不法投棄現場の適正修復のための中間評価としてのフォローアップを組み込んだ修復プログラムの提案

佐藤　亮[1]・古市　徹[2]・金　相烈[3]・石井　一英[4]

[1]非会員　北海道大学大学院（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
E-mail: rsato0704@yahoo.co.jp

[2]正会員　北海道大学大学院工学院　教授（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
E-mail:t-furu@eng.hokudai.ac.jp

[3]非会員　北海道大学大学院工学院　特任助教（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
E-mail:sykim@eng.hokudai.ac.jp

[4]正会員　北海道大学大学院工学院　准教授（〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目）
E-mail: k-ishii@eng.hokudai.ac.jp

現在, 不法投棄現場修復は莫大な処理費用, 処理先確保の困難, 2 次汚染の恐れ等の理由からオンサイト処理が主流になっているが, 現調査方法では不均一な不法投棄現場の汚染の全容を把握することは難しく, オンサイト処理では環境への汚染リスクを防げない可能性がある. したがって, 不法投棄現場の修復対策工事後に起こりうるリスクへの対応(フォローアップ)が重要である.

そこで本研究ではフォローアップの必要性が日本で初めて生じた三重県桑名市事案フォローアップの現状と課題を整理し, オンサイト処理の実績や歴史があるアメリカで対策後のリスクへの対応の仕組みと比較しながら, 日本の状況に適した不法投棄現場を適正に修復するためのフォローアップを組み込んだ修復プログラムを提案した.

Key Words : *Illegal dumping sites, Onsite treatment, Remediation, Superfund, Follow-up*

1. はじめに

(1) 研究背景

不法投棄物は環境汚染や周辺住民への健康被害の恐れから適正に処理する必要がある. 日本では大規模不法投棄現場の修復に関しては平成 15 年に特定産業廃棄物に起因する支障の除去等に関する特別措置法(以下, 産廃特措法と省略)が制定され, この法律に基づいて修復が進められている. 現在, 産廃特措法に基づく大規模不法投棄事案での修復方法は全量撤去からオンサイト処理へと変わってきている.

しかし, オンサイト処理では現場を全て掘り返すことは困難なので調査段階で全容を把握することは難しく, 修復対策工事後新たな問題が発覚する可能性がある.

実際の産廃特措法に基づく不法投棄現場の修復事案である三重県桑名事案で修復工事後問題が発生し, 修復策の改善が必要になった.

このことから, 「不法投棄事案において一連の修復対策工事を終了してから修復年次の間に, これまでのモニタリングデータに基づき修復対策事業全体を評価・検証し, 修復目標を目標年次に達成できるかを確かめ, もし何らかの原因により当時の計画とおり進まない場合は, 必要に応じて追加対策または修復対策の見直しを決める」必要性が出てきた（本研究ではこれから「フォローアップ」という）. しかし, 現在のオンサイト修復ではこのリスクへの対応ができていない. つまり修復対策工事後のモニタリングは行うが, 目標値に達しているかを客観性のある形で評価する仕組みになっていない. そのため実際は修復目標に達することなく修復を終わらせている恐れがある.

(2) 目的

国内の不法投棄現場修復の際に修復工事後のリスク管理に関する現状と課題を明らかにした上で, 海外の先進事例としてアメリカの汚染修復対策における修復工事後の対応と比較・分析しながら, 不法投棄現場を適正に修復するために, 中間評価としてフォローアップを取り組んだオンサイト処理を提案することを目的とする.

2. 不法投棄現場修復の現状

(1) 不法投棄現場修復の変遷

日本での大規模不法投棄事案に関しては産廃特措法に基づき修復が進められる. 産廃特措法は平成15年から平成24年度までの時限法で大規模不法投棄事案の支障除去を行う都道府県等への財政支援を規定した法律である. 以下の**表-1**のように平成23年4月現在, 産廃特措法に基づく大規模不法投棄事案では13事案のうち11事案がオンサイト処理（原位置処理）を行ってきている（一部掘削, 一部撤去も含む）[1]. 全量撤去が行われなくなった背景としては, 廃棄物の処理先の確保の困難さ, 莫大な費用, 撤去時の二次汚染被害等があり, オンサイト処理が修復の主流となってきている.

表-1 産廃特措法の適用事案の修復の変遷[1]

	支援開始年度	事案名		修復方法
1	平成15年	豊島不法投棄事案		全量撤去
2	平成16年	青森県	青森・岩手県境不法投棄事案	全量撤去
3		岩手県		
4	平成16年	山梨県須玉町事案		オンサイト処理
5	平成17年	秋田県能代市事案		オンサイト処理
6	平成17年	三重県桑名市事案		オンサイト処理
7	平成17年	新潟県上越市事案		オンサイト処理
8	平成18年	福井県敦賀市事案		オンサイト処理
9	平成19年	宮城県村田町事案		オンサイト処理
10	平成20年	横浜市戸塚区事案		オンサイト処理
11	平成20年	岐阜市北部地区産業廃棄物不法投棄事案		オンサイト処理
12	平成20年	新潟市旧巻町産業廃棄物不法投棄事案		オンサイト処理
13	平成21年	福岡県宮若市（旧若宮町）における産業廃棄物不法投棄等事案		オンサイト処理

(2) 不法投棄現場修復の流れ

現在の日本での大まかな修復の流れは**図-1**のようになる. まず, 投棄が発覚したら汚染状況を把握するために調査を行い, 得られたデータを解析し, その結果に基づきコストや修復効果などを考慮し複数の修復案の中から最適案を決め, 修復計画を作成する. その後修復工事に取り掛かり, 修復装置を完成させる. 修復装置ができれば装置を作動させモニタリングにより修復完了期間まで汚染浄化状況を観察するという流である.

図-1 不法投棄現場修復の流れ

(3) 不法投棄現場修復と産廃特措法課題

しかし, 不法投棄現場は多種多様な廃棄物が無秩序に埋立て処分されているために, オンサイトで修復する場合, 現場を全て掘り返すことは困難で調査の段階では全貌を正確に把握することは困難である. こうした現場の環境修復において, 計画どおりに浄化が進行しない, 予期せず汚染物質濃度が上昇する, 新たに汚染が発覚するなどの課題が, 対策の実施中のモニタリングにおいて発覚することも珍しくない. しかし現在日本では修復対策をしてから完了期間までは汚染状況のモニタリングのみであり, 初期目標に対する再評価のプロセスがないため実際は目標に達しないまま修復を終わらせる危険性が残っているが, 現行法の産廃特措法に基づき国からの一定の金額の援助を受けている各自治体は修復対策の計画を立ててから修復終了期限の間に, 想定外の問題が発生しても原則的に当初の計画変更ができないため, それに対応しにくい現状である.

(4) 三重県桑名市事案から見えたフォローアップの必要性

表-2 三重県桑名市事案経緯[2]

年	事象
平成9年10月	発覚　（主にVOCによる汚染）
平成14年9月	汚染拡散防止対策工事完成
平成15年5月	汚染浄化対策工事完成
平成15年6月	汚染地下水揚水浄化施設本格稼働
平成17年3月	産廃特措法に基づく実施計画への大臣合意
平成18年2月	追加対策工事の実施
平成20年3月	追加対策工事の実施
平成20年3月	実施計画の目標達成
平成20年4月	モニタリング，水処理施設の維持管理継続
平成20年4月	遮水壁内の揚水停止
平成21年2月	ベンゼン，トルエン，キシレンの濃度上昇確認
平成21年11月	1,4 - ジオキサンが環境基準に設定
平成22年3月	追加対策工事の実施(大口径井戸設置)
平成22年3月	1,4 - ジオキサンによる汚染の判明

本事案は平成9年に不法投棄が発覚され，当時の調査結果，高濃度のVOC等の汚染が確認された．最終対策案はまず汚染拡散の防止対策として鉛直遮水壁によって囲い込み，その後遮水壁内の廃棄物を浄化することを目的に遮水壁内から汚染水を揚水して，処理した水を再度廃

棄物層内に注入する揚水循環浄化法が採用された．そして平成15年5月以降から本格的に処理を開始し，修復完了時である平成20年3月までモニタリグで汚染状況の観察を行った．

しかし，**表－2**のように，初期計画では想定外のことが起こり，対策も計画変更を繰り返し行いながら対応した．平成15年度から揚水循環処理を行ってきたが，平成16年度末の時点で浄化が一様に進まないことが判明したので平成18年2月に特に地下水汚染の残留が認められた4箇所に揚水井を増設し，浄化の促進を図る追加対策が実施された．この対策により地下水の汚染濃度は低下したが，平成18年度末の時点でこのまま揚水循環処理を進めても平成19年度末での目標達成が困難と思われ，平成20年3月に透水性が低く浄化が遅れている箇所に大口径の揚水井を3箇所設置する対策が実施された．この対策により修復期間内で目標を達成した．しかし，その後揚水を停止し経過観察を続けた結果，廃棄物が原因と考えられる汚染物質の濃度上昇が確認された．そこで平成22年に追加対策として大口径井戸を設置し浄化の促進が図られた．さらに平成21年の1,4－ジオキサンの環境基準設定，及び汚染の判明による追加の対策も必要になった．

この桑名市事案は大規模不法投棄事案の一つの事案に過ぎないが，修復途中で新たな問題が発覚することは調査段階で全容把握が困難なことから他の事案でも十分想定できることである．

また本事案は修復にかかる費用負担の面でも課題を明らかにしている．平成17年から平成19年までは産廃特措法により特定支障除去等事業として実施され，実施計画に基づき国からの支援を受けることができた．しかし，追加対策の費用は国からの支援を受けられず全額三重県の県費で行われることになり，大きな負担になった．

3. 海外の先進事例

(1) アメリカの汚染現場修復方法の現状

アメリカでは汚染現場の修復方法として約 80%がオンサイト処理されている. しかし, オンサイト処理では汚染物質の流出の危険があるにもかかわらず, アメリカの全国民のうち 15%が未だに井戸水を利用している. 多くの人が未だに井戸水を利用している背景にはアメリカではしっかりとしたオンサイト処理におけるリスクの管理体制が整っていることが理由の一つとして挙げられる. アメリカでは代表的な汚染修復プログラムとして Superfund がある. Superfund は不法投棄現場や土壌汚染現場の修復に関する法律の通称であり, 同法はニューヨーク州で 1970 年代に起こった Love Canal 事件がきっかけで作られた. 同法では, 修復にかかる費用を汚染の原因者から徴収することができる仕組みになっている. さらに同法では Cleanup Process というものが明確に示されていて, これに基づいて修復が進められている.

(2) Superfund Cleanup Process

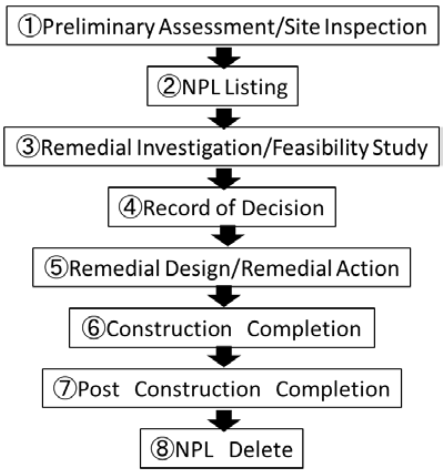

図-2 Superfund Cleanup Process[3)]

Superfund Cleanup Process はサイトの調査, NPL(National Priorities List)への掲載, 修復計画の作成と実施などが含まれる．これは長期的な浄化プロセスで, この Cleanup Process に沿って修復を進めることで 20 年以上にわたり何万もの汚染サイトを修復してきて, 人の健康や環境を守ってきた. Superfund Cleanup Process の流れは**図-2** のようになる.

大まかな流れとしては, まず予備調査をし, サイトに人の健康や環境への脅威があるかどうかを調べる． 調査の結果危険性があった場合 NPL というはアメリカ全土の浄化が必要な汚染サイトを記載したものに載せられる. そして修復対策調査を実施し, どのような対策が適当かを検討する. 修復策が決まれば実際に修復計画を作成し, 修復を行う. 修復システムが完成したら Post Construction Completion (PCC)を実施し, 修復目標に達したら NPL から削除される.

(3) Post Construction Completion (PCC)

Superfund Cleanup Process のうち, PCC は修復策後の対応策のことを言い, PCC の目的は修復策が人の健康と環境を長期的に保護することとなっている. PCC の構成要素は以下の**表-3** のように四つである．まず, Operation&Maintenance はことば通り, 設置した浄化装置（例, 水処理施設等）の運転・維持管理をいう. Institutional Controls は現場周辺にある汚染された井戸水を利用しないように立ち入り禁止をするなど制限する措置である.

Five-Year Reviews は 5 年ごとに当時決めた修復策を評価し, 問題があった場合は修復策を改善することである. 修復対策の評価をする際には, 以下の３つの質問に応じて評価を行っている.

①当初の修復案とおりに修復対策の順調にその機能を果たしているか.

②修復対策が立てられた時に使った露出予測, 汚染程度のデータ, 浄化レベルや修復の目的はまだ正当であるか.

③修復の保護に疑えるような他の情報がないか.

また, Five-Year Reviews を行う際には, 地域住民への耳情報公開と地域住民からの意見聴取も行っている. これは地域住民への対策に関する信頼や修復目標達成のために重要な役割を担っており, 本研究で考えるフォローアップと類似な役割を果たしている. Five-Year Reviews はオンサイト処理をしても有害な汚染物がサイトの内にある限り, 法律によってその実施が義務化されている [4]. Remedy Optimization は既存の修復方法と比べて修復の効率やコストパフォーマンスが向上する新たな修復方法が現れたら, 管理監督の責任をもつ EPA の許可のもとで, 修復方法の変更が可能であり, 一般的に費用負担をもつ汚染者または地方自治体が提案する.

表-3 PCC の構成要素

構成要素	内容	義務化
Operation&Maintenance	修復システムの維持管理	○
Institutional Controls	立ち入りやアクセスを制限する措置	×
Five-year Reviews	修復対策の中間評価(5 年ごと)	○
Remedy Optimization	既存の修復方法と効率とコストパフォーマンスを考慮し, 優れた修復方法を選択	×

4. 日本とアメリカの修復対策の比較

(1) 修復プロセスの比較

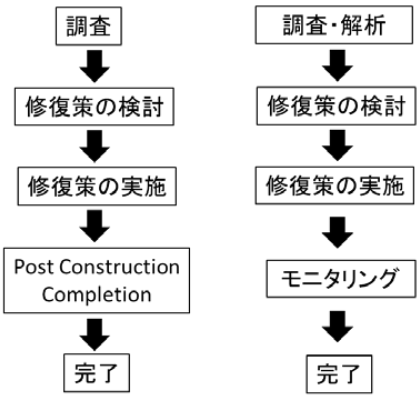

図-3 アメリカと日本の修復プロセス
(左：アメリカ　右：日本)

図-3 はアメリカと日本の修復のプロセスを表しているが, 大きく異なるところは, 修復装置を設置してから修復完了の間までのプロセスである.

(2) 修復工事後の対策比較

表-4 と**表－5** は日本とアメリカの修復工事後の対応の比較を示す. **表-4** のように, 日本の場合, 一旦対策が決まると, その対策の効果を評価する手段としてモニタリングを行うものの, 計画とおりに進まない場合のリスクに対する対応が不十分であることがわかる. これは地域住民に行き当たりばったりの対策と思われ, 地域住民に強い不信感を招くおそれがある.

表-4 日本とアメリカの修復工事後の対応の比較

アメリカ	日本
Operation&Maintenance	モニタリング
Institutional Controls	進入禁止区域の設定
Fine-year Reviews	－
Remedy Optimization	－

それに対して, アメリカの場合は, **表-5** のように, 対策を実施してから, 政府（EPA, 環境庁）の監督責任のもと, 5 年ごとにその効果を評価することが義務付けられており, その費用も支援基金に含まれており, オンサイト処理におけるリスク管理を強化する仕組みが確立されている.

表-5 日本とアメリカの中間評価の比較

	義務化	時期	責任	費用
アメリカ	○	5 年毎	EPA	Fund
日本	×	－	－	自治体

(3) 考察

アメリカでは修復対策工事後でも汚染物質がサイトにあり, 修復完了後でも土地利用することになったら, Five-year Reviews を行うことが義務化され, それを通して修復策が目標に達成しているかを評価し, 必要と判断されれば改善策を行う仕組みになっている. これによって, 多種多様な廃棄物が不均一に分布されている不法投棄現場をオンサイト処理する際に, 必然的に伴う不確実性に対応している. また, アメリカでは修復にかかる費用を現場の汚染に関わった全ての人から請求する仕組みになっているので, 義務化されていないが Remedy Optimization を積極的に行っている. 実際に現場で Remedy Optimization を実施する目的は, 新たな修復方法により浄化の効果を上げ, 期間を短くすることにより, 財政の負担を減らすことである.

一方日本では修復工事後のリスク管理はモニタリングのみであり, 当初の計画・予測から外れることが起きた

場合, それに対応する仕組みが不十分であるため, 多額な税金が費やされる大規模不法投棄現場の修復においてオンサイト処理は重要な修復方法であるにもかかわらず, それに関する地域住民の不信感が強い. また, 当初の計画変更が難しいだめ, もし想定外の汚染に対応する際に, それに必要な費用は国からもらえないので, 自治体が負担しなければならない. これが修復工事後の評価を積極的に行えない原因の一つでもある.

さらに, 対策後のリスク管理であるフォローアップの概念とは異なるが, アメリカのように修復の効率, コストパフォーマンスの向上のための修復策の変更が可能な柔軟な修復対策の仕組みは, 大規模不法投棄事案のほとんどが行政代執行という形で多額な税金を修復費用に使っている日本においても, 参考すべきである.

(4) フォローアップの提案

調査段階で不法投棄現場の全容把握が困難であることから, 必然的に不確実性, つまりリスクが存在する. このように, オンサイト処理には, 全てのサイトにおいて修復途中で問題が発覚する可能性がある. したがって, 日本でもアメリカのようにそのリスクを最小化するリスク管理方法として, 中間評価の義務化は必要である. 土地の跡地利用の有無により, 修復完了後にも基準値を超える有害物質がサイトにある限りアメリカでは法律で一律に 5 年毎の評価することになっている. 日本の場合では修復完了前後にアメリカのような一律に評価期間を設けていないが, 完了後土地利用される時に限り必要な調査を行い, 基準を満たす必要がある. しかし, 汚染物が不法投棄現場内にある中で, オンサイト処理を行う際には, **表-6** で示すように、修復目標期限までに最低でも 1 回は評価を実施することで修復策の効果を確認すべきである. ここで言う 1 回というのは最低でも 1 回は中間評価を実施するということで, 1 回実施すればそれで良いというものではない.

表-6 日本における中間評価の提案

	義務化	時期	責任	費用
アメリカ	○	5 年毎	EPA	Fund
日本	×	―	―	自治体
提案	○	最低 1 回	自治体	国と自治体

また, 実際に評価を実施するのは学識経験者などの第 3 者が行うことで評価の客観性を保つことも重要であるが, オンサイトが地域住民に信頼を受けるためには, その評価において住民の役割も重要である.

現在修復の主体は自治体となっているので, 現行法の産廃特措法の枠組みで考えると修復の責任は自治体が持つことが妥当であろう. 更に中間評価した結果, 追加の調査や, 対策が必要と判断された際の費用負担に関しては, 産廃特措法の修復費用が現在国と自治体が一定の割合で分担しているように, 中間評価に伴う費用も国と自治体が一定の割合で分担することが望ましい. 現在修復が行われにくい原因の一つとなっている追加対策の費用負担の問題の解決策として自治体が全額負担するのではなく, 国も一定割合の費用を負担することにより, 自治体の負担の軽減となり, 中間評価を実施しやすい環境にすることは重要である. また産廃特措法では修復計画で決まったことに関しては国と自治体, 双方が費用を負担して修復を進めているので, 追加の対策費用に関しても同じようにすべきである.

さらに, 対策後のリスク管理であるフォローアップの概念とは離れてしまうが, 中間評価の際にコストパフォーマンスの向上を目指した修復策の改善も必要である. 日本ではほとんどの事案で税金を修復費用に使っている. そこで評価した際に計画通りに修復が進んでいても修復の効率やコストパフォーマンスの向上に繋がる改善を行い税金の無駄遣いを削減すべきである.

5. おわりに

本研究では, 不法投棄現場修復の際のフォローアップの必要を明らかにすることができた. また Superfund からアメリカでのオンサイト処理におけるフォローアップの仕組みを明らかにすることができた.

そして, 不法投棄現場を適正に修復するためのフォローアップを組み込んだ修復プログラムを提案することができた.

今回の研究で提案したフォローアップはまだまだ議論の余地を残している. 今回の自身の研究で強く訴えたことは不法投棄現場の修復にフォローアップを組み込むべきであるという大きなフレームなので, その先の中身の詳細については今後の研究テーマである. また本論文では考慮する期間を修復完了までとしたが完了後もフォローアップを実施していく必要も考える.

参考文献

1) 環境省：産廃特措法に基づく特定支障除去等事業について. http://www.env.go.jp/recycle/ill_dum/tokuso.html
2) US EPA：「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」, 2011.
3) US EPA:：Superfund Cleanup Process http://www.epa.gov/superfund/cleanup/index.htm
4) US EPA：Comprehensive Five-Year Review Guidance, 2001

(2012. 7.18 受付)

PROPOSAL OF A NEW CLEAN-UP PROGRAM WITH A FOLLOW-UP AS INTERMEDIATE EVALUATION FOR PROPER REMEDIATION OF ILLEGAL DUMPING SITES

Ryo SATO, Toru FURUITHI, SangYul KIM, Kazuei ISHII

Nowadays, onsite treatment method is widely used for the restoration of illegal dumping sites in Japan because offsite disposal of all waste has problems such as huge cost, potential secondary pollution and lack of nearby treatment facilities. Nevertheless, onsite treatment poses potential risks to the environment because current investigation skills has technical limitations to fully understand the pollution conditions in inhomogeneous illegal dumping site. Therefore, it is important to deal with the unexpected risk possible to be occur after onsite treatment (we call it "follow-up").

Based on both Mie Kuwana illegal dumping case that indicates the necessity of follow-up for the first time in Japan and advanced case of a post-treatment measure of polluted sites in USA, This paper proposes onsite treatment with a follow-up for proper remediation of illegal dumping sites.