

化学工場等における土壌・地下水汚染の発生原因と 防止対策

馬場, 俊幸
九州大学大学院生物環境科学府

江頭, 和彦
九州大学大学院農学研究院

<https://doi.org/10.15017/4349>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 60 (1), pp.35-47, 2005-02-01. 九州大学大学院農学研
究院

バージョン：

権利関係：

化学工場等における土壌・地下水汚染の発生原因と防止対策

馬場 俊幸¹・江頭 和彦*

九州大学大学院農学研究院植物資源科学部門植物生産科学講座土壌学研究室

(2004年10月25日受付, 2004年11月11日受理)

Causes of and Prevention Practices for Soil and Groundwater Pollution Occurred at Chemical Plants

Toshiyuki BABA¹ and Kazuhiko EGASHIRA*

Laboratory of Soil Science, Division of Soil Science and Plant Production,
Department of Plant Resources, Faculty of Agriculture,
Kyushu University, Fukuoka 812-8581, Japan

緒 言

わが国で過去に発生した土壌汚染事件のうち、19世紀後半から1970年代半ばにかけて多く発生したのは、鉱山における鉱物の採掘あるいは金属の精錬といった、いわゆる鉱業に起因したものであった。鉱物の採取及び金属精錬は主に山間部で行われていたため、重金属などの汚染物質が、雨水や地下水などの水を媒体として拡散し、周辺の河川や農地を汚染することで、住民に対する健康被害を引き起こす結果となった。

1970年代は全国的に公害が多発した時期であった。しかし、イタイイタイ病や水俣病などの公害事件を教訓に、大気汚染防止法、水質汚濁防止法、農用地土壌汚染防止法など、公害対策基本法を主軸とした法規制が順次整備されていき、大規模な公害の発生は抑止されるようになった。これに加えて、高度経済成長期に日本の産業構造が製造業主体に変わっていったため、全国で鉱山の休廃止が進み、鉱業に関わる汚染の危険性も低下していった。

この頃から、土壌汚染の主流を占めるようになったのが、化学薬品や半導体など電子部品の製造工場において発生した、VOC（揮発性有機化合物）や重金属による市街地の汚染である。この形態の汚染は、一般に土壌汚染に対する危機意識が低かった時期に行われ

た工事や作業が原因となって発生しているものが多く、既に発見され、浄化が完了している所もあるが、最近になって地下水汚染が周辺地域に及んだり、あるいは所有者の自主的な土壌調査や土地の再開発等で掘削を行った際に、汚染が発覚している場合が多々見受けられる。

全国で汚染されている土地の数は、推定で100万箇所近くとも言われている（畑, 2004）。一方、環境省の2001年度調査では、1975年度から2000年度末までの総事例が1,903件、調査事例が1,097件、土壌環境基準の超過事例が574件であった（環境省環境管理水環境部, 2002）。地下水汚染については、1989年度から2001年度までに発見された事例数が3,401件となっている（畑, 2004）。つまり、多くの汚染地が未発見のまま放置されている可能性が高いのである。

その理由の一つとして、特に重金属汚染の場合、稼働している工場の汚染の有無を調べるのは、技術的あるいは経済的に困難であることが挙げられる。建物や屋外施設直下の土壌は、それらが撤去されない限り、調査することはできない。土壌汚染のうち、今後最も深刻な問題となる恐れがあるのは、これらの工場等における潜在的な汚染であると言える。

そこで本論文では、土壌・地下水汚染の中で、化学物質を使用する工場等で発生した事例を対象に、より

¹九州大学大学院生物資源環境科学府植物資源科学専攻植物生産科学講座土壌学研究室

¹Laboratory of Soil Science, Division of Soil Science and Plant Production, Department of Plant Resources, Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

*Corresponding author (E-mail: kegashi@agr.kyushu-u.ac.jp)

詳細に検証し、今後の対策を提示した。更に、現在行政と企業において実施されている対策の現状と有効性を論じ、今後に残された課題を明確にした。

化学工場における 土壌・地下水汚染の事例

表1は、2002年度に全国の都道府県等が行った地下水質の測定結果を示す。鉛、砒素のような重金属、トリクロロエチレンなどのVOC、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素など人の健康に関わる物質について、環境基準超過が発生している。

表2及び表3は、それぞれ地下水汚染の汚染原因及び汚染原因者の主たる業種を示す。これらの表から、VOC類、重金属類、硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の3つの汚染が、どのような業種で発生したかを知ることができる。硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素の汚染は工業関連の事例は無く、主に農業に係り発生している。一方、化学工場等においては、VOC類、重金属類などに関する汚染が問題である。但し、重油や灯油といった燃料系の化学物質に対しては環境基準が定められていず、表面化していない汚染が存在している可能性はある。

表4に、1970年代以降に発生した、化学工場等における土壌・地下水汚染の代表的な事例を、前報(馬場・江頭, 2004)と一部重複するが示す。1973年に発覚した東京都江東区の六価クロム鉍滓事件は、日本で初めて社会問題となった市街地の土壌汚染事例である。この事件は、ある化学薬品メーカーが、工程内で発生したクロム鉍滓を自社敷地内に投棄したことにより発生した。売却された工場跡地を地下鉄用地に転換するため、ボーリング調査が行われたことにより汚染が発覚した(畑, 2001)。

1983年には、兵庫県にある電気メーカーの工場で、トリクロロエチレンによる地下水汚染が発覚した。これは、日本の半導体工場において、地下水汚染が確認された最初の事例であり、1983年に厚生省通達による水道水源調査が行われたことで明らかになった。調査が行われた時点で、既にトリクロロエチレンに係るタンクや配管が撤去されていたため、詳細な原因究明はなされなかったが、タンクの「貯蔵、使用上の問題」が原因であったとされている。

千葉県君津市にある半導体関連工場では、1987年に市が行った調査により、トリクロロエチレンによる地下水汚染が判明した。この工場にはトリクロロエチレンの地下タンクは無かったと言われており、汚染の原

因は廃液の土中廃棄、作業ミスによるこぼれ、配管の破損などと推定されている。

1990年代に入っても、半導体関連企業で発生した、VOCによる地下水汚染の事例が多数報告されている。いずれも、上記の例と同様の原因により発生したものである。全国に複数の工場を持つ企業が、自主的に行った土壌・地下水調査から判明した事例も多い。

海外の事例では、1982年にカリフォルニア州の半導体メーカーで発生した、1,1,1-トリクロロエタン等による地下水汚染事件が有名である。この事件も、地下埋設タンクからの化学物質の漏れが原因であり、グラスファイバー製や強化プラスチック製のタンクが、地下での圧力と溶剤の浸透を受けて、ひびが入ったために漏洩した(吉田, 1989)。

土壌・地下水汚染の発生原因

日本では、1970年に廃棄物の処理及び清掃に関する法律(廃棄物処理法)が制定され、水銀、カドミウム等の有害物質を含む汚泥や鉍滓の処理基準が設けられた。更に、前述の六価クロム鉍滓投棄事件が契機となって、1975年に産業廃棄物の埋め立て基準が設定された。しかし、それ以前は、産業廃棄物の自社敷地内処分に関する規制が存在せず、化学物質の有害性に関する知見も不足していた時代であり、産業廃液の土中投棄も、コスト削減を最優先した風潮の中では、必然性のある行為であったとも言える。このことが、その後に発覚した土壌・地下水汚染の要因をなした。

半導体等の製造においては、ダストが不良発生の要因となることから、洗浄工程が非常に多く、大量のVOCを使用する。当然ながら、それに伴いVOCの保管量も多くなる。現在のように公害防止技術が発達していなかったこともあり、コストを抑えるために、保管用タンクや配管などからの漏洩対策などはあまり考慮されない状況で、工場施設が建設されていたのではないかと考えられる。

日本より先にアメリカのシリコンバレーで地下水汚染が問題になっていたにも拘わらず、土壌調査や汚染防止対策が日本に水平展開しなかったのは残念なことである。1982年に1,1,1-トリクロロエタンによる地下水汚染事件が発生した後、カリフォルニア州では地下貯蔵施設に対する各種の規制が行われたが、当時の日本において全社的に調査、対策を実施していたのは一部の企業だけであり、各製造業者が本格的に土壌汚染防止に取り組み始めたのは、1996年にISO14001が発効し、認証を取得する企業が増えてからのことである。

表1 2002年度地下水質測定結果（概況調査）。

| 項目 | 調査数 (本) | 超過数 (本) | 超過率 (%) | 環境基準 |
|-----------------|------------|------------|------------|----------------|
| カドミウム | 3,242 | 0 | 0 | 0.01 mg/L 以下 |
| 全シアン | 2,639 | 0 | 0 | 検出されないこと |
| 鉛 | 3,484 | 8 | 0.2 | 0.01 mg/L 以下 |
| 六価クロム | 3,308 | 0 | 0 | 0.05 mg/L 以下 |
| 砒素 | 3,520 | 53 | 1.5 | 0.01 mg/L 以下 |
| 総水銀 | 3,253 | 0 | 0 | 0.0005 mg/L 以下 |
| アルキル水銀 | 1,020 | 0 | 0 | 検出されないこと |
| PCB | 1,738 | 0 | 0 | 検出されないこと |
| ジクロロメタン | 3,635 | 1 | 0.0 | 0.02 mg/L 以下 |
| 四塩化炭素 | 3,814 | 3 | 0.1 | 0.002 mg/L 以下 |
| 1,2-ジクロロエタン | 3,360 | 2 | 0.1 | 0.004 mg/L 以下 |
| 1,1-ジクロロエチレン | 3,771 | 1 | 0.0 | 0.02 mg/L 以下 |
| シス-1,2-ジクロロエチレン | 3,842 | 8 | 0.2 | 0.04 mg/L 以下 |
| 1,1,1-トリクロロエタン | 4,270 | 0 | 0 | 1 mg/L 以下 |
| 1,1,2-トリクロロエタン | 3,359 | 0 | 0 | 0.006 mg/L 以下 |
| トリクロロエチレン | 4,414 | 10 | 0.2 | 0.03 mg/L 以下 |
| テトラクロロエチレン | 4,414 | 7 | 0.2 | 0.01 mg/L 以下 |
| 1,3-ジクロロプロペン | 3,085 | 0 | 0 | 0.002 mg/L 以下 |
| チウラム | 2,494 | 0 | 0 | 0.006 mg/L 以下 |
| シマジン | 2,547 | 0 | 0 | 0.003 mg/L 以下 |
| チオベンカルブ | 2,487 | 0 | 0 | 0.02 mg/L 以下 |
| ベンゼン | 3,563 | 1 | 0.0 | 0.01 mg/L 以下 |
| セレン | 2,650 | 0 | 0 | 0.01 mg/L 以下 |
| 硝酸性窒素及び亜硝酸性窒素 | 4,207 | 247 | 5.9 | 10 mg/L 以下 |
| フッ素 | 3,989 | 5 | 0.1 | 1 mg/L 以下 |
| ホウ素 | 4,117 | 16 | 0.4 | 0.8 mg/L 以下 |
| 全体（井戸実数） | 5,269 | 351 | 6.7 | |

小沼（2004）より引用。

表2 地下水汚染の汚染原因.

(単位: 件)

| 汚染原因 | VOC | 重金属等 | 複合汚染 | 硝酸性窒素及び 亜硝酸性窒素 | 合計 |
|--------|-----|------|------|-------------------|-------|
| 工場・事業場 | 486 | 34 | 12 | 0 | 532 |
| 自然由来 | 0 | 394 | 0 | 3 | 397 |
| 施肥 | 0 | 0 | 0 | 341 | 341 |
| 生活排水 | 0 | 0 | 0 | 158 | 158 |
| 廃棄物 | 131 | 13 | 2 | 0 | 146 |
| 家畜排泄物 | 0 | 0 | 0 | 145 | 145 |
| 不明 | 424 | 78 | 2 | 639 | 1,143 |
| その他 | 15 | 4 | 0 | 4 | 23 |
| 合計 | 957 | 515 | 16 | 1,021 | 2,509 |

汚染原因が複数ある事例があるため、各項目の件数の和は合計に一致しない。
環境省環境管理局水環境部（2003）より引用。

表3 地下水汚染の汚染原因者（推定を含む）の主たる業種.

(単位: 件)

| 汚染原因者の主たる業務 | VOC | 重金属等 | 複合超過 事例 | 合計 |
|--------------|-----|------|------------|-----|
| 洗濯業 | 180 | 0 | 1 | 181 |
| 電子部品・デバイス製造業 | 55 | 2 | 0 | 57 |
| 金属製品製造業 | 45 | 10 | 2 | 57 |
| 輸送用機械器具製造業 | 51 | 1 | 2 | 54 |
| 電気機械器具製造業 | 39 | 1 | 0 | 40 |
| 一般機械器具製造業 | 34 | 0 | 2 | 36 |
| 精密機械器具製造業 | 26 | 2 | 0 | 28 |
| 化学工業 | 17 | 4 | 2 | 23 |
| 非鉄金属製造業 | 13 | 1 | 0 | 14 |
| 繊維工業 | 14 | 0 | 0 | 14 |
| その他 | 54 | 13 | 4 | 71 |
| 不明 | 15 | 0 | 1 | 16 |
| 合計 | 486 | 34 | 12 | 532 |

複数回答があるため、各項目の件数の和は合計に一致しない。
環境省環境管理局水環境部（2003）より引用。

表4 市街地土壌・地下水汚染事例.

| No. | 件名 | 場所 | 汚染の状況 | 汚染地の状況 | 汚染物質 |
|-----|---------------------------------|------|---|---|--|
| 1 | 六価クロム鉍滓の投棄 | 東京都 | 1979年：東京都と会社が公害防止協定を締結 | ・工場敷地内及び工場外に排出物質を投棄 ・墨田区、江東区、江戸川区など338箇所 | 六価クロム鉍滓 |
| 2 | 電気会社から流出したトリクロロエチレンによる下流域の地下水汚染 | 兵庫県 | 1983年：発覚 | ・貯蔵タンクの貯蔵・使用上の問題 ・工場の下流の浅井戸から42 mg/L、深井戸から4 mg/Lのトリクロロエチレンを検出 | トリクロロエチレン シス-1,2-ジクロロエチレン |
| 3 | 国立研究所跡地の重金属汚染 | 東京都 | 1981年：発覚 | ・研究所跡地への清掃工場建設工事中に汚染発覚 | 水銀 鉛 亜鉛等 |
| 4 | IC基板製造工場から流出したトリクロロエチレンによる地下水汚染 | 千葉県 | 1987年：汚染判明 1988年：汚染公表 | ・民家等の井戸水51箇所中12箇所で汚染が判明 ・地上の汚染源と地下の汚染地層の2つの汚染源が存在 | トリクロロエチレン |
| 5 | 建設会社等、複数業者による不法投棄 | 福島県 | 1989年：発覚 | 炭坑跡地へ不法投棄 | トリクロロエチレン テトラクロロエチレン 鉛 上記物質を含む廃油 |
| 6 | 化学会社の工場跡地の汚染 | 広島県 | 1991年：発覚 | 工場跡地の敷地内 | 水銀 PCB 砒素 鉛 |
| 7 | 工場団地から流出したトリクロロエチレンによる地下水汚染 | 神奈川県 | 1989年：汚染発見 1990年：ボーリング調査、観測井戸設置 | 工場団地周辺とその下流域（兩岸の市街地12km ² ） | トリクロロエチレン テトラクロロエチレン |
| 8 | 農業工場跡地の汚染 | 東京都 | 1992年：発覚 | 工場跡地の敷地内 | 水銀 |
| 9 | 電気会社の地下水汚染 | 愛知県 | 1989年：汚染発見 1996年：内々に処理開始 1997年：公表 | ・工場敷地内（106建屋の深さ5 mでトリクロロエチレンが原物質として発見） ・工場周辺 | 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 |
| 10 | レンズ工場による地下水汚染 | 栃木県 | 1985～86年：漏洩事故 1990年：汚染判明 | ・工場団地周辺（排水、地下タンクからの漏洩） ・その下流域（長さ2 km、幅300 mの地域） ・369件中、21戸の井戸が基準値超過 | テトラクロロエチレン |
| 11 | 電気工場の地下水汚染 | 熊本県 | 1987年：汚染発覚 1990～91年：表層ガス調査（1,078点） | ・建屋内、駐車場、隣接会社 ・高濃度部を中心として地中にタマネギ状に分布 | トリクロロエチレン |

日鉄鉍業 HP の表を一部修正して転載.

1990年代後半に入って、汚染された土地の資産価値が議論されるようになってからは、土壌調査、浄化、防止の需要が急速に高まり、技術開発も積極的に行われるようになってきた。

2002年に土壌汚染対策法が制定されるまでの行政の対応は、農用地の重金属汚染対策を中心としており、市街地の対策については、やや不十分であったと言える。2002年2月に環境省環境管理局水環境部が発行した、「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」には、実際の土壌・地下水汚染事例についての原因行為が、表5のように分類されている。

表5によると、「汚染原因物質の不適切な取り扱いによる漏洩」が最も多い。作業者のオペレーションミスなどがこれに該当するものと思われる。これらを参考に、土壌・地下水汚染が発生または拡大する原因として考えられる事項を以下に列挙する。尚、ここでは二次的、三次的な原因までは考慮していない。

(1) 作業者の業務上のミスに起因する原因

- ①作業教育がなされていない、あるいは不十分。
- ②作業者が定められた手順を守らない(手抜き)。
- ③作業手順に不備がある(作成されていない、誤り

がある)。

- ④運転技術が未熟(ローリー等での輸送時の事故の場合)。
 - ⑤汚染の影響を過小評価し、報告を怠る。
 - ⑥自分のミスを隠すため、報告しない。
- (2) 設備・技術に起因する原因
- ①タンク、配管、ローリー、ローリーヤードなどの設備が老朽化している。
 - ②設計思想が古く、汚染防止の概念がハードウェアに盛り込まれていない。
 - ③フルブルーフ(ポカヨケ)の機能がない。
 - ④汚染防止のためのハードウェア技術が確立されていない。
 - ⑤屋外に保管している、または屋外で作業している。
 - ⑥立地条件が悪い(地下浸透し易い、地震が多い)。
 - ⑦設備が故障している。
 - ⑧配管、フランジ等の施工が悪い。
 - ⑨地下に設置した方が防火上は安全なため、地下設備にする。
 - ⑩漏洩検知機能が無い、または故障している。
 - ⑪測定方法が悪い、または測定の精度が低い。
 - ⑫測定に関する手順が定められていない。

表5 土壌・地下水汚染の原因行為。

| 原因行為 | 超過事例件数 | | | |
|----------------------|--------------|-------------|------------|-----|
| | 重金属等 超過事例 | VOC 超過事例 | 複合汚染 事例 | 合計 |
| 施設破損等による汚染原因物質の漏洩事故 | 25 | 29 | 2 | 56 |
| 汚染原因物質の不適切な取り扱いによる漏洩 | 86 | 150 | 24 | 260 |
| 汚染原因物質を含む排水の地下浸透 | 16 | 23 | 0 | 39 |
| 廃棄物の埋立処分 | 23 | 3 | 3 | 29 |
| 廃棄物の不法投棄 | 7 | 7 | 4 | 18 |
| 残土の埋立処分 | 6 | 0 | 0 | 6 |
| その他 | 31 | 5 | 6 | 42 |
| 不明 | 98 | 49 | 18 | 165 |
| 延べ回答数 | 292 | 266 | 57 | 615 |
| 無回答 | 25 | 2 | 1 | 28 |
| 合計 | 293 | 232 | 49 | 574 |

原因行為が複数ある事例があるため、延べ回答数と無回答の和は合計に一致しない。
環境省環境管理局水環境部(2002)より引用。

(3) コストに起因する原因

- ①材料費節減のため、取替えて有害性の高い物質を使用する。
- ②建設コストを安く抑えるため、設備プロテクトが不十分。
- ③処理費を安くするため、廃液処理のプロセスを手抜きする。
- ④処理費を下げるため、不法投棄する。
- ⑤必要な人数を確保しないまま作業を行う。
- ⑥浄化費用が膨大で、実施することができない。

(4) 材料に起因する原因

- ①浸透性の高い材料を使っている。
- ②腐食性の高い材料（酸、アルカリ）を使っている。
- ③有害性の高い物質を使っている。
- ④大量生産のため大量に使用・保管している。
- ⑤液体で漏れ易い材料を使っている。
- ⑥高濃度の液体を使っている。
- ⑦洗浄工程が多いため、酸・アルカリ・溶剤を多く使用する。

(5) 知識不足に起因する原因

- ①残留性や移動に関する化学的特性を知らない。
（MSDSの内容が不十分）
- ②有害性、化学的特性を誤って認識している。
- ③土壌汚染の発生メカニズムを理解していない。
- ④漏洩の結果起こることの重大性（環境汚染、社会的信用、多額の浄化コスト）を理解していない。

(6) 規制に起因する原因

- ①規制が無い（規制の範囲が狭い）。
- ②規制が緩い（罰則が弱い）。
- ③行政の広報不足により規制が浸透していない。
- ④規制の強制力が弱い（努力義務の表現になっている）。

化学工場、特に半導体などの電子部品製造工場において、トリクロロエチレンなどのVOC類が多用されていたのは、有害性に関してよりも、洗浄力（脱脂力）の強さや揮発性の高さなど、製造に必要な物理化学的特性が優先的に評価されていたからである。オゾン層破壊物質であるフロンガスやハロンガスも同様である。このように、現在は有害性が不明な物質でも、後に重大な問題を引き起こす性質がわかる可能性は、今後も否定できない。

法規制による 土壌・地下水汚染の抑制効果

前章で述べた原因による、土壌・地下水汚染の発生に関するリスクとして、次の3つが挙げられる。

- ①既に汚染が発生しているが、発見されないまま進行している。
- ②現状のままでは近い将来汚染事故が発生する可能性がある。
- ③今後建設される施設において対策不十分のため発生する。

これらのリスクを低下させるための方策は、法規制、地方条例、自主規制の3つに大別することができる。これらの方策が汚染の抑制に対して、どのような効果を有するかを検証する。

(1) 法規制（下位の規則、政省令等を含む法律）

現行の法規制のうち、化学工場等における土壌・地下水汚染事故に関連のある規制内容としては、主に以下のものがある。

①水質汚濁防止法

- ・事業者は、有害物質や油の地下浸透時に応急措置を取り、都道府県知事へ報告しなければならない。
- ・有害物質や油の地下浸透により健康被害があった場合などに、都道府県知事は、汚染行為者に対し浄化命令を出せる。

②土壌汚染対策法

- ・水質汚濁防止法で定める特定施設を廃止した時は、事業者は土壌の汚染状況調査を実施し、都道府県知事へ報告しなければならない。
- ・土壌汚染により健康被害の恐れがある場合、知事が土地所有者に土壌調査命令を出せる。
- ・汚染行為者が汚染除去等の措置費用を負担する。

③廃棄物の処理及び清掃に関する法律（廃棄物処理法）

- ・廃棄物の処分または保管に関して、排出事業者や廃棄物処理業者は、法に定められた基準を遵守しなければならない。

④消防法

- ・危険物の地下貯蔵タンクまたは地下配管の設置に関しては、事業者は法に定められた基準を遵守しなければならない。
- ・危険物の地下タンクを保有する事業所は、定期的な点検を行わなければならない。

⑤化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（化審法）

厚生労働大臣、経済産業大臣及び環境大臣は、法に

に基づき、以下の事項を行う。

- ・これまでわが国で製造、輸入が行われたことのない新規化学物質の製造または輸入に際し、製造・輸入者からの届出に基づき、事前にその化学物質の分解性、蓄積性、人への長期毒性、生態毒性を審査し、判定を行う。
- ・PCB等の第一種特定化学物質（難分解性、高蓄積性及び長期毒性または高次捕食動物への慢性毒性を有する化学物質）については、製造または輸入に際し許可を必要とし、使用の制限等の措置を行う。
- ・トリクロロエチレン等の第二種特定化学物質（難分解性で、長期毒性または生活環境動植物への長期毒性を有する化学物質）については、製造・輸入の予定及び実績数量の把握、必要時の製造または輸入の制限などの措置を行う。

⑥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（PRTR法）

- ・第一種指定化学物質を一定量以上取り扱っている事業所は、大気、水域、土壌等への排出・移動量を都道府県知事に報告しなければならない。
- ・第一種または第二種指定化学物質の受け渡しに際しては、事業者はMSDS（化学物質等安全データシート）を添付しなければならない。

上記のうち④の消防法による規制は、法で定める危険物にしか適用されない点に注意が必要である。

(2) 地方条例

東京都や千葉県など、過去に土壌・地下水汚染が発生した都市を中心に、地方自治体において、土壌・地下水汚染関連規制の条例、要綱等を定めているところがある。それらを表6と表7に示す。

特に東京都では、1970年代の六価クロム鉍滓投棄事件を契機として、早くから対策を講じている。この都条例は、2002年の土壌汚染対策法制定に先立ち、2000年に改正されており、法を制定するに当たって、この条例が及ぼした影響は大きいと考えられる。法と条例の相違点として、法は水質汚濁防止法上の特定施設に関わる有害物質のみを対象としているのに対し、都条例は全ての有害物質を対象としている。また土地を大規模に改変する場合の処置として、法では届出のみ義務付けているが、都条例では土壌汚染状況の調査実施まで求めており、都条例の方が厳しい内容となっている（五藤，2004）。

(3) 自主規制

化学物質等を取り扱う事業者の中には、法的な要求

への対応に加え、自主的に設定した基準に基づき、土壌・地下水汚染の対策を講じているところがある。その対策の代表的なものは、ISO14001に基づく環境マネジメントシステムの構築と、それに伴うリスク対策の実施である。ISO14001の要求事項のうち、土壌・地下水汚染対策に効果的なものを以下に列挙する。

①教育・訓練（4.4.2）

- ・緊急事態への準備を含め、環境に影響を与える作業について、作業員への教育や訓練を実施しなければならない。

②コミュニケーション（4.4.3）

- ・著しい環境側面について、外部コミュニケーションのためのプロセスを決定し、記録しなければならない。

③運用管理（4.4.6）

- ・環境方針、環境目的及び目標から逸脱しないために必要な手順を文書化し、確立・維持しなければならない。

④緊急事態への準備及び対応（4.4.7）

- ・事故及び緊急事態について、可能性を特定し対応するための手順を確立・維持しなければならない。
- ・事故及び緊急事態に伴う環境影響を予防して緩和するための手順を確立・維持しなければならない。
- ・必要時または事故・緊急事態の発生後には、緊急事態への準備及び対応の手順を見直さなければならない。
- ・実行可能な場合には、緊急事態への準備及び対応の手順を定期的にテストしなければならない。

ISO14001の要求事項中でも、「緊急事態への準備及び対応」の要求事項が、土壌・地下水汚染事故を防ぐ上で、最も有効な部分である。企業の中には、社会的責任への対応の一環として、ISO14001の要求を超える独自の管理基準を設定し、リスクマネジメントを実践しているところもある。以下に、土壌・地下水保全活動の具体的事例を、各社の環境報告書等より抜粋して示す（各社の環境報告書には、機械振興協会経済研究所ホームページよりリンク）。

①敷地内の土壌・地下水調査

- ・事故が報告されていない事業所において、敷地内の土壌・地下水が汚染されていないかどうかを自主的に調査する。
- ・万一、この調査により汚染が発覚した場合には、法に基づく行政への届出、利害関係者への説明、汚染の拡散防止、浄化対策等を実施する。

表6 地方公共団体における土壌・地下水汚染関連規制（都道府県、水質汚濁防止法政令市）。

| 団体名 | 条例・要綱・指導指針等名 | 内容* |
|------|----------------------------------|---------------------|
| 北海道 | 公害防止条例 | 8 |
| 宮城県 | 公害防止条例 | 8 |
| 山形県 | 生活環境の保全等に関する条例 | 2, 3, 4, 8 |
| 群馬県 | 生活環境の保全等に関する条例 | 2, 3, 6, 8 |
| 千葉県 | 環境保全条例 | 8 |
| | 公害防止協定 | 4 |
| 東京都 | 都民の健康と安全を確保する環境に関する条例 | 1, 2, 4, 6, 7, 9 |
| | 汚染土壌処理基準 | 6, 7 |
| 神奈川県 | 生活環境の保全等に関する条例 | 2, 5, 7, 8 |
| 新潟県 | 生活環境の保全等に関する条例 | 2, 3, 4, 8 |
| 福井県 | 公害防止条例 | 8 |
| 山梨県 | 工場等における地下水汚染防止対策指導指針 | 8 |
| 静岡県 | 生活環境の保全等に関する条例 | 8 |
| 京都府 | 環境を守り育てる条例 | 8 |
| 大阪府 | 生活環境の保全等に関する条例 | 8 |
| 奈良県 | 生活環境保全条例 | 8 |
| 和歌山県 | 公害防止条例 | 8 |
| 鳥取県 | 環境影響評価条例(環境影響評価技術指針) | 2, 6 |
| | 公害防止条例 | 8 |
| 岡山県 | 公害防止条例 | 8 |
| 愛媛県 | 土砂等の埋立て等による土壌の汚染及び災害の発生の防止に関する条例 | 7 |
| 大分県 | 生活環境の保全等に関する条例 | 8, 9 |
| 宮崎県 | 環境影響評価条例 | 4 |
| 札幌市 | 環境影響評価条例及び同技術指針 | 2, 3, 4, 5, 6 |
| 函館市 | 公害防止条例 | 8 |
| 越谷市 | 環境条例 | 8 |
| 千葉市 | 土壌汚染対策指導要綱 | 2, 3, 4 |
| 市川市 | 環境保全条例 | 2, 3, 4, 6, 8, 9 |
| 船橋市 | 環境保全条例 | 2, 8 |
| 市原市 | 生活環境保全条例 | 8 |
| | 市民の環境を守る基本条例 | 8 |
| 横浜市 | 工場等跡地土壌汚染対策指導要綱 | 2, 3, 6, 7 |
| 川崎市 | 公害防止等生活環境の保全に関する条例 | 2, 4, 5, 6 |
| 新潟市 | 生活環境の保全等に関する条例 | 8 |
| 金沢市 | 環境保全条例 | 9 |
| 浜松市 | 土壌・地下水汚染の防止及び浄化に関する要綱 | 3, 4, 8 |
| 名古屋市 | 土壌汚染対策指導要綱 | 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 |
| 堺市 | 地下水質保全対策要綱 | 9 |
| 高槻市 | 環境影響評価指導要綱 | 2 |
| 枚方市 | 公害防止条例 | 8 |
| 八尾市 | 公害防止条例 | 8 |
| 東大阪市 | 生活環境保全等に関する条例 | 9 |
| 神戸市 | 環境影響評価等に関する条例及び技術指針 | 2, 4, 8 |
| 尼崎市 | 工場跡地に関する取扱要綱 | 1, 2, 3, 5, 6 |
| | 環境を守る条例 | 8 |
| 奈良市 | 環境影響評価技術指針 | 2 |
| 北九州市 | 工場・事業場及びその跡地の土壌汚染対策指導要領 | 6 |

- *1：公有地取得・売却の際に、土壌汚染の有無の確認を土地所有者に行わせるもの
 2：1以外の工場跡地等の用途転換・再開発等の際に、土壌調査を事業者を実施させるもの
 3：1, 2の調査の結果土壌汚染が判明した場合に、汚染原因者に所要の対策を行わせる、または対策のための費用を汚染原因者に負担させるもの
 4：事業者が行う自発的な土壌汚染の調査の結果を自治体に報告させるもの
 5：土壌汚染の存在する場所の情報の登録・管理等を行うもの
 6：土壌汚染の調査・対策に関する技術的な事項を示したもの
 7：土壌の汚染の有無の判断基準として、土壌環境基準以外の独自の基準を設けているもの
 8：土壌汚染の防止、有害物質の地下浸透規制に係る訓示的条項を含むもの
 9：その他土壌汚染に係る調査・対策を円滑に行うための行政内の関係部局の取決め等

表7 地方公共団体における土壌・地下水汚染関連規制（水質汚濁防止法政令市以外の市区町村）。

| 団体名 | 条例・要綱等名 |
|---|----------------------------|
| 北海道帯広市, 苫小牧市, 登別市, 恵庭市, 伊達市, 石狩市, 福島町, 上磯町, 恵山町, 長万部町, 余市町, 豊浦町, 音更町, 標津町 | 公害防止条例 |
| 北海道下川町 | 環境保全条例 |
| 北海道虻田町, 厚岸町 | 公害防止並びに環境保全に関する条例 |
| 秋田県大館市 | 環境基本条例/環境保全条例 |
| 東京都足立区 | 環境整備指導要綱 |
| 東京都板橋区 | 大規模建築物等指導要綱/土壌汚染調査・処理基準 |
| 東京都大田区 | 土壌汚染防止指導要綱 |
| 東京都葛飾区 | 「公有地取得に際して重金属等による汚染対策」について |
| 東京都江東区 | 建築確認申請に係る協議等に関する取扱い基準 |
| 東京都港区 | 環境影響調査実施要綱 |
| 東京都武蔵野市 | 公害防止に関する条例 |
| 神奈川県秦野市 | 地下水汚染の防止及び浄化に関する条例 |
| 長野県伊那市 | 環境条例 |
| 長野県岡谷市, 塩尻市, 須坂市, 辰野市, 戸隠村 | 公害防止条例 |
| 長野県駒ヶ根市, 松川町 | 環境保全条例 |
| 長野県中野市 | 環境保全及び公害防止に関する条例 |
| 長野県飯島町 | さわやか環境保全条例 |
| 長野県高遠町 | いきいき環境保全条例 |
| 長野県長谷村 | 自然環境保全条例 |
| 京都府京北町 | 公害防止条例 |
| 京都府丹波町 | 町民の安全で快適な生活環境を保全する条例 |
| 大阪府和泉市 | 生活環境の保全等に関する条例 |
| 宮崎県都城市 | 環境保全条例 |

日本不動産研究所 HP より転載。

②設備面での汚染事故の発生防止または検出機能増強対策

- ・ 地下貯蔵タンクや地下配管を地上に移設する。
- ・ 地下にタンクを新規設置する場合は直埋設とせず、タンク室を設けて、漏洩の目視点検が可能な構造とする。
- ・ 配管を二重化し、外部にリークしにくい構造とする。
- ・ 薬液または廃液タンクの回りに、十分な容量の防液堤を設置する。
- ・ タンクや配管からの漏洩をセンサーで検知し、発報または自動遮断するシステムを備える。
- ・ 上記のような基準が維持されていることを確認するための、社内監査体制を構築する。

近年になって、様々な業種において、一流企業が環境や品質、または倫理面での不祥事を引き起こし、社会的地位を失うという事件が多発しており、その教訓から各企業が積極的にリスクを評価し、対策を実施するようになった。環境リスク低減に向けての自主的な

取り組みも、この活動の一環である。大気汚染、水質汚濁については、従来から法規制に基づく公害防止対策が実施されてきており、発生リスクはかなり抑えられてきている。しかし土壌汚染対策に関しては、まだまだ発展途上の段階である。

以上のように、法規制と自主規制を組み合わせる形で、現在の土壌・地下水汚染対策は構成されている。これらの規制が、前章で挙げた汚染の発生・拡大原因のいずれに対して有効かをまとめたものが表8である。

表8を見る限り、土壌・地下水汚染の発生と拡大防止に関して、法規制等は明らかに内容不足である。汚染防止よりも、汚染の発見に重点が置かれているためと言える。

土壌・地下水汚染リスク低減 に向けての今後の課題

前章で述べたように、現行の法規制には未然防止の観点欠缺しており、そのことに関しては、事業者の自主的な対応に委ねているように見受けられる。しかし、社内で基準を作って土壌・地下水保全活動を地道に推

表8 土壌・地下水汚染の発生・拡大原因と規制の対応状況

| 土壌・地下水汚染の発生・拡大原因 | 法規制等 | | | | | | 自主規制 | | |
|------------------|---------|---------|--------|-----|-----|--------|------|----------|-----|
| | 水質汚濁防止法 | 土壌汚染対策法 | 廃棄物処理法 | 消防法 | 化審法 | PRTTR法 | 地方条例 | ISO14001 | その他 |
| (1) 作業者の業務上のミス | ① | | | | | | | ○ | |
| | ② | | | | | | | ○ | |
| | ③ | | | | | | | ○ | |
| | ④ | | | | | | | ○ | |
| | ⑤ | | | | | | | | ○ |
| | ⑥ | | | | | | | | ○ |
| (2) 設備・技術 | ① | | | | | | | | ○ |
| | ② | | | | | | | | ○ |
| | ③ | | | | | | | | ○ |
| | ④ | | | | △ | | | | ○ |
| | ⑤ | | | | | | | | ○ |
| | ⑥ | | | | | | | | △ |
| | ⑦ | | | ○ | | | | | ○ |
| | ⑧ | | | | △ | | | | ○ |
| | ⑨ | | | | △ | | | | |
| | ⑩ | | | | | | | | ○ |
| | ⑪ | | | | | | | ○ | ○ |
| | ⑫ | | | | | | | ○ | ○ |
| (3) コスト | ① | | | | ○ | | | | |
| | ② | | | | △ | | | | ○ |
| | ③ | | | ○ | | | | | |
| | ④ | | | ○ | | | | | |
| | ⑤ | | | | | | | ○ | |
| | ⑥ | | | | | | | | ○ |
| (4) 材料 | ① | | | | | | | | ○ |
| | ② | | | | △ | | | | |
| | ③ | | | | | ○ | | | |
| | ④ | | | | | | | ○ | |
| | ⑤ | | | | | | | | ○ |
| | ⑥ | | | | | | | ○ | |
| | ⑦ | | | | | | | ○ | |
| (5) 知識不足 | ① | | | | | △ | | ○ | |
| | ② | | | | | | | ○ | |
| | ③ | | | | | | | ○ | |
| | ④ | | | | | | | ○ | |

○：対応している △：部分的に対応している

進しているのは、ISO14001などに基づく環境マネジメントシステムを構築している一部の事業者だけである。わが国における製造事業所の数は、ここ10年ほど急速に減ってきているものの、2002年時点で26万ほど存在している（経済産業省、2003）。それに対し、ISO14001登録をしている事業所数は、2003年末時点で約1万4千しかない。その中には、サービス業などの業種も含まれているので、製造事業所数はそれ以下である。大半の事業者は、環境マネジメントシステムを構築しておらず、遵法への対応を中心に行っていると考えてよい。従って、今後の土壌・地下水汚染を防止するためには、法律による規制強化が必要である。具体的に、どのような規制を充実させればよいかを、原因別に検討する。

(1) 作業者の業務上のミスに起因する原因

この原因に対しては、ISO14001等の環境マネジメントシステムを構築し、きちんとした作業手順の作成と教育実施が有効なので、一定基準以上の環境負荷を持つ製造事業所に、ISO14001の取得を義務付けるか、あるいはISO14001と同様な要求事項を、法規制として追加することが方策として考えられる。

事業者自らが土壌・地下水汚染を発見した場合は、水質汚濁防止法に基づき、都道府県知事に報告する義務がある。しかし、対象となる物質が、特定のVOC、重金属などの有害物質や油に限定されているため、それ以外の物質の場合、必ずしも届出されるとは限らない。漏洩事故を起こした場合は、物質の種類に拘わらず必ず報告するよう、対象物質を拡張することが望ましい。

(2) 設備・技術に起因する原因

設備の不具合により発生する汚染や、汚染の検出ミスを防ぐには、定期点検が有効である。危険物に関しては、地下貯蔵タンクや配管の設置や点検に対して、消防法による規制がなされている。この適用範囲を、化審法やPRTR法で定める有害物等にまで拡張することが望ましい。消防法の枠の中で規制するのが困難な場合、土壌汚染対策法等の法律に、地下保管設備の技術的な設置基準を追加すればよい。

(3) コストに起因する原因

コストを抑えるために、設備面や人的対応面での管理レベルが低下し、事故のリスクを増大させてしまう可能性は高い。工場等建設に関わる初期投資額を抑えるために、汚染防止対策が不十分な設備が、現在でも建設され続けている恐れがある。どこまでコストを削減しつつ、リスク低減を図っていくかというのは、事

業者にとっても判断の難しいところである。事業者の自主的努力に頼らず、法により最低限の基準を設ける方がよい。その上で、構造的に漏洩防止の効果が高いと認められる設備に関しては、減税措置を行うといった審査制度の設置も考えられる。有害性の高い化学物質については、環境税をかけるなどの規制を加えることで、使用量の削減や、より安全な物質への転換を促進する方策も考えられる。

(4) 材料に起因する原因

この問題の抜本的な対策としては、危険・有害性の高い物質を使用しないということである。実際に多くの事業者が、環境マネジメントシステムの中で削減目標を掲げて、有害化学物質の全廃や削減に取り組んでいる。しかし、化学物質の使用自体を止めることはできないので、有害性の少ない代替物質の開発に対し、国が支援していくことが望ましい。

(5) 知識不足に起因する原因

化学物質による環境事故の重大性を理解していないことがその要因であり、リスクマネジメントに関する講習と資格認定制度を設け、公害防止管理者などと同様に、資格者の常駐を工場操業の必須要件とすることが、対策の一つとして考えられる。

土壌・地下水汚染という公害の一形態に対し、現行の法体系では、いくつもの関連法規を参照しなければならず、全ての事業者がもれなく法に対応していくことは難しい状況である。土壌汚染対策法に、未然防止策を含めた全ての機能を集約させ、必要な場合、関連法を参照する形に法体系を整備することが求められる。

ま と め

現代のような工業化社会では、化学物質の恩恵なくしては我々の生活は到底成り立たない。大量生産による生産効率の向上を前提とした経済システムの中では、工場等において大量の化学物質を使用するのやむを得ないことである。こうした時代背景の中で、事業者は、少しでも環境汚染のリスクを減らしていくよう努力しなければならない。

化学工場等における土壌・地下水汚染事件は現在でも発生し続けており、今後暫くは同様の傾向が続くものと予想される。1996年に環境マネジメントシステムの国際規格であるISO14001が発効して以来、日本では既に1万4千近い事業所が認証を取得するに至っている。しかし、システム構築に伴い自主的な土壌調査を実施する事業者が増えたことで、むしろ新たな汚染

箇所の発見は増加傾向にあるとも言える。

ISO14001の取得は任意であり、取得による事業者の自主規制だけに依存することはできず、法による規制強化も必要となる。しかし、むやみに法規制を強化するだけでは、抜本的な問題の解決にはならない。化学物質の使用、保管を続ける限り、設備トラブル、ヒューマンエラーなどの過失による事故、あるいは不法投棄などの故意の汚染行為を完全に防止することはできないからである。広い範囲でリスクを想定した、包括的な法体系に基づく監視を基本に、ISO14001などの自主的な規制や環境保全活動により、法でカバーできない部分を補っていくことが、最も効果的であると思われる。今後日本においては、行政と事業者が互いに協力して、環境リスクマネジメントの推進に取り組んでいかなければならない。

文 献

環境省環境管理局水環境部 2002 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

環境省環境管理局水環境部 2003 平成14年度地下水質測定結果

機械振興協会経済研究所ホームページ

<http://www.eri.jspmi.or.jp/>

経済産業省 2003 平成14年工業統計表[企業統計編]

五藤久貴 2004 東京都の土壌汚染の事態と対策. 産業と環境, 382: 31-34

小沼信之 2004 揮発性有機化合物 (VOC) 等による地下水汚染対策. 産業と環境, 382: 27-30

日本不動産研究所ホームページ

<http://www.reinet.or.jp/>

日鉄鉱業ホームページ

<http://www.nittetsukou.co.jp/>

[soiltech/topics/sub_topic_4/hyou41.html](http://www.nittetsukou.co.jp/soiltech/topics/sub_topic_4/hyou41.html)

畑 明郎 2001 土壌・地下水汚染 広がる重金属汚染. 有斐閣選書, 東京

畑 明郎 2004 拡大する土壌・地下水汚染—土壌汚染対策法と汚染の現実—. 世界思想社, 京都

馬場俊幸・江頭和彦 2004 日本における土壌汚染問題と対策に関する環境科学的考察. 九州大学大学院農学研究院学芸雑誌, 59: 203-216

吉田文和 1989 ハイテク汚染. 岩波書店, 東京

Summary

After 1970s, soil and underground water pollution have occurred mainly in the factories of chemical product makers or electrical device makers, which use large amounts of chemical materials. Causes of these pollutions are incompleteness of protection facilities, human errors, and so on. It is important that the Government improves laws relating to the soil and groundwater pollution and enterprises promote voluntary environmental action in order to reduce occurrence of them. Efforts that both sides should execute in future were suggested.