の下に完全に埋設されてしまった（**図2.2-5**）。周囲には集排水溝（トレンチ）が設置され、有害廃棄物の浸出水が外部に漏洩しないよう回収され適正処理された。当時、強制避難地区以外の住民も自主的に転居したが、最近では行政が買い取った空き家を再販売している。

■ 図2.2-5 ラブキャナル（運河跡地）の対策後断面図



(注) 圧密粘土等によって表面を覆土し浸出水を捉える排水路も設置

出典：USEPA（米国環境保護庁）

(4) ラブキャナル事件の科学的検証

1) 200種を超える多様な有害化学物質

フッカー社が1942年から1952年の間に運河跡地に埋めた廃棄物で最も量が多かったものは、殺虫剤・除草剤として利用されたリンデンと殺虫剤BHCで、合わせて6,900tである。さらに、2,000tを超える塩化ベンゼンなど248種類の化学物質が初期に特定されている。ラブキャナルでは現在までに400種類以上の化学物質が同定されているといわれており、農薬など

の不良品や変質物、不純物を大量に含有する有害化学物質などが投棄された。

2) 時間の経過とともに生じたリスク

多くの有害廃棄物はドラム缶に入れて投棄されていた。時間が経過するに従って金属容器は腐食して内容物が漏れて流出し始めた。空になったドラム缶は土圧でつぶれ、地面が突然陥没する現象もみられた。穴があいた部分からは有害化学物質が露出し悪臭を発生させた。その都度、住民からのクレームで行政によって穴は埋められたという。周辺はもともと池や湿地が多数存在する低地であったため、地下水が浅く大雨で地下水位が容易に上昇する水理環境であった。

水位の上下変動によって、多種類の廃液を含む化学物質は分解したり混合したりして、新たな有害化学物質も合成された可能性が高い。1978年の豪雨と豪雪によって自由地下水の水位が上昇し、油性溶剤など比重の軽い物質や水溶性の化学物質は、地表に流出し黒い浸出水が姿をみせた。有害廃棄物で埋め立てた運河を最終覆土した表面には、芝や雑草などの植生があったが、枯死した古い根の跡などが空ドラム缶の陥没跡とともに「水みち」になって、廃棄物層と地表の覆土バリアを徐々に破壊したと推定できる。

(5) 類似の国内汚染サイト

東京都大田区の高濃度のダイオキシン汚染土壌も、企業の買収などに起因して、現在存続する化学会社が汚染行為者ではないのにもかかわらず、費用負担の責任を問われている。この事件とラブキャナルはよく似ていると思われる。隣接する千葉県でも廃棄物による汚染が問題になっている。例えば、千葉県市原市の不法投棄サイトでは、放置又は埋め立てられた廃液ドラム缶などが、約30年の年月で腐食して原形をとどめないほどに崩壊している。漏れた廃油が地下水変動で徐々に持ち上げられ、地中で50cmから1mの厚さの油層を形成している（図2.2-6）。

草木の根の跡などから揮発性物質が地表に揮散するため、植生が生育障害を受けている。5mからまれに10mに及ぶ地下水水位の変動によって、高頻度で上下運動する油層は有機溶剤を大量に含むため、固体廃棄物層や汚染土を通過する際に、ダイオキシン類など環境ホルモンを含む親油性有害化学物質を高濃度で取り込んでいる。廃アルカリや廃酸、還元剤、酸化剤なども同一場所に廃棄されていれば、廃棄物層は化学反応槽と化しているかもしれない。また、民営公営を問わず、ごみの分別がうまく機能していない廃棄物処分場では、**自然発火**が年に2～3回発生している。

■ 図 2.2-6 地下に蓄積した廃油層から採取したサンプル（市原市）



このような処分場は、火災が発生しなくても無数の有害廃棄物が混合され、発熱して非意図的生成物が合成されるおそれもある。環境汚染や安全性に関して予測不可能な深刻な問題があるといえる。法律面では、廃棄物処理法の改正によって、ごみの排出者にも**原状回復の措置命令**が下されるおそれがあるので、廃棄物管理や適正処理業者の選択など注意が必要である。

●参考文献

- 1) Love Canal Collection “Background on the Love Canal” “Love Canal Chronology” ,State Univ. of NY at Buffalo (1998)
- 2) Environmental Geology, Lawrence W. Lundgren, Prentice-Hall, Inc. (1999)

2.3 日本企業にみるリスク管理の実例

国内企業の土壌地下水汚染防止について、各社の環境報告書やホームページを参考に調査してみた。

比較的対策が進んでいる製薬企業では、次のような対応がなされている。過去の汚染原因をみると、地下タンクや地下配管等からの有害化学物質漏洩による頻度が高い。したがって、土壌汚染を予防する目的で、石油類や有機溶剤、廃液などを貯蔵するタンクや配管等の地上化を進めている。沈殿池や油分離槽の防水工事を実施し、作業プロセスごとの排水ピット及びジョイント部分からの漏洩防止対策、さらに防液堤の容量増強と耐水補強などにも配慮している。

(1) 有害化学物質対策

欧米で使用が規制されている合成化学物質や、遺伝子・生殖系や生態系などにマイナス影響を及ぼす可能性のある化学物質、その疑いがある化学物質などを定期的にリストアップし、新製品設計時や製造プロセス変更時に調査結果をすばやく反映させている。また、既知の有害化学物質の使用をやめたり代替物質への転換、使用量の削減をしたりしている。最近では製品や容器が廃棄された場合の環境負荷の検討、さらに、規制の範囲だけでない包括的な排水や排気による周辺環境への汚染防止対策にも力を入れている。

(2) 土壌汚染対策

過去の汚染原因をみると、有害化学物質の不適切な取り扱い、地下タンクや地下配管等からの有害化学物質漏洩による頻度が高い。したがって、土壌汚染を予防する目的で、化学物質の取り扱いの厳格化と石油類や有機溶剤、廃液などを貯蔵するタンクや配管等の地上化を進めている。また、沈殿池や油分離槽の点検強化と漏れ防止策の改善をしたり、作業プロセスごとの排水ピット及びジョイント部分からの漏洩防止策、さらに防液堤の容量増加と耐水補強などにも配慮している。

(3) 汚染事故の訓練

汚染事故を想定した訓練を社内で制度化し、定期的な訓練を実施している。例えば、有害化学物質保管施設から汚染物質が漏洩した場合を想定し、水道水を実際に大量流出させて影響度をテストする。雨水浸透枳を含む屋

内排水システムや、屋外排水路での流出状況をモニターし必要な汚染予防対策を検討している。

2.3.1 | VOC と PCB

有害物質全廃がベストだが、過去の汚染修復と将来の汚染予防も大切である。例えば、松下電器グループが最も重視しているリスクは、有害な化学物質による環境汚染である。そこで、対象となる化学物質ごとにそのリスク評価を行い、結果に応じて使用禁止や使用削減に取り組んでいる。VOCについては、既に1989年に地下浸透の禁止を実施し、1996年3月末には使用を全廃している（表 2.3-1）。

■ 表 2.3-1 洗浄用揮発性有機化合物の使用量

年	使用量 (t)
1991	3605
1992	2450
1993	2815
1994	249
1995	219
1996	0
2002	0

出典：松下電器グループ環境経営報告書（2003）

一方、1991年には「**土壌・地下水汚染防止マニュアル**」を作成して汚染調査と汚染修復を推進している。その結果、洗浄用VOCの使用量（日本）は1991年から1993年まで2,400tを超過していたが1994年、1995年と200tレベルに削減され1996年以降はゼロとなっている（表 2.3-1）。また、ダイオキシン類の発生するおそれがあるため社会問題となっていたごみ焼却炉も、1997年までは社内で71台が使用されていたが、2002年以降はゼロとなり、全廃が達成された。

1998年6月、日本のサイトのうち20サイトの敷地内で発生したVOCによる土壌・地下水汚染（表 2.3-2）について、松下電器グループの自主的な報告内容に基づき、自治体からの公表が行われた。現在も継続して浄化に取り組んでいるが、基準値近くまで浄化が進んでいる。土壌・地下水汚染の調査修復技術は日進月歩で進化しているので、今後も先進技術を取り入れながら、修復の加速を進める計画である。土壌・地下水汚染を修復した後も引き続き観測井戸のモニターによる地下水の監視を継続する予定である。

同グループでは、土壌地下水汚染の防止対策として二つの事例を公開している（図 2.3-1、図 2.3-2）。

■ 表 2.3-2 揮発性有機化合物*1 による基準を超過したサイトの浄化状況

サイト名	所在地	進捗状況	修復方法*2	行政報告(回/年)
半導体社 新井地区	新潟県新井市	基準値以下に修復*4	A,F	4
松下電子応用機器(株) 高槻地区	大阪府高槻市	浄化継続	C	1
東洋電波(株) 亀岡地区	京都府亀岡市	浄化継続	A	12
鹿児島松下電子(株)	鹿児島県口置郡伊集院町	浄化継続	A,B	2
松下電子部品(株) 守口地区	大阪府守口市	浄化継続	A,E	4
北海道松下電器(株)	北海道千歳市	浄化継続	A	3
若狭松下電器(株)	福井県小浜市	基準値以下に修復*3	E	2
津山松下電器(株)	岡山県津山市	浄化継続	A,B	4
松下電池工業(株) 守口地区	大阪府守口市	浄化継続	A,B	1
パナソニック コミュニケーションズ(株) 菊水地区	熊本県玉名郡菊水町	基準値以下に修復	A	1
パナソニック コミュニケーションズ(株) 岱明地区	熊本県玉名郡岱明町	基準値以下に修復	A	2
パナソニック コミュニケーションズ(株) 大分地区	大分県宇佐市	浄化継続	A,B	12
宮崎松下電器(株)	宮崎県宮崎郡佐土原町	浄化継続	A	6
松下ホームアプライアンス社 奈良地区	奈良県大和郡山市	浄化継続	A,B	2
松下ホームアプライアンス社 草津地区	滋賀県草津市	浄化継続	A,B	2
松下冷機(株) 草津地区	滋賀県草津市	浄化継続	A,B	2
松下寿電子工業(株) 松山地区	愛媛県温泉郡川内町	基準値以下に修復*3	A,B	2
松下寿電子工業(株) 大洲地区	愛媛県大洲市	浄化継続	A,B	2
松下寿電子工業(株) 脇町地区	徳島県美馬郡脇町	浄化継続	A,B,C,D	6
香川松下寿電子工業(株)	香川県三豊郡豊中町	浄化継続	A	4

(注) *1 トリクロロエチレン、テトラクロロエチレン、ジクロロメタン、1,1,1-トリクロロエタン、1,1-ジクロロエチレン、シス-1,2-ジクロロエチレン

*2 主な修復方法 A：地下水揚水法、B：真空ガス抽出法、C：鉄粉混合法、D：水平井戸による地下水揚水法、E：土壌掘削法、F：微生物分解法

*3 引き続きモニター監視を継続

*4 自治体による確認後、モニター監視へ移行

■ 図 2.3-1 汚染防止の対策事例 (1)



■ 図 2.3-2 汚染防止の対策事例 (2)



出典：松下電器グループ環境経営報告書（2003） 出典：松下電器グループ環境経営報告書（2003）

(1) 給排水のピット内配管

土壌地下水汚染の直接の原因となる配管やそのジョイント部分からの漏洩は徐々に進行するため、発覚したときには被害が甚大になっていることがある。そこで地面下の給排水管は、ピットという耐薬品処理を施した空間を設けて、その中に吊り下げて設置している。こうすることで配管の異常時に、液体が土壌へしみ出ることを防げる（図 2.3-1）。

国内の製薬会社や化学会社でも、地下タンクや地下配管をすべて地上に上げて漏洩が目視できるよう工夫しているケースがある。一方、北米の石油精製工場では数万か所の配管ジョイント部分の耐用年数をコンピュータ

管理し、劣化して漏洩する前にパッキンなどジョイント部品の交換を厳格に実施している。もちろん定期的な漏洩検査も厳格に実施している。例えば、微量の漏洩ガスを検知した場合は、部品を即座に交換して事故防止に努めている。日本メーカーの製造設備は、環境設備も含め老朽化しつつあり、メンテナンススタッフもリストラで減っているため、より効率のよい管理体制を再構築する必要がある。

(2) 薬品タンク周辺に防液堤

薬品タンクへの補給時など、万が一タンク外へ漏れた場合には、防液堤でそれを受け、土壌への流出を防ぐ（図 2.3-2）。

一般的に、可燃物や有害化学物質のタンク周囲には、コンクリート製の防液堤が設置されていることが多い。しかし台風や地震の後に、防液堤の中に雨水や泥がたまって貯留能力が落ちていたり、コンクリートが劣化してひびがあったり、接合部分に隙間や亀裂が生じていることもあるので定期的なチェックが必要である。防止策として有害液体のプロセス槽や貯液槽の二重槽化など、漏洩しても地下に浸透しないような安全策を講じる動きもある。また、IBM グループのように、タンク体積の合計（潜在的漏出量）の 1.5 倍と余裕を持った量の液体を保有できるプールで、貯蔵施設全体を囲んでいる企業もある。汚染事故による被害額や影響を想定すれば、バルブや配管を含めた安全管理や漏れの点検なども強化して予防に力を入れた方が、はるかに経済的である。土壌汚染のリスクマネジメントにおいて、過去の事故を教訓にした未然防止策が重要である。

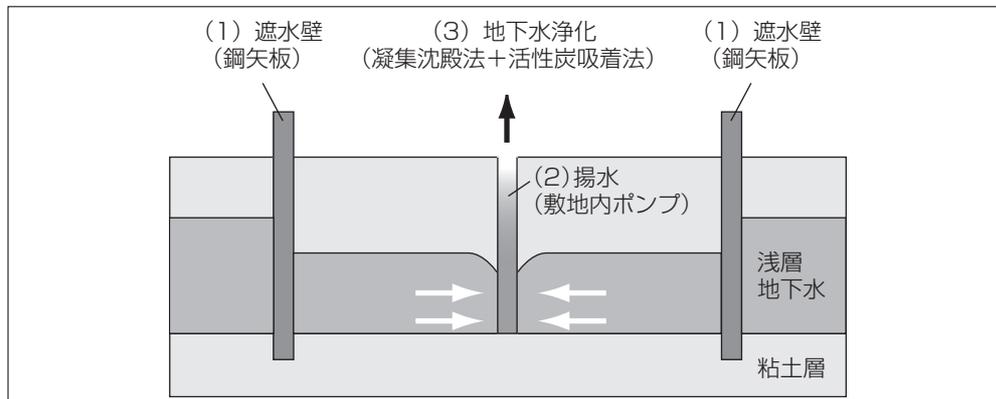
松下電器グループでは、現時点で代替品や無害化が困難な化学物質については、過去に発生した具体的な事例やその予防事例など、これまでの管理ノウハウを共有化した**汚染予防管理の手引き**に基づいて、通常の操業時に限らず緊急時も想定し、環境汚染の予防管理を徹底している。さらに、未然防止の重要性とそのポイント、緊急時の対処方法などを明記したマニュアルを発行し、徹底を図っている。

また、1998 年の調査・対策以降、2002 年度に再び全社的な土壌地下水汚染の調査・対策の再徹底を実施した。新たな環境基準の追加物質を含め、これまで徹底が不十分であった建物下の調査、また、過去にさかのぼる敷地内への廃棄物埋立調査を実施している。松下電器グループの土壌地下水汚染のリスクマネジメントにおいて最優先すべき取り組みは、**敷地外汚染の未然防止**であるとされる。したがって、工場など 143 サイトの敷地境界には 562 本の**観測井戸**を設置し、定期的な観測を続けている。

同グループはまた、かつて PCB を絶縁油として使用したコンデンサーを製造し、電子回路や蛍光灯安定器等に用いてきた。社会問題になった PCB

入りコンデンサーの製造を1972年に全面中止したが、豊中工場と松江工場、塚本工場でPCBの敷地内汚染が判明している。これらの工場では敷地外への汚染拡散を防止するため、鋼矢板の遮水による地下水の封じ込めと揚水浄化を実施し監視を続けている（図2.3-3）。豊中工場（推定10か所の埋め立て）、松江工場（推定5か所の埋め立て）、長岡工場（推定3か所の埋め立て）など、五つの工場でPCB入りコンデンサーを敷地に埋め立てた行為を聞き取り調査などで把握し、これらを行政へ報告するとともに自主的に公表した。今後は拡散防止策や埋設物の掘り起こしを進め、PCBの適正保管と行政への届出を実施することになっている。また、PCBの無害化処理並びに汚染土壌の浄化についても取り組みを進める。

■ 図 2.3-3 敷地外への汚染拡散の防止のための遮水と地下水浄化の事例



- (注) 1. 対象となる敷地の外周に、鋼矢板（土木工事などで、周囲に打ち込む板状の杭）を、表土から粘土層に達する深さまで打ち込む。外周を囲むことで、PCBによって汚染された可能性のある地下水の外部流出を防止する。
2. 敷地内部に設置したポンプで揚水。外周を囲む鋼矢板を一部空けておき、内部で地下水をくみ上げることで、外部の地下水も敷地内に呼び込む。
3. 凝集沈殿法と活性炭吸着法を併用し、環境基準を満たす状態にして下水道に放流する。
- 出典：松下電器グループ環境経営報告書（2003）

■ 表 2.3-3 「土壌地下水汚染の点検リスト（イメージ）」

物質名 毒性class	過去現在の 使用期間と量	土壌地下水 汚染の可能性	漏洩飛散流出 埋め立ての可能性	緊急時対応 (地震/火災等)	異常事態対応 (故障、停電等)
TCE	1995年全廃	95年以前	埋め立てあり		
鉛塗料	1993年使用	廃塗料	埋め立てあり		
除草剤	1978年散布	不明			
クレオソート	1970年10t	不明			

(注) 改正された化学物質審査製造規制法（2004年施行）や化学物質管理促進法、POPs等の規制項目に適用させると便利である。

過去に生じた汚染事例や予防事例をマニュアルに掲載し、緊急対処方法も含めた未然防止の徹底教育を図ることを内部監査で検証でき、表2.3-3のような点検リストを活用し、さらに改善できれば環境経営上理想的である。

2.3.2 土壤地下水の汚染防止は化学物質リスク管理から

日立グループでは化学物質を安全に取り扱い、また環境負荷の低減のためには、化学物質を総合的にかつ効率的に管理する必要があると考え、法律遵守及び自主的な取り組み活動の円滑な推進のための組織、各種制度の充実を図っている。さらに、コンピュータを用いたグループ共通の**化学物質総合管理システム**を1998年から導入し、化学物質に関する法規制の動向、有害性の調査等を迅速に行い、化学物質リスク管理の向上に取り組んでいる。

環境への化学物質の排出量を削減し環境負荷を低減するため、自主的に1,400種類の化学物質について「禁止」「削減」「管理」に区分し、それぞれの排出・移動量等を管理している。

別の企業では化学物質の有害性に応じて容器を赤、黄、緑などのラベル分けして搬入から搬出、廃棄まで一貫して管理している事業所もある。特に、日立グループでは「禁止物質」については2005年度までに環境への排出量をゼロにし、また、「削減対象物質」については2005年度までに排出量を30%削減（2000年度基準）の目標を定めて自主的に取り組んでいる。今後も、化学物質使用量の削減、代替物質への転換、回収等により、環境中への排出削減を推進していく。

【新規化学物質導入時の事前審査の実施】

新規に化学物質を使用する場合は法規制、有害性等の情報を入手し整理して、化学物質専門委員会等により使用の可否について評価する制度を運用している。また、法律等で規制されている有害化学物質については不用意に導入、使用されないようにするために事業所内の設計、製造、購買等の関連部門の連携をはじめ、外部委託先まで含めて化学物質の管理を行っている。

【土壤地下水の汚染予防】

日立グループでは土壤地下水を有害化学物質の汚染から守るため、化学物質の漏洩防止管理の充実を図っている（**図 2.3-4**）。特に、地下に埋設されている配管、ピット、タンク等は地上設置に置き換え、点検も充実させている。地上設置に置き換えが終わっていない地下タンクについてはタンクの内部の超音波検査、腐食進行防止対策等の法律で決められている事項のほかに、詳細な点検、対

■ 図 2.3-4 配管、ピット等地下埋設物の管理



策を行い漏洩防止の充実を図っている。

PCB 使用機器の保管に関しても、日立グループでは、紛失等を防止するための施錠・銘板管理や機器の破損、腐食が万が一発生した場合の漏洩を防止するための防液堤・保管箱管理等による適切な保管を継続するとともに、適正処分実施に向けて検討を進めている。また、過去に製作した変圧器、コンデンサー等の一部に PCB 入り絶縁油を使用していたため、該当製品の判別方法をホームページに掲載している。

なお、2003 年 2 月に土壌汚染対策法が施行されたが、日立グループではこれまでも法律に基づいた地下水、土壌の調査を行い、敷地の一部に汚染が確認されたサイトにおいては速やかに対策を進めた結果、有害化学物質の使用歴のある約 200 サイトの中で、既に 9 割のサイトについては浄化完了又は問題がないことを確認している。また、浄化が完了したサイトにおいても、引き続き地下水の監視を実施している。

ブラザー工業(株)など多くの企業では、起こり得るリスクの想定、リスクの大きさと発生頻度、点検と予防、教育と訓練、汚染事故が発生した場合の危機管理、リスクコミュニケーションなどを実践している。リスク管理面では、過去の汚染事例を参考に、倉庫や空地を含むすべての事業所施設や製造工程について起こり得る土壌汚染リスクを想定し、起こった場合の影響の大きさを評価する。その際、土地利用歴や過去に使用したり埋め立て・地下浸透したりした有害化学物質がポイントである。重大な汚染事故発生の可能性が想定される施設や製造工程については、発生させないための点検や予防を行う。さらに土壌地下水汚染のおそれがある場合は観測井戸を設置する。

また、汚染が発生してしまった場合に被害を最小限度にとどめるための対応手順のルール化、そのために必要なスタッフや器材の準備等を施設・製造工程ごとに定める。定期的に汚染防止の教育や汚染事故発生を想定した訓練を実施し、定めた手順や器材が有効に機能するかどうかをチェックする。地域とのコミュニケーションのため、例えばブラザー工業(株)では工場周辺の住民に対して、各工場での環境活動を紹介し住民の理解を得ている。具体的には、工場見学会を実施して直接施設等の安全への理解を深める努力をしている。

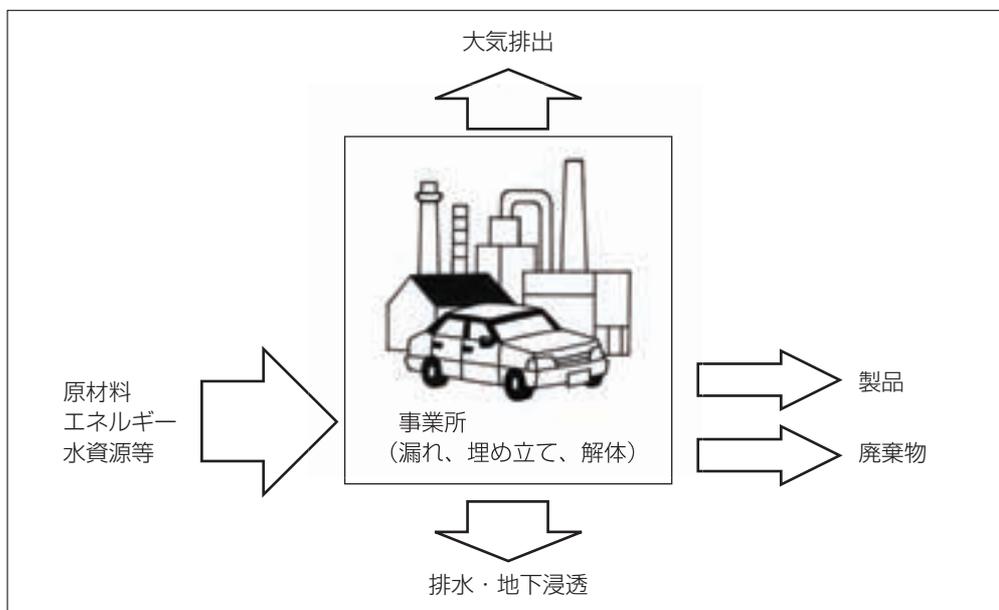
【土壌地下水汚染のシステムとリスク管理のまとめ】

汚染物質、汚染経路、汚染による影響（被害を被るもの）という 3 要素の管理がポイントになる。汚染物質が過去、現在、将来も存在しなければ汚染リスクはゼロである。また、汚染物質の原因となる化学物質が外部に漏洩する経路がなければリスクはなくなる。さらに汚染物質と汚染経路が存在していても、影響を受けるものがなければ汚染リスクはないといえる。

有害物質を徹底して管理して、定常時や緊急時・異常時においても、大気圏や水圏、土壌地質圏に汚染を絶対に拡散させなければリスクは皆無といえる。そのためには有害物質を厳重に管理し、万が一の汚染経路をあらかじめ遮断する必要がある。

既に述べたように、タンク等であれば二重の防液堤や排水設備を設けて施設外に漏洩することを予防する。地下浸透を予防するため、配管等を地上に設置して安全が目視できるようにするなど、工夫している企業も多い。最悪の事態を考慮して、下流部分には緑地帯や従業員用駐車場を立地させるなどして、隣地との境界にバッファ（緩衝帯）を設けて被害を緩和することもできる。環境マネジメントシステムの考え方と同様に過去から未来にわたりインプット・アウトプットの収支をみるのも有益である（図 2.3-5）。

■ 図 2.3-5 環境負荷のインプット・アウトプット



さて、具体的な対策を検討するに当たり、机上の空論でなく実際の事例をみるのがベストである。冒頭にも述べたが、過去の事故例や環境省の「土壌汚染調査・対策事例及び対応状況に関する調査結果の概要」をベースに今後の予防策を定期的に検討することが重要である。

環境省の調査結果から、原因行為が都道府県等によって推定された事例の内訳をみると、汚染原因物質の不適切な取り扱いによる漏洩が原因と考えられるものが、累計 431 件のうち 209 件となっている。故意による人為的な行為や不注意といったヒューマンエラーによる有害物質の漏洩が主たる原因である。したがって、従業員や下請け作業員を含め、「漏洩」を生じさせない徹底した社員教育も予防策となるだろう。

2.3.3 | 法テク予防策

人の健康被害にだけ焦点を当てた土壌汚染対策法の影響は、土地取引や所有する不動産の評価価値といったビジネス界にまで波及している。例えば、地方銀行が汚染土地の担保価値をゼロとする方針を公表している。また、汚染土地の売買では覆土や遮水・不溶化といった暫定的処置ではなく、完全浄化や環境保険による高額補償を前提に、取引が進められているケースもみられる。汚染行為の寄与率や過失有無に関係なく、現在の土地所有者に調査・浄化対策措置など、土壌汚染対策法上の厳しい責任がかかることが背景にある。土壌汚染リスクに対して、弁護士等によるアドバイスを参考に法律テクニク（法テク）による予防策の一部を解説する。ただし、法規制やその解釈、判例などは常に変化するので、最新の状況を弁護士や行政機関に確認し、より正確な判断をする必要がある。

(1) 賃借土地の汚染

土地を借りる前に汚染有無をチェックする。また、土地を返却する場合に**原状復帰義務**をどの程度にするか、あらかじめ決めておくトラブル防止になる。地主が跡地をマンション用地にする予定があるのなら、汚染ゼロ（土の入れ替え）にして返却することを要求することもある。賃借する土地で汚染が発覚し土地利用者や占有者が汚染原因者と断定された場合は、通常、汚染を除去する義務が発生すると考えられる。**賃借土地**に有害物質を扱う工場や廃棄物がある場合には、汚染状況調査の時期や調査内容、費用負担のあり方、さらに、工場など事業所の操業が原因で発生した汚染に限定して責任を負い、自然由来や過去の土地利用者による汚染については責任を負わない旨、賃借契約などに明記する必要があるだろう。工場閉鎖で土地を返却する際に、自社専用の産業廃棄物埋立跡地や焼却炉、地下タンク等は特に問題となるケースが多い。火災の類焼と同様に、隣接地が汚染源で「**もらい汚染**」となった場合でも、賃貸借契約上の原状復帰義務が生じることもある。賃貸借契約の詳細条項を明確に理解しなければならない。

賃貸借契約に土壌地下水汚染に関する規定が明確化されていないケースもあるので、内容をチェックし汚染調査義務など過大な責任が負わされていないか検討する。さらに、関連する条項は具体的にどのようなケースを想定したものか、十分確認して権利と義務について明確にし、不明な点は当事者間の**覚書**などを新たに作成し、その記録を保管しておくことが将来の**紛争予防**になる。

(2) 土地の購入と会社分割

土地を購入する前に、汚染有無をチェックすることは常識になっている。2003年改正の不動産鑑定基準でも、土壌汚染は地価を決める重要なファクターとなっている。したがって、環境サイトアセスメントの実施は不可欠になっている。調査でカバーしきれない汚染リスクに関しては、**売買契約書**において将来発生する汚染の調査や浄化措置の費用負担について明確化し、その履行能力の確保についても検討する必要がある。その理由として、売手は土地を売却すると借金の返済や投資等に売却資金を充当し、将来の汚染浄化費用を負担できない例が意外に多いからである。中には売手が倒産して交渉相手さえいなくなる例もある。契約書で何らかの保証を受けても、優良大の企業でない限り将来にわたる履行確保は簡単な問題ではない。

土壌汚染対策法において汚染原因者が特定できない場合には「**土地所有者等**」に浄化措置の責任が発生する。土地の所有者、管理者又は占有者など複数の「土地所有者等」が存在するケースでは、複数の責任主体がどのように費用分担するか明確な規定がない。そこで不動産流動化といった形態を含め、当事者や関係者で責任割合を含む補償契約を決めておくことが望ましい。特に公定法の調査費用負担に関しては、ボーリングや環境分析など費用が高額になり日数も長期に及ぶ場合があるので、土地売買契約において、買主が売主に対してボーリング等の調査費用、モニタリング井戸の定期測定費用等を求償できる規定を盛り込むことの可否を検討する。もちろん、売買価格に盛り込み済みの場合は通常不要となることが多い。

売買契約で「将来発見される土壌汚染は買主がすべて負担する」という明示的規定がある場合、また、土壌汚染を理由に通常より著しく安い価格で購入しているような場合は、汚染原因者に費用を求償することはできない。したがって、将来の汚染浄化費用を確実に見積もった上で地価を算定したのかどうか問題になる。土地は希少価値など、個別・主観的な要素で価格が決まるので、土壌汚染による減額をする場合には、売買契約書で売主に対する求償権の放棄を含む趣旨なのかどうかを明確に記載することが大切である。

「土壌汚染」に関しても、土壌汚染対策法の有害化学物質のみを指すのか、ダイオキシン類や油汚染など、生活環境に悪影響を及ぼすものまで含むのか、その汚染基準は具体的に何をいうのか、立証責任や費用はどちらが負担するのか、など細目についても明確にすることが望ましい。

汚染リスクの高い廃棄物関連部門やめっき工場を分離独立させ、別会社にするようなケースも今後想定できる。会社分割が汚染された土地の分離だけを目的とした場合は、親会社の責任が問題になる。土壌汚染対策法の調査・浄化措置義務や汚染土地の評価損を免れるために土地を含めて経営

を分離させ、新たに会社を設立することは法人格の濫用に該当するおそれがある。結果として、設立した新会社の法人格が否認されることになる。汚染原因者として元の会社の責任が問われることもあるし、新会社が汚染対策費を負担できないことが明白であれば、商法（債務の履行の見込み）の規定で分割無効となることも考えられる。

営業譲渡という名目で、付随する汚染土地までが譲受人に移転して、土壌汚染の土地所有者責任を負わされることもある。一方では、深刻な汚染をはらむ土地を密かに所有する会社が売りに出されている。このような会社を買収する際の問題点を次に触れてみる。

(3) 企業の買収、M & A

ほかのケースと同様に企業を買収する前に、汚染有無をチェックすることが不可欠である。土壌汚染対策法における9物質の重金属等の汚染については、含有量基準により地表50cmが調査対象になっているが、将来、対象物質の数や環境基準、分析手法などが厳格化されることが想定できる。現実に重金属等の汚染は地下数mの範囲に及んでいるケースも少なくない。したがって、土壌汚染リスクを十分考慮した上で、長期的な買収計画を立てる必要がある。工場や貯蔵施設の取り壊しの際に新たな汚染が発生することもあるし、基礎部分の埋め戻しや整地の際に汚染した建設残土が搬入されることもある。地下水汚染を監視する目的の観測井戸についても、帯水層など地質構造を十分把握した上で設置してあるかどうかの確認も必要である。

水質汚濁防止法で規定する「**特定施設**」が存在し、その使用を廃止されるケースでは、法定の土壌汚染状況調査を実施しなければならない。したがって、「特定施設」の存在有無が鍵になる。「特定施設」がなくても土壌地下水汚染のおそれがあり、かつ、付近の飲用水が地下水に依存しているような場合は調査命令が下される可能性が高い。過去において有害化学物質の使用や保管の有無がポイントになる。したがって、企業の買収などM&Aの前に土壌汚染対策法等新法の対応として、次に掲げるような項目を新たに検討することになる。

- a. 土壌地下水汚染を加味した不動産鑑定や環境サイトアセスメント
- b. ボーリングや環境分析など詳細調査の費用（汚染の可能性がある場合）
- c. 汚染除去や拡大予防などの措置費用（現在及び将来）及び担保価値評価
- d. 環境保険等のコストや観測井戸による定期的測定
- e. 汚染発覚や浄化措置等により生じる操業停止などの損害

- f. 法令や環境保全協定による責任及び行政や住民に対する報告・説明義務
- g. 時価ベースの資産評価、将来の地目変更や転売の際の手続きや費用
 売主に、売買対象土地に土壤地下水汚染がないことを保証させる「**表明保証**」もM & Aで重要なポイントである。表明保証に違反して汚染が発覚した場合の、瑕疵担保責任や債務不履行責任といった金銭賠償の履行確保もあらかじめ検討すべきである。さらに、汚染が原因で契約自体が途中で解除された場合の補償や費用負担のあり方についても、書面の取り決めがあればスムーズに解決できる。土壤汚染対策法では、対象土地から周囲に拡大した汚染の賠償責任については触れていないが、住民などから高額な損害賠償が請求されるおそれがある。さらに、地下水が汚染され周辺住民に飲用水を供給する費用負担が発生したり、水質汚濁防止法によって特定施設の事業者が地下水浄化措置の命令を受けたりするケースも想定できる。
 このような場合に発生する損害や費用をあらかじめ買収価格に織り込むとか、長期の**環境保険**を利用してリスクを転嫁し、保険料負担方法を当事者間で検討しておくようなことも実際に行われている。

(4) 土壤汚染対策法における責任主体

ここで、土壤汚染対策法における責任主体について簡単に整理する。

土壤汚染対策法において**汚染の調査義務**は、汚染原因者ではなく現在の**土地所有者等**になる。土壤地下水汚染の疑いだけで、直接、汚染原因者に調査をさせることは無理がある。それは、現在の土地所有者でない汚染原因者が他人の土地を勝手に調査することはできず、汚染有無や因果関係が判明していない段階で、調査を強制させることはできないからである。土壤汚染対策法において、浄化措置義務に関する汚染原因者の責任を一定の範囲で認めているが、調査・浄化措置を含め、現在の土地所有者に1次的な責任を負わしている。過去の土地所有者は、明白な汚染原因者でない限り土壤汚染対策法の責任主体にならない。汚染土地を一刻も早く売却したがつている企業が多い理由が理解できる。

信託契約に基づき土地の所有権を取得した受託者、破産管財人なども、責任を負わされるかどうかの規定がないので疑問が残る。責任主体に問題がある場合、都道府県知事から調査や浄化措置等の命令を受けたときには、聴聞又は弁明の機会を与えられるので、状況を説明し個別に交渉することができる。土地所有権を譲渡担保により形式上譲り受けた場合の債権者や、所有権留保売買における売主等も、法律上は土地所有者に該当する。責任主体の「土地所有者等」には、土地の賃借人などの占有者と管理者が含まれる。土地の所有権を譲渡担保により債権者に形式上譲渡したが、引き続

き使用・占有の実態がある債務者は占有者に該当する、と解釈されることがある。建物の部分的なテナントなど、当該土地を支配・利用する実態がなければ占有者とみなされないが、社会通念上その者が土地を事実的に支配していると客観的に認められれば占有者とされる。なお、土地の管理者については明確な定義がない。

汚染調査や浄化措置を実施するときに、現場で土地の所有者、管理者、占有者等から指示もしくは許可を得なければならないが、法律関係や実態からして、土地の掘削等を伴う調査その他の措置を実施するに足る権原を有する者は、「土地の所有者等」に含まれると思われる。

(5) 調査浄化費用と求償

土地所有者等に土壌汚染対策法の調査が命じられ、汚染調査をした結果、汚染のおそれが発覚するケースと、汚染のおそれがないと判断されるケースがある。調査に要した費用を汚染原因者などに求償する場合は瑕疵担保による損害賠償請求、契約上の関係に基づく請求、不法行為によるものなど、民事の一般原則に基づく。

一方、基準を超える汚染による健康リスクのおそれが認定され、汚染浄化措置等の措置命令による履行がなされた場合には、土壌汚染対策法の規定により過失有無に関係なく、汚染原因者に**費用の求償**を請求することができる。つまり、措置義務を負担した土地所有者等は、汚染原因者の故意・過失を要件としないで費用を求償することができる。つまり汚染原因者には無過失責任がある。要件として、汚染原因者が有害化学物質を飛散・流出させ、埋め立て又は地下浸透させる行為をした事実、汚染と汚染原因者の行為との間の因果関係などが立証されなければならない。その場合、汚染原因者の汚染行為の時点における違法性は関係なく、現在の危険に基づいて責任が課される。したがって、汚染原因者は埋め立てなどの行為当時の法令の基準に合致していた事実をもって、抗弁することはできない。

土壌汚染対策法における汚染原因者は、過去の行為について遡及して責任が追及されることになる。その際、**消滅時効**及び**除斥期間**の起算点は汚染行為の時点ではなく、汚染除去等の措置を講じた時点を基準とする。したがって、1970年代や1980年代の汚染行為についても、土地所有者等には求償権を行使する余地が残されている。

土地所有者等は都道府県知事に対して、汚染原因者の承諾を得た上で、土の入れ替えなど、当初の命令よりも厳しい浄化措置を求めることができる。汚染土の掘削除去といった措置も「汚染の除去等の措置」とみなされるので、この費用も求償可能である。しかし求償の対象となる費用は措置

費用に限定されており、汚染浄化期間中の休業損害やその他の利用不能による損害は、土壤汚染対策法で無過失責任を規定していない。

●参考文献

- 1) 大田秀夫：土壤汚染対策法なるほど Q & A、中央経済社（2003）
- 2) 赤羽・出張：土壤汚染対策法をめぐる法的諸問題、金融法務事情（2003.5）
- 3) 小澤英明：土壤汚染対策法、白揚社（2003）

2.4 土壌地下水

酸化剤を地層・地下水に注入し、掘削せずに原位置で地下のトリクロロエチレン等の VOC を酸化分解し、短い期間に低コストで無害化する方法がある。日本で実施した例では、ラボ試験・パイロット試験で発見できなかった問題点が顕在化した。地上から見えない地下の地質構造は、一般的に複雑に変化しているため、**地下水流動の不均一性**が存在したのである。粘土質の難透水性の場所や地層粒子の凹部や亀裂など、汚染部分に酸化剤が完全に到達せず浄化されない所が残る。地下水流の変動により浄化速度が変化し分解効果に差が生じてしまったのである。つまり、汚染機構解明や地質構造の理解なくして、汚染調査も汚染浄化対策も成功する確率は極めて低くなる。

フランスやメキシコなど海外に行くと、一流ホテルでも蛇口から出る水道水が飲めないケースがある。日本のようにどこでも水道水や地下水が自由に利用できることが極めてまれであり、大変貴重であると改めて考えさせられる。日本の場合、通常そのまま飲用できる水は、地下水とそれが地表に現れた泉である。降雨がしばらくなくても河川が枯れないのは、森林などの地下水が河川の安定した供給源になっているからである。また、湿地に属する水田や伏流水も保水能力が高い。大地が育んだ清純な淡水は、農用地を潤わせ、工場用水や生活水としても不可欠である。しかし、農薬や排水に含まれる有害化学物質等で水がいったん汚染されてしまうと、自然に浄化することは困難になる。土壌地下水汚染はどのように挙動するのか等を理解するには、**地下水の流動システム**を学ぶ必要がある。汚染浄化や汚染防止を考える場合にも、地質構造を理解することが基本になる。地質構造が把握できれば最適な浄化や防止策を講じることができるからである。

地下水は移流かつ拡散して複雑に流動する。汚染物質の特性や地質環境、表流水、帯水層の構造等によって地下水の汚染範囲は把握できるが、汚染サイトで正確に断定することは容易ではない。一般的に地下水の実流速の下では、**表 2.4-1** の一般値の距離まで汚染が到達すると考えて、この数値を参考に判断することを環境省は地方自治体に指導している。

■ 表 2.4-1 汚染到達距離の一般値

特定有害物質の種類	一般値
揮発性有機化合物 (VOC)	おおむね 1,000m
六価クロム	おおむね 500m
ひ素、ふっ素及びほう素	おおむね 250m
シアン、カドミウム、鉛、水銀、セレン、その他農薬等	おおむね 80m

出典：環境省

環境地質学的な基礎調査を省略してボーリング調査をすると、粘土層を突き破りその遮水機能を破壊することで汚染を拡大させ、汚染浄化費用を増加させることにもなる。井戸からの大量揚水によって汚染現場を乱し、半永久的に完全浄化を阻害してしまうケースさえある。ここでは事例を挙げながら、環境地質学的な基礎知識を分かりやすく解説する。

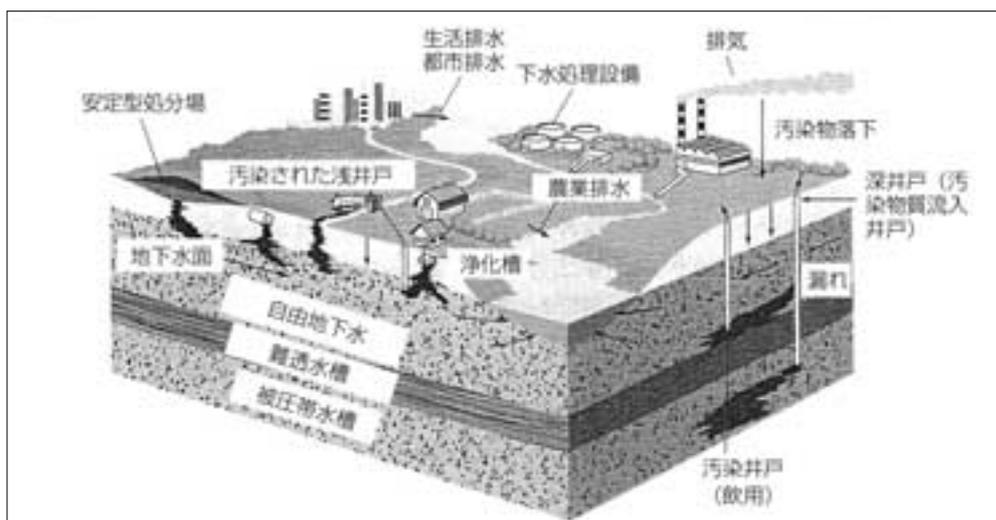
2.4.1 | 土壌汚染と地下水の変動

土壌汚染対策法制定のベースとなった考えの一つは、「土壌は水や空気と比べ移動性が低く、土壌中の物質も拡散・希釈されにくいことから、いったん汚染されると、長期にわたり汚染状態が存続し、人の健康や生活環境に影響を及ぼし続ける蓄積性の汚染であり、また、その範囲は局所的である」というものである。一方、「地下水については、土壌と異なり、移動するものであること、その保全施策は他の水質保全施策と密接に関連する」といわれ、汚染地下水の飲用などで人の健康に影響を及ぼすおそれがある場合の措置として、**地下水浄化措置命令制度**（水質汚濁防止法）が設けられている。過失の有無や因果関係の立証がなくても、都道府県知事等が地下水浄化措置を事業者等に命じることができる。地下水はいったん汚染されると、汚染源である土壌汚染や埋立廃棄物について、汚染浄化や何らかの予防措置が講じられない限り、一定の濃度レベルを超える汚染の範囲が拡大し続けるとともに、汚染状態が相当期間存続することになる。したがって、汚染土地の所有者や管理者は、これらの汚染源に関するリスク管理を行うことが求められる。

土壌汚染の有害化学物質が地下水に転移する際に降雨の影響がある。地表に降った雨や雪は、重力に従って表土の微小な隙間を通して地下に浸透する。土砂などの粒子の空間を浸透した雨水は、地層が水で満たされた**帯水層**と呼ばれる通水性のよい地層部分に集まる。雨水が帯水層を涵養すると水位の高い上流から水平方向に移動し、徐々に地下水位が上昇する。汚染土壌の層を上下に雨水が通過するとき、有害物質の微細粒子や水に溶け出した化学物質を取り込み、帯水層の地下水まで運ぶ。

通常の雨水は酸性なので、厚い土壌でうまく中和されない限り、理論的に地中を浸透するとき重金属もかなり溶出させるという考えがある。しかし、現実の土壌汚染で重金属はあまり地下水に溶け出さない。理由は、「**水みち**」（水道管のように無数の細かい水の通り道）ができて日常頻繁に水が通過するため、接触面が不溶出の状態になったためだと推定できる。また、いったん重金属イオンなどの有害物質が動いても、下位の多孔質の粒子や

■ 図 2.4-1 帯水層と通気帯



(注) 地下タンクの漏れや埋め立てが主たる汚染原因。過剰な施肥や農業散布、自然由来のひ素等も問題になる。また古井戸や深井戸が汚染経路になることもある。

出典： D.Merritts, A.D.Wet, K.Menking, Environmental Geology, p.251(1998)

粘土鉱物等に吸着されて、それ以上移動しないケースもあるだろう。古いごみ処分場でも、有害化学物質の存在する地中を、重機やボーリングでかき回して「水みち」のネットワークを破壊したり、地下水位を大きく攪乱させて有害物と地下水の接触を増加させるようなことがなければ、周辺への影響は塩類の溶出リスクを除き、通常、それほどひどくない。

工業用水など、地下水揚水の規制で地下水位が回復している地域が多い。数十 m という地下にある東京駅の地下ホームも、地下水上昇で漏水と浮力対策に苦労しているという。同じように、駐車場の下に仮置きしてある有害廃棄物等が、地下水位の上昇に伴って水につかって、地下水を汚染するようなことも将来あり得るだろう (図 2.4-1)。

最上位に位置する帯水層を不圧帯水層 (自由地下水) と呼ぶ。沖積平野 (河川等の堆積作用でできた新しい平野) で自由地下水の水位は、近くを流れる河川の水位とおおむね一致することが多い。したがって、水位にも河川の水位と同じような季節変動があり、降雨量や河川の流域とも相関がある。降雨や高位置にある表流水等が地下水の供給源であり、泉、河川、井戸からの揚水等が排出先である (図 2.4-2)。

汚染した地下水をポンプアップするため地下水を井戸から大量にくみ上げると、周辺の地下水水位が漏斗状に低下し、まわりから地下水が井戸を中心に流入してくる。隣接地に汚染源があれば、その汚染地下水も引っ張り込むことになる。長期の揚水曝気処理中に原水の汚染濃度が急に上昇するような場合は要注意である。また、地下水の涵養量より揚水量が多い場

■ 図 2.4-2 地下水の涵養と排出



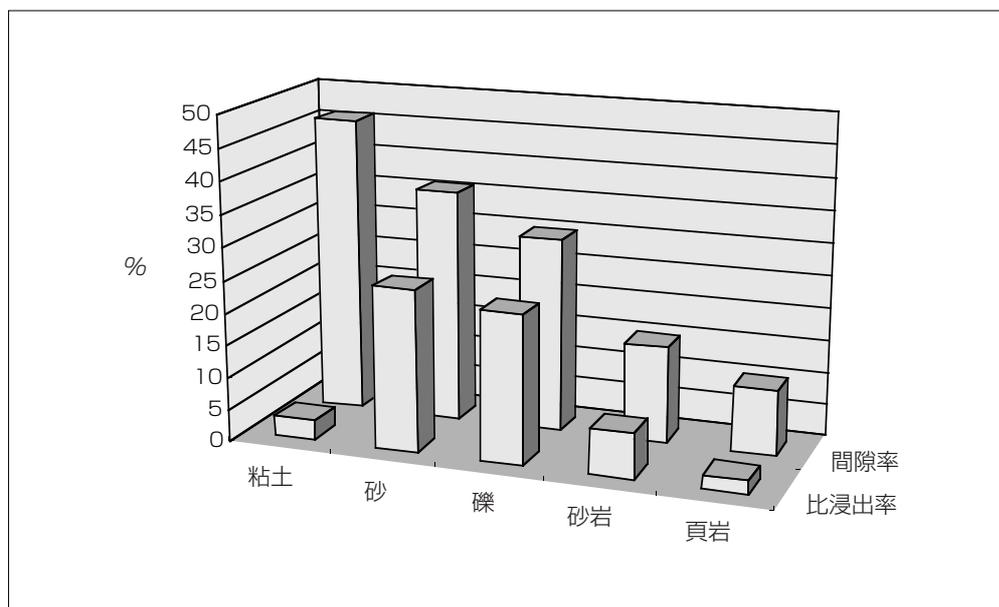
合は、地盤沈下を起こしたり付近の井戸を枯らしたりするおそれがある。

一般的に自由地下水の水位は地形の高低と比例し、河川や泉がある低い方向へ流動する。厚い粘土層など、難透水層で上下を囲まれ水圧のある地下水の層を、**被圧帯水層**と呼ぶ。この場合は、高さの位置エネルギーだけでなく、水圧の差で地下水が流動する。圧力が高い部分から圧力の低い部分へ流れるため、下から上に向かって地下水が流れる現象もみられる。大量の井戸を掘削して揚水すると、被圧帯水層の水圧が減少し水位も下がるため、井戸枯れが発生し地盤も沈下し地下水流量が減じる。このような汚染現場では、被圧帯水層（接触面の粘土層を含む）は水を絞り出してつぶしたスポンジのような状況になるため、100%元通りに復元することは難しい。

ところで、粒子の間を水が流れるので地質構成物間の**間隙率（隙間率）**が高いほど流れやすい、また、砂利や砂より粘土の方が締まっており間隙が少ない、と考える人もいる。しかし事實は違う。間隙率が大きいのは粘土であり、砂、礫の順に小さくなる。それだけ含水率が高まるが、粘土の場合は粒子が小さい分、水と接する表面積が多く、その表面張力等によって水が粒子から離れにくくなっている。粘土の間隙は極めて細くて複雑な微小構造になっており、水の分子が自由に動けないような迷路になっている。間隙率データと比浸出率は図 2.4-3 のような結果になる。比浸出率が大きいほど水が流動しやすい。

粗粒砂の間隙率は 31% から 46% で、比浸出率が 27% と最も地下水が流動しやすい状態になっている。比較的小さめな礫でも間隙率は 25% から 38% で、比浸出率が 25% と地下水が流動しやすい。現実に帯水層の地層をオールコアボーリングで採取すると、きれいな砂礫で地層が構成されていることを観察できる。地下水を流動しやすい砂礫層は、汚染を遠くまで移動させてしまう汚染経路にもなる。逆に粘土やシルトといった微粒子の間隙や細孔に徐々に汚染が付着又は侵入すると、浄化するのは極めて難し

■ 図 2.4-3 帯水層の間隙率と比浸出率の例



い。水が浸入しにくいので、環境地質学では粘土層を難透水層と呼んでいる。一般論として、自然界では完璧な不透水層は存在しない、というのが最近の考え方である。

ところで、地下水の速度（又は汚染の速度）はどのように計算できるのだろうか。フランスのエンジニアが1800年代に確立したダルシーの法則という地下水の流速を計算する方法がある。流速は透水係数と動水勾配に比例することが判明している。そこで、地下水の透水係数が地層に応じてどのように変化するかを表2.4-2に表す。例示の粘土は風化していない海成粘土で、砂岩は比較的年代が新しく膠結の進んでいないものである。頁岩はスレート状にはく離する泥岩の一種である。一般的に土壌や土と呼ばれる粒度レベルであるシルトの透水係数は1m/日～0.01cm/日であるが、砂や粘土、有機物が混入しているので実際の透水係数は一定ではない。

汚染がどのように地下水の中を移動するか、ダルシーの法則を応用して

■ 表 2.4-2 透水係数の例（透水距離/日）

物質	透水係数範囲の例
粘土	0.01cm～0.00001cm
砂	1km～1cm
礫	～100m
砂岩	1m～0.1cm
頁岩	0.01cm～0.000001cm

計算してみる。仮にタンクから漏出した有害化学物質が地下水と同一の性質で、 h_1 点から地下水と全く同じ挙動をとって h_2 点のポイントへ粗粒砂

の中を移動すると仮定する。 v は流速、 K は透水係数 60m/日、 h は水頭（水流の持つエネルギーを水柱の高さで表したもの）、 $(h_1 - h_2)$ は2点の水頭差 1m/1,000mで、 d は2点の水平面での距離 1,000m、 n は間隙率 30%とすると、次の方程式が成立する。

$$\begin{aligned} v &= \frac{K (h_1 - h_2)}{d \times n} \\ &= \frac{60\text{m/日} \times 1\text{m}}{1,000\text{m} \times 0.3} \\ &= 0.2\text{m/日} \text{ 又は } 73\text{m/年} \end{aligned}$$

したがって、汚染は1日 20cm、もしくは年に 73m 進むということが計算できる。

【参考：水や VOC を通す隙間だらけのコンクリート】

2003年に、出光興産(株)や(株)ブリヂストン、新日本製鉄(株)等で大火災が連続して発生したが、それぞれ消火放水で周囲は水浸しになった。コンクリートの堤防(防液堤)の隙間から泥水が漏出する現場もあったようだが、コンクリートの隠れたリスクについて述べる。

まずはじめに、コンクリートはトリクロロエチレンなど VOC を容易に浸透させることを認識しなければならない。1990年代に米国の大手工場で、1mの厚さのコンクリートを VOC が浸透して、地下水汚染を起こしたことが知られている。日本では地下コンクリートピットに洗浄剤などの溶剤を入れて作業している現場があるが、地下水汚染の発生確率が高い。

生コンクリートには大量の水が混ざっている。不法な加水などで水が通常よりも多いと、詰まらずにポンプ圧送ができ施工も容易だが、生成される結晶が粗大になり、養生・乾燥した後で余分な水が蒸発した部分は、細かい毛管状態等の空隙(隙間)になり、劣悪なコンクリートになる。また、砂利などの骨材(体積の 70~80%)としてアルカリ反応性の岩石(例:火山ガラスを含む安山岩、微小石英を含む砂岩及び粘板岩)が含まれると、繰り返し**白華現象**^(注1)が起きることがある。コンクリート基礎が地中にある場合は、地下の水分がコンクリートの毛管空隙中(細かい隙間)を上昇し、コンクリート表面から蒸発する。この際に溶出成分が析出して白華となる。重金属等を含む飛灰(フライアッシュ、集じん機で集められたばいじんなど)が含有されているコンクリートでは環境次第で有害物質が溶出する可能性もある。

1970年代はアルカリ分が多いコンクリートで建設された構造物が多く、

(注1) 白華現象：白い炭酸ナトリウムや硫酸ナトリウムが綿毛状態になって表面に吹き出す現象

特に、西日本で多用された海砂利などは塩分を除去しなかったケースが多いので、劣化する可能性が高いといわれている。不法加水した脆弱なコンクリートや、アルカリ分が多いコンクリートは、炭酸化が鉄筋にまで至り鉄筋の腐食が始まる。腐食で膨張した鉄筋は、コンクリートを中から破壊する。

最近、筆者が実際に確認した例では、地中の10cmの厚さのコンクリート遮水壁が砂と礫だけになって、純粋コンクリート分が消滅しているケースがあった。建設して約10年経っていたが、このケースでは地中の**反応性浸出水**の影響でコンクリートが溶けてしまったのが原因であった。その現場では、事業所からの汚染で付近の農作物に被害が発生した。また、阪神大震災で山陽新幹線のコンクリート構築物の中から建設廃材や空き缶、発泡スチロールなどが出てきたという報道もあったが、下請け業者や監督者のモラルが問われるところである。

1975年には大手銀行の事務所ビルから黒く変色したコンクリートが発見された。本来、純粋なポルトランドセメントを使用するはずが、飛灰を大量に混入していたことが判明した。耐久性を増すために主にダム用では重量で20%まで飛灰を混入することもあるらしいが、有害な重金属類を多量に含む飛灰を含有した品質が悪いコンクリート構築物であれば、資産価値も相当に落ちるし、地震の際の耐久性にも問題がある。

予防策として、コンクリート表面を防水塗料で保護することも選択肢の一つであるが、コンクリートと同じ耐久性のある塗料は開発されていないという。法定基準に従った品質チェックとして、生コンの一部を計量容器で採取し、平らな板の上に円すい状に置き、そのくずれ具合をはかり、柔軟性と強度（粘性）の目安とすることも実施されている。この検査は解体した構造物から作る再生コンクリートについては、不可欠の検査である。現場で生コンのサンプルを取り分けて保存したり、施工直後にコンクリート構造物からコア試料を採取したりして、強度や品質をチェックすることも予防になる。

2.4.2 土壌汚染の再現とサンプリング手法

工場跡地の現場で、汚染浄化が完了し、又は最初から汚染が調査で発覚しなかったケースでも、売却した後や再開発の際に基準を超えた有害化学物質が検出されることがあった。これは、調査後に建物解体や設備の基礎を撤去するときや新たに基礎を掘削する場合に、地下の汚染を顕在化させたことに原因がある。また、古い地下配管を破壊したり、貯蔵施設の残留

溶剤を現場で不適切に投棄したりして、汚染が新たに発生したケースもある。地下タンクの跡地やごみ焼却跡地を掘削し、掘削土を隣地に仮置きし、埋め戻す。その際に、汚染土が雨水で流出するケースや汚染物質が表土に残留してしまうことがある。さまざまな原因でVOCやダイオキシン類の汚染が後日になって発覚するケースがある。

中にはサンプリング手法に原因がある場合もある。汚染調査報告書を土地購入者に提出して、汚染がないから心配はない、と自信を持って公言した土地所有者がいた。その汚染調査報告書記載の土壤試料のサンプリング方法をみると、おおむね1,000 m²メッシュ (25m×25～50m) につき1地点で土壤採取がなされており、サンプリング深度は地表面下わずか15cmまでとなっている。これらは環境庁(現環境省)の「**土壤・地下水汚染に係る調査・対策指針運用基準**」によるサンプリング方法であるが、土壤汚染対策法で規定する手法とは異なっている。土壤汚染対策法施行規則によると、土壤汚染のおそれがある土地に関しては、**100m²** (例えば10m×10mの格子状区分) につき1地点以上の割合で調査地点を均等に選定することを基本としている。環境省の市街地土壤汚染の汚染面積分布(2000年度)によると、100 m²以下の汚染が20%程度存在しており100 m²メッシュの調査密度であっても汚染がみつからない可能性がある。まして、1,000 m²メッシュにつき1地点サンプルでは精度が極めて低くなる。

通常、汚染物質は深度方向と平面方向に拡散しているケースが多いので、すべて掘り起こすか、深さと広さ両方の**高密度サンプリング**を実施しない限り、汚染が絶対に存在しないことを証明することは困難である。このように調査時期や調査方法によって調査精度や汚染判明が異なってくることに留意する必要がある。

【参考：試料の採取と調製、分析】

汚染有無の判断や土壤汚染リスクをはかる際にもリスクがある。調査が不正確なら汚染原因や汚染物質、汚染範囲が確定できないので、正しい汚染予防措置ができず、汚染修復費用も算定できない。比較的均質である大気や水に比べると、土壤サンプリング(試料採取)の結果はばらつきが大きい。サンプリング場所が上下左右10cm相違するだけでND(検出ゼロ又は検出限界未満)となることもあるし、砂礫の地層であれば水より比重の重いVOCが、地下数十mまで浸透する傾向があるので表層では汚染濃度はNDになることも多い。

過去に汚染を起こした場所や、汚染残土を知らずに搬入したり焼却灰や燃え殻を埋め立てた場所では、重金属やダイオキシン類が高濃度で検出されることもある。新しい盛土や基礎工事、解体で乱された土地、VOC廃液

や重金属等を含む産業廃棄物が埋め立てられている部分等は、注意が必要である。

採取後にサンプルを放置すると、VOC など有害化学物質が紫外線で分解したり大気に揮発したりして分析結果が不正確になる。分析にも多様な方法があり、前処理や分析機器、分析者によって誤差が生じる。対策として複数のラボを利用するクロスチェックがあるが、標準物質を頻繁に活用している分析品質の高い正確な計量証明事業所を利用することが肝要である。技術の進歩により低価格かつ高精度の分析が可能になる。米国では、環境分析した土や水のサンプル予備を冷暗所に複数保存して、将来疑義が生じたとき、基準強化や規制物質が追加した場合に再チェックできるよう体制を整えている企業もある。

●参考文献

- 1) 環境省環境管理局：「土壌汚染対策法の施行について」（2003.2.4）
- 2) E.A.Keller：Environmental Geology（2000）
- 3) D.Merritts,et al.：Environmental Geology（1998）
- 4) 小林一輔：コンクリートが危ない、岩波新書（1999）
- 5) 吉兼亨：コンクリートのおはなし、日本規格協会（2002）

【A～Z】

ADMER…………… 37
 ChemPHESA21 …… 37
 DCF手法…………… 84
 DDT…………… 14
 EMS（環境マネジメントシ
 テム）…………… 52
 EU（欧州連合）…………… 2
 ISO14001…………… 52
 ISO14015…………… 82
 JRCC（日本レスポンシブル・
 ケア協議会）…………… 56
 LD₅₀…………… 18
 M & A…………… 111
 MSDS…………… 27
 NOAEL（無有害影響量）…………… 27
 OECD（経済協力開発機構）…………… 22
 PCB…………… 102
 PCB含有トランス等起源…………… 77
 PDCA サイクル…………… 52,57
 POPs（残留性有機汚染物質）…………… 76
 PRTR制度…………… 33
 PRTR法（化学物質管理促進法）
 …… 3,53
 RoHS指令…………… 2
 TBT条約…………… 4
 TDI（耐容一日摂取量）…………… 28
 VOC…………… 12,75,79,102
 VSD（実質安全用量）…………… 28

【あ】

アカウントビリティ
 （説明責任）…………… 68
 亜硝酸性窒素…………… 75
 閾値…………… 17
 意見交換…………… 49
 イニシエーター…………… 17

違法行為…………… 74
 イメージ・関係作りコスト…………… 72
 イメージダウン…………… 66
 飲料水経由…………… 38
 運河跡地…………… 95
 運命モデル…………… 34,37
 営業譲渡…………… 111
 影響要因…………… 13
 エンドオブパイプ型の対策…………… 40
 欧州連合（EU）…………… 2
 汚染管理コスト…………… 71
 汚染経路…………… 107
 汚染原因…………… 73
 汚染原因者…………… 85
 汚染事故…………… 101
 汚染事例…………… 63
 汚染の調査義務…………… 112
 汚染物質…………… 75,85
 汚染防止…………… 106
 汚染予防管理の手引き…………… 104
 覚書…………… 109

【か】

会社分割…………… 110
 改正化学物質審査製造規制法…………… 76
 科学的検証…………… 98
 化学物質…………… 7,9,14,32,77
 化学物質管理…………… 20,21,22,59
 化学物質管理指針…………… 3,41,53
 化学物質管理促進法（PRTR法）
 …… 3,53
 化学物質総合管理システム…………… 106
 化学物質の環境中での運命…………… 11
 化学物質の管理の体系化…………… 55
 化学物質の挙動…………… 11,15,34
 化学物質の自主的管理…………… 3
 化学物質の審査及び製造等の規

- 制に関する法律（化学物質審査製造規制法）……………24
 - 化学物質の排出……………11
 - 化学物質リスク管理……………106
 - 化学変化等……………11
 - 拡散……………11
 - 瑕疵担保責任……………83
 - カドミウム……………79
 - 環境活動評価プログラム
 - エコアクション21—…52,53
 - 環境汚染起因の経営リスク…1,2,3
 - 環境汚染賠償責任保険……………70
 - 環境会計……………68
 - 環境会計ガイドブック……………68
 - 環境コスト……………70
 - 環境コスト項目……………70
 - 環境サイトアセスメント…80,81
 - 環境報告書……………4,69
 - 環境保険……………112
 - 環境マネジメントシステム
 - (EMS)……………52
 - 間隙率（隙間率）……………118
 - 監視化学物質……………76
 - 緩衝帯（バッファー）……………108
 - 観測井戸（モニタリング井戸）
 - ……………62,104
 - 管理対象物質……………77
 - 企業の買収……………111
 - 規制強化……………74
 - 規制遵守コスト……………71
 - 規制対象……………75
 - 基本方針……………49
 - 求償……………113
 - 行政対応……………96
 - 空気経由……………38
 - 偶発コスト……………72
 - 掘削に伴う粉じん汚染……………88
 - グリーン・サステイナブルケミ
 - ストーリー……………41
 - グリーン・サステイナブルケミ
 - ストーリーネットワーク……………41
 - グリーン調達……………2
 - クローズドシステム……………77
 - 訓練……………101
 - 経済協力開発機構（OECD）…22
 - ケミカルリスク研究会……………39
 - 原因物質……………79
 - 原因分析及び改善策の検討…53
 - 原状復帰義務……………109
 - 原状回復の措置命令……………100
 - 減損会計……………67
 - 光化学オキシダント予測モデル
 - ……………38
 - 高次捕食動物……………25
 - 高蓄積性……………15,76
 - 行動指針……………49
 - 公表……………86
 - 高密度サンプリング……………122
 - 国際的な標準化……………82
 - 国内汚染サイト……………99
 - 国民生活金融公庫……………56
 - 国家非常事態……………95
 - コプラナーPCB……………85
 - 個別訪問……………91
- 【さ】
- 財政投融资……………56
 - サイトアセスメント……………81,82
 - 削減対象物質……………77
 - 産業廃棄物……………95
 - 算出マニュアル……………33
 - 残土……………91
 - サンプリング手法……………121
 - 残留性有機汚染物質（POPs）…76
 - 敷地外汚染の未然防止……………104
 - 資源有効利用促進法……………41
 - 事後コスト……………70,71
 - 資産価値……………67
 - 資産評価……………63
 - 自主的対応コスト……………71
 - シス-1,2-ジクロロエチレン…75
 - 事前コスト……………71
 - 事前審査……………106
 - 自然発火……………99
 - 持続可能な社会に資する銀行を
 - 考える研究会……………67
 - 実質安全用量（VSD）……………28,39
 - 指定区域台帳……………88
 - シミュレーションモデル……………34
 - 社会的信用の失墜……………66
 - 重金属類……………79
 - 自由地下水（不圧帯水層）…117
 - 集排水溝……………98
 - 修復……………66
 - 住民……………91
 - 住民説明会……………93
 - 浄化……………66
 - 焼却炉起源……………77
 - 使用禁止物質……………77
 - 詳細調査……………85
 - 硝酸性窒素……………75,80
 - 情報公開……………44
 - 消滅時効……………113
 - 使用履歴……………89
 - 除去搬出費用……………87
 - 食物経由……………38
 - 食物連鎖……………15
 - 処置……………96
 - 試料の採取……………122
 - 事例……………85,89,92
 - ステークホルダー（利害関係者）

索引

プロモーター	17	4,44,66	
フロン	14	リスク削減	39
分解性	13	リスク削減対策	47
分析	122	リスクの許容範囲	22
紛争予防	109	リスク評価	24,39,90
ベネフィット	22	リスク評価の手法	47
ベンゼン	80	量と反応の関係	27
防液堤	101,104	レスポンシブル・ケア	20,56
ほう素	75	レスポンシブル・ケアの実施に 関する基準・指針	56
法テク予防策	109	漏洩防止対策	101
法律テクニック（法テク）	109	六価クロム	75,79
【ま】			
水みち	99,116		
無有害影響量（NOAEL）	27		
メリット	82		
モニタリング井戸（観測井戸）	62		
もらい汚染	109		
【や】			
有害化学物質	98		
有害化学物質対策	101		
有害化学物質の使用歴と土地履 歴の調査	86		
有害性	7,9,21		
有害性の指標	27		
有害性評価	24,29		
有害物質	72,89		
用地及び組織の環境アセスメン ト	81		
【ら】			
ラブキャナル事件	94		
リスク	7,9,99		
リスク管理	21,44,101		
リスクコミュニケーション			

著 者 永田裕子 (Chapter1)

株式会社富士総合研究所
環境・安全グループ持続型社会研究室
主任研究員 リーダー

大岡健三 (Chapter2)

AIU保険会社
新種保険業務部長

平成15年度経済産業省産業技術環境局リサイクル推進課委託事業
「循環ビジネス人材教育・循環ビジネスアドバイザー派遣事業」研修用テキスト

環境経営実務コース

I 環境リスク管理コース：ID 環境リスク管理の実務

平成15年12月25日 発行

著 者 永田 裕子、大岡 健三
発行所 社団法人 産業環境管理協会
東京都台東区上野1-17-6 広小路ビル
電話 03 (3832) 7084
編集協力 スレッドプランニング

(非売品) **禁無断転載**
(本テキストは古紙配合率100%の再生紙を使用しています)

Printed in Japan

