

参考文献

- 1) Mary P.Anderson and William W.Woessner 著、藤縄克之監訳：地下水モデル 実践的シミュレーションの基礎，共立出版株式会社，1994
- 2) 近藤次郎著：数学モデル 現象の数式化，丸善株式会社，1976
- 3) 古市徹、生村隆司、寺尾康：廃棄物の不適正保管に起因する土壌・地下水汚染の診断システムと数値シミュレーションの役割，日本地下水学会誌，Vol.40,No.2,pp133-144,1998
- 4) 水収支研究グループ編：地下水資源・環境論－その理論と実践－，共立出版株式会社，1993
- 5) 藤崎克博：地下水汚染の数値シミュレーション，環境と測定技術，Vol.21,No.9,pp25-40,1994
- 6) 森澤眞輔：地下水汚染モニタリング井戸群の適正配置，環境と測定技術，Vol.22,No.2,pp26-47,1995
- 7) D.P.Ahlfeld and A.Zafirakou : An Algorithm for Approximate Solution of the Groundwater Contaminant Remediation Problem,Comput.Methods Water Resour. 10 Vol.2,pp833-840,1994
- 8) X.Xiang,J.F.Sykes,N.R.Thomson : Optimal Pumping Design for the Remediation of a Groundwater Contamination Site, Comput. Methods Water Resour. 10 Vol.2,pp891-898,1994
- 9) Donna M.Rizzo and David E.Dougherty : Design Optimaization for Multiple Management Period Groundwater Remediation, Wat.Resour.Res.,Vol.32,No.8,pp2549-2561,1996
- 10) Liang-Cheng Chang,Chistine A.Shoemaker and Philip L.-F.Liu : Optimal Time-Varying Pumping Rates for Groundwater Remediation : Application of a Canstrained Optimal Control Algorithm,Wat.Resour.Res.,Vol.28,No.12,pp3157-3173,1992
- 11) Paris Honglay Chen and Chih-Yuan Wang : A Study on Mathematical Transport Model of Leachate Plume and Parameter Identification,Water Wastewater Treat.,Vol.1,pp383-392,1994
- 12) 藤崎克博：地下水汚染パラメータの自動解法，Proceedings of the 5th Symposium on Geo-Environments and Geo-technics,pp223-228,1995
- 13) 藤崎克博：地下水汚染パラメータの自動解法－2次元の場合（予報）,Proceedings of the 6th Symposium on Geo-Environments and Geo-technics,pp281-184,1996
- 14) Habib Amin,Melih Ozbilgin, Joe LeClair, Mike kavanaugh, Ernie Wong, Walter Hoye : Groundwater Remediation : Risks and Alternatives,Water Environment & Technology,pp74-78,1991
- 15) I 市内産業廃棄物不適正保管地土壌汚染調査報告書，財団法人廃棄物研究財団，1997
- 16) U.S.EPA ; Guidance for Conducting Remedial Investigations and Feasibility Studies Under CERCLA Interim Final,EPA/540/G-89/004,1988
- 17) (社) 土壌環境センター 第5回調査研究部会：最新の各種汚染土壌・地下水浄化プロセスの適用性の調査研究報告書（本編），p8,1998
- 18) M.Muskat, R.D.Wyckoff, H.G. Botset and M.W.Meres : Flow of Gas -liquid Mixtures through Sands, Trans AIME,123,pp69-96,1937
- 19) Bear : Dynamics of Fluids in Porous Media, American Elsevier Publishing Company Inc.,pp457-459,1972
- 20) Mark D. Wilkins, Linda M. Abriola , and Kurt D. Pennell : An experimental investigation

- of rate-limited nonaqueous phase liquid volatilization in unsaturated porous media : steady state mass transfer, *Wat. Resour. Res.*, Vol. 31, No. 9, pp2159-2172, 1995
- 21) M.C.Leverett : Capillary Behaviour in Porous Solids, *Trans A. I. M. E.*, pp152-169, 1940
 - 22) van Genuchten, M. TH. : A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, *Soil. Sci. Am. J.*, 44, pp.892-898, 1980
 - 23) 石井一英、古市徹、田中信壽 : 特性の異なる難水溶性有機化合物原液の鉛直浸透挙動に関する実験的考察, *日本地下水学会*, Vol. 40, No. 2, pp105-120, 1998
 - 24) R.J.Lenhard and J.C.Parker : Experimental Validation of the Theory of Extending Two-Phase Saturation-Pressure Relations to Three-Fluid Phase Systems for Monotonic Drainage Paths, *Wat. Resour. Res.*, Vol. 24, No. 3, pp373-380, 1988
 - 25) J.C.Parker and R.J.Lenhard and T.Kuppusamy : Parametric Model for Constitutive Properties Governing Multiphases Flow in Porous Media, *Wat. Resour. Res.*, Vol. 23, No. 4, pp618-624, 1987
 - 26) Hyden, N. J., and Voice, T. C. : Microscopic Observation of a NAPL in a Three-fluid-phase soil system, *Journal of Contaminant Hydrology*, Vol. 12, pp217-226, 1993
 - 27) Adamson, W. : *Physical Chemistry of Surfaes* Fifth Edition, John Wiley & Sons, Inc. pp106-116, 1990
 - 28) Sheila F. Kia : Subsurface Multiphase Flows of Organic Contaminants Model Development and Validation, *Wat. Resour. Res.*, Vol 25, No. 10, pp1225-1236, 1991
 - 29) J.J.Kalurachchi and J.C.Parker : Multiphase Flow with a Simplified Model for Oil Entrapment, *Transport in Porous Medeia*, Vol. 7, pp1-14, 1992
 - 30) James W. Mercer and Robert M. Cohen : A Review of Immiscible Fluids in the Subsurface : Properties, Models, characterization and remediation, *Journal of Contaminant Hydrology*, No. 6, pp107-163, 1990
 - 31) 石井一英、田中信壽、松藤敏彦、東條安匡 : 水分不飽和多孔体におけるトリクロロエチレン原液の浸透挙動に関する実験的研究, *環境工学論文集*, Vol. 32, pp387-396, 1995
 - 32) Ryan, R. G. and Dhir, V. K. : The Effect of Interfacial Tension on Hydrocarbon Entrapment and Mobilization near a Dynamic Water Table, *Journal of Soil Contamination*, Vol. 5, No. 1, pp9-34, 1996

第4部 不適正最終処分場の適正化に関する技術的検討

第1章 背景・目的

廃棄物処理をめぐるのは、ダイオキシン問題をはじめ、不法投棄や安定型処分場及び管理型処分場での地下水汚染等の不安が広がる中、昨年、一部の市町村において焼却灰の不適正な処分や保管の事例がみられた。このため、厚生省において全国の状況を把握するため、その実態を調査したところ、多くの一般廃棄物最終処分場において、遮水工または浸出液処理設備が設置されていないことが明らかになった。この事態に対処するため、平成10年3月5日付生衛発353号の部長通知¹⁾により市町村において速やかに必要な改善を図るとともに、周辺の地下水等の水質調査を行い、万が一汚染がみられた場合には、必要な対策を実施するよう指導したところである。

さらに、平成10年度補正予算において「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」(昭和52年3月14日総・厚令1号、以下共同命令という)に適合しない最終処分場や廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令第3条の処分基準に適合しない最終処分場については可及的速やかに改善対策を講じなければならないこととし、こうした処分場の周辺の地下水等の水質調査に補助を行うとともに他に代替施設がなく、存続せざるを得ない最終処分場については鉛直遮水工を設けたり、浸出液処理施設を設置することにより、最終処分場の安全性の確保及び延命につながる事業に対する補助を実施することとした。^{1.5)}

また、遮水工または浸出液処理設備を有しない最終処分場について、すでに埋立終了している処分場も含め、周辺の地下水等の水質検査に補助を行うとともに、その結果、汚染が見られた処分場及び汚染の恐れのある処分場にあつては、可及的速やかに適正に閉鎖する等の措置を講じなければならないこととし、こうした処分場についても鉛直遮水工を設ける等周辺地下水への汚染拡散防止等の対策を講じ適正に閉鎖する事業に対する補助を実施することとした。^{1.5)}

本技術資料は、上記に述べた最終処分場の適正化対策事業を行う場合の基本的考え方や技術適用にあたっての留意事項を明らかにし、市町村が行う延命化・閉鎖事業を適正に推進するための基礎資料として活用することを目的としたものである。

第2章 対策の基本的考え方と方針

1. 対策の手順と考え方

一般廃棄物最終処分場の適正化については、基本的に以下の手順で考えておく必要がある。

1)「共同命令」あるいは「処分基準」に適合しない最終処分場については、可及的速やかに改善対策を講じる必要がある。

2)厚生省通知「一般廃棄物最終処分場の適正化について」生衛発 355 号(平成 10 年3月 5日)、「一般廃棄物最終処分場の適正化に関する留意事項について」衛環第8号(同日付)及び「一般廃棄物最終処分場の適正化調査の報告について」衛環第 51 号(平成 10 年6月 12 日)により、周辺地下水及び排水等の調査の実施と報告を指導したところである。

同調査により、汚染が見られた処分場及び汚染の恐れのある処分場については、可及的速やかに共同命令等に整合するよう改善するか、適正に閉鎖する等の措置を講じなければならない。

汚染が見られない処分場にあっても、地下水の汚染の恐れのあるもの(衛環第8号)が処分されている場合は、改善措置を講じて、埋立終了とすることが必要である。また、埋立終了に当たっては、浸出液や発生ガス等の状態により埋立物の安定化状況を十分に確認の上、廃止までの維持管理計画を立案する等、将来にわたり周辺環境へ悪影響の恐れがないよう措置を講じる等の手続きが必要である。

廃止の基準については、「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令の運用に伴う留意事項について」(平成 10 年7月 16 日環水企第 301 号・衛環第 63 号)を踏まえて判定することが必要である。⁹⁾

3)前述の厚生省通知に基づく周辺地下水及び排水等の調査の結果において、汚染もしくは汚染の恐れが見られた処分場については、速やかに保全対策措置を行なう必要があるが、その手順は以下のように考えられる。

①緊急対策の実施

地下水・地表水の使用実態と汚染状況について、必要に応じてさらに詳細な調査を行ない、その結果によっては、取水停止や飲用禁止等の処置を行う。

さらに必要に応じて、緊急対策として、シートカバー等による雨水浸透の防止、湧水の流路変更等の対策を講じることも有効である。

②地下水汚染範囲調査

地下水の汚染範囲確認調査は、まず、地下水の流向を考えた上で、流下方向の敷地境界の複数点で行うとともに、汚染の広がりが見られる場合は、敷地外についても、汚染の有無と広がりを把握するために指標となる項目(pH, 電気伝導度, 塩素イオン, 過マンガン酸カリウム消費量等)を用いて地下水の調査を行うことが必要である。

また、処分場の影響がないと考えられる地点の地下水質も比較対照地点として調査するとともに、他の汚染源の可能性についても調査しておく必要がある。汚染の広がりが認められる時は地下水汚染対策が必要となる。

③汚染対策方針の立案

汚染のレベル, 埋立の規模等に応じて大きく2通りの選択肢があり、さらに、状況に応じては廃棄物の撤去も考えられる。まず、厚生省通知に基づく調査等の結果及びそれぞれの処分場の状況に応じて、遮水工・浸出液処理施設・ガス抜施設・雨水集排水施設等共同命令に整合した施設として、延命もしくは閉鎖の方針を検討する。閉鎖を行うに当たっては、汚染の実態・規模の大小・地質条件等によっては、全量撤去もありうる。この場合、他の管理型処分場に移設する方法と灰溶解等により、無害化, 資源化する方法等が考えられる。いずれにしても、撤去作業を進めるに当たっては、撤去中の環境保全対策が必要である。

④対策計画のための調査

対策計画を立案するためには以下のような詳細調査が必要となる。

A)遮水工設計計画のための調査

- ・遮水層としての地層確認ボーリング調査
- ・遮水工配置計画のための地下水流向調査

B)浸出液処理計画のための調査

- ・埋立ごみ組成の資料収集及び解析
- ・埋立物現場掘削調査(この場合、汚水や悪臭の発生及び引火爆発等に注意する必要がある。)
- ・雨水・水文調査及び解析
- ・浸出液水質・水量調査及び解析

C)地下水汚染対策のための調査

- ・汚染拡散範囲の詳細確認調査(水理地質構造に基づく立体的分布の把握)
- ・地下水の拡散の予測及び修復のための地下水流諸元調査

⑤対策計画の策定

対策計画では以下のような事項について検討を行ない、設計根拠や必要性を明らかにしておく必要がある。

- A) 遮水工の選定及び対策工法の検討
- B) 水量制御計画及び浸出液処理施設設計・発注仕様書の作成
- C) 地下水汚染対策工事設計
- D) 工事中及び工事後のモニタリング計画の立案
- E) 安定化するまで(廃止まで)のモニタリング調査と新たな汚染が生じた場合の対応方法の検討

2. 埋立地の再整備延命化を図る場合の要件

処分場を適正に改造し、継続して使用するに当たっては、下記の 1)2)の要件を満たすとともに 3)以下の考え方で対策計画を立案すること。

- 1) 改造工事完了後、残埋立容量が5年以上であること。
- 2) 「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」(平成 10 年6月 16 日改正共同命令)に整合する遮水工、浸出液処理設備等の必要な構造を持つ施設とすること。
- 3) 遮水工については、埋立物を撤去して、表面遮水工を施すことは、困難なケースが多いため、鉛直遮水工が原則的な構造となるものと考えられる。また、浸出液集水管やガス抜管等、既埋立物の層厚が厚く、構造基準通りにより難しい場合は、内部貯留等による水質悪化を生じさせないように調整槽の設置等適切な対策を施すこと。
- 4) 具体的な対策工法の選定に当たっては、構造基準を十分満たせることを確認するため、第3章の技術内容を参考に、慎重かつ十分な調査を実施の上、計画すること。

3. 埋立地の閉鎖(埋立終了)を行う場合の要件

埋立地を適正に閉鎖するに当たっては、以下の考え方で、対策計画を立案すること。

- 1)適正化事業を行う場合は、第1に共同命令に整合した施設構造基準で、遮水工、覆土等を行い、浸出液処理施設を設けることを原則として検討すること。この場合、覆土の透水性により、浸出液量をかなり低減させることが可能である。埋立物がほぼ安定化している時は不透水性のキャッピングにより浸出液量を最小限にすることが可能であるが、埋立物の安定化に相当な時間が必要な時には、封じ込めは、内部を嫌氣的にさせて、浄化・分解が遅くなるとともに、浸出液水質が悪化する可能性が高いため、透水性もしくは難透水性のキャッピングの採用やガス抜管を極力設置して、できるだけ好氣的雰囲気になるように配慮するとともに、浸出液の内部貯留が長時間生じないよう浸出液の排除と処理を行うことを原則とする。
- 2)鉛直遮水工が適用可能な範囲に不透水性の地層が得られる場合は原則として①の項によるものとするが、不透水性の地層が得られず、地下水が高いような場合には、適切な鉛直遮水工によって、周辺地下水を遮断し、内部地下水を揚水処理することによって、地下水位制御を行い、地下水の拡散を防止することも可能である。
- 3)将来、溶融スラグ化や灰の資源化、不燃物の再選別等、長期にわたり徐々に埋立物を資源化・撤去する場合には、屋根設置や遮水シートによるキャッピング等も暫定的保管対策として可能とするものである。この場合にあつては、搬出掘削時に雨水浸透が生じないように配慮するとともに、周辺地下水の流入による浸出液の発生や、埋立物内部の分解液、結露水等の発生に十分注意して、埋立地内浸出液モニターを実施し、異常が生じた際は速やかに浸出液の排除処理等の対策措置が行えるよう配慮した構造としておくこと。また、当然キャッピング構造等は、撤去対策期間に対応した耐久性を有する構造材質のものであること。
- 4)埋立物を完全に撤去し、周辺にも汚染のないことを確認した場合は、山土を埋め戻す等、安全対策を施した上で、廃止を認めるものとする。

第3章 対策のための調査設計計画

対策手法を検討するに当たっては、多くの対策工法の中から、現地の地形地質に対して合理的で経済的な手法を特定の工法にとらわれず適切に選定する必要がある。

経済的で合理的な対策設計をするためには、十分な現地調査が必要であり、特に地質構造の把握、地下水系の把握、浸出液量と水質の把握が重要となる。

調査対策のための全体フローはおおよそ図 3-2 に示すように考えられる。¹⁶⁾また、適正化対策実施例フローを図 3-3 に示す。尚、図 3-3 に示された項目は各々の処分場の状況に応じて適宜選択されるものであり、全ての項目を実施することを前提とするものではないことに留意する必要がある。

1. 現況調査の留意点

1) 既存調査資料

ほとんどの場合既存資料がなく、白紙の状態から調査を行う必要がある。

特に、埋立物の種類、量、埋立場所(原地形図)、埋立地の構造、水質、焼却灰等の分析データ、焼却炉型式、不燃物処理方法等について可能な限りの調査を行い、埋立物の範囲や安定化状態、汚染リスクを把握すること。

2) 現場予備調査

厚生省通知に基づき、周辺地下水及び排水等の調査を行ない、周辺への汚染影響の有無や将来の汚染の恐れについて検討する。また、地下水調査のためボーリングする場合は、将来のモニタリングを継続することができる構造にするとともに、底盤地質の透水性についても併せて調査し、対策のための改造の可能性を検討すること。

3) 対策計画立案のための再調査

(1)地下水調査

地下水の調査位置は埋立地からの地下浸透水を捕捉できる位置にあることが必要であるが、地下水の流れは地質構造等に左右されるため、地質調査によりこれらを確認した上で、調査位置を決定し、簡易指標項目等により必要な調査を実施し、汚染の広がりや適正なモニタリング位置を決めることが必要である。このためには、一般に下記の地質・地下水調査を行う必要がある。また、地下水質については、他からの汚染の有無等の判定のため、埋立地からの影響のない比較対照地点の調査も必要である。

○地表地質調査…周辺の地形や地表の地質状況から地域の大略的な地質構造を把握する。

○ボーリング調査…地質構造・地下水質・地下水位・地下水流向流速・透水試験

○地下水質…調査項目は、地下水環境基準等項目(表 3-1)、過マンガン酸カリウム消費量、塩素イオン濃度及び電気伝導度、ダイオキシン類から予備調査結果や埋立物の性状及

び周辺の地下水利用状況を勘案して適宜選択する。

地下水調査のため実施したボーリング結果から地質状況を把握して、対策工法の基本方針を立案する。この場合、少なくとも地下水位やその流向、透水性、また、オールコアボーリングにより、水みちや地層の状況変化についても把握することが必要である。

地下水位から流向を判定する場合は基本的に3点の水位が必要であるが、透水性地層の場合は流向流速計による観測法も可能である。

不透水性地層は 1×10^{-5} cm/sec 以下で 5m の厚さ(岩盤ではルジオン値1以下またはこれと同等以上の遮水の効力を有する地層)とされることから、地層の連続性や地層の変化状況に応じて複数の層において透水試験を行ない、確認することが必要である。

(2)排水等の調査

調査は、埋立地の保有水と排水を対象に実施しておく必要がある。

将来に対する汚染の恐れの確認には、保有水の状況を把握しておくことが大切である。また、排水の状況を的確に把握するためには、埋立地の末端部に集水ピットを設けることも考える必要がある。

特に浸出液は降雨時に発生することと、その時点でも時間経過によって水質が著しく変化するため、採水時間の設定と調査結果からの計画原水水質の設定に十分留意する必要がある。晴天時に発生している浸出液は、湧水や周辺地下水によって希釈されて流出している場合が多く、また、廃棄物層を通過していても、水みちが決っているため、汚濁濃度は低いことが多い。平均水質の把握のためには、集水ピットを設けるか、経時的な水質調査を実施する必要がある。

また、既存不適正処分場は締め切り堰堤のないものも多く、新たに堰堤と鉛直遮水工を設けた場合は、廃棄物層内に内部貯留が生じる可能性が高いため、埋立地内の保有水水質を分析調査して浸出液のリスクを評価しておく必要がある。

○浸出液水質…調査項目は一般廃棄物最終処分場の放流水に係る基準値(表 3-2)、過マンガン酸カリウム消費量、塩素イオン濃度及び電気伝導度、ダイオキシン類から予備調査結果や埋立物の性状及び周辺の地下水利用状況を勘案して適宜選択する。

過マンガン酸カリウム消費量、塩素イオン濃度及び電気伝導度は地下水への影響の指標とするため、分析することが望ましい。

(3)地質調査

地下水調査のための現況地質調査結果は対策工法の基本方針の立案のために利用できるが、対策工法の実施設計のためには、さらに詳細な調査を行う必要がある。適正化対策では主に鉛直遮水工による対策が主流となるため実施設計のためには地質構造の詳細把握が必要不可欠となる。

このため、地形や地表地質調査結果に基づき以下の調査を行う。

○コアボーリング、○地下水位観測、○透水試験、○弾性波探査、○電気探査、等、

特に少なくとも1地点はかなりの深さまで、コアボーリングを行い、安易に浅層の難透水層に頼ることなく、被圧地下水の存在や不透水性地層の存在を十分確認して、鉛直遮水工の深さを決定する必要がある。

調査ポイントは、平面的には表層地質調査結果を十分に検討し、地質変化に対応して、配慮するとともに、少なくとも埋立地の縦断方向、横断方向の地質断面を的確に把握できるように配置する必要がある。弾性波探査や電気探査法を用いる場合は、補助的な調査法であるため現場透水試験が地盤の各層毎に実施され、ボーリング柱状図との関連を十分に把握できるように計画する必要がある。

また、鉛直遮水工の設置ヶ所の地質についてはできるだけ詳細な層理走向傾斜や不透水性地層までの深さ状況を把握して、遮水工の根入深さ等を極力正確に実施設計に反映する必要がある。図3-1に基本的な調査計画概念図¹⁾を示す。

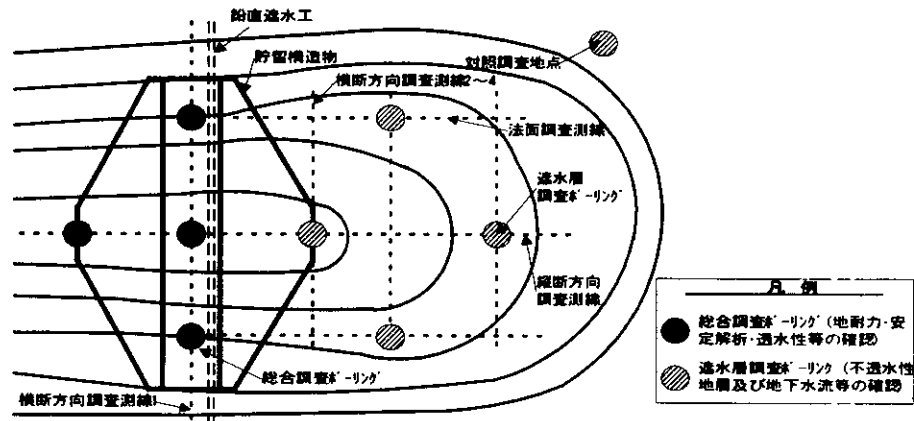


図3-1 調査計画基本概念図

(4)埋立物調査

埋立物の内容はできるだけ、既存資料から種別の量を把握するものとするが、埋立物の分解状況や内容物が不明な場合には、地質調査時の廃棄物層のコアサンプルからその内容を推定する。

また、必要に応じて埋立層から発生するガス性状調査、埋立物の熱灼減量、埋立物の溶出試験、埋立物の物性試験(単位容積, 圧密試験, 剪断強度等)の調査分析を行い、埋立物の分解度や安定性等埋立物の汚染リスクを把握し、浸出液処理や埋立構造の計画に反映す

ることが大切である。

尚、廃棄物層のボーリングに際しては、メタンガスや硫化水素等の引火性及び有害性ガスが発生する可能性があるため、注意して行う必要がある。

(5)地形測量調査

現況地形の実測測量図(1/500～1/2,000)を作成するとともに、埋立以前の原地形を、既存地形図やボーリング結果等も総合して推定し、廃棄物の埋立範囲を正確に把握することが必要である。

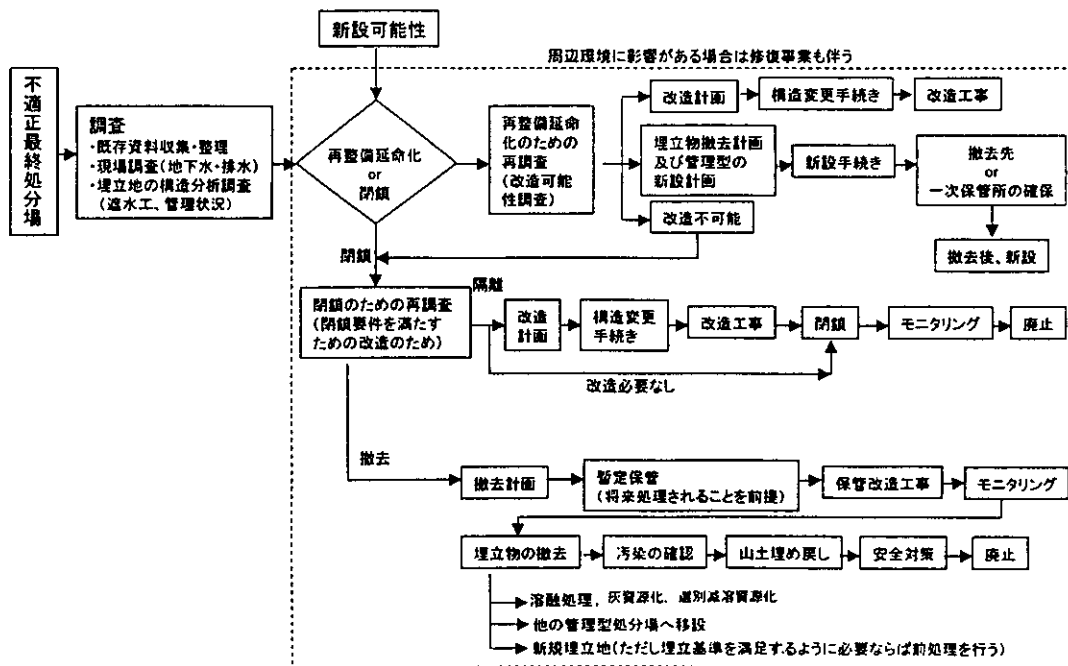


図 3-2 不適正最終処分場の適正化のための調査・対策フロー^(注)

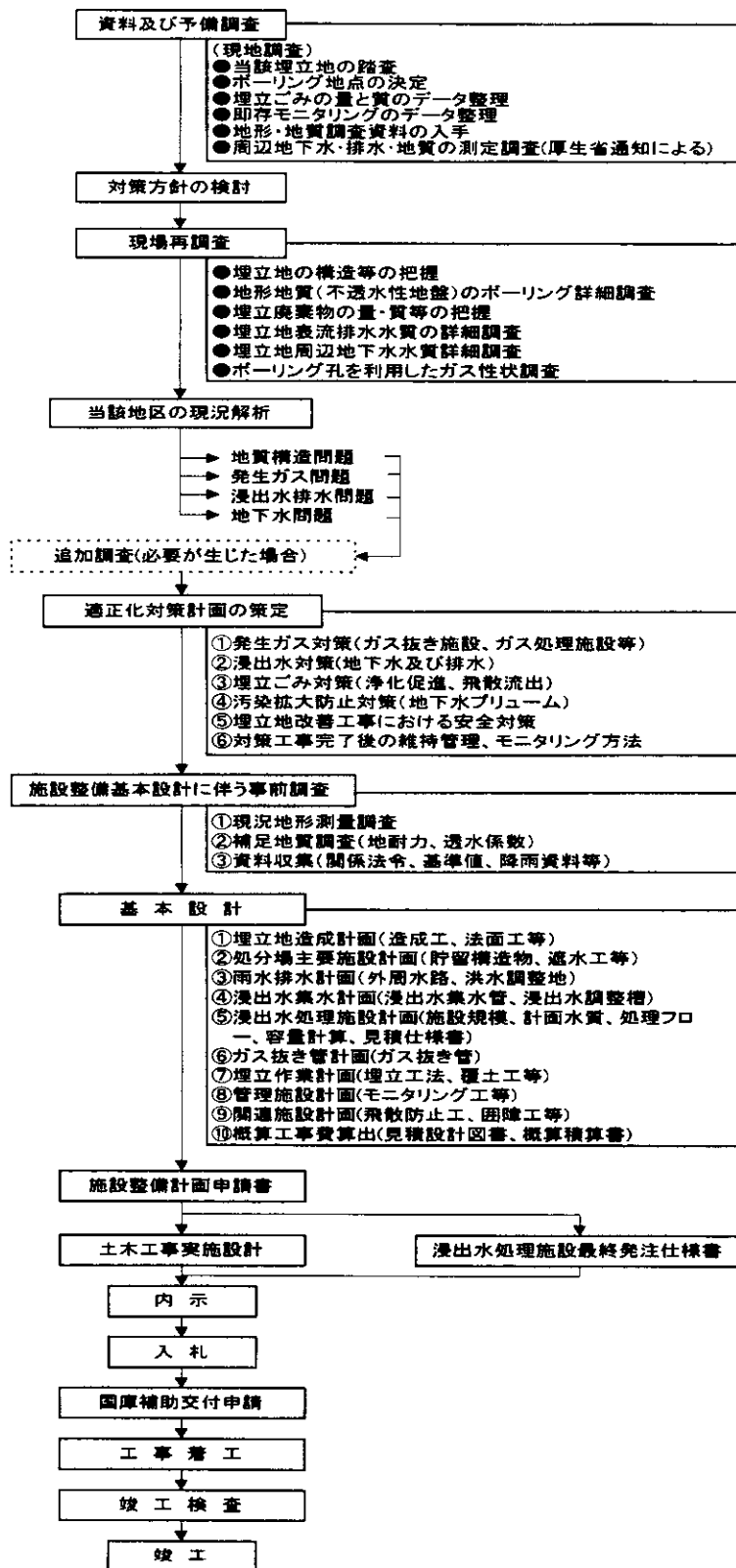


図3-3 埋立地適正化対策実施フロー一例

表3-1 地下水環境基準等項目

| 項 目 | 基 準 値 | |
|------|-----------------|--------------|
| 有害項目 | カドミウム (Cd) | 0.01mg/l以下 |
| | 全シアン (CN) | 検出されないこと。 |
| | 鉛 (Pb) | 0.01mg/l以下 |
| | 六価クロム (Cr) | 0.05mg/l以下 |
| | ヒ素 (As) | 0.01mg/l以下 |
| | 総水銀 (T-Hg) | 0.0005mg/l以下 |
| | アルキル水銀 (R-Hg) | 検出されないこと。 |
| | PCB | 検出されないこと。 |
| | ジクロロメタン | 0.02mg/l以下 |
| | 四塩化炭素 | 0.002mg/l以下 |
| | 1,2-ジクロロエタン | 0.004mg/l以下 |
| | 1,1-ジクロロエチレン | 0.02mg/l以下 |
| | シス-1,2-ジクロロエチレン | 0.04mg/l以下 |
| | 1,1,1-トリクロロエタン | 1mg/l以下 |
| | 1,1,2-トリクロロエタン | 0.006mg/l以下 |
| | トリクロロエチレン | 0.03mg/l以下 |
| | テトラクロロエチレン | 0.01mg/l以下 |
| | 1,3-ジクロロプロペン | 0.002mg/l以下 |
| | チウラム | 0.006mg/l以下 |
| | シマジン | 0.003mg/l以下 |
| | チオベンカルブ | 0.02mg/l以下 |
| | ベンゼン | 0.01mg/l以下 |
| | セレン | 0.01mg/l以下 |

表3-2 一般廃棄物最終処分場の放流水に係る基準値

| 項 目 | 基 準 値 | |
|-------|---------------------------|--------------------|
| 一般項目等 | 水素イオン濃度 (pH) | 5.8~8.6 |
| | BOD | 60mg/l以下 |
| | COD | 90mg/l以下 |
| | SS | 60mg/l以下 |
| | ノズル抽出物質 (鉱油類) | 5 mg/l以下 |
| | ノズル抽出物質 (動植物油脂類) | 30mg/l以下 |
| | フェノール類 | 5 mg/l以下 |
| | 銅 | 3 mg/l以下 |
| | 亜鉛 | 5 mg/l以下 |
| | 溶解性鉄 | 10mg/l以下 |
| | 溶解性マンガン | 10mg/l以下 |
| | クロム | 2 mg/l以下 |
| | フッ素 | 16mg/l以下 |
| | 大腸菌群数 | 3,000個 |
| | 窒素 | 120 (日平均60) mg/l以下 |
| | 燐 | 16 (日平均8) mg/l以下 |
| 有害項目 | カドミウム (Cd) | 0.1 mg/l以下 |
| | シアン (CN) | 1mg/l以下 |
| | 有機燐化合物 | 1mg/l以下 |
| | 鉛 (Pb) | 0.1 mg/l以下 |
| | 六価クロム (Cr ⁶⁺) | 0.5 mg/l以下 |
| | ヒ素 (As) | 0.1 mg/l以下 |
| | 総水銀 (T-Hg) | 0.005 mg/l以下 |
| | アルキル水銀 (R-Hg) | 検出されないこと |
| | PCB | 0.003 mg/l以下 |
| | トリクロロエチレン | 0.3 mg/l以下 |
| | テトラクロロエチレン | 0.1 mg/l以下 |
| | ジクロロメタン | 0.2 mg/l以下 |
| | 四塩化炭素 | 0.02 mg/l以下 |
| | 1,2-ジクロロエタン | 0.04 mg/l以下 |
| | 1,1-ジクロロエチレン | 0.2 mg/l以下 |
| | 1,1,2-ジクロロエチレン | 0.4 mg/l以下 |
| | 1,1,1-トリクロロエタン | 3 mg/l以下 |
| | 1,1,2-トリクロロエタン | 0.06 mg/l以下 |
| | 1,3-ジクロロプロペン | 0.02 mg/l以下 |
| | チウラム | 0.06 mg/l以下 |
| | シマジン | 0.03 mg/l以下 |
| | チオベンカルブ | 0.2 mg/l以下 |
| | ベンゼン | 0.1 mg/l以下 |
| | セレン | 0.1 mg/l以下 |

注) BOD, COD, 窒素, 燐に係る基準値が適用される放流水の範囲については、排水基準の定める総理府令 (昭和46年総理府令第35号) 別表第2の備考を参照されたい。

2. 設計条件の設定の考え方

1) 計画処理水量

ほとんどの場合、埋立地には遮水シートが敷設されず、鉛直遮水工法となることから、埋立地に流入する雨水は以下の合計量である。

- ①埋立地の表面から浸透する雨水
- ②埋立地周辺から埋立地に流入する表流水
- ③埋立地周辺から埋立地に流入する地下水

①は埋立地の最終覆土の遮水性により、水量削減を行うことが可能である。

②は埋立地周辺に雨水集排水工を設置することで、削減可能である。

③はほとんどの場合、水量削減が困難であるが、外周に地下水遮断工の設置ができれば、削減することも可能である。

従って、浸出液量は個々の埋立地が置かれた、地形条件(集水面積)と地質・地下水条件(地盤の透水係数:浸透のし易さ、地下水の流れ)によって異なるため、現地の状況を的確に判断して、浸出液量を把握する必要がある。

多くの場合、計画段階で直接的に水量を計測することは難しいため、現地調査結果と「廃棄物最終処分場指針解説(社団法人全国都市清掃会議 1989 版)」における水処理設備の処理能力設定方法に準拠して設定する必要がある。

埋立終了部の覆土による浸出液削減効果は、覆土の透水係数(遮水性)によって、変化するため、入手可能な覆土用土の性質を十分に把握した上で、浸出液量を設定することが必要である。

表面水を完全にカットするキャッピング工法は、埋立物の安定化を遅らせる逆効果もあるため、採用に当ってはメリット・デメリットを慎重に検討しなければならない。¹¹⁾

2) 計画水質

(1)計画原水水質

埋立初期段階の処分場では BOD, SS を主体とした成分であるが、埋立後期以後のある程度年月の経過した処分場では COD, T-N が主体となる。このため、現況の浸出液状況を降雨時を含め、十分な調査を実施した上で設定する必要がある。また、焼却残渣を埋立処分した処分場においては、Ca, Cl 等の無機塩類の他、重金属やダイオキシン類の流出実態を調査した上で設定する必要がある。浸出液の水質の変化について、水質項目それぞれの指標の概念、特徴を以下に記す。¹²⁾

・COD

有機性汚濁物質の指標で、年の経過とともに徐々に数値が低下する。

・BOD

易分解性有機物汚濁物質の指標で、埋立初期に高濃度となるが、閉鎖されると 100mg/l 以下となる。

・pH

有機物の分解過程では初期は固形廃棄物が加水分解し、可溶化が起こり、有機物が低分子化し、各種の有機酸が生成する。このため、pHは低下し、5～6になる。酸素が消費されるので発生するのはほとんどが炭酸ガスである。

タンパク質も分解し、アンモニア性窒素が浸出液中に検出される。同じ頃、脂肪も分解し、低級脂肪酸が生成する。この時期に炭酸ガスやアンモニアガスが発生する。埋立の場合が嫌気性になると、メタン菌が活動するため、炭酸ガスの発生と同時にメタンガスが発生する。メタン菌が活発に増殖するとアルカリ性になるため浸出液のpHも上昇する。嫌気性分解で炭水化物、脂肪、蛋白質、繊維質のセルロースの分解が始まる。

・BOD/COD

埋立初期は1以上であるが、安定化すると1以下となる。

・BOD/N, COD/N

BOD, CODが減少する項目であるのに対し、窒素(N)が保存物質である点に注目した指標で、年の経過とともに数値が低下する。

(2)計画処理水質

計画処理水質は、表 3-2 の基準値(平成 10 年 6 月 16 日改正共同命令)を満足させることを原則とするが、放流先の利水状況等を考慮し、公共用水域に影響が生じないよう計画処理水質を設定することとする。

3) 遮水工の選択

ほとんどの場合、遮水工は鉛直遮水工で行うことになる。鉛直遮水工の工法の妥当性は、地下に不透水性地層が存在することが必要であるが、個々の処分場で必ずしも不透水性地層が得られるとは限らない。

また、立地に際して十分な調査が行われていない不適正処分場が圧倒的に多く、時には断層等の“水みち”が埋立地に存在する場合も想定される。このため、処分場の実態を把握するためには、地質調査は処分場全体の地質構造、水理構造が明らかにできる必要十分な調査が必要である。

地盤の性状によって、適用可能な遮水工法が異なるため、地盤条件を的確に判断して、工法の選択を行わなければならない。

個別の技術については、第4章を参照されたい。

また、不適正処分場の多くは準好氣的埋立構造ではなく、嫌氣的埋立構造になっていると考えられるが、さらに締め切り堰堤及び遮水工を施すことによって、浸出液は埋立地内に嫌氣状態で滞留し、水質悪化、悪臭発生等をもたらす懸念がある。埋立地の環境悪化をもたらさずに埋立地周辺的环境保全を達成する手段を検討することが必要である。このため、浸出液は速やかに埋立地外に排出し、貯留槽に貯留する他必要十分な浸出液処理施設を設置する等の対応が必要である。

第4章 遮水工法の適用と技術概要

1. 鉛直遮水工

1) 廃棄物最終処分場指針解説による鉛直遮水工の構造¹⁰⁾

指針解説では鉛直遮水工の構造等に関連して次のような記述がみられる(指針解説 p.75-79)。

- 鉛直遮水工は、地中に岩盤や粘性土の不透水性地層が水平方向に広がっている場合に、垂直または斜めに遮水工を施工し、浸出液や地下水の浸透路長を長くしたり、不透水性地盤まで達する遮水工によって、埋立地内外の水の移動を締め切る方法である。山間の谷部の最終処分場の貯留構造物及び貯留構造物の基礎部分だけを遮水するような場合に採用されることが多い。この方法では、一般に地下水集排水施設も不要となる。

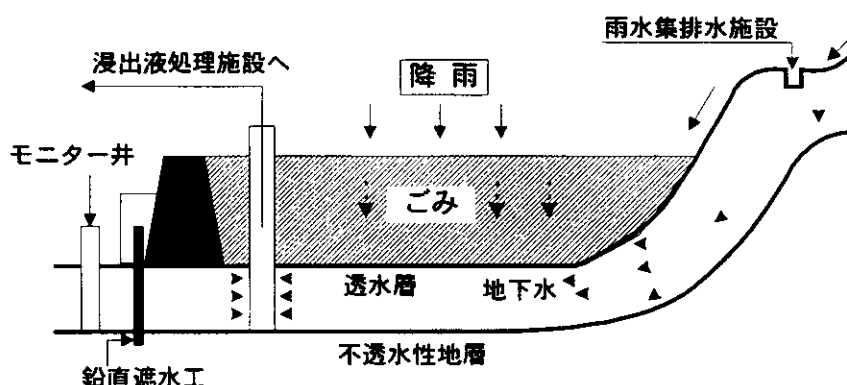


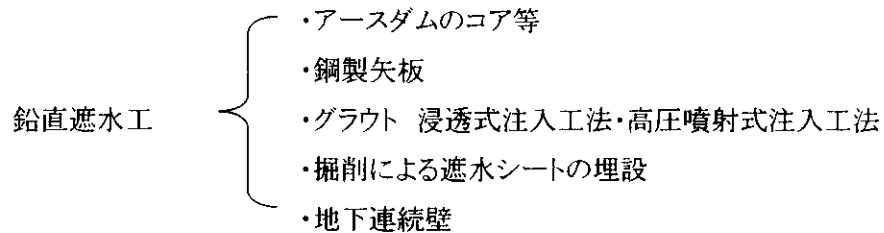
図4-1-1 鉛直遮水工の概念図(改造工事を想定)

- 一般に、岩盤ではグラウト等の鉛直遮水工が、土質地盤では遮水シート等の表面遮水工が採用されることが多く、粘性土と砂質土が互層を成しているような場合には、鋼製矢板等による鉛直遮水工と地下の粘性土層を組み合わせた型の遮水工等が用いられている。
- 土質地盤であれば、埋立地内の地盤の透水係数が 10^{-5} cm/secのオーダーよりも大きい場合に、岩盤であればルジオン値が1のときより大きい場合には遮水工を設けることが原則となる。透水係数あるいはルジオン値が十分に小さい場合でも、それぞれの地盤、岩盤の厚さが十分な厚さであることが必要であり、共同命令では 1×10^{-5} cm/sec以下で5mの厚さあるいは同等以上の遮水の効力を有する地層が連続して存在することが必要である。

<経済性>：遮水工の単位面積当たりの工費は高いが総工事費としては安い。

<補修>：地中なので難しい面もあるが、遮水工としての補強施工は可能。

- 指針解説で取り上げられている鉛直遮水工は、以下のものである（指針解説 p78表Ⅱ-16及び本報告書5-3、表5-1-1参照）。



2) 鉛直遮水工の機能と適用可能な工法 ¹¹⁾¹³⁾

最終処分場での鉛直遮水工の多くは、ダムของ工法や土留壁あるいは本体を兼ねた地下連続壁等の応用として用いられてきたものである。

最終処分場に用いられる鉛直遮水工は、このような地下連続壁等や表面遮水工と比較して、次のような特徴(機能)がある。

- ・ 高い遮水(止水)機能 : (地下)ダム等により高い止水機能が求められる。水みちを確実に抑える必要がある。
: 土圧等を支える必要が一般にない(止水性能が優先)、土留壁、本体利用を兼ねた地下連壁とは異なる。
- ・ 経 済 性 : (施工単位当りの単価(㎡単価等)が高くても、施工範囲等との比較で、総工費は表面遮水工より低額が一般に望まれる。)
- ・ 耐 震 性 : 地山に追随しやすい遮水材料等

現在、最終処分場の止水工法(鉛直遮水工)として採用されているもの及び適用可能と考えられるものを表 4-1-1 に示す。

表4-1-1 最終処分場に適用可能な鉛直遮水工法¹⁾¹³⁾

| 工法 | 項目 | 材料 | 施工法 | 遮水性 | 適用地盤 | 材料の耐久性 |
|---|-------------|---|---|--|---|---|
| シート工法 | シート打設工法 | ・高密度ポリエチレン(HDPE)シート | 透水層をウォータージェット、オーガー等で掘削し、シートを鉛直に打設。 | 継手部の遮水性が確保されれば遮水効果が高い。 | 透水層が 30m 程度までの厚さであれば、土質に適する施工法が選択適用可能。 | 表面遮水シートとほぼ同じであるが暴露がないため、かなりの耐久性が期待できる。 |
| | 薄肉厚連続壁シート工法 | ・シート ・固化剤(モルタル、コンクリート、アスファルト等) | 回転カッター、チェーンソー、ワイヤーソーで薄く掘削した溝(3~20cm)を形成し、その溝にシートを挿入後、固化材を充填。 | | | |
| 鋼矢板工法 | | ・鋼矢板(シートパイル) ・鋼管矢板(鋼管パイル) | 杭打施工法により矢板を一行または二列に打設。継手はがはれることのないように注意して施工する必要がある。継手部の遮水性が確保される工法に限定される。 | 難透水層あるいは基礎岩盤まで矢板を打ち込むことにより確保。 | 一般的にN値 30 程度まで打設可能。玉石混じりあるいは転石のある層では工法gが制限される。透水層が 20m 程度までの厚さであれば施工法を選択適用可能。 | 廃棄物の浸出液等による腐食の検討が必要。特殊土層では塗装による防食対策が必要。 |
| グラウト工法 | 浸透性注入工法 | ・セメント系 セメント、粘土、ペントナイト ・薬液系 水ガラスとセメントの混合物 | ボーリング機械で削孔し、地盤中に硬化剤を浸透注入して間隙を充填。 | 透水係数 10^{-7} cm/s 程度に改良することが可能。土質に適した注入材と十分な施工管理が必要。遮水性の確認が必要。 | 岩盤、砂利層、砂層に適用可能 | セメント系は耐久性が良い。水ガラス系は溶脱の問題があるので、耐用年数の検討が必要。また、周辺の地下水環境や土壌環境への配慮が必要。 |
| | 高圧噴射四季注入方法 | ・セメント系 ・薬液系 | 超高圧噴流エネルギーの切削または混合効果を利用。地盤と注入剤を強制攪拌あるいは地盤を柱状に切削し空隙に注入剤を充填。 | 透水係数 10^{-7} cm/s の壁を作ることが可能。継手部やオーバーラップの十分な施工管理が必要。遮水性の確認が必要。 | 暖い砂層、軟弱なシルト層に適用可能。深い層には適用できない。 | 同上 薬液系では周辺の地下水環境や土壌環境への配慮が必要。 |
| 壁式地下連続壁工法 | | ・コンクリートまたは鉄筋コンクリート | 各種掘削機で一定幅で連続的に掘削し、コンクリート等で地下連続壁を築造。 | 遮水効果は高い。継手部の十分な施工管理が必要。 | ほとんどの地盤に適用可能。深度 100m 程度まで可能。 | セメント系なので耐久性が良い。 |
| ソイルセメント固化壁工法 ・注列式 SMW 工法 RMW 工法 ・壁式 TRD 工法 | | ・セメントモルタル | オーガー等で削孔し、セメントモルタルと現地盤とを混合して等厚の連続した固化壁を築造。 | 透水係数 10^{-7} cm/s 程度の壁を作ることが可能。継手部の十分な施工管理が必要。遮水性の確認が必要。 | 暖い砂層、軟岩に適用可能。深度 60m まで可能。 | セメント系なので耐久性が良い。 |

出典：1) に修正加筆(1993. 5)/一部再加筆(1998. 5)