

出國報告書（出國類別：參訪）

參加日本第 25 屆土壤及地下水污染之
整治及預防管理對策研討會議

服務機關：行政院環境保護署

姓名職稱：吳佩洋環境技術師、林雅惠管理師

派赴國家：日本

出國期間：108 年 10 月 7 日至 108 年 10 月 12 日

報告日期：108 年 12 月 31 日

摘 要

本次參與由日本土壤環境中心、地下水學會、日本水環境學會等主辦關於土壤及地下水污染之整治及預防管理對策研討會議，發表領域包括土壤地下水污染現況調查、研究，針對污染之防治對策、整治技術、監測案例，工業廢水排放管理、放射性物質或非人為造成之污染等。本次研討會匯集多種領域學者、研究人員和企業體，就土壤、地下水整治修復與其他多種領域的專業知識進行經驗和研究成果交流，透過公開發表與成果海報展示和討論土水污染重點議題、趨勢和關注事項，以及在土壤，地下水整治修復領域遇到的實際挑戰和解決方案。

本次研討會議流程包括各單位口頭發表、海報講解以及各企業攤位展示。口頭發表部分，我方代表以「自續式熱處理技術(STAR)之永續性評估－重質總石油碳氫化合物整治模場案例」作發表分享。主辦單位也在這次研討會中特別邀請日本環境省水、大氣環境局土壤環境課課長秘書-水原健介先生，針對日本土壤污染對策法修正之概要進行演講。

隨後行程我方拜訪了日本一般社團法人土壤環境中心與 Chemical Grouting 公司。透過土壤環境中心技術部部長田澤龍三先生細心地說明介紹，也使我方對其中心之組織、業務內容、活動實績等有深入認識外，雙方也針對兩國國內土壤、地下水污染現況及制度面資訊進行討論與意見交換。在 Chemical Grouting 公司方面，技師長-上澤進先生除了為我方引見其公司社長-立和田裕一先生與專務董事-米田國章先生外，在上澤先生鉅細靡遺的用心介紹下，也使我方對其主力發展之 BioJet 生物製劑現地處理技術有更清晰的概念與認識。

目 次

一、 參訪目的.....	1
二、 行程摘述.....	2
三、 參訪成員.....	2
四、 過程及行程成果.....	3
五、 心得與建議.....	12

附 錄

圖目錄

圖 1. 研討會現場情況與發表過程照片	8
圖 2. 我方代表與日本環境省水原健介先生交流	9
圖 3. 我方代表拜會日本土壤環境中心	10
圖 4. 我方代表拜會 Chemical Grouting 公司	11

一、 參訪目的

鑒於我國土壤及地下水相關調查與整治技術的發展，經大規模調查計畫之進行，逐步發掘多元之污染場址，為使愈來愈多之污染場址能以更多元、有效之整治技術處理，整治技術之開發與研究，已成為重要課題之一。

為提升我國污染場址的管理、控制與整治等需要，以及與日本相關人事進行土壤及地下水污染整治技術交流，於 108 年 10 月 8、9 日於日本召開之「第 25 屆土壤及地下水污染之整治及預防管理對策研討會議」該會議主要討論議題為日本土壤及地下水污染之相關課題，例如整治技術開發、污染預防對策、風險評估等。我方於該研討會議投稿有關整治技術之案例「自續式熱處理技術之永續性評估－重質總石油碳氫化合物整治模場案例」，與日本土壤及地下水污染之相關課題與日本產官學界互相交流。

隨著國內歷經多項大規模調查計畫之實行，多元的污染場址相繼被發掘，為使此類多數場址得以適用更有效、更先進之整治調查技術進行處理，相關技術的開發與研討也成為重要課題之一。透過此次日本研討會議與拜訪之行程，與日方針對土壤與地下水污染調查、整治技術領域進行相互交換相關知識與意見，將有助於我國土壤及地下水相關調查與整治技術的發展。

二、 行程摘述

日期	內容概要
10/7 (一)	去程(桃園→大阪)
10/8 (二)	參加第 25 屆土壤及地下水污染之整治及預防管理對策研討會議
10/9 (三)	參加第 25 屆土壤及地下水污染之整治及預防管理對策研討會議
10/10 (四)	前往東京，拜會日本土壤環境中心
10/11 (五)	拜會 Chemical Grouting Company
10/12 (六)	第 19 號颱風哈吉貝過境，回程班機延誤
10/13 (日)	回程(東京→臺北)

三、 參訪成員

項次	姓名	性別	單位及職稱
1	林雅惠	女	行政院環境保護署土污基管會
2	吳佩洋	女	行政院環境保護署土污基管會
3	黃智	男	鑫訓工程顧問有限公司總經理

四、 過程及行程成果

(一) 參加第 25 屆土壤及地下水污染之整治及預防管理對策研討會議 (The 25th Symposium on Soil and Groundwater Contamination and Remediation) :

土壤及地下水污染之整治及預防管理對策研討會議 (The Symposium on Soil and Groundwater Contamination and Remediation) 是一場作為有關土壤、地下水污染之狀態、原因、路徑之調查、釐清污染物質的移動機制、污染所造成之影響與風險評估、污染防治對策、整治技術、整治評估及因地質因素等引起之非人為或放射性物質污染的日本國內規模最盛大的研討會。

其中土壤及地下水污染之整治及預防管理對策研討會議旨在針對土壤與地下水污染之各種課題，由各方與會者提出其研究成果、發表案例，促進意見交換及技術交流等，匯集各個領域的環保組織、學術界專家、企業體，就土壤及地下水整治與調查等領域進行交流和分享其經驗與研究成果。我方代表也以「自續式熱處理技術(STAR)之永續性評估－重質總石油碳氫化合物整治模場案例」作發表分享。此外，研討會提供研究人員、從業人員和教育工作者一個重要的技術成果展示平台，展示創新、趨勢和關注議題來進行交流，以及在土壤及地下水整治領域遇到的實際挑戰和解決方案，每年共有超過 150 件研究成果發表、特別演講與企業展示，吸引了大量相關人士參與。同時本次也加深日本土壤與地下水專業領域之產官學界對於台灣在此領域的發展，有更深入之了解。

本次研討會內容廣泛且豐富，口頭發表共分成兩日共六場次進行，另外還有許多以海報展示之研究成果，相關議題包含應用生物刺激法整治受氯乙烯污染地下水之案例、針對物質特性的土壤、地下水污染調查應對方法之探討、鐵

粉淨化處理技術之探討、有關應用太陽能之污泥乾燥促進系統之開發、於污染含水層中導入 *Dehalococcoides* sp.UCH007 前使用之有機材料之影響等研究，以下簡述幾篇內容：

1. 應用生物刺激法整治受氯乙烯污染地下水之案例

本講題研究主題為當生物刺激法應用於受氯乙烯(以下稱 CE)污染之地下水場址時的 CE 降解行為。CE 乃是如三氯乙烯(以下稱 TCE)和順 1,2-二氯乙烯(以下稱 cDCE)之類物質受微生物分解後的產物。在受 TCE 及 cDCE 污染之場址實施生物整治後之殘留 CE 濃度亦有不符合土壤環境標準的情況。本研究使用了針對 VOC 的微生物活化劑。這種微生物活化劑是一種可被生物降解的有機物質，它透過作為存在地下環境中的微生物的營養源(電子提供者)來促進 VOC 的降解。將此藥劑注入時，好氧菌會在地下環境中生長並消耗氧。最後地下環境變為缺氧狀態，而吸收微生物活化劑或其降解副產物的厭氧菌成為主要優勢物種。某些厭氧菌(*Dehalococcoides* 屬)能將 VOC 降解為乙烯。這種厭氧菌將 cDCE 作為電子受體並將其分解，變為 CE 再降解為乙烯。另外因為反應速率可能因在分解過程中作為副產物產生的有機酸而降低，故加入兩種鹼性鹽的混合物作為 pH 調節劑。結果發現，即使地下水中的 CE 濃度超過環境標準的 10 倍，也可以透過多次注入藥劑將其降低至環境標準以下。這與降解 cDCE 的菌種有關，由於降解 cDCE 的菌株數量已充分增加，因此認為在消耗微生物活化劑後必須多次注射才能達到 CE 的降解。

2. 鐵粉應用於砷淨化處理技術之探討

本講題研究主題為以鐵粉吸附並回收以去除土壤中砷污染物的實驗探

討。在日本的地質條件中重金屬的存在十分常見，並且有許多研究指出，在建築工事中挖掘出的土壤中發現了超過土壤污染標準濃度值的重金屬。在執行大規模的土壤挖掘工作時產出大量未及處理的污染土壤，且會使工程進度受阻，這些問題是可以預見的。為了解決這些問題，需要一種快速且低成本的整治工法，該工法可以根據施工速度來處理大量的污染土，處理方法主要有兩種，即淨化和固化處理，但是固化處理並不能去除污染物，不宜重複使用。因此應朝淨化的方向發展對策。由於鐵粉具有吸附液相中砷的能力，因此將鐵粉添加到泥水中與之混合並保持一定時間的接觸，使溶解的砷吸附到鐵粉上，最後從泥水中回收鐵粉。講者團隊使用東京都內收集含有天然砷的土壤，對還原鐵粉（特殊鐵粉 E-200）和霧化鐵粉（ $-180\mu\text{m}$ ）兩種鐵粉的砷吸附性能進行了對比。本實驗中，透過添加水與攪拌含有天然砷的土壤使其呈漿狀，並用磁鐵去除原有的磁性沉積物。接著添加鐵粉至其中攪拌 30 分鐘後，再用磁鐵將鐵粉去除。不論鐵粉種類，在所有添加條件下回收的鐵粉的乾重均超過原添加鐵粉的乾重。他們認為是因為當用磁鐵去除鐵粉時，一些土壤顆粒被一併捕獲並回收了。關於砷溶出量的變化，當添加一定量的鐵粉時可以滿足污染標準，但是當回收添加的鐵粉時，土壤中砷的溶出量會再次增加並且超過標準。因此推論若要維持污染標準值，不能將添加的鐵粉完全回收，而是使殘留在土壤中的鐵粉繼續吸附砷。如果將鐵粉完全回收，土壤中所含的砷會被重新溶出，並超過污染標準值。

3. 防止氰化物污染地下水擴散技術之研究

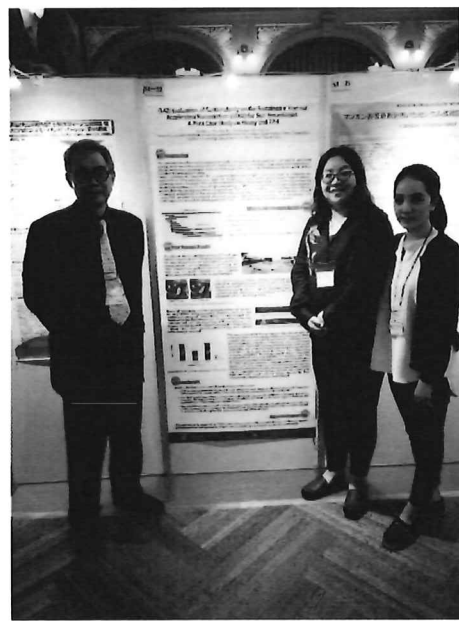
本講題研究講者提到氰化物污染地下水來源多為電鍍工廠，氣體工廠，化工廠等。據研究指出，流入地下水的大多數氰化物會與地下的鐵等金屬離子形成錯合物。為了防止此類地下水擴散，會採取在該地點邊界附近設置隔

離井的措施。然而，隔離井不僅需要專門的水處理設施和幫浦，其設備維護也十分重要，而可滲透性淨化牆技術則得以節省此類成本支出。講者團隊開發了一種主要由鐵粉和土基材料組成吸附劑的可滲透淨化牆，然而，取決於可滲透淨化牆的深度，可滲透淨化牆的設置需要大型機具，針對無法設置的狹窄區域，沿地下水流向下游設置的井中注入緩釋固化劑（乳化植物油和硫酸亞鐵）的技術。也在其實驗中評估了有效性。他們在污染擴散發生的地下水流向的下游端以約兩公尺的間隔安裝了多口井。首先注入作為固化劑之硫酸亞鐵等鐵劑，接著注入作為微生物營養源的乳化植物油，乳化植物油活化了地下的微生物而使地底呈缺氧狀態。由於這種狀態，故能自注入的鐵劑中長期供應水溶性鐵質。這使得通過此範圍的地下水中氰化物得以持續被固化。依據地底條件，乳化植物油的使用壽命可以到達數年，但透過從井中添加額外的植物油，就得以作為對抗氰化物污染的地下水擴散的長期對策。

4. 去除高鹽廢水中銻(Sr)污染為目的之研究探討

本講題是針對 2011 年福島核子事故所產生的高鹽濃度放射性廢水中銻(Sr)污染處理方法的研究分享。目前，含銻廢水的處理方法主要為離子交換法和共沉澱法兩種類，但是自然界中的水（海水，地下水，雨水等）中本身就含有鈣和鎂，其濃度相較於銻更高。由於這些元素與銻屬於同族元素，因此在去除銻時它們通常會表現出相似的反應並對去除過程產生干擾。結果造成處理後的廢水並沒有被完全淨化，並且產生了大量的二次廢水。因此，在此研究中，利用亞鐵氰化鉀 $K_4[Fe(CN)_6]$ 與 Ca 反應會形成沉澱的特性，在去除銻之前先去除廢液中的鈣。目的是減少去除銻時的鈣元素干擾。本實驗將不同量的 $CaCl_2$ 溶液添加到一定濃度的 $K_4[Fe(CN)_6]$ 和 $SrCl_2$ 混合溶液中，並測量鈣的濃度變化。且藉由人工海水進行模擬以上反應並使用離子交換樹脂

進行鋇吸附試驗。在此實驗中，著眼於 $K_4[Fe(CN)_6]$ 與 Ca 溶液反應生成的中間產物 $K_2Ca[Fe(CN)_6]$ ，通過將 $K_4[Fe(CN)_6]$ 與海水混合形成沉澱得以去除其中的鈣元素，即以透過減少競爭性吸附物質而更有效地去除鋇。在使用 $CaCl_2$ 、 $SrCl_2$ 和 $K_4[Fe(CN)_6]$ 溶液形成沉澱的基礎研究中，在充分增加 $K_4[Fe(CN)_6]$ 和 $CaCl_2$ 溶液的濃度的條件下， Ca 被發現有高達 95% 的去除率。接下來的人工海水模擬實驗透過添加乙醇促進了沉澱反應，即使在人工海水低鈣濃度下也成功去除了 85% 的鈣。最後，在使用離子交換樹脂進行的 Sr 吸附效率變化的試驗中，經過沉澱處理後 Ca 和 Sr 的去除率均高於僅用離子交換樹脂進行處理的去除率。從以上結果可以推論，若使用沉澱處理，相同量的離子交換樹脂應可以處理更多（大約六倍）的海水或更低濃度的 Sr 污染。



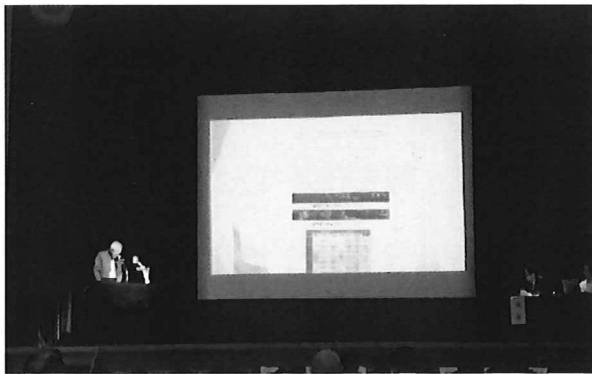
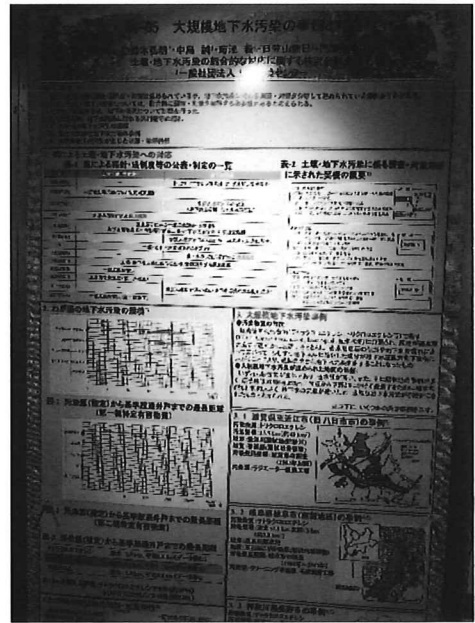
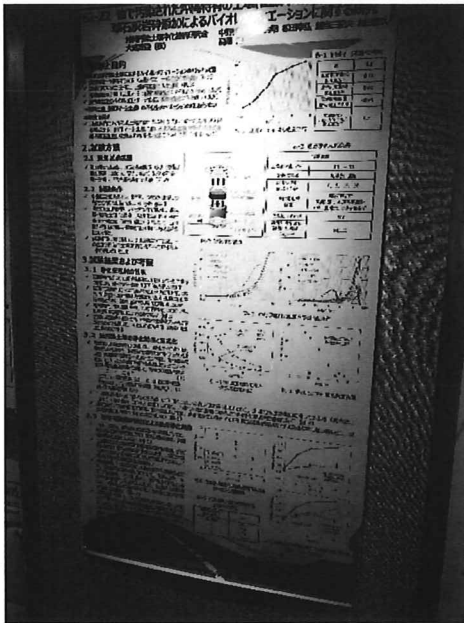
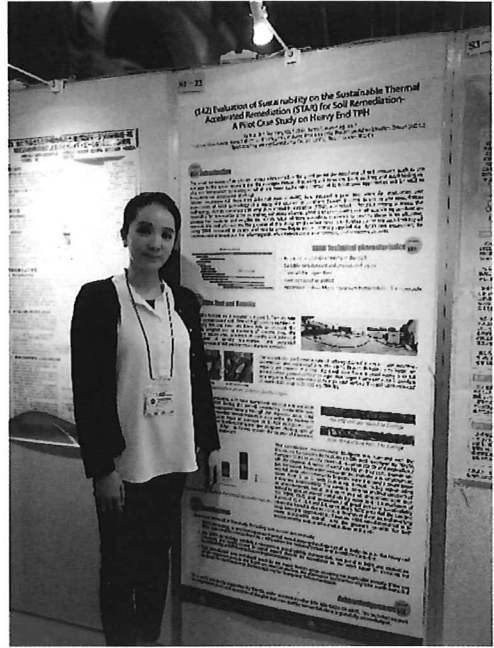
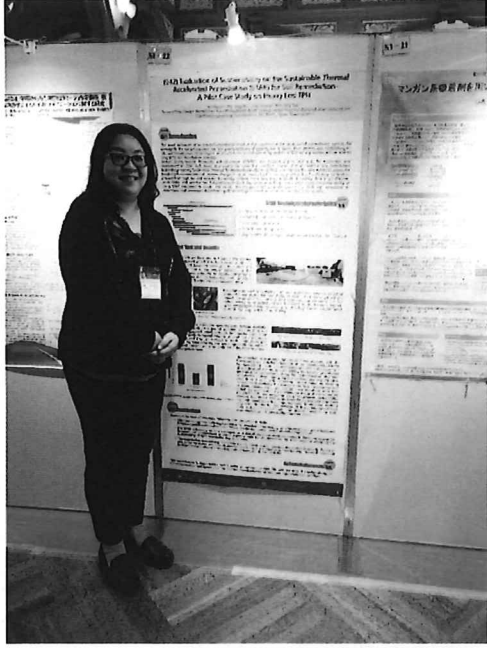


圖 1. 研討會現場情況與發表過程照片

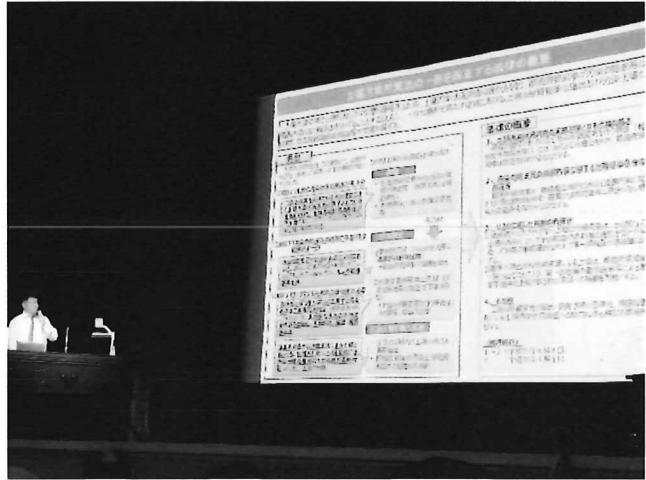


圖 2. 我方代表與日本環境省水原健介先生交流

(二) 拜會日本土壤環境研究中心與 Chemical Grouting 公司：

本次拜會相關組織行程安排兩天在日本東京都，分別在 10 月 10 日拜訪位在東京都千代田區的一般社團法人土壤環境中心，10 月 11 日則是拜訪位於東京都港區的 Chemical Grouting 公司。

1. 拜會一般社團法人土壤環境中心

日本國內隨著從大規模生產，大規模消費和產生大量有害廢棄物的社會體系轉變為注重環保永續的循環型社會，有害物質對土壤和地下水的污染正成為工廠及其土地中存在的主要問題。隨之在某些對土壤和地下水污染問題感興趣的企業主導下，「土壤環境淨化論壇」於 1992 年 12 月成立了。隨後，為了響應各方對土壤和地下水議題的重視和社會需求，促進土壤和地下水污染的整治修復，保護大眾健康和生活環境。這樣的背景也促成了 1996 年 4 月「土壤環境中心」的成立。日本土壤環境中心，不僅針對改善土壤地

下水污染問題處理技術，傳播、普及相關知識，推廣對國內土壤地下水污染回復的業務，保護日本國民及保全生活環境，也會主辦相關領域之研討會、演講或課程及辦理招募相關環保人才的資格考試等。不僅為 2011 年發生日本國內發生的核子災害，於土壤和地下水污染問題浮現產生嚴重問題的現在，持續探求土水調查、處理技術與風險溝通等面向之統一與相互配合機制一直是其追求的目標。透過土壤環境中心技術部部長田澤龍三先生細心地說明介紹，也使我方對其中心之組織、業務內容、活動實績等有深入認識外，雙方也針對兩國國內土壤、地下水污染現況及制度面資訊進行討論與意見交換。（日本土壤污染整治法手冊及日本土壤污染對策基金補助對象說明手冊，請參考附件）



圖 3. 我方代表拜會日本土壤環境中心

2. 拜會 Chemical Grouting 公司

Chemical Grouting 公司自 1963 年創立以來，在這 50 餘年當中經營範圍不僅涵蓋國內社會基礎建設與民間建設計畫也包括許多歷史古蹟保護的地下工程等。代表工程包括：日本東北地區的青函隧道、東京都台場地區開發、羽田及關西機場擴張建築工程等。至於受污染土壤的整治項目，他們也在國內工業廢棄物處理場和工廠等地進行了大量污染調查與整治的工程作業。在土壤與地下水整治技術方面，他們與美國 EOS Remediation 公司共同研發了名為 BioJet 的工法，其是基於水刀切割技術 WaterJet 與氫氣擴散理論組合而成的，它為在土壤地下水整治工程中難以處理的難透水層(黏、粉土)的現

地處理提供了解決方案。BioJet 整治技術透過在黏性土層鑽孔後，利用水刀間歇性地切割出多個(間距約 30 公分極薄的(約 2~3 公分)圓盤狀結構空間，接著注入 EOS 長效釋氫劑使氫氣擴散並刺激活化存在地底之目標微生物以進行整治作業。在他們發表的整治案例中，高濃度 PCE(最高 75mg/L)污染區域案例經過 25 個月後 PCE 與 TCE 已幾乎都被分解，低濃度 1,2-二氯乙烯(最高 0.31mg/L)污染區域案例也約在 1 年後達到整治目標。此工法相較於其他傳統注入工法來說，施工時間短、作用範圍更廣、成本更低。作為地下水長期污染源的整治來說，可以有效處理透水層與難透水層交界處之污染。此次拜會行程，其公司技師長-上澤進先生為我方介紹上述的現地生物整治工法 BioJet，我方代表也同時拜會了公司社長-立和田裕一先生與專務董事-米田國章先生。



圖 4. 我方代表拜會 Chemical Grouting 公司

五、 心得與建議

1. 本次參與之研討會為日本針對有關土壤與地下水污染整治及預防管理之每年最大盛會，參加人數超過 500 人，過去可能限於發表語言與參加者多屬日本國內機構，我國人員參與機會不多。惟透過本次的參加與發表有助於增進日本對於我國技術發展的了解，同時更增進雙方整治技術及管理切磋。同時每年研討會議均有環境省官員參加與發表，有助於我國與日本官方逐步厚植溝通管道，因此建議本署將此項研討會列為日本方面應固定參與之會議，藉以加強台日的交流機會。
2. 市場國際化是未來趨勢，特別是隨著市場逐漸成熟，如何以技術為基礎，向海外拓展市場，會是一項重要的課題，包括日本與我國的土壤與地下水相關市場狀況。因此，為能維持我國於亞太區域的土壤與地下水技術領先地位與技術發展的能量，也可思考學習日本官方與產業界的密切合作關係，與產業攜手推動海外技術輸出。



兒童繪本-水~大人們也不知道的事

附 錄

發表論文

Evaluation of Sustainability on the Sustainable Thermal Accelerated Remediation (STAR) for Soil Remediation- A Pilot Case Study on Heavy End TPH

Weber S.W. Chen¹, Ya-Hui Lin¹, Pey-Yang Wu¹, Chih Huang²

¹ Soil and Groundwater Remediation Fund Management Board, Environmental Protection Administration, Taiwan (R.O.C.)

²InnuFusion Environmental Management Co. Ltd. (IFEM), Taipei, Taiwan (R.O.C.)

1. Introduction

For contaminated soil, *ex-situ* remediation technologies are frequently applied compared to *in-situ* remediation technologies. The trend is rather opposite to groundwater remediation strategy that *in-situ* remediation technologies are used for most of contaminated sites in Taiwan. Partly, it is due to the limited availability of *in-situ* soil remedy options. Consequently, *ex-situ* soil remediation has been the main stream remedy for soil remediation in Taiwan. However, the usual outcomes of *ex-situ* soil remediation result in the question on the good use of soil resource, such as the damage to the nature resource and the appropriateness of treating soil as waste. Thus, seeking and establishing *in-situ* soil remediation technologies which are more sustainable compared to traditional approaches will be vital to long-term soil remediation strategy.

Among the *in-situ* soil remediation technologies, there are few widely applied ones including Soil Vapor Extraction (SVE), *in-situ* solidification, and thermal enhanced remediation. For volatile organic compound (VOC) contamination, SVE and thermal enhanced remediation are frequently employed due to the ease of implementation and effectiveness, in particular for VOCs of lower carbon number. However, there have been legacy sites contaminated with heavy end organic contaminants that are challenging to traditional remedies. Thus, a thermal based *in-situ* remediation technology, namely Sustainable Thermal Accelerated Remediation (STAR), was selected for pilot testing to assess the feasibility for remediation of heavy end organic contaminants. STAR is an energy-efficient self-sustaining combustion process that captures and recycles the energy released from hazardous materials to destroy them in an effective, controllable, and safe manner.¹⁾ The process is sustained by the addition of air through a well to the target treatment zone and is initiated through a short duration, low energy 'ignition event'. Once the process is initiated (ignited), the energy of the reacting contaminants is used to pre-heat and initiate combustion of contaminants in adjacent areas, propagating a combustion front through the contaminated zone in a self-sustaining manner (*i.e.*, no external energy or added fuel input following ignition) provided a sufficient flux of air is supplied. Active control of the combustion front is maintained by the air supply. This efficient recycling of energy is made possible by the presence of the porous matrix (*i.e.*, contaminated aquifer) that is being remediated. STAR is a technology which employs thermal destruction of contaminant instead of thermally enhanced desorption. This characteristic enables STAR to be one of the better choices for *in-situ* remediation of organic contaminants, especially for heavy end petroleum contamination.

Taiwan Environmental Protection Administration (TWEPA) has initiated a pilot test work for evaluation and assessment of STAR technology at a legacy site located at southern Taiwan. The site was found contaminated with TPH of high carbon number in the early 90s and have not been able to conduct the remedy program due to numbers of reasons (*e.g.*, the depth of source area, condition of vicinity, and potential high cost of *ex-situ* remediation, and potential ineffectiveness of SVE and thermal enhanced remedy). The pilot test site conditions are illustrated in Figure 1.

The complete report with respect to the pilot test results and analysis can be found elsewhere²⁾. The purpose of this study, on the other hand, is to further assess the sustainability of using STAR compared to *in-situ* and *ex-situ* technologies more generally applied (*i.e.*, ISCO and excavation) to understand and to evaluate the advantage/disadvantage in social, environment, and economic aspects. Also, this study assessed the potential of STAR technologies as a Green and Sustainable Remediation (GSR) option.

Evaluation of Sustainability on the Sustainable Thermal Accelerated Remediation (STAR) for Soil Remediation- A Pilot Case Study on Heavy End TPH

Weber S.W. Chen¹, Ya hu Lin¹, Pey-yang Wu¹, Chih Huang² (¹TWEPA, ²IFEM)

Contact information: 8-4 FL., No. 16, Sec. 5, Nan-Jin E. Rd., Taipei 115, Taiwan (R.O.C)

TEL +886-02-2766-6808 FAX +886-02-2766-6809 E-mail chih.huang@ifem.com.tw

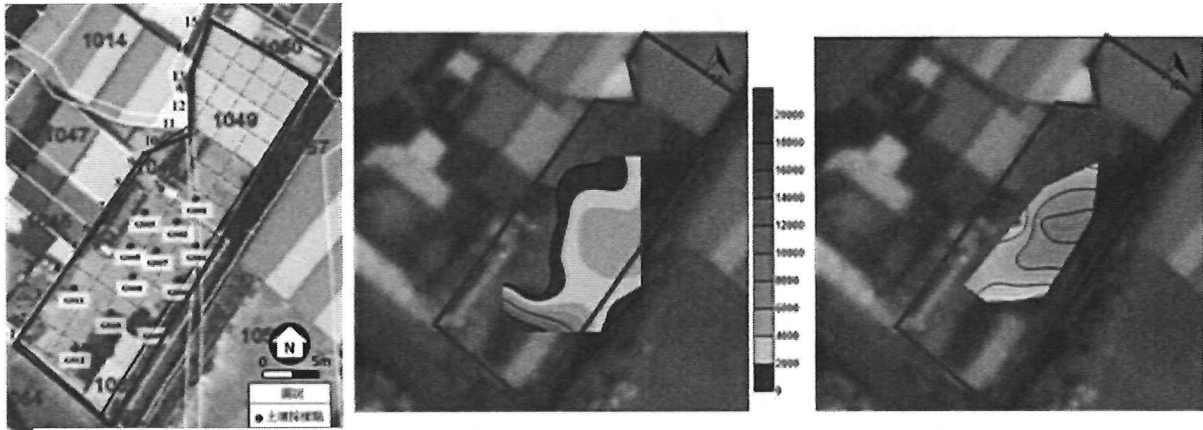


Figure 1 The TPH Concentrations at two different depths ranges

Table 1 The TPH Concentrations at Different Depth

Sampling Points	Depth (m bgs)	TPH C6-C9 (mg/kg)	TPH C10-C40 (mg/kg)	TPH C6-C40 (mg/kg)	Sampling Points	Depth (m bgs)	TPH C6-C9 (mg/kg)	TPH C10-C40 (mg/kg)	TPH C6-C40 (mg/kg)
GS01	0.5-1.0	ND	ND	ND	GS07	2.5-3.0	<10(7.62)	4,570	4,580
	3.0-3.5	<10(4.10)	634	638		6.5-7.0	ND	ND	ND
GS02	2.5-3.0	45.1	986	1,030	GS08	2.5-3.0	175	2,520	2,690
	4.5-5.0	31.6	1,590	1,620	GS08	5.0-5.5	412	7,850	8,260
GS03	3.0-3.5	26.7	1,270	1,300	GS09	2.5-3.0	28.2	3,210	3,240
	6.5-7.0	181.0	2,120	2,300	GS09	4.0-4.5	46.8	6,260	6,300
GS04	2.5-3.0	99.9	4,150	4,250	GS10	2.5-3.0	63.6	1,990	2,050
	4.0-4.5	46.8	3,040	3,080	GS10	5.0-5.5	<10(7.98)	<150(141)	<160(149)
GS05	2.5-3.0	11.5	<150(123)	<160(135)	GS11	4.5-5.0	41.9	432	474
	4.5-5.0	527	7,730	8,260	GS11	6.5-7.0	<10(5.65)	436	442
GS06	4.5-5.0	<10(4.23)	<150(71.6)	<160(75.8)	GS12	1.5-2.0	352	18,500	18,900
	8.0-8.5	ND	<150(140)	<160(144)		4.0-4.5	198	4,380	4,570

2. Method

2.1 Pilot Test Setup

The pilot test area was setup as a 15 m by 15 m where high TPH concentrations were found at 4.0~5.5 m bgs. Although there was high TPH concentrations found in shallow range, the advantage of STAR can be demonstrated for deeper soil contamination. Thus, a deeper contamination area was selected for the pilot test. Within the area, ignition points, vapor extraction point, and vapor monitoring points were implemented. To monitor the temperature profile in the subsurface, 20 sets of thermal couples (TC) were assembled to monitor 6 different depths at each location. Supporting systems include control system, which control the air flow and pressure based on the temperature profile, monitoring system, and aire extraction system. The layout and is shown in Figure 2.

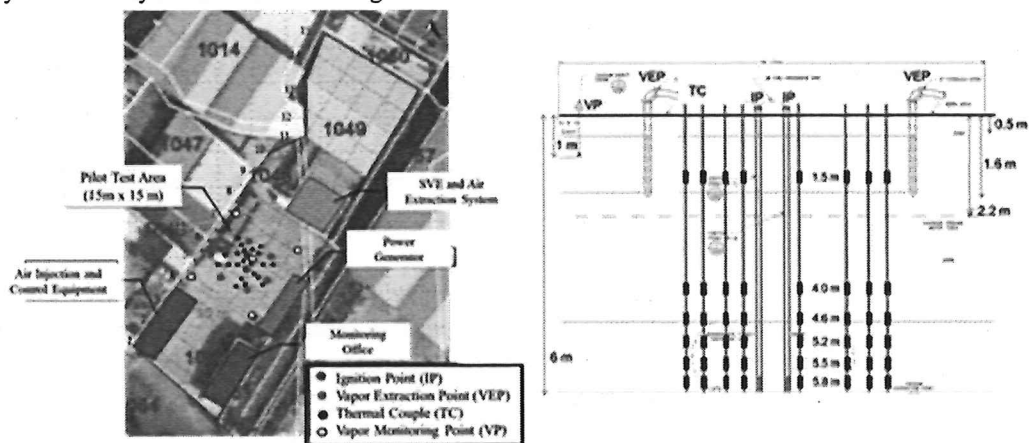


Figure 2 The Layout of the Pilot Test Site

2.2 Data Compilation

For assessing the effectiveness and the consequent GSR related characteristics, various data needed were collected and compiled. The testing data sets used include:

- Continuous monitoring of CO₂, CO, and VOC concentrations in extracted air before and after the SVE system;
- Continuous monitoring of temperature at all TCs and the corresponding injection air pressure and flow;
- Periodically monitoring of diesel fuel consumed during the test period;
- TPH concentrations in the soil at the influenced area before and after the pilot test.

2.3 GSR Assessing Protocol and Tool

The remediation environmental footprint was assessed with the GSR protocol developed by TWEPA. The protocol define the assessment methodology for energy, water, and carbon dioxide footprints. The formulas used in the protocol are listed as in Table 2. A web-based GSR assessment platform implemented by TWEPA was used for the calculation.

Table 2 The Formulas for GSR Assessment by TWEPA

Item	Formula
Raw Material	weight of the raw material (kg) × emission coefficient per unit weight ($\frac{\text{kg emission}}{\text{kg}}$) = environmental footprint emission (kg)
Equipment	<p>A. Fuel consumption</p> <p>(1) Drilling Operating time (hours) × fuel used per hour × emission coefficient per unit volume ($\frac{\text{kg}}{\text{Liter}}$) = environmental footprint emission (kg)</p> <p>(2) Other equipment Horse power (HP) × operating time (hours) × BSFC ($\frac{\text{Liters}}{\text{HP-hour}}$) × partial load factor (%) × emission coefficient unit fuel used ($\frac{\text{kg}}{\text{Liter}}$) = environmental footprint emission (kg)</p> <p>B. Electricity Power consumed (kWh) = $\frac{\text{HP} \times \text{full load}}{\text{Efficiency}}$ Power consumed (kWh) × electricity coefficient ($\frac{\text{kg}}{\text{kWh}}$) = environmental footprint emission (kg)</p>
Transportation	<p>A. Ground Distance (km) × $\text{pkpl}(\frac{\text{kilometers}}{\text{Liter}})$ × emission coefficient unit fuel used ($\frac{\text{kg}}{\text{Liter}}$) = environmental footprint emission (kg) Distance (kilometer) × number of persons (passenger) × $\text{pkpl}(\frac{\text{passenger-kilometers}}{\text{Liter}})$ × emission coefficient unit fuel used ($\frac{\text{kg}}{\text{Liter}}$) = environmental footprint emission (kg)</p> <p>B. Air, Sea, and Railway Person mile traveled (passenger- kilometer) × emission per person mile traveled ($\frac{\text{kg}}{\text{passenger-kilometer}}$) = environmental footprint emission (kg) Weight mile traveled (ton- kilometers) × emission per weight mile traveled ($\frac{\text{kg}}{\text{ton-kilometers}}$) = environmental footprint emission (kg)</p>
Waste Disposal	Weight of waste (ton) × emission coefficient per unit weight ($\frac{\text{kg}}{\text{ton}}$) = environmental footprint emission (kg)
Water Used and Wastewater Treatment	Weight of waste water (ton) × emission coefficient per unit weight ($\frac{\text{kg}}{\text{ton}}$) = environmental footprint emission (kg)
Laboratory Analysis	Lab operation cost (\$) × emission per dollar of lab analysis ($\frac{\text{kg}}{\$}$) × market price correction factor = environmental footprint emission (kg)

3. Results and Discussion

3.1 Effectiveness Assessment

The TPH concentrations at the test area are compiled and listed in Table 3. The sampling point within the radius of influence of the smoldering mechanism suggested the TPH removal can be ranged from 58.4% to near 100% where most of the removal can reach >95%. The discrepancy among the removal could be due to the heterogeneous setting of the geology. Since the travel distance of the heating front depends on the transportation of the injected air, the less permeable geological condition (e.g., clay lens) can reduce the travel distance within a time period. Nevertheless, the smoldering mechanism can general remove heavy end TPH once the heat front can pass through or reach the targeted area. Also, the targeted depth was designed for 4.0 to 5.5 m bgs and the removal was to a satisfactory at the particular target range. The results indicated the influence depth or thickness can be around 4.0–5.75 m. That is, the heat front can be vertically transported with additional 10 to 15% in terms of influenced thickness. Therefore, the test results showed the good control of smoldering and the STAR can remove over 90% of heavy end TPH in general. It is worth to note that the operation of the system was less than 72 hours. This demonstrated the short remediation time cost benefit of STAR technology in remediation of contaminated soil.

Table 3 The TPH Concentrations Before and After the Pilot Test

ROI	Before Test			After Test			Removal (%)
	Sample Point	Depth (m)	TPH C6-C40 (mg/kg)	Sample Point	Depth (m)	TPH C6-C40 (mg/kg)	
≈1ft (East)	IP-1	-	-	S11	1.0-1.5	12,600	-
		4.8-5.0	ND		4.5-5.0	2,370	0%
		-	-		5.0-5.25	ND	-
		5.3-5.5	21,566		5.25-5.5	333	98.4%
		5.5-5.75	3,221		5.5-6.0	ND	100%
≈1ft (South)	IP-1	-	-	SP01	4.0-4.5	700	-
		4.8-5.0	ND		-	-	-
		-	-		-	-	-
		5.3-5.5	21,566		5.0-5.5	198	99.1%
		5.5-5.75	3,221		-	-	-
≈1ft (West)	IP-1	-	-	S12	1.0-1.5	9,970	-
		4.8-5.0	ND		4.5-5.0	ND	-
		-	-		5.0-5.25	ND	-
		5.3-5.5	21,566		5.25-5.5	553	97.4%
		5.5-5.75	3,221		5.5-6.0	ND	100%
≈1ft (North)	IP-1	-	-	SP02	4.0-4.5	267	-
		4.8-5.0	ND		-	-	-
		-	-		-	-	-
		5.3-5.5	21,566		5.0-5.5	ND	100%
		5.5-5.75	3,221		-	-	-
≈4ft (South)	TC-5	-	-	S07	0.5-1.0	10,100	-
		4.55-4.75	31,427		-	-	-
		5.20-5.40	24,939		5.0-5.5	896	94.2%
≈4ft (West)	TC-6	-	-	S10	1.0-1.5	31,600	-
		5.25-5.40	28,373		5.0-5.5	11,800	58.4%
		5.60-5.80	1,185		-	-	-

3.2 GSR Assessment for STAR Pilot Test

The GSR assessment of the STAR pilot test was conducted using the GSR platform implemented by TWEPA³⁾. The assessment was divided into three phases: (1) site investigation, (2) remediation, and (3) verification. The results with respect to environmental aspect are shown as in Figures 3. In the site investigation phase, the laboratory analysis is the main footprint contributor in environmental footprint. The transportation comes next due to the sampling action. In the remediation phase, the main contributor is the equipment followed by raw material. Thus, the operation of the remediation system (e.g., air compressor, SVE system, heater) is the most significant footprint contributor and it should be considered as the place of priority to implement better practice and management measure. On the other hand, the raw material footprint was a result of using special materials (e.g., stainless steel and cast iron) for ignition point (IP) and vapor extraction point (VEP). The usual material for air extraction in a SVE system is PVC while the STAR setup required materials that can sustain high temperature. Therefore, high environmental footprint in raw material category was found. Finally, the verification phase is similar to site investigation that laboratory analysis is the main environmental footprint contributor. It is not surprised since site investigation and verification are both related to sampling and monitoring. The result suggests the potential improvement of best management practice can focus on the remediation phase.

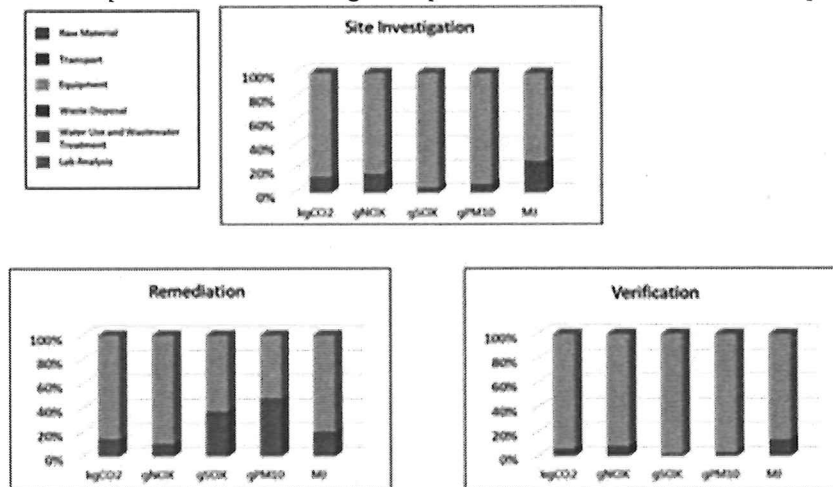


Figure 3 GSR Assessment for STAR (smoldering)

3.3 The Comparison with Alternative Remediation Technologies

With the similar scale of test area, the alternative remediation technologies were evaluated for their sustainability using the GSR platform. The alternative remediation technologies were in-situ chemical oxidation and excavation-and-disposal. The evaluation included environmental, economical, and social aspects that are normalized to a ranking system in the GSR platform. The result is shown in Figure 4. The STAR has the highest total score among the technologies evaluated while ISCO has the lowest. However, excavation/disposal has advantage over STAR and ISCO in social aspect. Part of the reason is that area was adjusted to the actual radius of influence in the pilot test and the much smaller area led to shorter remediation time and less influence on the vicinity resident. The main causes for STAR to stand out in the environment and economical aspects might be less energy (or fuel) used and the collateral benefit in the social aspect (e.g. job creation)

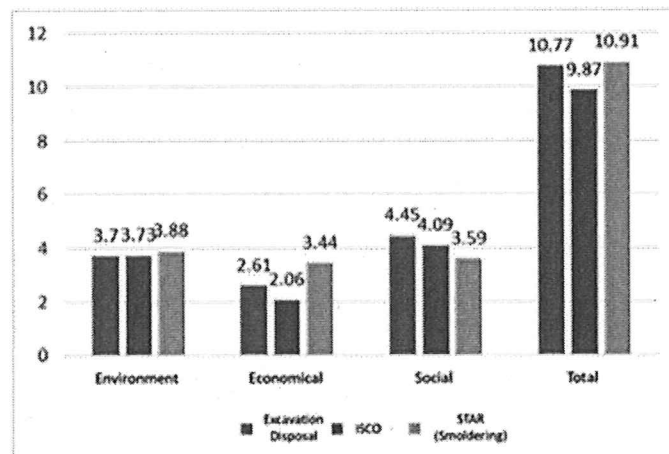


Figure 4 Comparison of Sustainability Scores among STAR and Alternative Remediation Technologies

From the outcomes of the comparison, the best management practices (BMPs) for STAR technology application were proposed as follows:

- o Raw material: use of regenerated activated carbon for SVE off-gas treatment;
- o Project management: reuse of ignition wells, thermal couples, equipment, and various wells as well as implement noise reduction measures;
- o Energy and power: use land line power in place of diesel generator;

4. Conclusions

Based on the result of this study, following conclusions can be made:

1. STAR technology or smoldering based thermal remediation technology can effectively clean up the heavy end TPH in soil and the removal can be > 90% within the radius of influence of smoldering reaction;
2. The STAR technology exhibits a competitive sustainability characteristic compared to ISCO and excavation. However, the improvement in social aspect should be considered as the main target in elevating the sustainability of STAR remediation implementation;
3. The remediation area and depth could be the major factors when selecting the applicable remedy. If the size of the treatment area or the depth are small or shallow, the alternative approaches might be worth evaluated in detail for clarification of the best options for heavy end TPH remediation..

Acknowledgements

This work was partly supported by TWEPA under contract number EPA-106-GA13-03-A078. The technical support for implementation and operation of the pilot test provided by Savron Solutions is gratefully acknowledged.

References

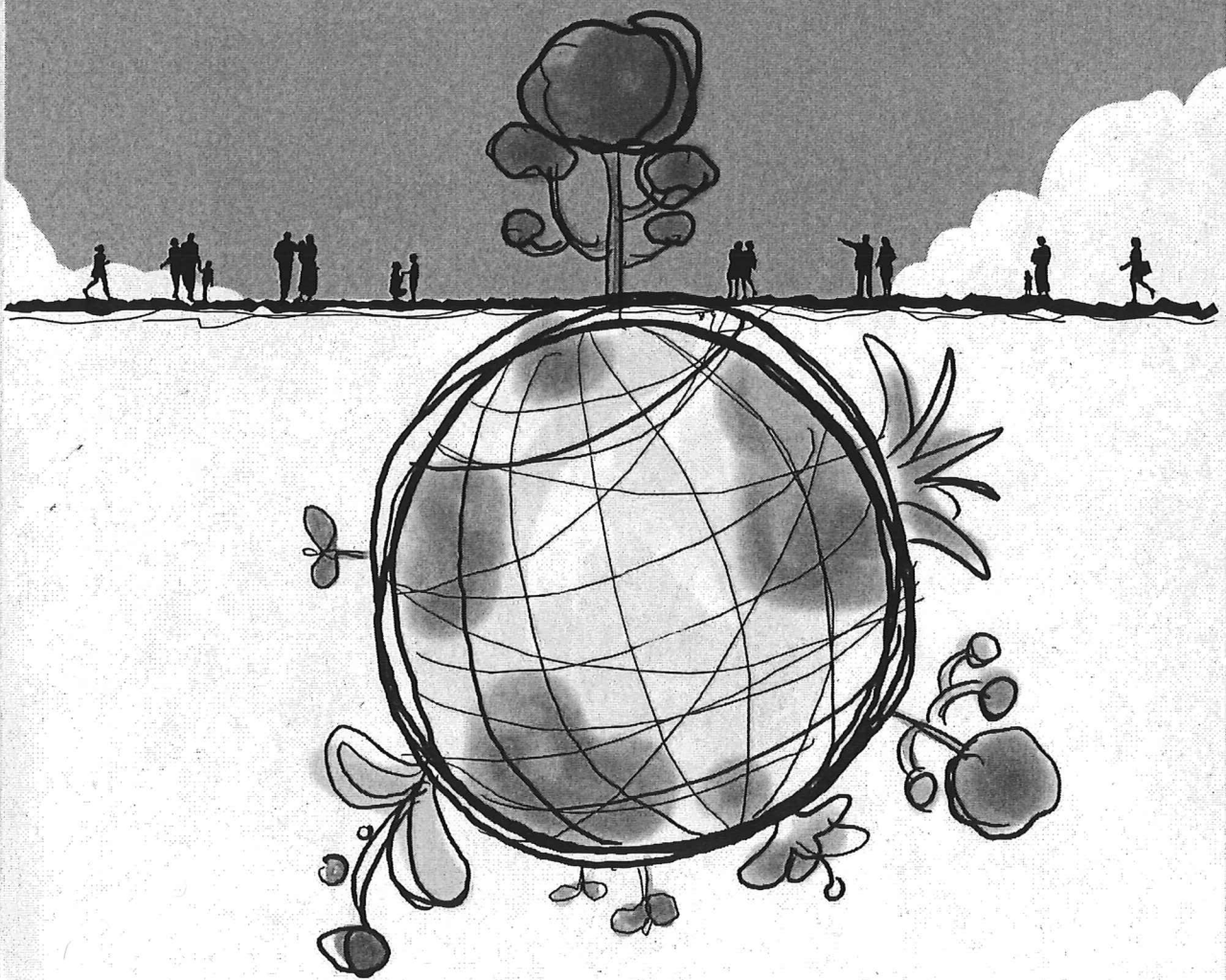
- 1.Savron (2016) Smoldering Solution General Overview (www.savronsolutions.com/images/pdf/Savron-General-Overview.pdf)
- 2.TWEPA (2018) Screening Technologies of Priority in Soil and Groundwater Contamination Investigation and Remediation and Related Pilot Testing Study, EPA-106-GA13-03-A078, Environmental Protection Administration, Taipei, Taiwan (R.O.C.).
- 3.TWEPA(2015) Green and Sustainable Remediation Platform (https://gsr.epa.gov.tw/gsr_public/EN/Default.aspx).

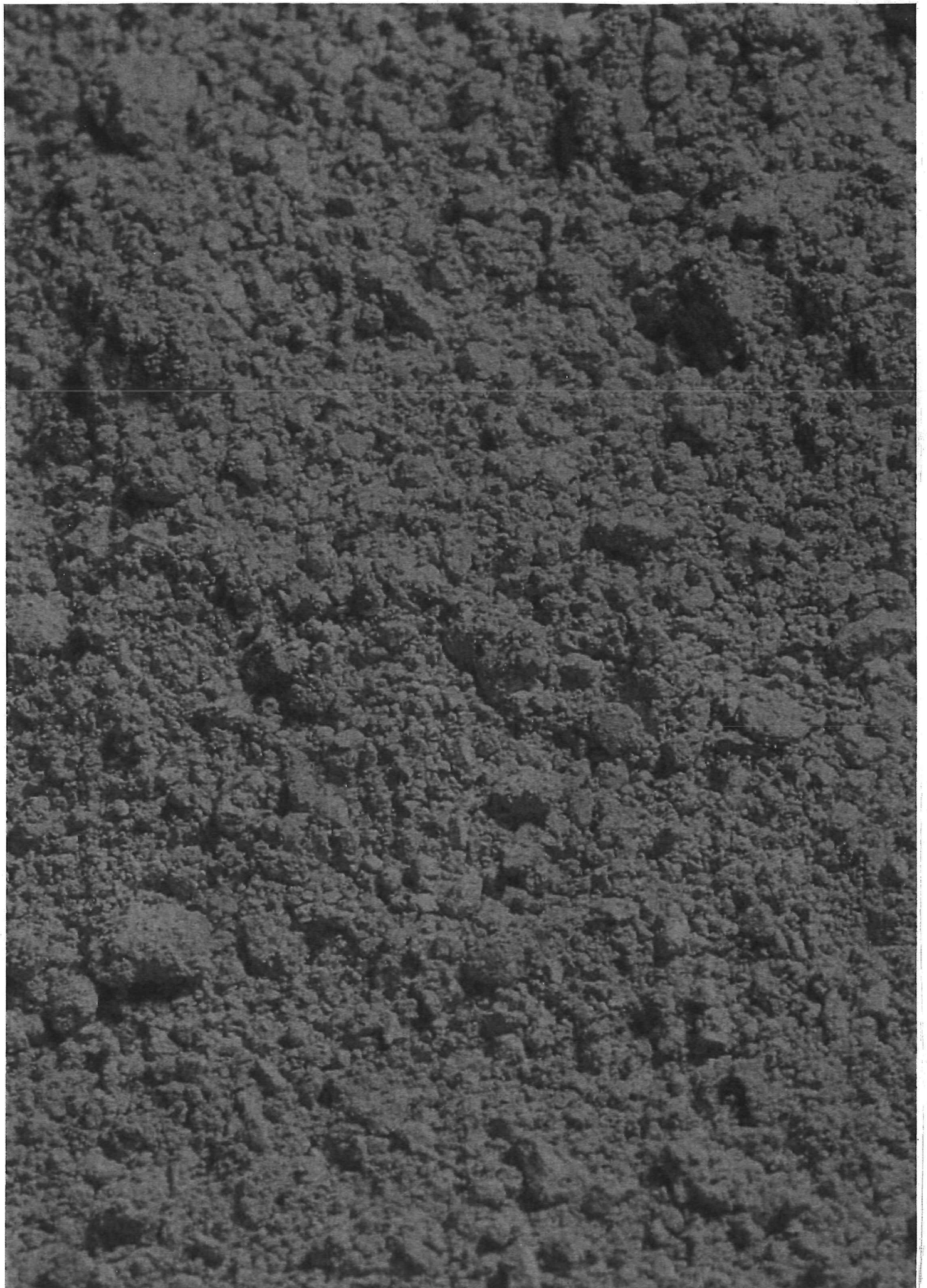
附 錄

日本土壤汚染整治法手冊

土壌汚染対策法

の しくみ





土壌汚染対策法 のしくみ

C O N T E N T S

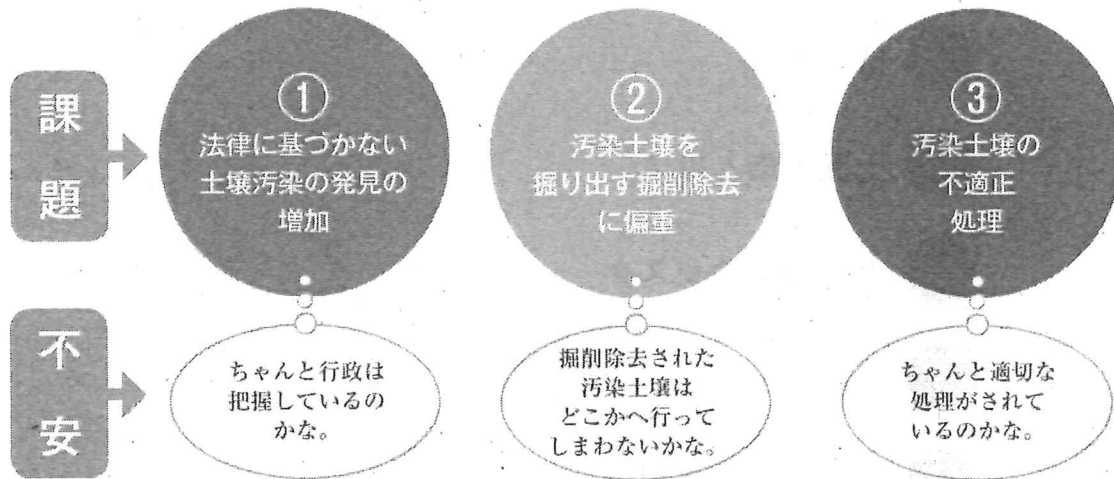
1	はじめに	4
2	土壌汚染とは？	5
3	土壌汚染のリスク	7
4	土壌汚染対策法の概要	8
5	財政的な支援制度について	17
6	土壌汚染対策法がよく分かる10の言葉	18
7	土壌汚染対策法Q&A	21
8	関係資料	23
9	お問い合わせ先	24

1

はじめに

このパンフレットでは、土壤汚染対策法（平成14年法律第53号）の考え方としくみについて説明しています。土壤汚染対策法は、土地の土壤汚染を見つけるための調査や、汚染が見つかったときにその汚染によって私たちの健康に悪い影響が生じないように土壤汚染のある土地の適切な管理の仕方について定めている法律です。

平成14年に土壤汚染対策法が成立してから、世の中で土壤汚染に対する関心は高まり、いろいろな課題が明らかになりました。



そこで、これらの課題の解決に向け、①調査のきっかけを増やす、②健康リスクの考え方を理解してもらう、③汚染土壤をきちんと処理してもらう、ことを目的として、平成21年4月に土壤汚染対策法の改正法が成立し、平成22年4月から改正法が施行されました。

その後、法の施行状況及び見直しの検討が行われ、土壤汚染に関する適切なリスク管理を推進するため、平成29年5月19日に土壤汚染対策法の一部を改正する法律が公布され、第1段階が平成30年4月1日に施行され、第2段階は平成31年4月1日に施行されました。

土壤汚染対策法の歩み

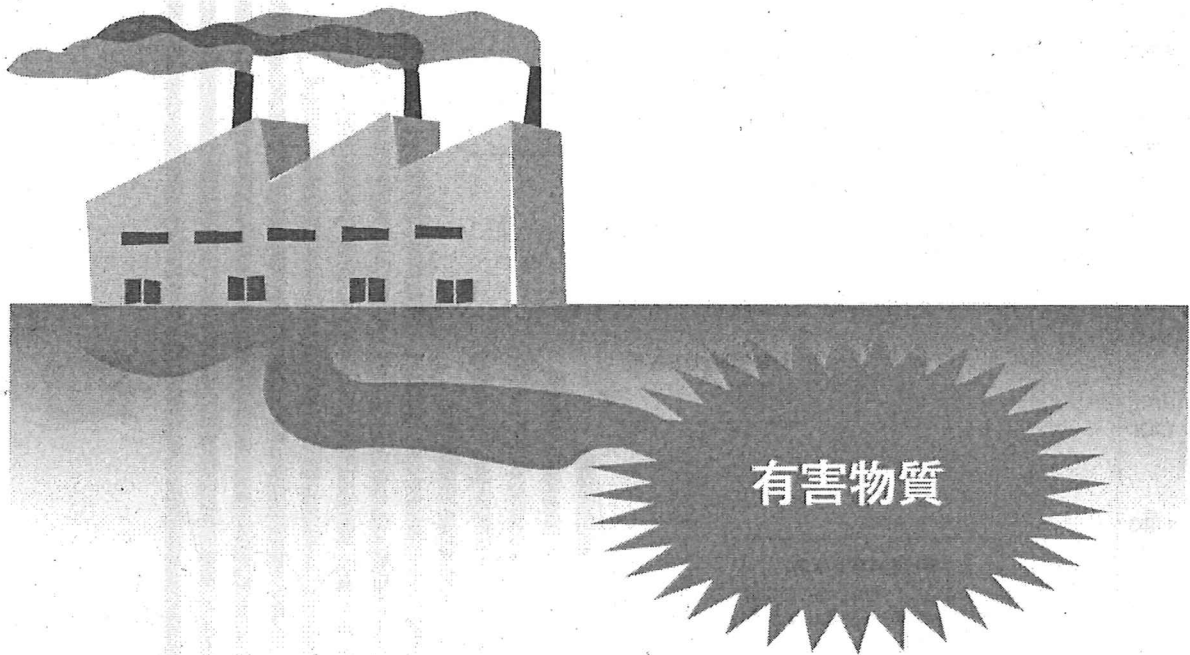


2

土壌汚染とは？

土壌は、水や空気と同じように、私たち人間を含んだ生き物が生きていく上で、なくてはならないものです。土壌は、地中にある生き物が生活する場であり、土壌に含まれる水分や養分が、私たちの口にする農作物を育てます。

土壌汚染とは、こういった働きを持つ土壌が人間にとって有害な物質によって汚染された状態をいいます。原因としては、工場の操業に伴い、原料として用いる有害な物質を不適切に取り扱ってしまったたり、有害な物質を含む液体を地下にしみ込ませてしまったりすることなどが考えられます。また、土壌汚染の中には、人間の活動に伴って生じた汚染だけではなく、自然由来で汚染されているものも含まれます。

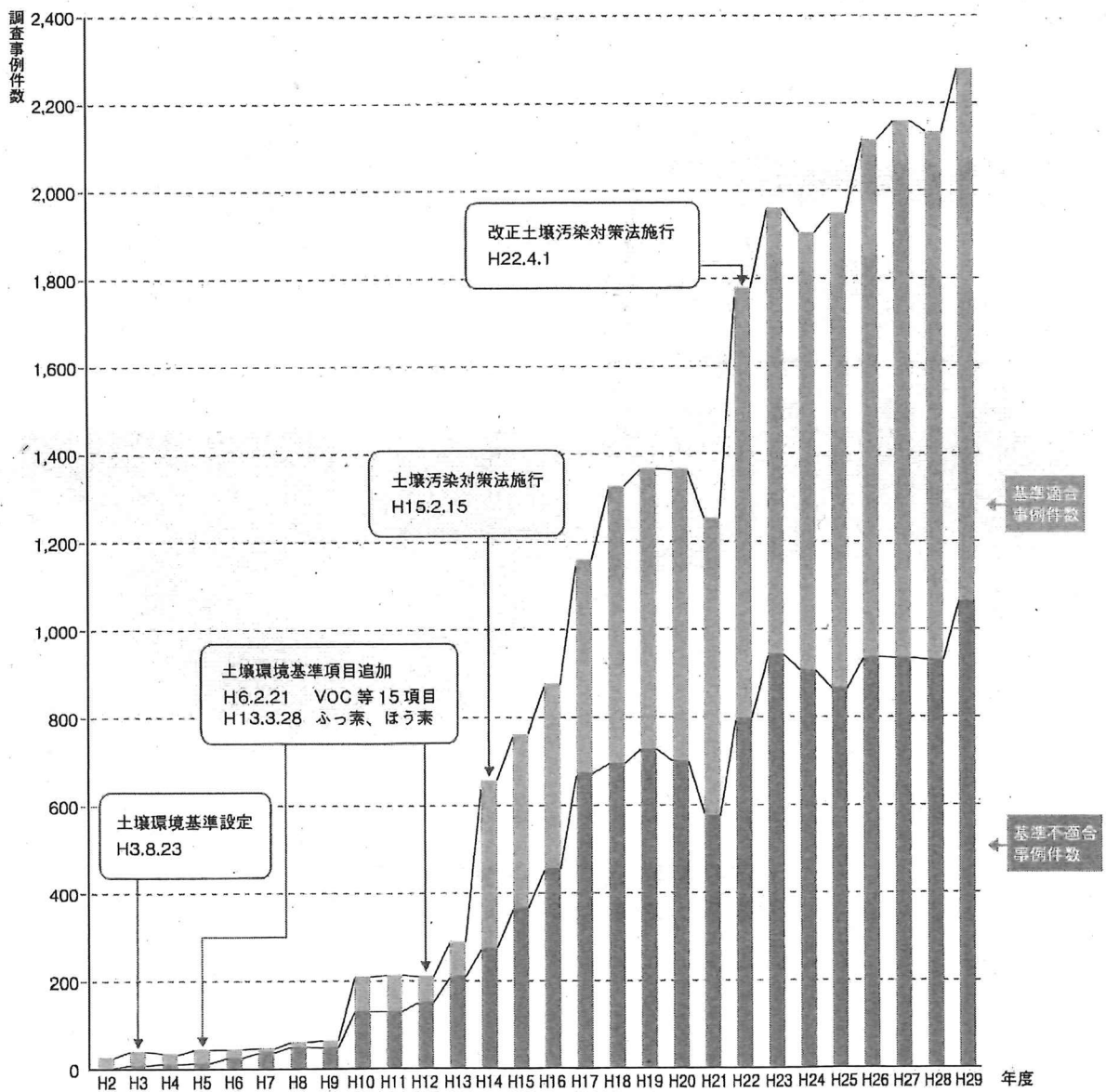


人間の活動などによって生じた有害物質が土の中にたまっている。

2 土壌汚染とは？

都道府県等が把握した土壌汚染の調査の件数は年々増えており、土壌汚染が見つかる件数も増えていきます。

年度別の土壌汚染判明事例件数



(出典) 「平成29年度土壌汚染対策法の施行状況及び土壌汚染調査・対策事例等に関する調査結果」

3

土壌汚染のリスク

土壌汚染があっても、すぐに私たちの健康に悪い影響があるわけではありません。土壌汚染対策法では、土壌汚染による健康リスクを以下の2つの場合に分けて考えています。

①地下水等経由の摂取リスク

土壌に含まれる有害物質が地下水に溶け出して、その有害物質を含んだ地下水を口にするによるリスク

例 土壌汚染が存在する土地の周辺で、地下水を飲むための井戸や蛇口が存在する場合。



②直接摂取リスク

土壌に含まれる有害物質を口や肌などから直接摂取することによるリスク

例 子どもが砂場遊びをしているときに手に付いた土壌を口にする、風で飛び散った土壌が直接口に入ってしまう場合。



土壌汚染対策法は、これらの健康リスクをきちんと管理するために作られました。同法では、①地下水等経由の摂取リスクの観点からすべての特定有害物質について土壌溶出量基準が、②直接摂取リスクの観点から特定有害物質のうち9物質について土壌含有量基準が設定されています(23ページ「**⑧** 関係資料」参照)。

土壌汚染に関する問題とは、土壌汚染が存在すること自体ではなく、土壌に含まれる有害な物質が私たちの体の中に入ってしまう経路(摂取経路)が存在していることです。この経路を遮断するような対策を取れば、有害な物質は私たちの体の中に入ってくることはなく、土壌汚染による健康リスクを減らすことができます。つまり、土壌汚染があったとしても、摂取経路が遮断され、きちんと健康リスクの管理が出来ていれば、私たちの健康に何も問題はありません。

4

土壌汚染対策法の概要

目的

土壌汚染の状況の把握に関する措置及びその汚染による人の健康被害の防止に関する措置を定めること等により、土壌汚染対策の実施を図り、もって国民の健康を保護する。

制度

調査

- ①有害物質使用特定施設の使用を廃止したとき（法第3条）
 - 操業を続ける場合には、一時的に調査の免除を受けることも可能（法第3条第1項ただし書）
 - 一時的に調査の免除を受けた土地で、900㎡以上の土地の形質の変更を行う際には届出を行い、都道府県知事等の命令を受けて土壌汚染状況調査を行うこと（法第3条第7項・第8項）
- ②一定規模以上の土地の形質の変更の届出の際に、土壌汚染のおそれがあると都道府県知事等が認めるとき（法第4条）
 - 3,000㎡以上の土地の形質の変更又は現に有害物質使用特定施設が設置されている土地では900㎡以上の土地の形質の変更を行う場合に届出を行うこと
 - 土地の所有者等の全員の同意を得て、上記の届出の前に調査を行い、届出の際に併せて当該調査結果を提出することも可能（法第4条第2項）
- ③土壌汚染により健康被害が生ずるおそれがあると都道府県知事等が認めるとき（法第5条）

- ④自主調査において土壌汚染が判明した場合に土地の所有者等が都道府県知事等に区域の指定を申請できる（法第14条）

①～③においては、土地の所有者等が指定調査機関に調査を行わせ、結果を都道府県知事等に報告

土壌の汚染状態が指定基準を超過した場合

汚染土壌の搬出等に関する規制

- 要措置区域及び形質変更時要届出区域内の土壌の搬出の規制（法第16条、第17条）（事前届出、計画の変更命令、運搬基準の遵守）
- 汚染土壌に係る管理票の交付及び保存の義務（法第20条）
- 汚染土壌の処理業の許可制度（法第22条）

区域の指定等

○要措置区域（法第6条）

汚染の摂取経路があり、健康被害が生ずるおそれがあるため、汚染の除去等の措置が必要な区域

- 土地の所有者等は、都道府県知事等の指示に係る汚染除去等計画を作成し、確認を受けた汚染除去等計画に従った汚染の除去等の措置を実施し、報告を行うこと（法第7条）
- 土地の形質の変更の原則禁止（法第9条）

○形質変更時要届出区域（法第11条）

汚染の摂取経路がなく、健康被害が生ずるおそれがないため、汚染の除去等の措置が不要な区域（摂取経路の遮断が行われた区域を含む）

- 土地の形質の変更をしようとする者は、都道府県知事等に届出を行うこと（法第12条）

その他

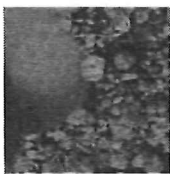
- 指定調査機関の信頼性の向上（指定の更新、技術管理者*の設置等）（法第32条、第33条）
- 土壤汚染対策基金による助成（汚染原因者が不明・不存在で、費用負担能力が低い場合の汚染の除去等の措置への助成）（法第45条）

(※)指定調査機関は技術管理者を置く必要があり、この者の指導・監督の下、調査を実施する。技術管理者は国家試験に合格し一定の実務経験を有する必要があり、資格更新のため更新講習を修了することが必要

4 土壤汚染対策法の概要

土壤汚染対策法の目的は、土壤汚染による人の健康被害を防止することです。この目的を達成するために、同法では、土壤汚染を見つけ(調査のきっかけ及び方法)、公に知らせ(区域の指定及び公示)、健康被害が生じるおそれがある土地は汚染の除去等の措置を行い、健康被害が生じないような形で管理していく(形質変更時及び搬出時の事前届出等)しくみを定めています。

以下、それぞれどのような制度になっているかについて見ていきましょう。



土壤汚染状況調査のきっかけ

土壤汚染対策法においては、次の(1)～(3)の場合に土壤の汚染について調査し、都道府県知事等に対して、その結果を報告する義務が生じます。

(1) 有害物質使用特定施設(※)の使用の廃止時<法第3条>

- 使用が廃止された有害物質使用特定施設の土地の所有者、管理者又は占有者(以下「所有者等」という。)に調査義務が発生します。
 - 土地の利用の方法からみて土壤汚染による健康被害が生ずるおそれがないと都道府県知事等の確認を受けた場合には、調査義務が一時的に免除されます(利用の方法が変更され、当該確認が取り消された場合には、再度調査義務が発生します)。
- ※有害物質使用特定施設…水質汚濁防止法第2条第2項の特定施設であって、特定有害物質をその施設において、製造し、使用し、又は処理するもの
- 調査義務が一時的に免除された土地において、900㎡以上の土地の形質の変更をする場合には、土地の所有者等は、都道府県知事等に対して、あらかじめ届出をする義務が発生し、土地の所有者等に土壤汚染状況調査の実施命令が発出されます。

(2) 一定規模以上の土地の形質の変更の届出の際に、土壤汚染のおそれがあると都道府県知事等が認めるとき<法第4条>

- 一定規模(※1)以上の土地の形質の変更を行おうとする者には、都道府県知事等に対して、土地の形質の変更に着手する30日前までに届出をする義務が発生します。
- この場合、環境省令で定める方法により、土地所有者等の全員の同意を得て、指定調査機関に調査を行わせ、その結果を併せて都道府県知事等に提出することができます。

- 届出があった土地について、都道府県知事等が土壤汚染のおそれ(※2)があると認めるときは、土地の所有者等に、土壤汚染状況調査の実施命令が発出されます。

※1 一定規模…3,000㎡(ただし、現に有害物質使用特定施設が設置されている土地にあっては900㎡)

※2 土壤汚染のおそれ…以下の基準に該当する土地かどうかを、行政が保有している情報により判断します(規則第26条各号)。

- ①特定有害物質による汚染が土壤溶出量基準又は土壤含有量基準に適合しないことが明らかである土地
- ②特定有害物質が埋められ、飛散し、流出し、地下に浸透した土地
- ③特定有害物質を製造・使用・処理している土地又はしていた土地
- ④特定有害物質が貯蔵・保管されている土地又はされていた土地
- ⑤その他②から④までと同等程度に特定有害物質によって汚染されているおそれがあると認められる土地

(3) 土壤汚染により健康被害が生ずるおそれがあると都道府県知事等が認めるとき<法第5条>

- 都道府県知事等が健康被害のおそれがあると認めるときは、土地の所有者等に土壤汚染状況調査の実施命令が発出されます。

自主的な土壤汚染の調査等を 基にした区域指定の申請について

土壤汚染対策法においては、上記(1)～(3)までの調査のほか、自主的に調査した土壤汚染の調査等を基にして、都道府県知事等に次頁の区域の指定を任意に申請することができます(法第14条)。ただし、法第4条第2項の規定による土壤汚染状況調査の結果の提出があった土地は除きます。

<申請の条件>

- 公正かつ公定法により実施された調査結果であることが必要です。
- 申請を行おうとする土地に複数の所有者等がいる場合は、その全員の合意を得ていることが必要です。
- 土壤汚染が明らかである場合などにおいて調査を省略して区域の指定を申請することも可能です。

4 土壌汚染対策法の概要

区域の指定について

都道府県知事等は、土壌汚染状況調査の結果報告を受けたとき、報告を受けた土地を、以下のとおり健康被害のおそれの有無に応じて、要措置区域又は形質変更時要届出区域（以下「要措置区域等」という。）に指定します。

(1) 要措置区域

土壌汚染状況調査の結果、汚染状態が土壌溶出量基準又は土壌含有量基準に適合せず、土壌汚染の摂取経路がある区域です。

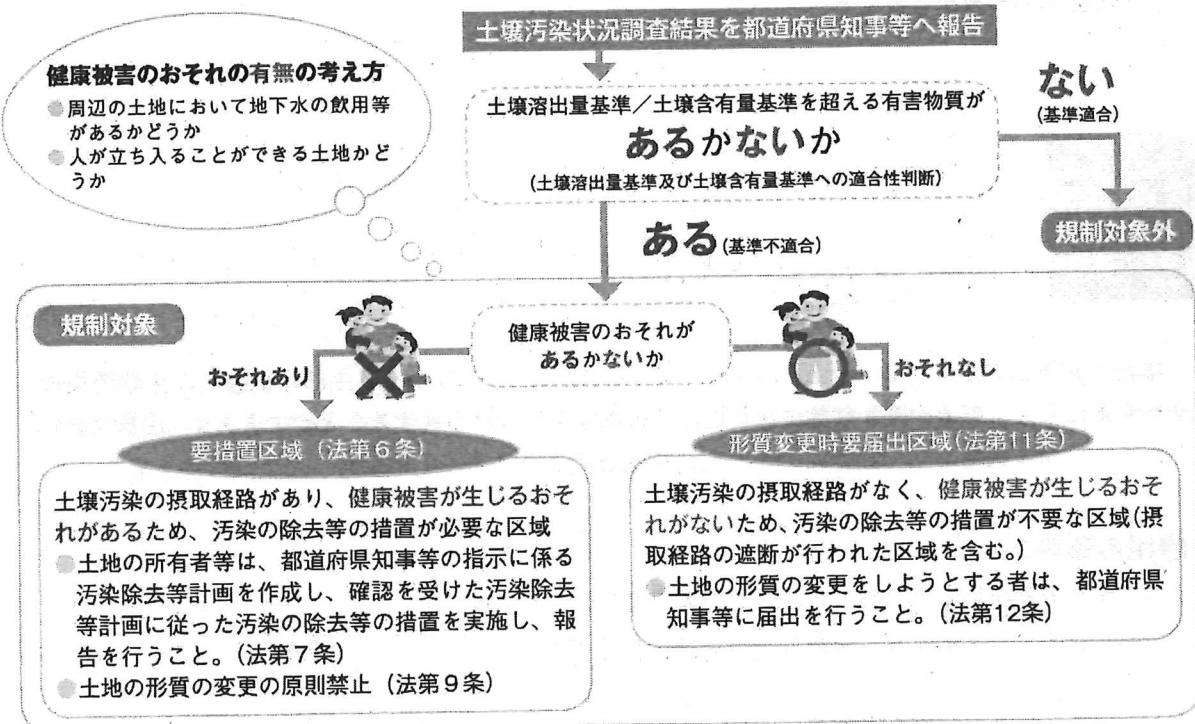
健康被害が生ずるおそれがあるため、汚染の除去等の措置が必要です。

(2) 形質変更時要届出区域

土壌汚染状況調査の結果、汚染状態が土壌溶出量基準又は土壌含有量基準に適合せず、土壌汚染の摂取経路がない区域です。

健康被害が生ずるおそれがないため、汚染の除去等の措置は必要ではありません。

「要措置区域」「形質変更時要届出区域」に指定されるまで



汚染の除去等の措置について

土壤汚染対策法の趣旨の一つは「汚染された土壤を適切に管理していくこと」です。そのため、健康被害のおそれのある要措置区域では、都道府県知事等は、土地の所有者等に対し、人の健康被害を防止するために必要な限度において、講ずべき汚染の除去等の措置（指示措置）等を示して、汚染除去等計画の作成及び提出を指示します。

指示措置は、

- 地下水等経由の摂取リスクの観点からの土壤汚染がある場合（土壤溶出量基準に適合しない場合）は、地下水の水質の測定、封じ込め^{*1}等です。
- 直接摂取のリスクの観点からの土壤汚染がある場合（土壤含有量基準に適合しない場合）は、盛土等です。

なお、指示措置が土壤汚染の除去^{*2}とされるのは、土地の用途からみて限定的な場合になります。

土地の所有者等は指示措置のほか、これと同等以上の効果を有すると認められる汚染の除去等の措置のうちから、講じようとする措置（実施措置）を選択することができます。

汚染除去等計画に記載された実施措置については、各措置に応じ技術的基準が定められており、これに適合しない場合は、都道府県知事等から計画の変更命令が出されます。

土地の所有者等は、汚染除去等計画に記載された実施措置が完了したときは、都道府県知事等に措置の完了等の報告をしなければなりません。

一方、形質変更時要届出区域では、土壤汚染の摂取経路がなく健康被害の生ずるおそれがないため、汚染除去等の措置を求められることはありません。ただし、土地の形質の変更を行う場合は、都道府県知事等にあらかじめ届出が必要になります。

※1 封じ込め…汚染土壤を封じ込めて地下水等による汚染の拡散を防止する措置です。原位置封じ込めや遮水工封じ込め、遮断工封じ込め等があります。

※2 土壤汚染の除去…汚染された土壤を除去や浄化する措置です。掘削除去や原位置浄化があります。



4 土壤汚染対策法の概要

搬出の規制について

要措置区域等内から汚染土壌を搬出する場合には、事前の届出義務があります。このほか、汚染土壌の運搬は、運搬基準の遵守と管理票の交付・保存義務があります。

さらに、汚染土壌を要措置区域等外へ搬出する者は、原則として、その汚染土壌の処理を汚染土壌処理業者に委託しなければならないと定められています。汚染土壌処理業者とは、汚染土壌の処理を業として営む者を言い、営業に当たっては、都道府県知事等の許可が必要です。

なお、汚染土壌の処理の委託の例外として、汚染土壌について処理の委託を行わずに、一定の条件を満たした他の要措置区域等へ移動することができます。

搬出の届出

要措置区域等内から汚染土壌を搬出する場合は、搬出する汚染土壌の所在を把握しておく必要があります。

汚染土壌を搬出する際には、搬出する者は搬出に着手する日の14日前までに、都道府県知事等に対する届出の義務があります（法第16条）。

届出書には、汚染土壌を要措置区域等内から搬出する際に、人への健康被害のおそれを生じさせないようにしなければならないという観点から、要措置区域等の所在地や特定有害物質による汚染状態、運搬の方法、汚染土壌を処理する者及びその施設等を記載することになります。

また、汚染土壌を一定の条件を満たした他の要措置区域等へ移動する場合の届出書には、要措置区域等の所在地や特定有害物質による汚染状態、運搬の方法、搬出先の要措置区域等の所在地等を記載し、一定の条件を満たすことを証する書類を提出することになります。

一方、搬出する汚染土壌を再度分析して指定基準に適合していることが確認され、その旨について都道府県知事等の認定を受けている場合は、前述の14日前の届出書の提出は不要になります。



運搬基準

汚染土壌の運搬とは、要措置区域等内の汚染土壌を、当該要措置区域等の境界線を越えるところから汚染土壌処理施設又は一定の条件を満たした他の要措置区域等まで移動させる行為すべてをいいます。

土壌の運搬に伴い、汚染を拡散させるおそれがあるため、運搬に関する基準が定められており、自動車・船舶・列車等の車両の両側面に汚染土壌を運搬している旨の表示義務等があります。

また、運搬には、自動車等に積載している状態のほか、保管施設での一時的保管も含まれます。

特定有害物質を含まない砂利等の運搬とは違い、汚染土壌を基準に適合しない方法で運搬を行った場合には、罰則規定も設けられています。

管理票

汚染土壌がきちんと運搬され処理又は他の要措置区域等で土地の形質の変更で使用されたかどうかを管理することは大事なことです。これは、汚染土壌が運搬途中で不法投棄され、適正に処理されない可能性があるためです。

そのため、土壌汚染対策法では、汚染土壌を搬出、運搬、処理又は使用する際に、管理票を使用することを定めています（法第20条）。管理票は、汚染土壌を運搬するときや処理するときなどに、期限内に関係者に交付し、又は回付する義務などがあります。

なお、管理票については、定まった様式があります（規則第67条第2項の様式第29）。

また、管理票の保存については、書面による保存か電磁的記録による保存が可能です。

汚染土壌処理業

汚染土壌処理業とは、都道府県知事等から許可を受けて汚染土壌の処理を行う事業のことです。

許可を受けるには、施設と申請者の能力が基準を満たしていることのほか、欠格要件に該当していないことが必要です。

また、汚染土壌処理業者は、汚染土壌の処理に当たって処理の基準を遵守する義務があります（法第22条第3項、第6項）。

そのほか、汚染土壌処理業者が所有する汚染土壌処理施設（浄化等処理施設・セメント製造施設・埋立処理施設・分別等処理施設・自然由来等土壌利用施設）に変更が生じた際には、変更の許可又は届出が必要となる場合があります。

4 土壤汚染対策法の概要

土壤汚染対策法では、土壤汚染状況調査等を行う機関と土壤汚染対策法に基づく支援業務を行う法人についても定めています。

指定調査機関

土壤汚染対策法に基づく調査は、その結果によってその土地に対する土壤汚染対策の方針が左右されるため、信頼できる調査結果を確保しなければなりません。

そこで、調査を的確に実施することができる者を環境大臣又は都道府県知事が指定し、土壤汚染対策法に基づく土壤汚染の調査は、その指定を受けた者のみが行うこととされています。この環境大臣又は都道府県知事に指定され、土壤汚染対策法に基づく調査を行う者が指定調査機関です。

各指定調査機関は、的確に調査を行うため、技術管理者（技術上の管理をつかさどる者）を置く必要があります。この者の指導・監督の下、調査を行うことになります。

また、技術管理者になるための要件として、環境省が実施する技術管理者試験に合格し、一定の実務経験を有する必要があるため、これにより、適切な技術・知識を持った者の管理のもと、土壤汚染対策法に基づく調査が実施されることになっています。

指定支援法人

指定支援法人とは、土壤汚染対策法に定める支援業務を適正かつ確実に行うことができると環境大臣から認められ、指定を受けた者のことです。

平成14年12月25日に、財団法人日本環境協会(平成25年4月1日公益財団法人に移行)が指定されました。

指定支援法人の行う支援業務は、次の3つです。

助成金交付業務

汚染の除去等の措置を講ずる者に対して助成を行う都道府県等へ助成金を交付します（助成金の交付には条件があります。詳しくは指定支援法人のホームページをご覧ください。）。

(<http://www.jeas.or.jp/dojo/business/grant/>)

照会・相談業務

土壤汚染状況調査や汚染の除去等の措置など土壤汚染に関することについての照会、相談、助言等を行います。(<http://www.jeas.or.jp/dojo/business/consult/>)

普及・啓発業務

土壤汚染による健康被害について、解説冊子を作成・配布したり、無料セミナーを定期的に行い、国民の理解の増進を図ります。

(<http://www.jeas.or.jp/dojo/business/promote/>)

これら3つの業務を実施するために、土壤汚染対策基金を設置し、その管理も行っています。

5

財政的な支援制度について

汚染除去等計画を作成し、地方公共団体（長）に提出すべきことを指示された者（助成の要件を満たす場合に限る。）に対して当該指示に係る汚染の除去等の措置の円滑な推進のための助成を行う地方公共団体（長）に対し、土壤汚染対策基金から助成を行う制度が設けられています。

また、地方公共団体（長）によっては、融資制度を設けているところもあります。詳しくは、地方公共団体担当部署（24ページ「⑨お問い合わせ先」）にお尋ねください。

このほか、政府関係金融機関である株式会社日本政策金融公庫でも融資制度を設けています。

https://www.jfc.go.jp/n/finance/search/15_kankyotaisaku-t.html

土壤汚染対策基金による助成

国からの補助及び産業界等の出えん（寄附）により基金を造成しており、また、広く一般の方からの寄附も受け付けています。なお、基金の管理は指定支援法人である公益財団法人日本環境協会が行っています。

土壤汚染対策基金からの助成は、地方公共団体（長）が助成を行う土地の所有者等が、以下の要件を満たしたときに対象となります。

- ◆法に基づく調査を行い、要措置区域に指定され、汚染除去等計画を作成し、地方公共団体（長）に提出すべきことを指示されていること
- ◆汚染原因者が不明・不存在であること
- ◆費用負担能力の基準を満たすこと（負担能力に関する基準（平成16年1月環境省告示第4号））

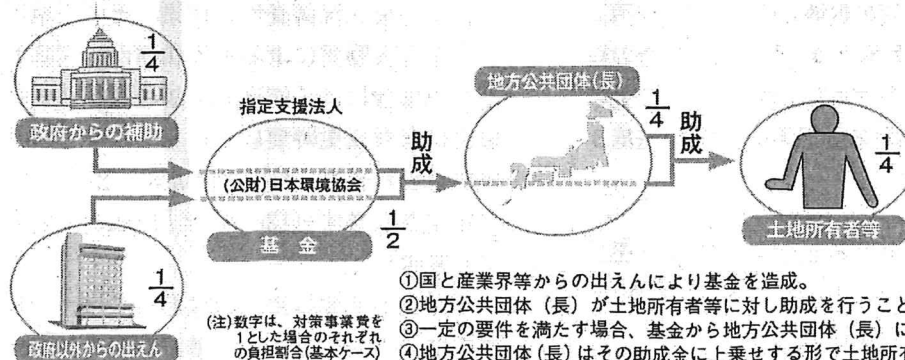
基金からの助成金の額は、助成事業により地方公共団体（長）が助成する額の2/3の額または当該助成の対象となる対策費用の1/2の額のいずれか低い額以内です。

例えば、対象事業費を1として、土地所有者等に対する地方公共団体（長）の助成率が3/4の場合、土地所有者等は、最大3/4の助成が受けられます。

なお、公益財団法人日本環境協会では、助成金の交付を受けたいと考えている方に対する相談窓口（24ページ「⑨お問い合わせ先」参照）を開設していますので、ご活用ください。

助成金交付の流れ

【地方公共団体（長）の助成率が3/4の場合】



- ①国と産業界等からの出えんにより基金を造成。
- ②地方公共団体（長）が土地所有者等に対し助成を行うことを決定。
- ③一定の要件を満たす場合、基金から地方公共団体（長）に助成金を交付。
- ④地方公共団体（長）はその助成金に上乘せる形で土地所有者等に対し助成。

6

土壤汚染対策法がよく分

1 特定有害物質

土壤や地下水に含まれることが原因で人の健康に被害を生ずるおそれがある有害物質として土壤汚染対策法施行令で定めた26物質のことで、第一種特定有害物質（揮発性有機化合物）、第二種特定有害物質（重金属等）及び第三種特定有害物質（農薬等）があり、各物質ごとに土壤溶出量基準や土壤含有量基準等の基準値が設定されています。（23ページ「**⑧**関係資料」参照）。

2 土壤汚染状況調査等

10、11ページで説明したきっかけで行われる下表（1）～（3）の調査を土壤汚染状況調査といい、すべて環境大臣又は都道府県知事の指定する調査会社である指定調査機関によって行われなければなりません。

(1) 使用が廃止された有害物質使用特定施設のある工場又は事業場の敷地で行われる土壤汚染の調査(法第3条第1項)、及びこの調査の義務が一時的に免除された土地の形質の変更を行う場合に行われる土壤汚染の調査(法第3条第8項)

(2) 土壤汚染のおそれがある土地の形質の変更が行われる場合に行われる土壤汚染の調査(法第4条第2項及び第3項)

(3) 土壤汚染による健康被害が生ずるおそれがある土地で行われる土壤汚染の調査(法第5条)

3 指定調査機関

土壤汚染状況調査等を行うために環境大臣又は都道府県知事によって指定された調査機関のことをいいます。指定を受けるためには、指定の基準（調査等の業務を適確かつ円滑に進めるのに必要な経済的基盤及び技術的能力を有することや欠格要件に該当しないこと）に適合する必要があります。指定調査機関については、以下の環境省ホームページから地域別などで検索することができます。

<http://www.env.go.jp/water/dojo/kikan/index.html>

また、指定調査機関は土壤汚染状況調査等の技術上の管理をつかさどる者として技術管理者を選任し、配置することが義務づけられています。技術管理者は、国家試験に合格した者であって、一定の実務経験等を有する必要があります。

4 要措置区域等

土壤汚染状況調査等の結果、その土地の土壤の特定有害物質による汚染状態が指定基準を超過した場合には、都道府県知事等から要措置区域又は形質変更時要届出区域（これらの2つの区域を合わせて「要措置区域等」といいます。）に指定されます（12ページ「区域の指定について」参照）。

形質変更時要届出区域にあつては、土地の形質の変更の施行方法の基準が緩和される区域として、土地の汚染の状況に応じて、自然由来特例区域、埋立地特例区域及び埋立地管理区域が定められています。

かる10の言葉

なお、形質変更時要届出区域のうち、土地の形質の変更の施行及び管理に関する方針について都道府県知事等の確認を受け、土地の形質の変更ごとの事前の届出に代えて、年一回の事後の届出を行う区域として、臨海部特例区域が定められています。

5 汚染除去等計画

汚染除去等計画とは、要措置区域において汚染の除去等の措置を行う方法やその時期等を記載した計画書のことです。土地の所有者等（又は汚染の原因者）は、都道府県知事等に提出して確認を受けた汚染除去等計画に基づいて、汚染の除去等の措置を行わなければいけません。

都道府県知事等は、講ずべき汚染の除去等の措置（指示措置）を示して、汚染除去等計画の作成を指示しますが、土地の所有者等は指示措置及びこれと同等以上の効果を有すると認められる汚染の除去等の措置のうちから、講じようとする措置（実施措置）を選択することができます。

土地の所有者等が汚染原因者に代わって実施措置を行った場合、その措置等に要した費用を、指示措置に要する費用の限度まで請求することができます。

6 台帳

都道府県知事等は、要措置区域及び形質変更時要届出区域が指定された場合又はこれらの区域指定が解除された場合、それぞれの区域の情報が記載された台帳を作成し、管理することになります。

7 汚染土壌

土壌汚染対策法において汚染土壌と扱われる土壌とは、要措置区域等内の土地の土壌のうち、搬出しようとする土壌の調査（法第16条第1項）によって基準に適合した土壌以外の土壌を指します。つまり、要措置区域等に指定されていない土地において、土壌溶出量基準又は土壌含有量基準に適合しないことが判明した場合であっても、その土地の土壌は、法上の汚染土壌ではありません。しかし、要措置区域等外の土地の土壌であっても汚染が判明している場合には、法に準じた取扱いをすることが望ましいため、その取扱いについては、都道府県知事等にご相談ください。

6 土壤汚染対策法がよく分かる10の言葉

8 区域の指定の解除

要措置区域等の^{標?}指定は、区域に指定された際の指定の事由がなくなったときには、その指定が解除されます。要措置区域において汚染の摂取経路の遮断が行われた場合は、要措置区域の指定が解除され、形質変更時要届出区域に指定されます。形質変更時要届出区域の指定が解除されるためには、基準に適合しない土壤が区域内に存在しなくなる必要があります。したがって、土壤汚染の除去（汚染土壤そのものを取り除くことや、薬剤や微生物によって浄化を行うこと）を実施した場合に区域の指定が解除されることとなります。

9 管理票

汚染土壤の運搬又は処理を他人に委託する場合等には、運搬又は処理等の行程を管理し、その記録の保存ができるように、管理票の使用が義務付けられています。

また、管理票は5年間の保存が義務づけられており、書面又は電磁的記録によって保存します。

詳細は、以下の環境省ホームページからご覧いただけます。

<http://www.env.go.jp/water/dojo/wpcl.html>

10 汚染土壤処理業

汚染土壤の処理の事業を行う場合は、都道府県知事等による汚染土壤処理業の許可が必要です。許可を得るためには、許可の基準（汚染土壤処理施設と申請者の能力が汚染土壤の処理を適正に、かつ、継続して行うに足りるもの、欠格要件に該当しないこと）に適合する必要があります。

詳細は、以下の環境省ホームページからご覧いただけます。

<http://www.env.go.jp/water/dojo/wpcl.html>



7

7 土壌汚染対策法Q&A

Q1 工場を閉鎖しますが、何をすれば良いですか？

A1

まずは、水質汚濁防止法に定める特定施設の廃止の届出書を都道府県知事等へ提出する必要があります。

また、特定有害物質を使用していた場合などは、調査義務が発生します(法第3条1項)。都道府県等又は指定調査機関に相談しましょう。

Q2 土地の形質の変更とはどのような行為のことですか？

A2

土地の形状を変更する行為全般を指します。掘削及び盛土などの行為も含まれます。なお、土地の形質の変更の部分の面積とは掘削部分の面積と盛土部分の面積の合計をいいます。

Q3 土地の形質の変更を行う予定ですが、何をすれば良いですか？

A3

土地の形質の変更の部分の面積が3,000㎡(現に有害物質使用特定施設が設置されている土地にあっては900㎡)以上である場合は、届出が必要となります(法第4条第1項)。都道府県知事等へ届出を行いましょう。

届出に当たり、環境省令で定める方法により、土地所有者等の全員の同意を得て、指定調査機関に調査を行わせ、その結果を併せて都道府県知事等に提出することができます(法第4条第2項)。

届出には土地の形質の変更をしようとする場所を明らかにした図面を添付する必要があります。

ただし、盛土のみの場合には、届出は不要です。

Q4 形質変更時要届出区域では、対策を取る必要はないというのは本当ですか？

A4

形質変更時要届出区域は土壌汚染の摂取経路がなく、健康被害が生ずるおそれがない土地なので、汚染の除去等の措置を行う必要はありません。ただし、土地の形質の変更を行う場合、事前の届出義務等があります。

Q5 指定の申請とは何ですか？書類として何を揃えれば良いですか？

A5 自主的に土壌汚染調査を行って土壌汚染が発見された場合に、その土地を要措置区域又は形質変更時要届出区域に指定してもらい、都道府県知事等の適切な管理の下におくことを目的とした申請のことです。

指定の申請には

-
- ①所定の申請書
 - ②申請に係る土地の周辺の地図
 - ③申請に係る場所(範囲)を明らかにした図面
 - ④申請に係る土地の土壌の特定有害物質による汚染状態を明らかにした図面
 - ⑤申請者が申請に係る土地の所有者等であることを証する書類
-

が必要となります。

申請に係る土地に申請者以外の土地の所有者等がいる場合は、①～⑤に加えて

-
- ⑥所有者等全員の当該申請することについての合意を得たことを証する書類
-

が必要となります。

Q6 汚染土壌を運搬する事業を行う際にも許可は必要ですか？

A6 汚染土壌を運搬する業の許可に係る制度はありません。ただし、汚染土壌を要措置区域等外へ搬出しようとする者は、搬出に着手する日の14日前までに、都道府県知事等へ届出(法第16条)が必要です。また、要措置区域等外における汚染土壌の運搬については、基準(法第17条)を遵守して行ってください。

Q7 要措置区域等外で見つかった汚染された土壌についても、汚染土壌処理施設へ運搬し、処理を委託する義務がありますか？

A7 土壌汚染対策法上、その義務はありませんが、健康被害の防止等の観点からは運搬及び処理に当たっては、法の規定(法第4章)に準じて、適切に取り扱うことが望ましいと言えます。

8

関係資料

◆指定基準（土壌の汚染状態に関する基準別表）

①地下水摂取などによるリスクからは土壌溶出量基準が、②直接摂取によるリスクからは土壌含有量基準が定められています。土壌溶出量基準については、すべての特定有害物質に設定されていますが、土壌含有量基準については、特定有害物質のうち重金属を中心とする9物質についてのみ定められています。

特定有害物質の種類	<地下水の摂取などによるリスク> 土壌溶出量基準	<直接摂取によるリスク> 土壌含有量基準	
第一種特定有害物質 (揮発性有機化合物)	クロロエチレン	検液 1 L につき 0.002mg 以下であること	/
	四塩化炭素	検液 1 L につき 0.002mg 以下であること	
	1,2-ジクロロエタン	検液 1 L につき 0.004mg 以下であること	
	1,1-ジクロロエチレン	検液 1 L につき 0.1mg 以下であること	
	1,2-ジクロロエチレン	検液 1 L につき 0.04mg 以下であること	
	1,3-ジクロロプロペン	検液 1 L につき 0.002mg 以下であること	
	ジクロロメタン	検液 1 L につき 0.02mg 以下であること	
	テトラクロロエチレン	検液 1 L につき 0.01mg 以下であること	
	1,1,1-トリクロロエタン	検液 1 L につき 1 mg 以下であること	
	1,1,2-トリクロロエタン	検液 1 L につき 0.006mg 以下であること	
	トリクロロエチレン	検液 1 L につき 0.03mg 以下であること	
	ベンゼン	検液 1 L につき 0.01mg 以下であること	
	第二種特定有害物質 (重金属等)	カドミウム及びその化合物	
六価クロム化合物		検液 1 L につき六価クロム 0.05mg 以下であること	土壌 1 kg につき六価クロム 250mg 以下であること
シアン化合物		検液中にシアンが検出されないこと	土壌 1 kg につき遊離シアン 50mg 以下であること
水銀及びその化合物		検液 1 L につき水銀 0.0005mg 以下であり、かつ、検液中にアルキル水銀が検出されないこと	土壌 1 kg につき水銀 15mg 以下であること
セレン及びその化合物		検液 1 L につきセレン 0.01mg 以下であること	土壌 1 kg につきセレン 150mg 以下であること
鉛及びその化合物		検液 1 L につき鉛 0.01mg 以下であること	土壌 1 kg につき鉛 150mg 以下であること
砒素及びその化合物		検液 1 L につき砒素 0.01mg 以下であること	土壌 1 kg につき砒素 150mg 以下であること
ふっ素及びその化合物		検液 1 L につきふっ素 0.8mg 以下であること	土壌 1 kg につきふっ素 4,000mg 以下であること
ほう素及びその化合物		検液 1 L につきほう素 1 mg 以下であること	土壌 1 kg につきほう素 4,000mg 以下であること
第三種特定有害物質 (農薬等/農薬+PCB)	シマジン	検液 1 L につき 0.003mg 以下であること	/
	チオベンカルブ	検液 1 L につき 0.02mg 以下であること	
	チウラム	検液 1 L につき 0.006mg 以下であること	
	ポリ塩化ビフェニル (PCB)	検液中に検出されないこと	
	有機りん化合物	検液中に検出されないこと	

注：平成30年9月28日に土壌汚染対策法施行令の一部を改正する政令（平成30年政令第283号）が公布され、シス-1,2-ジクロロエチレンにトランス-1,2-ジクロロエチレンを追加して、あわせて1,2-ジクロロエチレンに改正されました。この施行は平成31年4月1日です。

9

お問い合わせ先

◆環境省水・大気環境局土壌環境課

〒100-8975 東京都千代田区霞が関 1-2-2

TEL **03-3581-3351** (代表)環境省ホームページ <http://www.env.go.jp/water/dojo.html>

◆指定支援法人

公益財団法人 日本環境協会 土壌環境課

〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-10-5 TMMビル5階

TEL **03-5829-6894**協会ホームページ <http://www.jeas.or.jp/dojo/index.html>

◆47都道府県及び下記の市の土壌汚染担当部局 (本文では「都道府県知事等」と記載)

北海道・東北	札幌市、函館市、旭川市、青森市、八戸市、盛岡市、仙台市、秋田市、山形市、福島市、郡山市、いわき市
関東	水戸市、つくば市、宇都宮市、前橋市、高崎市、伊勢崎市、太田市、さいたま市、川越市、熊谷市、川口市、所沢市、越谷市、春日部市、草加市、千葉市、船橋市、柏市、市川市、松戸市、市原市、八王子市、町田市、横浜市、川崎市、横須賀市、相模原市、平塚市、藤沢市、小田原市、茅ヶ崎市、厚木市、大和市
中部	新潟市、長岡市、上越市、富山市、金沢市、福井市、甲府市、長野市、松本市、岐阜市、静岡市、浜松市、沼津市、富士市、名古屋市、豊田市、豊橋市、岡崎市、一宮市、春日井市
近畿	四日市市、大津市、京都市、大阪市、堺市、高槻市、東大阪市、豊中市、吹田市、枚方市、八尾市、岸和田市、茨木市、寝屋川市、神戸市、姫路市、西宮市、尼崎市、明石市、加古川市、宝塚市、奈良市、和歌山市
中国・四国	鳥取市、松江市、岡山市、倉敷市、広島市、福山市、呉市、下関市、徳島市、高松市、松山市、高知市
九州・沖縄	北九州市、福岡市、久留米市、佐賀市、長崎市、佐世保市、熊本市、大分市、宮崎市、鹿児島市、那覇市

上記自治体の各連絡先は、以下の環境省ホームページでご覧頂けます。

(平成31.4.1現在)

<http://www.env.go.jp/water/dojo/law/mado.html>

ホームページから下記の法・告示等をご覧ください。

環境省 (<http://www.env.go.jp/water/dojo/law/kaisei2009.html>)

(公財)日本環境協会 (<http://www.jeas.or.jp/dojo/law/list.html>)

◆ 土 壌 汚 染 対 策 法 に 係 る 条 文 ◆

◆ 土 壌 汚 染 対 策 法 に 基 づ く 告 示 ◆

◆ 土 壌 汚 染 対 策 法 の 施 行 通 知 等 ◆

◆ 土 壌 汚 染 対 策 法 の 事 務 連 絡 等 ◆

◆ 土 壌 汚 染 対 策 法 に 関 す る 参 考 資 料 ◆

◆ そ の 他 参 考 ◆

