

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

馬場, 俊幸
九州大学大学院生物資源環境科学府

江頭, 和彦
九州大学大学院農学研究院

<https://doi.org/10.15017/4339>

出版情報：九州大学大学院農学研究院学芸雑誌. 59 (2), pp.203-216, 2004-10-01. 九州大学大学院農学
研究院
バージョン：
権利関係：

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

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6月30日受付, 2004年7月13日受理)

Historical and Social Approach to Soil Pollution Problems in Japan

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

日本における土壌汚染は、鉱山開発の歴史とともに始まり、江戸時代には既に鉱毒被害があったとされている。しかし、問題がより顕著かつ重大になったのは、鉱山開発が本格化した明治時代以降で、特に足尾銅山の鉱毒事件は、公害の原点とも言われている。有害物質に関する知識や規制、汚染を防止する技術的バックグラウンドの不足により、その後昭和40年代に至るまで、鉱山での採掘や精錬工程に起因して、重金属による土壌汚染が各地で発生した。イタイイタイ病など多くの犠牲者を出した公害病も、昭和30~40年代に集中している。こうした汚染問題に対処する形で、水質汚濁防止法や農用地土壌汚染防止法などの法律が制定され、そのことによる抑制と全国の主要鉱山の休廃止により、鉱山起源の土壌汚染は沈静化するに至った。こうして、高度経済成長期も終わりを告げ、公害病の時代は過ぎ去っていった。

昭和50年代に入ると、工場などで、事故により化学物質を地下に漏洩させる、あるいは廃棄物を敷地内土壌へ直接投棄するといった行為により、新しい形の土壌・地下水汚染問題が発生するようになった。生産効率・コスト削減が最優先される中で、有害物の管理が軽視され続けてきたのがその要因である。事業者自身の汚染行為以外にも、廃棄物の処分を業者に委託した

際に、焼却残渣が地上に放置されたり、郊外に不法投棄されたりする場合があります。これらも土壌や地下水汚染の一因となっている。

土壌汚染に対して、国も廃棄物処理法の強化、土壌環境基準の設定、土壌汚染対策法の制定など、種々の法的措置を講じてきたが、これらの施策によって全ての土壌汚染問題が解決したわけではない。農用地土壌汚染防止法に基づき対策地域として指定されている土地の中で、現在でも対策が完了していない地域が数百ha残っている。市街地などで汚染が発覚している地区も数多くあり、土壌汚染対策法による指定区域も今後増加していくことが予想される。

現状で既に汚染された土地も数多くある上に、まだ発覚していない箇所も多数あることが推測される。産業廃棄物の不法投棄事件もいまだに後を絶たない。今後、工場などの施設から新たな地下への漏洩が起こらないとも限らない。以上のような観点から、本論文では、過去に起こった主な土壌汚染問題とその対策を概括し、規制内容が十分だったかどうかを検証する。その上に立って、規制に不足している部分を明らかにし、今後採るべき方策について考察する。

鉱山開発に関わる土壌汚染の事例と対策の歴史

この章では、鉱山開発が原因となって発生した、日

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)

本における代表的な土壌汚染の事例について述べる。

1. 近世の鉱害

16世紀頃の日本では、生野銀山、多田銀山、神岡銀山、別子銅山などの鉱山において、既に煙害や鉱毒による被害が発生していたとの記録がある。鉱毒水が田畑へ流れ込むことにより、土壌汚染も引き起こされていた。これらの鉱害がどのような健康被害をもたらしたかは定かでないが、生野銀山では、江戸時代にイタイタイ病らしき患者が存在していたようである。いくつかの鉱山では、農作物が減収するという被害が起こっていた。

このような鉱毒被害に対し藩が取った対策として、例えば別子銅山においては、年貢の一部または全部を

免除するという救済策が採られた。和佐保銀銅鉛山では、田畑地を転換することにより鉱害を減少させる試みや、鉱毒水を処理する努力がなされていた（畑，1997）。しかし、技術的に未熟な時代であり、対応が十分でなかったことは否めない。

2. 足尾銅山鉱毒事件

わが国における公害問題の原点と位置付けられているのが、明治時代中期に起こった足尾銅山の鉱毒事件である。前述のように江戸時代にも鉱毒による被害は発生していたが、訴訟という形で鉱山運営の是非が問われたのは、足尾銅山が最初の事例である。表1に、事件の概要を示す。

足尾銅山は慶長15年（1610年）に開山したとされ、

表1 足尾銅山鉱毒事件年表（概要）。

年	出来事
1610	足尾銅山開山
1817	銅山休止
1871	民営化。明治10年に古河鉱業足尾銅山が発足
1878	農林水産業など下流住民に対する被害が目立ち始める
1880	渡良瀬川の魚が浮死。水田1,460haに対する被害発生
1890	大洪水により渡良瀬川沿岸に鉱毒が拡大。各町村で鉱毒反対の動き
1891	第2回帝国会議で田中正造が鉱毒被害について質問演説
1900	被害民5,000余名警官隊によって鎮圧（川俣事件）
1903	古河市兵衛との永久示談書により松木村の住民が村を退去 古在由直博士らが行った渡良瀬川周辺の水質・土壌分析調査結果報告。これに基づき、政府が足尾銅山に対し鉱毒防御工事の施工を命令
1906	遊水地設置のため谷中村住民の強制退去
1910頃	石灰中和浄水場および洪水調節用の遊水地の設置により被害は小康状態に
1934	沈殿池が溢れ渡良瀬川沿岸で鉱毒被害発生
1940頃	雨水によるスライム流出により鉱害発生
1956	自熔精錬設備の完成により亜硫酸ガスの排出が減少
1958	源五郎堆積場の土堤が決壊し鉱毒が毛里田地区の水田に流入。鉱毒事件再燃
1959	水質保全法による公共用水域の調査水域に指定
1971	毛里田地区の10箇所からカドミウム汚染が検出
1972	農用地の土壌汚染防止等に関する法律に銅を追加
1974	渡良瀬川流域で土壌汚染対策地域農用地360ha（銅）を指定

18世紀には銅の生産量がピークに達した。19世紀初めには、一旦銅山としての活動を休止し、廃山同様となった。その後明治時代に入って民営化され、新しい鉱脈が発見されると、明治17年（1884年）には再び銅の生産量が日本一となるなど活動を活発化させた。

この頃から農業や水産業など、住民の生活に対する鉱毒の影響が現れ始めた。明治13年（1880年）に渡良瀬川の魚が浮死する事件が起こり、明治23年（1890年）に起こった大洪水により沿岸に鉱毒が拡大したことで一気に問題が表面化し、住民による鉱毒反対運動を引き起こすきっかけとなった。その後数十年の間に部分的な対策や住民訴訟、損害賠償等がなされてきたが、抜本的な解決策は実施されないまま、被害住民の運動も衰退して今日に至っている。

足尾銅山における環境汚染には、精錬所からの亜硫酸ガスによる大気汚染（煙害）と、坑内排水や鉱滓などを発生源とする水質汚濁および土壌汚染とがあった。煙害の影響としては、明治20年（1887年）に足尾山地で大規模な山火事が発生したこともあって、一帯は禿山ようになってしまった。昭和31年（1956年）に行われた精錬設備の改良等により亜硫酸ガスの排出が減少したこと、および1970年代から行われている植林事業などが功を奏し、現在では少しずつ緑地が回復している。

渡良瀬川を中心とした河川の水質汚濁とその周辺土壌の汚染は、採掘場から排出される鉱毒によって発生した。1878年頃から周辺への被害が現れ始め、明治23年（1890年）に起こった大洪水により、鉱山の下流にある水田の作物に被害をもたらした。当時代議士であった田中正造は、国会の場で鉱毒被害について質問演説を行い、足尾銅山の操業停止を訴えたが、確実な試験に基づく定論がないとの理由で却下された。翌年、天皇への直訴を図ったものの不成功に終わった。

一方、日増しに悪化する汚染に耐えかね、被害農民は帝国大学助教授であった古在由直博士に土壌の分析を依頼した。古在博士は政府からも分析を依頼されており、鉱毒調査会において詳細調査を提言しても賛同を得られなかったため、学生や若い助手達の協力を仰ぎ、自ら沿岸一帯の土壌と作物の分析を実行し、報告書を調査会に提出した。この報告書により、ついに鉱山側も非を認め、事件は解決に向けて進んでいくこととなった。

政府の足尾銅山に対する鉱毒防御工事の施工命令により、鉱滓の堆積場と坑内水の石灰中和浄水場が設置され、洪水調節用の赤間遊水池が造られたため、被害

は沈静化し、しばらくは小康状態にあった。しかし、これと前後して、煙害を被っていた松木村が廃村となり、遊水池を設置するために谷中村の住民が強制退去させられるなど、住民側も犠牲を払っていた。

その後数十年を経て、昭和9年（1934年）に、沈殿池の氾濫により再び渡良瀬川沿岸で鉱毒が発生するという事態が起きた。昭和10年代になって、新選鉱法として浮遊選鉱法が大規模に採用され、大量に排出されるスライムは鉱山敷地内や堆積場に捨てられた。加えて堆積場の管理が悪く、雨水によってスライムが流出し、下流域を汚染した。昭和33年（1958年）には足尾町の鉱泥堆積場である源五郎沢の土堤が決壊し、多量の鉱毒が水田に流入して被害を与え、鉱毒に対する反対運動が再燃した。この年、被害農家によって鉱毒根絶に向けての同盟会が結成され、関係省庁に対する要望書や陳情書、意見書を提出した。このことを受け、政府も現地調査や関係法令による規制の実施を余儀なくされた。土壌の汚染には、銅だけでなく銅鉱石中に含まれるカドミウムも関与しており、それぞれに基準値が定められた（浅見，2001）。

渡良瀬川流域の農用地は土壌汚染対策地域として指定され、被害農家は古河鉱業に対し損害賠償の請求を行い、補償を得ている。昭和48年（1973年）には銅山の採掘も終了し、公害訴訟としては一応の決着を見た形となっているが、以前から堆積された鉱滓や廃石が残っており、まだ問題は完全には解決していない。足尾銅山の鉱害は、住民側が富国強兵政策の犠牲となった一例とみなされる。

3. 神岡鉱山とイタイタイ病

神岡鉱山は16世紀から17世紀にかけて開発された、国内最大の金属鉱山で、既に19世紀初め頃には鉱毒による農業被害が発生していたようである。明治時代に入り、三井金属鉱業が鉱山採掘を開始した後に問題が顕在化した。カドミウム、鉛、亜鉛といった重金属が排煙や排水として排出され、周辺環境を汚染していった。これらの重金属はイオンあるいは微粒子として、煤塵の形で直接に、あるいは神通川からの灌漑用水を経由して農地に沈積した。足尾銅山における鉱害と同様の形態である。表2に、事件の概要を示す。

河川に排出される鉱毒について、大正時代には鉱山側で坑排水や廃渣処理の措置を取り、下流で発生していた農業被害に対する補償も長年行っていた。しかし、後に公害病として認定されたイタイタイ病の原因が、鉱毒に含まれるカドミウムであることまでは解明され

表2 神岡鉱山鉱毒事件年表(概要).

年	出来事
1694	和佐保銀銅鉛鉱山(神岡鉱山)が発見される
1700年代	神岡鉱山で銅、鉛の産出開始
1819	神岡鉱山周辺で鉱毒水による農業被害
1866	幕府の政治力衰退とともに神岡鉱山も衰退
1874	三井組が神岡鉱山の採掘を開始
1883	神岡町において煙害が発生
1890	精錬所の煙害に住民が抗議運動
1893	精錬所に鉱毒飛散除去室の設置
1904	日露戦争で鉛価格が上昇、神岡鉱山の鉛生産増加
1905	亜鉛鉱廃棄を中止、鹿間精錬所で亜鉛精錬本格化
1905	神岡鉱山で亜鉛鉱石の採掘開始
1912	富山県婦中町でイタイイタイ病が発生
1914	鉛精錬所の煙害で山林・農地・家畜被害が拡大
1917	神岡の亜鉛精錬中止、大牟田三池鉱で精錬
1927	浮遊選鉱法導入で排水中のカドミウムが増加
1956	和佐保堆積場が決壊
1961	萩野医師らがイタイイタイ病の原因は三井金属鉱業神岡鉱業所のカドミウムであると発表
1966	厚生省が「カドミウム+ α 」説を発表
1967	イタイイタイ病対策協議会と三井金属鉱業との集団交渉
1968	被害者達が三井金属鉱業に対し慰謝料6,100万円を求め、富山地裁に集団提訴 厚生省が正式にイタイイタイ病の原因はカドミウムとの見解を発表
1971	富山地裁、被害者一審勝訴の判決
1972	名古屋高裁、被害者二審全面勝訴の判決、三井金属工業は控訴を断念
1986	三井金属鉱業は経営不振に陥った神岡鉱山を別会社化
2001	神岡鉱山閉山

ていなかった。1957年に地元婦中町の萩野昇医師が初めて、イタイイタイ病の原因は重金属によるものであるとの説を発表した。それまで、この病気は多産の婦人に多く発生し、1940年から50年にかけて数多くの犠牲者を出していた。

1972年に始まった公害防止協定に基づき、防止対策が進展した結果、1977年には排水を通じて排出される

カドミウム濃度は5分の1に、排煙から排出されるカドミウムも3分の1に減少したが、問題はこれだけでは終わらなかった。工場から地下浸透したカドミウムが地下にあった北陸電力の水路へ漏出し、下流の河川に排出されていた。工場施設の老朽化により、電解槽などの下部が腐食し、深さ20m以上にも及び地下水や土壌を汚染していたためであった。その後、1995年

に現地調査が行われた際に新たな汚染箇所が発見されるなど、工場敷地内が広範囲にわたって汚染されていたことが確認された(畑, 2001)。

神岡鉱業は、現在自動車用鉛バッテリーのリサイクル工場として運営され、被害者への補償も続けられている。汚染された1,500haの農地の汚染土は、2014年までに入れ替えるとの協定が患者団体との間に結ばれている。幸い企業側の努力によって、今では神通川のカドミウム濃度も自然河川レベルに近づいてきている。足尾銅山の鉱毒事件が、被害者側の犠牲という形で終わったのとは違い、神岡鉱山の鉱毒事件は、関係者の努力によって公害を克服した事例と言える。

この鉱毒事件が契機となって、昭和45年(1970年)の臨時国会において、当時の公害対策基本法の改正に合わせて、公害の定義に土壌汚染が追加され、農用地土壌汚染防止法が制定されることとなった。

4. 土呂久鉱山の砒素汚染

土呂久は宮崎県北部の山村で、江戸時代に銀山として採掘が開始され、1962年に閉山するまでの間、断続的に金属の精錬や三酸化砒素(亜ヒ酸)の生産が行われてきた。表3に、事件の概要を示す。

土呂久鉱山では、硫砒鉄鉱を焙焼する方法で亜ヒ酸

を生産していたため、未回収の砒素が亜硫酸ガスとともに大気中に放出されていた。加えて砒素を含む残渣が投棄されたことで、周辺地域に健康被害や農業被害をもたらした。農業生産において、特に牛馬などの畜産、養蜂、椎茸栽培などが壊滅的な打撃を受けた。1963年には五ヶ瀬川流域が砒素により高濃度に汚染されているとの報告がなされたが、延岡市当局は社会問題となることを恐れてその資料を公開しなかったと言われる。

この頃全国的に公害問題に対する活動が活発化し、土呂久鉱害についても、1971年に宮崎市で開かれた宮崎県教職員組合主催の研究教育集会において、高千穂町立岩戸小学校教諭の斉藤正健らが、健康被害は砒素中毒によるものであるとの報告を行った。そのことをきっかけとして、土呂久地区の慢性砒素中毒は、イタイタイ病、水俣病、四日市ぜんそくに次ぐ第四の公害病として環境庁に認定された(飯村, 1991)。

この問題に端を発して、全国の休廃止鉱山に対する環境汚染の実態調査が行われることとなり、その後の土壌汚染対策行政に影響を及ぼした。これ以降、鉱山起源の大規模な土壌汚染問題は発生していないが、足尾銅山のように、鉱滓が未処理のまま放置されている箇所については、今後も洪水等により汚染が拡散する

表3 土呂久鉱山砒毒事件年表(概要)。

年	出来事
1684	銀山として鉱石の採掘が行われる
明治初期	1920年まで亜砒焼き(三酸化砒素の生産)が行われる。周辺住民に健康被害発生
1925	牛がばたばた死亡。亜砒焼き窯近辺居住の佐藤喜右衛門一家相次ぎ死亡
1933	亜砒焼きが再開される(1939年まで)
1941	休山
1955	亜砒焼き再開。中島鉱山株式会社において砒素鉱の山元製錬が行われる
1962	閉山
1971	地元の小学校教諭斉藤正健らが砒素中毒による公害を告発
1973	環境庁が土呂久砒素中毒を第四の公害病に認定
1975	遺族を含む原告128人が住友金属鉱山を相手に損害賠償を求めて提訴
1976	松尾鉱山労働者が日本鉱業を相手に損害賠償を求めて提訴
1984	原告勝訴・被告控訴。二次訴訟
1990	最高裁、和解勧告(住友金属鉱山)

危険性を孕んでいる。

化学工業起源の土壤汚染の事例と対策の歴史

2章で述べた土壤の重金属汚染は、江戸時代以降の、主に明治から昭和の高度経済成長期までの間に発生し、汚染源も鉱山からの採掘あるいは鉱物の精錬といった鉱業分野に関わるものであった。しかし、1970年代以降に発覚した土壤汚染は、化学工場などの工業が汚染源となり、汚染箇所も農地から市街地へと移行していった。特に1990年代以降に発生している土壤汚染では、半導体製造などのハイテク産業において、トリクロロエチレン等の有機塩素系溶剤が、地下水を汚染するケースが多数報告されている。

1. 東京都の六価クロム汚染

東京都江東区にあった日本化学工業株式会社小松川工場は、1915年に操業を開始し、1973年の操業停止まで、重クロム酸ナトリウム等の製造を行っていた。1972年に江東区が都営地下鉄用地および市街地再開発用地として同社の敷地を買収し、1973年に地下鉄工事のボーリング調査を行った際に、六価クロム鉱滓によって汚染されていることが判明した。

日本化学工業で発生したクロム鉱滓の量は、1940年から1973年の間で約57万トンと推定されている。それらは、東京都および千葉県にあった同社の敷地内338箇所に投棄されていた。この汚染は、地域住民に健康被害を及ぼした。1979年には東京都と日本化学工業の間で「鉱滓土壤の処理に関する協定」が締結され、投棄されたクロム鉱滓のうち48万トンは、1980年から日本化学工業が費用を負担して三価クロムに還元処理した後、小松川工場跡地に集められた。

小松川工場跡地に、東京都が防災・避難場所として「風の広場」という公園を造り1991年にオープンした。しかし、翌年に「風の広場」の側溝から環境基準を大幅に超える六価クロムが検出され問題となった。小松川工場跡地で処分しきれないクロム鉱滓は、中学校建設予定地であった場所を第二処分場に転換して処理されたが、住民から違法な廃棄物処分場として提訴された。

本汚染問題に関する訴訟は、和解という形で表面的には解決している。しかし、処置済みであるはずの公園から、1996年の時点でもクロムが検出されており、将来に不安を残したままの状態にある（畑，2001）。

2. 国立試験研究機関跡地の重金属汚染

1981年から1984年にかけて、国の試験研究機関（農林水産省家畜衛生試験場および通商産業省工業技術院東京工業試験所）の跡地で、水銀、カドミウム、鉛等の重金属による汚染が次々と発覚した。それまで土壤汚染といえば、企業の生産活動に伴い発生したもののばかりであったが、本件は試験研究機関が起こした汚染であり、しかも国立の機関であったために、国としても早急な対応を迫られた。

1984年には、当時の環境庁が市街地土壤汚染問題検討会を発足させ、1986年に重金属等を対象に、対策を要する汚染土壤の判定基準と、処理対策を選定するための判定基準および処理対策方法を示した「市街地土壤汚染に係る暫定対策指針」を策定した。この指針は国有地を対象としたものであったため、1990年には一般市街地向けの指導の参考として、「有害物質が蓄積した市街地等の土壤を処理する際の処理目標」が地方自治体に通達された。続いて1991年には、土壤環境基準が設定された（環境法令研究会，1997）。このように、1980年代から1990年代にかけて発生した土壤や地下水汚染が、土壤環境基準などの法規制の強化に繋がる結果となった。

3. ハイテク産業における土壤・地下水汚染

日本で最初に発覚した半導体工場による地下水汚染は、1983年兵庫県太子町における東芝太子工場の事件である。この工場では、半導体とブラウン管の洗浄にトリクロロエチレンを使用していたが、タンク貯蔵や使用上の不備により、地下に浸透してしまったものである。井戸水は、8,000ppb前後という高濃度のトリクロロエチレンに汚染されていた。汚染が判明した後、太子町では水源井戸に曝気・活性炭処理を施した水道水を供給するようにし、個人の井戸も水道水へ切り替えられた。

1987年には千葉県君津市の東芝コンポーネンツ君津工場において、トリクロロエチレンによる土壤汚染が発生している。この汚染の原因は、地下への廃液投棄やタンクへの給油時の漏れなどであった。本件では、廃棄物や汚染土壤の掘削除去、汚染地層の加熱風乾処理、汚染された地下水の曝気処理といった対策がなされた結果、汚染レベルは低減した。

これらと同様の、トリクロロエチレンによる地下水汚染が、熊本市の九州電機工業（1991年）、山形県東根市の大盛工業団地（1989年）、兵庫県伊丹市の三菱電機北伊丹事業所（1989年）、福井県武生市の福井村

田製作所 (1989年), 滋賀県八日市市の工業団地 (1983年), 神奈川県秦野市の工業団地 (1989年) などで起こっており, 東京芝浦電気, 松下電器産業のように, 複数の工場で地下水汚染が発生していた大手電機メーカーの事例もある (吉田, 1998).

廃棄物処理に起因する土壌汚染の事例と対策

近年の土壌汚染は, 化学工場や半導体などのハイテク産業のみでなく, 廃棄物の不法投棄や不適切な処理によっても発生している. 以下に, その事例を挙げる.

1. 豊島の有害産業廃棄物不法投棄事件

香川県土庄町の豊島は, 瀬戸内海に浮かぶ島である. この島に, 1978年から13年間にわたり, 50万トン以上

の有害産業廃棄物が不法に投棄されていたという事実が発覚した. 廃棄物には, 鉛, PCB, ダイオキシン類等の有害物質が含まれており, 投棄された現場の地下水から, 鉛, ベンゼン等が環境基準を超えて検出されている. ダイオキシン類についても, 廃棄物中で最大39,000pg-TEQ/g, 浸出水中で最大28,000pg-TEQ/gと, 極めて高濃度に汚染されていることが判明した.

この事件は, 産業廃棄物処理業者が, 島に搬入したシュレッダー・ダスト, 廃油, 汚泥等を野焼きにし, 埋め立てたことにより発生した. この業者が1990年に兵庫県警により摘発された時点で汚染行為は停止したが, 廃棄物はその後も放置され, 浸出水の瀬戸内海への流出は継続したままであった. その後2000年に香川県と住民の間で公害調停が行われ, 不法投棄された廃棄物は隣の直島で熔融処理されることになった.

表4 日本の土壌・地下水汚染と対策の歴史.

時代/年代	土壌・地下水汚染事例	主な対策
江戸時代	生野銀山, 神岡銀山, 別子銅山などで鉱毒水による農業被害	田畑転換, 排水路・用水路付替え, 水田水口沈殿池設置など
明治以後	足尾銅山鉱毒事件 金属鉱山・精錬所の排水・排煙などによる 農林業被害	政府の鉱毒予防工事命令等による排水・排煙処理施設の設置 鉱業法の無過失賠償責任制度の制定
1960年代	神岡鉱山による農業被害 イタイイタイ病発生 安中精錬所による農業被害	水質保全法の制定 工場排水規制法の制定 公害防止事業費事業者負担法の制定 水質汚濁防止法の制定
1970年代	生野鉱山周辺の土壌汚染 土呂久鉱山砒素鉱毒事件 全国で休止鉱山の土壌汚染広がる 東京都六価クロム鉱滓事件	休止鉱山の環境汚染実態調査 農用地の土壌汚染の防止等に関する法律の制定 土壌汚染防止対策地域指定 金属鉱業等公害対策特別措置法の制定
1980年代	国立試験研究機関の跡地で土壌汚染問題発生 千葉県君津市の地下水汚染 神奈川県秦野市の地下水汚染	市街地土壌汚染に係る暫定対策指針の通達 水質汚濁防止法改正: 地下浸透禁止
1990年代	半導体工場などの地下水汚染 工場跡地の土壌汚染問題 市街地の土壌・地下水汚染件数増加 大阪府能勢町ごみ焼却場周辺土壌のダイオキシン汚染	土壌環境基準の設定 国有地に係る土壌汚染対策指針の通達 土壌環境基準の項目追加 土壌・地下水汚染の実態調査と対策指針の通達 地下水環境基準の設定 土壌・地下水汚染に係る調査と対策指針運用基準策定 ダイオキシン類対策特別措置法の制定
2000年代	工場・工場跡地の土壌・地下水汚染	土壌汚染対策法の制定

畑 (2001) に一部加筆.

事件を起こした直接の当事者は、不法投棄した廃棄物処理業者である。しかし、責任の所在は、業者の認定を誤った香川県や、無許可であることを知りながら、処理費が安いという理由でこの業者に委託した排出事業者にもある（吉田，1998）。

2. 能勢町ごみ焼却場ダイオキシン汚染

1997年に大阪府能勢町の豊能郡美化センター周辺南側の農地から、2,700pg-TEQ/g というダイオキシンの検出されるといふ事件が起こった。翌年、豊能郡環境施設組合が実施した再調査の結果、焼却場脇の池に溜まった土から、23,000pg-TEQ/g という高濃度のダイオキシンが検出された。

調査の結果、焼却炉に構造上の欠陥があり、燃焼温度の管理がうまく行われなかったとの指摘がなされている。関係者の証言により、1988年から1993年の間、焼却炉から出た焼却灰を敷地内に放置していたことも判明した。敷地周辺については、煙突の排ガスが原因と考えられるが、最高濃度のダイオキシンを検出した付近の汚染は、焼却灰の放置が主因と見られている。

周辺土壌においても1,000pg-TEQ/g 以上の汚染が続出したため、斜面と1,000pg-TEQ/g 以上の濃度を示した農場の半分で、土を深さ20cm まで除いて芝を植え、農場の残りは覆土する処置が施された。最終的には、施設を建設した三井造船側が対策費用の一部を負担することなどが盛り込まれた公害調停が成立し

た（中日新聞，1998）。

これとほぼ同時期に、所沢市の清掃工場によるダイオキシン汚染が発生した。これらの事件がきっかけとなって、1999年にダイオキシン類対策特別措置法が制定されることとなった。

土壌汚染関連対策の経緯と現在の法体系

これまで述べてきたように、江戸時代以降、日本ではさまざまな形態の土壌汚染問題が発生し、その度に、対症療法的に対策が実施されてきた。過去の土壌・地下水汚染事例とそれに対する主な対策を表4に示す。

江戸時代から明治時代にかけての鉱毒問題では、農民や住民側の被害を軽減する措置が取られている。1960年代から1980年代にかけて起こった問題に対しては、加害者側の責任を追及できる条項を設けることで、発生に対する抑止力をもたせた。1980年代以降は、半導体工場や廃棄物処理場が発生源となる新しいタイプの土壌汚染問題にも対応できるように、規制の適用範囲が拡大された。

1991年に初めて土壌の環境基準が設定された。1994年にはVOC等15項目が追加され、2001年には更にフッ素とホウ素の2項目が追加された。図1に示すように、近年になって土壌環境基準の超過事例が増加してきているのは、この二度の基準見直しの結果である。その他、1996年に発効されたISO14001の規格に基づき、

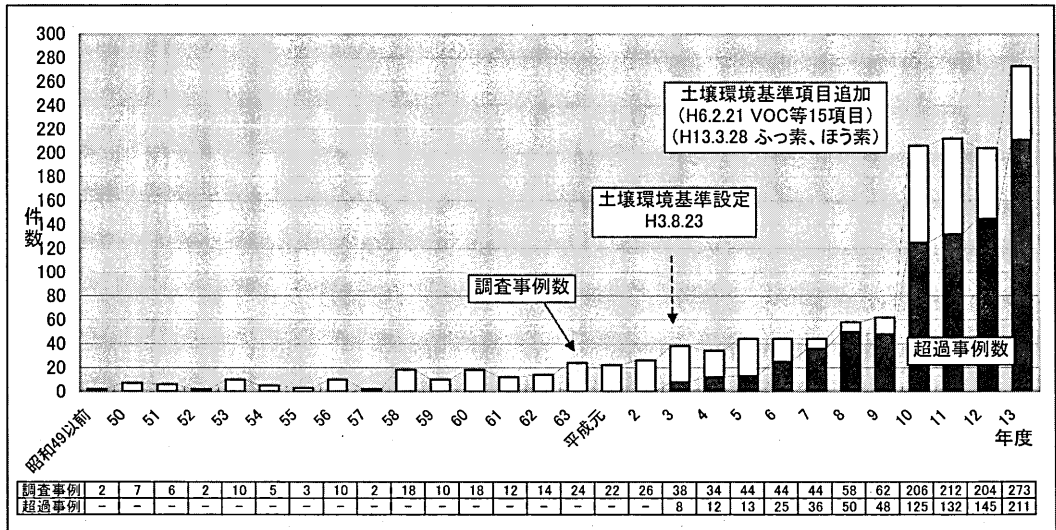


図1 年度別の土壌汚染判明事例。大田（2004）より引用。

表5 日本の土壌・地下水汚染関連の法規制一覧。

分類	No.	法規制	制定年
告示	1	土壌の汚染に係る環境基準について	1991
	2	ダイオキシン類による大気汚染、水質汚濁及び土壌の汚染に係る環境基準について	1999
	3	地下水の水質汚濁に係る環境基準について *1	1997
法律	4	鉱山保安法	1949
	5	農用地の土壌の汚染防止等に関する法律	1970
	6	ダイオキシン類対策特別措置法	1999
	7	土壌汚染対策法	2002
	8	水質汚濁防止法 *1	1970
政令	9	農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令	1971
	10	土壌汚染対策法施行令	2002
	11	ダイオキシン類対策特別措置法施行令	1999
	12	水質汚濁防止法施行令 *1	1970
	13	危険物の規制に関する政令	1959
府・省令	14	農用地土壌汚染対策地域の指定等に関する手続を定める省令	1971
	15	農用地土壌汚染対策計画の内容等を定める省令	1971
	16	農用地土壌汚染対策地域の指定要件に係るカドミウムの量の検定の方法を定める省令	1971
	17	農用地土壌汚染対策地域の指定要件に係る銅の量の検定の方法を定める省令	1972
	18	農用地土壌汚染対策地域の指定要件に係る砒素の量の検定の方法を定める省令	1975
	19	土壌汚染対策法に基づく指定調査機関及び指定支援法人に関する省令	2002
	20	土壌汚染対策法施行規則	2002
	21	ダイオキシン類対策特別措置法施行規則	1999
	22	水質汚濁防止法施行規則 *1	1971
	通知	23	農用地の土壌の汚染防止等に関する法律の施行について
24		農用地の土壌の汚染防止等に関する法律の運用について	1971
25		農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令の一部改正等について	1972
26		農用地土壌汚染対策地域の指定要件に係るカドミウムの量の検定の方法についての周知徹底について	1973
27		農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令の一部改正等について	1975
28		農用地の土壌の汚染防止等に関する法律に基づく環境庁長官の同意の基準等について	2000
29		公害監視調査等補助金について	1994
30		カドミウムに係る土壌汚染地域の対策について	1972
31		公害防除特別土地改良事業実施要綱	1972
32		公害防除特別土地改良事業補助金交付要綱	1972
33		土壌保全対策要綱	1971
34		土壌保全対策事業の実施について	1971
35		農用地における土壌中の重金属等の蓄積防止に係る管理基準について	1984
36		国有地に係る土壌汚染対策指針	1992
37	有害物質が蓄積した市街地等の土壌を処理する際の処理目標	1990	
38	土壌・地下水汚染に係る調査・対策指針について	1999	
39	ダイオキシン類に関する土壌の常時監視に係る調査測定について	2000	
40	「ダイオキシン類に係る土壌調査測定マニュアル」について	2000	
41	ダイオキシン類対策特別措置法における土壌の常時監視に係る法定受託事務の処理基準について	2000	
42	ダイオキシン類に関する土壌の常時監視に係る調査測定について	2000	

*1 地下水に関するもの。

多くの企業が環境マネジメントシステムを構築し、自主的に汚染状況の調査と情報開示を進めてきたことも、基準超過事例の増加の一因と思われる。

土壌・地下水の汚染と対策の流れの中で、土壌・地下水の汚染防止に関する法規制等が次々と策定あるいは廃止され、徐々に体系化されてきている。現時点において有効なのは、表5に示す42の法規制である（環境省環境管理局水環境部，2002）。これらは告示，法律，政令，府・省令，通知の5つに分類される。これらの他に、東京都や神奈川県など実際に土壌汚染問題が発生した都道府県の中には、独自の条例を制定している自治体もある。

ここで、公害関連法規制に求められる要件にはどんなものがあるかを考えてみると、

- ① 公害を未然に防止するための管理項目の明文化、
- ② 公害の発生を速やかに検知するための監視基準、
- ③ 公害発生時の緊急時措置および通報義務、
- ④ 公害による汚染の拡散防止および浄化義務、

といったものが挙げられる。例えば水質汚濁防止法以下の法規で規制される水質汚濁の対策を見ると、上記①から④が体系的に記述されていることが分かる。

一方、土壌・地下水汚染に関する現行の法律としては、農用地土壌汚染防止法、水質汚濁防止法、ダイオキシン類対策特別措置法、土壌汚染対策法、鉱山保安法の5つがある。しかし、これらの法律を束ねる基本法が存在せず、①～④の必要事項を全ては満足していないため、水質汚濁対策と比べて包括的とは言えない。

その理由の一つに、環境省において、土壌汚染対策は水環境保全の一環として捉えられていることを挙げることができる。すなわち、土壌汚染は、河川水や地下水の汚染の一要因として捉えられているのに加えて、最初の土壌汚染防止/対策関連法である農用地土壌汚染防止法が制定された時代には、農地以外の、例えば工業用地、住宅地、林地などにおける具体的な被害の実態が十分明らかにされていなかったため、対象となる土地の範囲が限定されてしまったという背景もある。しかし、現在のように様々な形態の土壌汚染が発生している以上、現行法をとりまとめて総合的に土壌汚染を防止するための法律を制定するのが望ましい。

土壌汚染とその他の公害との相違点

5章では、日本で過去に発生した主な土壌汚染問題と、それに対する法対応等を見てきた。土壌汚染は、水質公害など他の汚染問題と比較して、対応が遅いとの印象が強い。これは、土壌汚染と他の公害に多少の

性質の違いがあるためと考えられる。そこで、なぜそのような対応の差が生じるかを明らかにするため、土壌汚染とその他の公害を、視認性（知覚度）、拡散性（局地性）、問題発覚までの時間、因果関係の明確さという4つの観点から比較する。

1. 汚染の視認性（知覚度）

土壌汚染は人の目に付きにくいということが言える。大気汚染では発生した時点で、煙や煤塵、あるいは臭気などのように、直接に第三者が視覚や嗅覚で感じることができる。水質汚濁の場合も同様に、河川・海洋の変色、泡立ち、水棲生物の大量死などによって視覚的に認識される。河川水や地下水を飲料に用いる場合などは、味覚にも訴えることになる。騒音、振動、悪臭についても同様で、いずれも聴覚や嗅覚などを通して、発生時点で人間が感知することができる。地盤沈下は、短期間には気付きにくいけれども、道路や家屋の損傷など、目に見える形の結果を引き起こすため、問題が明らかにされ易い。しかし、土壌汚染は、問題が露呈するのに、次のいずれかの条件が必要になる。

- ① 汚染が地下水脈に到達することで地下水汚染が発生し、かつその水を第三者が利用している。
- ② 不動産取引に伴う土壌調査や企業の自主点検などによる分析で、意図的でない土壌の汚染が検出される。
- ③ 溶出性の廃棄物や廃液の不法投棄など、明らかに土壌を汚染すると思われる物質の存在が地上に認められる。
- ④ 汚染された土壌で産出した農作物や、それを飼料として飼育された畜産物を食用にすることで、健康被害が発生する。

このうち③だけは、形態上は可視的である。しかし、このタイプの汚染は元来意図的なものなので、上から土を被せて隠すことが多く、その場合は見た目に分からなくなってしまう。②についても、汚染者が汚染の事実を隠蔽することも考えられる。

2. 汚染の拡散性（局地性）

大気汚染や水質汚濁では、汚染物質の移動速度が、土壌汚染とは比較にならないほど速い。しかも、大気循環や水循環により、汚染物質が極めて広範囲に拡散する危険性がある。河川や海洋の水質汚濁では、底質や水棲生物への残存性もあり、対策を急ぐ必要がある。

これに対し、土壌汚染では、トリクロロエチレンなどのような有機塩素系溶媒は、比重が大きく粘度が低

いことから浸透性が強く、地下水を汚染する機会が多い。一方、重金属は粘土鉱物などに吸着されるため可動性が低く、汚染が局地的となる傾向にある。

大気や水域と異なり、土地はほとんどが私有財産であるため、所有者本人が汚染土壌からの被害を受けない限り、問題とならない場合も多く、国が対策を採るのが難しい。更に、汚染の拡散速度が遅いため、緊急度も下がってしまう。土壌汚染対策法では、土地の売買時や用途変更時などに限り調査や対策が要求されている。もし操業中の事業所について調査を行うよう義務付ければ、土地の所有者に大きな経済的損失を与えてしまうので、そのための配慮が必要であろう。

3. 汚染発生から発覚までの時間

土壌汚染は、前述の通り視認性や拡散性が低いために、汚染が発生してから実際の問題として発覚するまでに、かなりの時間経過が必要である。特に工業地域における、意図しない地下タンクや配管からの長期に渡る漏洩などで、地下水汚染にまで及ばないような場合は、特別な調査を行わない限り発覚しない。

近年でこそ環境問題に関する知識が豊富になってきたため、土壌に廃棄物を直接埋めるようなことはなくなってきたけれども、以前は、自分の土地ならば何を捨てても構わないといった考えがまかり通っていたようで、汚染の種はどこにでもあった。拡散速度が遅いために廃棄後数十年という期間が過ぎ、捨てた本人でさえも覚えていないような汚染物質による汚染が、最近になって浮上してきたという事例はいくらでもある。

4. 汚染行為と汚染の因果関係

大気汚染では、汚染行為と結果の関係が通常明確である。水質汚濁については、複数の事業場から同じ河川や海域に排水しているような場合は、多少分りにくいこともあると思われる。しかし、元を辿って分析していけば、汚染源を比較的厳密に特定できる。

土壌汚染では、先に述べたように、視認性の低さ、拡散速度の低さ、汚染発覚までの時間的長さなどにより、容易に汚染原因を見つけれない場合が存在する。特に地下水汚染から発覚するようなケースでは、汚染が広範囲に及んでしまっているため、汚染源が特定できず、責任の所在が不明確となってしまうことも多い。この場合は、浄化の必要性があっても、国が浄化命令を出すことはできない。

現在では統計が取られていないけれども、1970年頃の警察白書を見ると、公害苦情件数は騒音振動、悪臭、

水質汚濁、大気汚染の順に多く、土壌汚染件数は大気汚染件数の10分の1以下であった。汚染が発覚しにくいのがゆえに苦情も少なく、そのため土壌汚染対策の立法化が進まなかったものと思料される。

土壌汚染と水質汚濁の形態の比較

土壌汚染と水質汚濁とで法体系が異なるのには、汚染の発生がヒトの健康被害を引き起こすまでの経路の違いがその理由にある。そこで、過去の公害問題が、どのような形態で発生したかを見てみる。

土壌汚染が発生する形態としては、主に以下のようなものが挙げられる。

- ① 野積みされた鉱滓が降雨により流出し、汚染物質が拡散する：鉱山で発生。
- ② 精錬所からの排煙が土壌に降下、あるいは排水が河川に流入し、氾濫時に土壌を汚染する：鉱山で発生。
- ③ 工場、病院、試験研究機関などで使用した汚染物質の土壌への直接廃棄あるいは漏洩などにより、土壌が汚染される：工業地帯、市街地で発生。
- ④ ごみ焼却場、埋立地、廃棄物不法投棄機場所において、土壌へ汚染物質が浸出する：処理場、市街地で発生。
- ⑤ 農薬の使用による田畑の汚染。

足尾、別子、小坂、日立の四大銅山における鉱毒・煙害事件は、①または②の形態である。現在、鉱山での採掘はほとんど行われていないので、放置された鉱滓と海外から輸入された鉱石の精錬時の処理が問題となる。六価クロム鉱滓事件、国立試験研究機関跡地の土壌汚染問題、1990年代に多発したハイテク産業汚染は③の形態にあたる。市街地の場合、後から農地に転用される可能性は極めて低いので、有機塩素系溶媒による地下水汚染が問題となることが多い。④の形態には、ダイオキシン汚染、豊島の不法投棄事件などが該当する。③～⑤は直接に土壌を汚染するケースである。

これらの土壌汚染がヒトに健康被害を与えるまでの過程としては、次のようなものが考えられる。

- a. 農地の汚染により農作物が汚染され、あるいは汚染された植物を飼料として畜産物が汚染され、ヒトがそれら汚染された食物を摂取する。
- b. 土壌汚染が地下水汚染を引き起こし、ヒトが汚染された地下水を飲用する。
- c. 汚染土が河川へ流入して水質汚濁が発生し、その河川水を灌漑用水として利用することにより農地が汚染される（→a.へ）、あるいはヒトが直接汚

染された河川水を飲用する。

d. 粉塵などの形でヒトが汚染土を直接吸引する。
b. および c. のケースでは、水を経由して汚染が拡散する。d. のケースは、汚染地が公園や住宅地へ転用された場合に起こり得る。

一方、水質汚濁について考えると、発生場所は主に河川、湖沼、海洋、地下水の4つであり、その汚染形態は、

- ⑥ 工場排水、生活排水等の水域への流入による汚染あるいは富栄養化、
- ⑦ 土壌汚染の地下水への波及、
- ⑧ 大気中の汚染物質の降雨等による水域への降下、
- ⑨ 船舶等からの河川、海洋への直接投棄、船舶塗料からの溶出、

などが考えられる。しかし、水質汚濁がヒトに健康被害を及ぼすまでの過程は、汚染された地下水の飲用、河川または海洋汚染による魚介類の汚染、ヒトがそれらを摂取するなどの他に、土壌汚染の場合の b. および c. を想定しておけばよい。すなわち、土壌汚染対策は水質汚濁対策と重複することが多いと言える。このような汚染形態の共通点や、6章で述べた理由などにより、土壌汚染に主眼を置いた法体系ができていないものと考えられる。

土壌汚染対策の問題点と対策

現行の土壌汚染防止関連法としては、表5に挙げた法規制が存在する。これらの法規制により、全てのタイプの土壌汚染に対応できるかどうかを考察する。

1. 管理対象となる土壌の範囲

土壌汚染の可能性が高く、かつ汚染の防止が求められるのは、農用地、工業用地、廃棄物処理場、市街地といったところである。林地についてはあまり必要性がないように思われるし、川原、砂浜、湿地帯などはいずれも水辺の土壌なので、水質対策でカバーできる。従って、対象とすべき土壌の範囲は、現行法でも対応可能と言える。

2. 管理対象物質

環境基準に関しては、水質汚濁と同様に27物質がリストアップされており、不足はないように思える。ただ、排出規制などの強制力を伴わない点が弱い。法律で規制されている物質は、農用地に対する農用地土壌汚染防止法で規制されている特定有害物質として、実際に公害病を引き起こした原因物質であるカドミウム、

銅、砒素の3つだけである。汚染の発生形態とも合わせて考えなければならぬが、これだけでは不十分のようにも思える。その他の土地は土壌汚染対策法の適用範囲となり、対象物質は環境基準とほぼ共通の25項目あるので、問題はないと言える。

3. 土壌汚染の未然防止、拡散防止、浄化対策

7章の①～⑤で挙げた汚染の形態から考えて、現行法は新たな汚染防止や既に発生した汚染の浄化に対して十分機能すると言えるだろうか。①および②の形態については、鉱山が発生源のため、既に述べたように、新たな汚染が発生する可能性は低い。しかし、過去に排出された鉱滓が未だに放置されている場所もあり、これについては厳重な管理が必要である。今のところは鉱山保安法で、最低限の規制がなされている状態である。

⑤の農業による田畑の汚染に関しては、近年多種の農業が開発されていることを考えると、農用地土壌汚染防止法による規制では十分ではないと言える。農業の使用は農業生産性の問題と絡んでいるため、規制が容易ではないことも予想される。しかし、国民の健康を考えると、今後検討すべき分野ではないかと思われる。

④の廃棄物による汚染については、廃棄物処理法における罰則の大幅な強化、ダイオキシン類対策特別措置法によって、以前のように大規模な不法投棄や、ダイオキシン類を含む焼却灰の放置などによって汚染が起こる可能性は低下してきている。但し、不法投棄は最近でも発生しているので、企業の廃棄物処理状況について行政から査察を行うなど、もっと抜本的な対策を講ずる必要があると言える。

③のケースが、現在最も発生リスクの高い汚染の形態であると考えられる。その理由として、先に述べたことと重複するが、以下のことが挙げられる。

- a. 既に記録にも残っていないような過去の廃棄行為による土壌汚染が、後になって発覚する。
- b. 地下埋設された施設に貯蔵された汚染物質が、施設の老朽化、工事不良、地震等によって漏洩し、土壌汚染を引き起こす。
- c. 表土が露出した場所で取り扱われる汚染物質が、事故や作業ミスなどの緊急事態により、土壌汚染を引き起こす。

これらの汚染は、所有者が土地を売却したり、用途変更などを行ったりしない限り、土壌汚染対策法で要求する調査の対象にはならないため、汚染が分からな

いままになってしまう恐れがある。酸、アルカリ、有機溶媒、燃料、廃液などの地下タンクや埋設配管などが最も危ないと言える。敷設後数十年を経過した施設であれば、経年変化により、タンク、配管、フランジなどにクラックやピンホールが生じている可能性を十分に考慮しなければならない。地盤の不安定な地域では、地震も漏洩の発生要因となる。過去に発生したハイテク産業汚染は、故意あるいは作業ミスにより、未使用の化学物質や廃棄物を地下に廃棄したり、浸透させたりしたことが原因であった。今後は、こうした地下設備からの意図しない汚染が増えてくると予想される。

現在の法規制でこの種の汚染を防止する効果が期待できるのは、「危険物の規制に関する政令」のみである。しかし、これは消防法でいうところの危険物にしか適用されないため、重金属等の有害物質は対象とされない恐れがある。操業中の工場に、土壌調査を義務付けることは、事業者に多大な経済的負担を強いることになるため、実現困難と言える。従って、できるだけコストや時間のかからない調査技術を開発していくことも、国としての役目の一つである。既に汚染された土壌の浄化に関しても、まだまだ技術的に確立されていない部分が多く、上記と併せて今後の重点課題と言える。

今後の課題

以上、土壌汚染と法的対策の歴史、土壌汚染の形態と取るべき施策などについて考察してきた。技術的に未解決の部分も数多く残されている。諸外国においては、わが国と比べて数段厳しい規制を行っている国もあり、見習うべき点も多い。一度土壌汚染を起こしてしまうと、原因を生み出した事業者は信用を失い、その修復に多大なコストをかけなければならない。これ

は経済効率から見ても重大な損失であり、今後官民一体となって、土壌汚染対策への一層の取り組みを行っていく必要がある。

第一に、国が行うべき具体的施策として、未然防止、汚染の早期発見、発生時の緊急時対応、発生後の汚染拡散防止と浄化、の4つのポイントを押さえた包括的な法体系の整備がある。

第二に、事業者が行うべき事は、既存の法律を遵守するとともに、法に基づく規制が困難な内容に対しての、ISO14001等の活用による自主的管理の強化である。

そして第三に、汚染の発見や浄化に関する技術を、両者が力を合わせて向上させていくべきである。

これらが全て揃ったとき、土壌汚染対策が真に効力を発揮することと思う。

文 献

- 浅見輝男 2001 データで示す—日本土壌の有害金属汚染。アグネ技術センター、東京
- 飯村康二 1991 重金属汚染の歴史。日本土壌肥料学会編：土壌の有害金属汚染—現状・対策と展望—。博友社、東京
- 大田 進 2004 土壌汚染対策の動向と関連ビジネスの新展開。産業と環境、377号、51-55頁
- 環境省環境管理水環境部 2002 水環境行政のあらまし。環境省、東京
- 環境法令研究会(編) 1997 環境基準・規制対策の実務。第一法規出版、東京
- 中日新聞 1998 4月17日付夕刊他。中日新聞社、愛知
- 畑 明郎 1997 金属産業の技術と公害。アグネ技術センター、東京
- 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
- 吉田文和 1998 廃棄物と汚染の政治経済学。岩波書店、東京

Summary

Soil pollution problems in Japan have mostly originated from the development of mining after the Meiji era. Afterward, main mines are closed, and soil pollution by mining process have become ceased. After 1980s, due to semiconductor factories and illegal abandonment of industrial wastes, soil and underground water pollution by heavy metals or chloric organic solvents came to occur at chemical plants.

To the occurrence of serious soil pollution in different cases, many laws have been enacted, like "The law of pollution prevention in agricultural lands (1970)" and "The law of counter-measure for soil pollution (2002)". But, on the whole, there have been many problems left by, for example, lack of preventing viewpoints and adaptability for various types of soil pollution.

From now on, potential risks of soil and underground water pollution must be reduced by combined effect of regulation system and self-imposed control.